

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.9954

(02/2005)

SERIE G: SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN,
SISTEMAS Y REDES DIGITALES

Redes de acceso – Redes internas

**Transceptores para el funcionamiento en red de
líneas telefónicas – Especificaciones mejoradas
de las capas física, de acceso a medios y de
enlace**

Recomendación UIT-T G.9954

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE G
SISTEMAS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN, SISTEMAS Y REDES DIGITALES

CONEXIONES Y CIRCUITOS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES	G.100–G.199
CARACTERÍSTICAS GENERALES COMUNES A TODOS LOS SISTEMAS ANALÓGICOS DE PORTADORAS	G.200–G.299
CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES DE PORTADORAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.300–G.399
CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS TELEFÓNICOS INTERNACIONALES EN RADIOENLACES O POR SATÉLITE E INTERCONEXIÓN CON LOS SISTEMAS EN LÍNEAS METÁLICAS	G.400–G.449
COORDINACIÓN DE LA RADIOTELEFONÍA Y LA TELEFONÍA EN LÍNEA	G.450–G.499
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.600–G.699
EQUIPOS TERMINALES DIGITALES	G.700–G.799
REDES DIGITALES	G.800–G.899
SECCIONES DIGITALES Y SISTEMAS DIGITALES DE LÍNEA	G.900–G.999
CALIDAD DE SERVICIO Y DE TRANSMISIÓN – ASPECTOS GENÉRICOS Y ASPECTOS RELACIONADOS AL USUARIO	G.1000–G.1999
CARACTERÍSTICAS DE LOS MEDIOS DE TRANSMISIÓN	G.6000–G.6999
DATOS SOBRE CAPA DE TRANSPORTE – ASPECTOS GENÉRICOS	G.7000–G.7999
ASPECTOS RELATIVOS AL PROTOCOLO ETHERNET SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999
Redes internas	G.9950–G.9999

Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

Recomendación UIT-T G.9954

Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Especificaciones mejoradas de las capas física, de acceso a medios y de enlace

Resumen

En esta Recomendación se definen las capas física (PHY), de control de acceso a los medios (MAC), de enlace (LINK) y de CONVERGENCIA de la pila de protocolos de un sistema G.9954 con las características siguientes:

- Velocidad de transmisión de la cabida útil de la capa física (PHY) de 4 a 240 Mbit/s.
- Transceptores de velocidad adaptable que optimizan las velocidades de datos y la tasa de paquetes erróneos para condiciones del canal que varían dinámicamente paquete a paquete.
- Modulación de amplitud en cuadratura (QAM) con diversidad de frecuencia para una comunicación robusta sobre canales muy selectivos en frecuencia.
- Atenuación espectral selectiva para garantizar la compatibilidad con los servicios de radioaficionados.
- Protocolo MAC síncrono controlado mediante un dispositivo maestro elegido dinámicamente que utiliza una combinación de estrategias de acceso destinadas a evitar colisiones y con contienda controlada.
- Soporte de servicios de datos isócronos y asíncronos.
- Comunicaciones entre pares en una red controlada por un dispositivo maestro.
- Modo de funcionamiento sin maestro utilizando un protocolo MAC asíncrono del tipo G.9951/2.
- Agregación de paquetes (paquetización) en la capa de la pila de protocolo G.9954 hasta alcanzar los límites de latencia del flujo de servicio y la anchura de banda de transmisión disponible.
- Garantías de calidad de servicio para la anchura de banda, fluctuación de fase, latencia y BER.
- Soporte de calidad de servicio para servicios con especificaciones de tráfico y velocidad binaria que proporcionan una capa de enlace adecuada para flujos continuos de audio y vídeo.
- Capas de convergencia específicas de cada protocolo.
- Retrocompatibilidad con G.9951/2, permitiendo la transmisión a velocidades compatibles con G.9951/2.
- Coexistencia e interoperabilidad entre dispositivos G.9951/2 y G.9954 en una red mixta.
- Compatibilidad con otros servicios sobre líneas telefónicas, tales como POTS, V.90, RDSI y G.992.1, G.992.2, G.992.3 y G.992.4.
- Gestión local y distante de dispositivos G.9954.
- Provisión de futuras ampliaciones en materia de seguridad.

Orígenes

La Recomendación UIT-T G.9954 fue aprobada el 13 de febrero de 2005 por la Comisión de Estudio 15 (2005-2008) del UIT-T por el procedimiento de la Recomendación UIT-T A.8.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (AMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución 1 de la AMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

La observancia de esta Recomendación es voluntaria. Ahora bien, la Recomendación puede contener ciertas disposiciones obligatorias (para asegurar, por ejemplo, la aplicabilidad o la interoperabilidad), por lo que la observancia se consigue con el cumplimiento exacto y puntual de todas las disposiciones obligatorias. La obligatoriedad de un elemento preceptivo o requisito se expresa mediante las frases "tener que, haber de, hay que + infinitivo" o el verbo principal en tiempo futuro simple de mandato, en modo afirmativo o negativo. El hecho de que se utilice esta formulación no entraña que la observancia se imponga a ninguna de las partes.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 2006

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

ÍNDICE

		Página
1	Alcance	1
2	Referencias	1
3	Términos y definiciones	1
4	Abreviaturas siglas o acrónimos	4
5	Introducción.....	5
	5.1 Visión general de la pila de protocolos G.9954	5
	5.2 Modelo de referencia de la red	9
	5.3 Pila de protocolos	11
6	Especificación de la capa física	14
	6.1 Visión general.....	14
	6.2 Modelo de referencia del transmisor	14
	6.3 Entramado.....	14
	6.4 Aleatorizador	21
	6.5 Codificador de constelación	22
	6.6 Modulador QAM/FDQAM	30
	6.7 Requisitos mínimos del dispositivo.....	31
	6.8 Especificación eléctrica del transmisor	31
	6.9 Especificación eléctrica del receptor	37
	6.10 Impedancia de entrada.....	41
7	Especificación del protocolo de acceso al medio	43
	7.1 Modos de funcionamiento	44
	7.2 Modo de funcionamiento MAC asíncrono.....	46
	7.3 Modo de funcionamiento MAC síncrono.....	58
	7.4 Agregación de paquetes.....	78
8	Especificación de la compatibilidad	79
	8.1 Compatibilidad espectral con otros servicios que comparten medio físico ...	79
	8.2 Coexistencia e interoperabilidad con nodos G.9951/2 y AMAC	80
	8.3 Detección de nodos G.9951/2.....	80
	8.4 Requisitos del maestro en una red mixta	81
	8.5 Transmisiones a nodos G.9951/2	82
	8.6 Coexistencia de los modos MAC síncrono y asíncrono	82
9	Calidad de servicio G.9954	88
	9.1 Descripción general	88
	9.2 Flujos de servicio y parámetros de calidad de servicio	89
	9.3 Clasificación del tráfico de la capa de convergencia.....	94
	9.4 Protocolo de señalización de flujo.....	95
	9.5 Control de admisión	96
	9.6 Soporte de la calidad de servicio en el modo de funcionamiento AMAC	96

	Página
10 Especificación del protocolo de la capa de enlace.....	97
10.1 Visión general.....	97
10.2 Formato básico de trama de capa de enlace	99
10.3 Tramas de control de capa de enlace	101
10.4 Función de control de negociación de velocidad	104
10.5 Función de integridad del enlace	118
10.6 Anuncio de capacidades y estado	120
10.7 LARQ: Protocolo de petición de repetición automática limitada	131
10.8 Formatos específicos de suministrador	145
10.9 Protocolo de certificación y diagnóstico PNT	146
10.10 Ampliaciones del entramado de la capa de enlace	165
10.11 Codificación Reed-Solomon con entrelazado intratrama (opcional)	172
10.12 Protocolo de gestión de colisiones	180
10.13 Protocolo de ráfaga de tramas	186
10.14 Sincronización de ciclo MAC	189
10.15 Protocolo de control (registro) de admisión de red	193
10.16 Protocolo de selección de maestro	201
10.17 Protocolo de señalización de flujo.....	206
10.18 Mensaje de indicación de informe de indicación de tiempo (opcional).....	227
Anexo A – Interfaz mecánica (MDI)	230
A.1 Conector MDI.....	230
Anexo B – Bucles de prueba de la red	231
B.1 Modelo de hilos	231
B.2 Bucles de prueba.....	232
Apéndice I – Capas de convergencia	236
I.1 Visión general.....	236
I.2 Primitivas de la capa de convergencia.....	237
I.3 Arquitectura de la capa de convergencia.....	244
I.4 Activación de establecimiento de flujo	245
I.5 Clasificación	245
I.6 Interfaces de la capa de convergencia con capas de protocolo superiores	246
I.7 Capas de convergencia específicas del protocolo	246
Apéndice II – Recomendaciones sobre interfaces independientes del medio (MII).....	247
II.1 Visión general de la MII.....	247
II.2 Recomendaciones sobre señalización G.9951/2.....	249
II.3 Capa de convergencia G.9954 "externa"	252

	Página
Apéndice III – Arquitectura de extremo a extremo	254
III.1 Pila de protocolos G.9954 a G.9954.....	254
III.2 Interfaz Ethernet – PNT.....	254
III.3 De USB a pila de protocolos G.9954	255
III.4 De IEEE 1394 a pila de protocolo G.9954	256
III.5 De DOCSIS a pila de protocolos G.9954.....	257
Apéndice IV – Sincronización de red	259
IV.1 Requisitos de sincronización	259
IV.2 Modelo de sincronización de red.....	259
IV.3 Resumen de los mecanismos de sincronización.....	261
Apéndice V – Soporte de flujos de velocidad binaria variable (VBR).....	263
V.1 Petición de anchura de banda por ciclo	263
V.2 UGS + oportunidad de transmisión compartida	263
V.3 UGS + peticiones explícitas de anchura de banda.....	263
V.4 UGS + anchura de banda de reserva.....	264
Apéndice VI – Parámetros de calidad de servicio (QoS).....	265
Apéndice VII – Perfiles de prueba de aplicaciones simultáneas	267
Apéndice VIII – Directrices de planificación de acceso al medio.....	268
VIII.1 Gestión de recursos.....	268
VIII.2 Asignación y atribución de recursos al medio.....	268
VIII.3 Gestión del tamaño de las ráfagas	268
VIII.4 Gestión de la longitud de los ciclos MAC	268
VIII.5 Política y conformación del tráfico	269
VIII.6 Control de latencia y de fluctuación de fase.....	269
VIII.7 Generación de MAP	270
BIBLIOGRAFÍA	271

Recomendación UIT-T G.9954

Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Especificaciones mejoradas de las capas física, de acceso a medios y de enlace

1 Alcance

Esta Recomendación especifica la interoperabilidad y compatibilidad de estaciones G.9954. Los requisitos se han elaborado desde la perspectiva de un transmisor conforme con las especificaciones, aunque también se establecen algunos requisitos mínimos de calidad de funcionamiento para los receptores. Esta Recomendación no especifica una implementación en particular.

La estructura de esta Recomendación es la siguiente:

- **Cláusula 6: Especificación de la capa física (PHY)** – En esta cláusula se especifica la capa física G.9954.
- **Cláusula 7: Especificación del protocolo de acceso al medio** – En esta cláusula se especifica el protocolo de acceso a medios G.9954 incluyendo los modos de funcionamiento MAC asíncrono y síncrono.
- **Cláusula 8: Especificación de la compatibilidad** – En esta cláusula se describe el método mediante el que se consigue la retrocompatibilidad, la coexistencia e interoperabilidad con los nodos G.9951/2 en una red mixta con nodos G.9951/2 y G.9954.
- **Cláusula 9: Calidad de servicio** – En esta cláusula se describe el marco de calidad de servicio G.9954.
- **Cláusula 10: Especificación del protocolo de la capa de enlace** – En esta cláusula se especifican las funcionalidades de control de la capa de enlace requeridas.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes. En esta Recomendación, la referencia a un documento, en tanto que autónomo, no le otorga el rango de una Recomendación.

- [1] Recomendación UIT-T G.9951 (2001) (Antiguamente G.989.1), *Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Principios fundamentales*.
- [2] Recomendación UIT-T G.9952 (2001) (Antiguamente G.989.2), *Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Requisitos del formato de cabida útil y de la capa de enlace*.
- [3] Recomendación UIT-T G.9953 (2003) (Antiguamente G.989.3), *Transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas – Función de aislamiento*.

3 Términos y definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

3.1 modo AMAC: Método de acceso al medio que utiliza un dispositivo G.9954 que funcione en una red sin maestro.

- 3.2 BACKOFF20:** Secuencia de 20 símbolos utilizada para señalización en los intervalos de retroceso (*backoff*), que consta de la secuencia TRN16 seguida de la secuencia de fin de trama (EOF).
- 3.3 señal BACKOFF20:** Secuencia de símbolos que pueden enviar los transmisores activos en los tres intervalos de señal que siguen a una colisión. Se utiliza en el algoritmo distribuido de nivel de retroceso.
- 3.4 retroceso exponencial binario (BEB, *binary exponential backoff*):** Método normalizado IEEE 802.3 para la resolución de colisiones.
- 3.5 DFPQ limitada:** Método de resolución de colisiones, basado en la prioridad imparcial distribuida de puesta de cola de espera (DFPQ, *distributed fair priority queuing*), en el que el ciclo de resolución de la colisión está limitado a una oportunidad de transmisión.
- 3.6 paquete de difusión:** Un paquete con la dirección de destino todos "unos" (FF.FF.FF.FF.FF.FF).
- 3.7 anuncios de capacidad y situación:** Protocolo de control de la capa de enlace utilizado para distribuir a las estaciones información de situación con una tara reducida.
- 3.8 fragmento de colisión:** Secuencia de transmisión fija, que consta de preámbulo, encabezamiento de trama, DA, SA, ET y EOF.
- 3.9 periodo de contienda:** Periodo de acceso al medio en el que los dispositivos se disputan el acceso al medio utilizando CSMA/CD en base a prioridades y técnicas de resolución de colisiones.
- 3.10 periodo sin contienda:** Periodo de acceso al medio, atribuido a un único dispositivo de red, en el que (normalmente) no deberían existir contienda ni colisiones en dicho medio.
- 3.11 capa de convergencia:** Subcapa específica del protocolo que establece una correspondencia entre los protocolos de la capa de transporte y las primitivas nativas de la capa de enlace G.9954.
- 3.12 CS_IFG:** Intervalo mínimo garantizado de silencio en el medio entre dos ráfagas de tramas consecutivas.
- 3.13 ID de dispositivo:** Identificador único que el maestro asigna a un dispositivo G.9954 después de ser registrado.
- 3.14 punto extremo:** Dispositivo G.9954 que no es el maestro.
- 3.15 secuencia EOF:** Secuencia de 4 símbolos que se añade a la trama de capa física, y que constituye los primeros cuatro símbolos de la secuencia TRN.
- 3.16 flujo:** Flujo unidireccional de datos entre nodos de red caracterizado por un tráfico con parámetros de calidad de servicio bien definidos sobre caudal, latencia, fluctuación de fase y BER.
- 3.17 ID de flujo:** Identificador único de un flujo entre un dispositivo origen y otro destino.
- 3.18 señalización de flujo:** Protocolo de capa de enlace G.9954 utilizado para establecer, modificar y suprimir flujos.
- 3.19 especificación de flujo:** Especificación de las características de un flujo en términos de sus parámetros de calidad de servicio de tráfico y velocidad.
- 3.20 G.995.x:** Referencia general a la tecnología de transceptores actual para el funcionamiento en red de líneas telefónicas (PNT).
- 3.21 G.9954:** Referencia aplicable a la tecnología PNT mejorada propuesta en esta Recomendación.

- 3.22 fluctuación de fase:** Medida de la variación de la latencia por encima y por debajo de un valor de latencia medio. La fluctuación de fase máxima se define como la variación de latencia máxima por encima y por debajo del valor de latencia medio y se expresa como (+Máx/-Min).
- 3.23 latencia:** Medida del retardo desde el instante en el que un paquete alcanza el punto de acceso al servicio de la pila de protocolo PNT hasta el instante en que el último bit se ha transmitido con éxito sobre la línea. Se supone que la latencia media y máxima se calculan sobre la base del 99 percentil de todas las mediciones de latencia.
- 3.24 integridad del enlace:** Proceso realizado en segundo plano que genera una indicación al usuario de que la interfaz se conecta a la línea telefónica y que puede detectar al menos otra estación.
- 3.25 prioridad del nivel de enlace:** Clase de prioridad software asociada con el paquete de la capa de enlace. Puede establecerse una correspondencia de este valor con la prioridad física (PHY) cuando se realiza una conversión entre ambas.
- 3.26 ciclo MAC:** Periodo de acceso al medio entre dos transmisiones consecutivas de la trama de control MAP.
- 3.27 MAP:** Trama de control que describe el plan de acceso al medio para el siguiente ciclo MAP.
- 3.28 MAP_IFG:** Intervalo de silencio en el medio entre ráfagas de tramas utilizado por el dispositivo maestro para planificar el acceso al medio y que se anuncia en la trama de control MAP.
- 3.29 maestro:** Dispositivo G.9954 que tiene capacidades de maestro y que ha sido seleccionado como maestro activo en servicio. El maestro es responsable de controlar el modo de funcionamiento MAC síncrono mediante la planificación de la temporización de acceso al medio en la red y el anuncio periódico a todos los dispositivos en la red del plan de acceso al medio.
- 3.30 red controlada por un maestro:** Red con un dispositivo G.9954 que actúa como maestro. El acceso al medio de dispositivos G.9954 en una red controlada por un maestro se realiza conforme a las reglas de acceso al medio SMAC.
- 3.31 red sin maestro:** Red que carece de un dispositivo que actúe como maestro. El acceso al medio de dispositivos G.9954 en una red sin maestro se realiza conforme a las reglas de acceso al medio AMAC.
- 3.32 agregación de paquetes:** Concatenación de paquetes de las capas de transporte y de enlace en una única ráfaga de tramas físicas (PHY).
- 3.33 codificación de la cabida útil:** Máscara espectral, baudios y constelación de codificación (bits por símbolo) de los bits de la cabida útil.
- 3.34 prioridad física (PHY):** Prioridad absoluta de 3 bits utilizada por el control de acceso al medio G.9951/2 para clasificar la preferencia entre las tramas que esperan ser transmitidas sobre el canal. La prioridad 7 tiene precedencia sobre la prioridad 0.
- 3.35 PNT:** Referencia general a los transceptores para el funcionamiento en red de líneas telefónicas (PNT), y especialmente a las Recomendaciones UIT-T de las series G.995x.
- 3.36 preámbulo:** Secuencia de señal fija que se antepone a la trama de capa física. Consta de 4 copias de la secuencia TRN.
- 3.37 intervalo de prioridad:** Uno de los 8 intervalos de tiempo que siguen al IFG (de una transmisión válida o de una colisión) que se utilizan para implementar la prioridad de acceso.
- 3.38 contrato de calidad de servicio (QoS):** Contrato que define un conjunto de parámetros negociados de QoS de flujo entre dispositivos que intervienen en un flujo. Los dispositivos situados en los puntos extremos de un flujo negocian un contrato de QoS a fin de establecer limitaciones

relativas al almacenamiento intermedio y el canal (BER/PER). El dispositivo origen del flujo y el dispositivo maestro negocian un contrato de QoS para establecer los requisitos de anchura de banda, latencia y fluctuación de fase.

3.39 registro: Proceso utilizado por un dispositivo de red G.9954 para informar al maestro de red activo de su existencia y de su intención de negociar futuros contratos de QoS.

3.40 modo SMAC: Modo de acceso al medio utilizado en una red controlada por un maestro.

3.41 margen del sistema: Conjunto de valores de niveles de degradación para los que el receptor no superará una tasa de tramas erróneas en un bucle de prueba dado.

3.42 oportunidad de transmisión: Intervalo de tiempo en el medio, con instantes de inicio y duración específicos en relación con el inicio de la trama MAP, que puede ser utilizado por un dispositivo PNT para la transmisión de tramas.

3.43 TRN16: Secuencia de 16 símbolos QPSK de amplitud constante utilizada en el preámbulo de la capa física.

3.44 trama CS válida: Descripción de la señal de transmisión mínima que debería ser aceptable para la implementación de detección de portadora y detección de colisión.

4 Abreviaturas siglas o acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas, siglas o acrónimos.

ADSL	Línea de abonado digital asimétrica (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
AMAC	Protocolo MAC asíncrono (<i>asynchronous MAC protocol</i>)
BER	Tasa de errores en los bits (<i>bit error ratio</i>)
BPS	Bits por símbolo (<i>bits per symbol</i>)
CBR	Velocidad binaria constante (<i>constant bit rate</i>)
CCTXOP	TXOP sin contienda (<i>contention-free TXOP</i>)
CR	Resolución de colisión (<i>collision resolution</i>)
CS_IFG	IFG de detección de portadora (<i>carrier-sense IFG</i>)
CSMA/CD	Acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisiones (<i>carrier sense multiple access with collision detection</i>)
CTXOP	TXOP con contienda (<i>contention TXOP</i>)
DFPQ	Prioridad imparcial distribuida de puesta en cola de espera (<i>distributed fair priority queuing</i>), (método G.9951/2 mejorado para la resolución de colisión (véase BEB))
DOCSIS	Especificación de la interfaz del sistema de cable por datos superpuestos (<i>data-over-cable system interface specification</i>)
FDQAM	QAM por diversidad de frecuencia (<i>frequency diverse QAM</i>)
FEC	Corrección de errores en recepción (<i>forward error correction</i>)
G.9951/2	Dispositivo que soporta el protocolo G.9951/2
G.9954	Dispositivo que soporta el protocolo G.9954
HCS	Secuencia de verificación de encabezamiento (<i>header check sequence</i>) (un polinomio CRC-8 que abarca partes de los campos de encabezamiento y de dirección Ethernet)
ICG	Intervalo entre ciclos (<i>inter-cycle GAP</i>)
IFG	Intervalo entre tramas (<i>inter-frame GAP</i>)

LARQ	Petición de repetición automática limitada (<i>limited automatic repeat reQuest</i>) (protocolo para la corrección de errores por ruido impulsivo)
MAP_IFG	IFG del plan de acceso a medios (<i>media access plan IFG</i>)
MII	Interfaz independiente de los medios (<i>media independent interface</i>) (definida en la cláusula 22 de IEEE 802.3)
MPDU	Unidad de datos de protocolo MAC (<i>MAC protocol data unit</i>)
NEXT	Paradiafonía (<i>near-end crosstalk</i>)
NID	Dispositivo de interfaz de red (<i>network interface device</i>) (dispositivo de protección de la línea de abonado instalado en el límite entre el bucle de abonado y el cableado interior del domicilio del cliente)
PAR	Relación valor de cresta valor medio (<i>peak to average ratio</i>)
PDU	Unidad de datos de protocolo (<i>protocol data unit</i>)
PE	Codificación de cabida útil (<i>payload encoding</i>)
PNT	Transceptor para el funcionamiento en red de líneas telefónicas (<i>phoneline networking transceiver</i>)
POTS	Servicio telefónico ordinario (<i>plain old telephone service</i>) (en referencia al servicio telefónico que utiliza el espectro entre 0 y 4 kHz sobre la línea telefónica)
QAM	Modulación de amplitud en cuadratura (<i>quadrature amplitude modulation</i>)
RG	Pasarela residencial (<i>residential gateway</i>)
RSVP	Protocolo de reserva de recursos (<i>resource reservation protocol</i>)
Self-NEXT	Paradiafonía (<i>near-end crosstalk</i>) causada por otros sistemas del mismo tipo
SI	Inicialización del aleatorizador (<i>scrambler initialization</i>)
SMAC	Protocolo MAC síncrono (<i>synchronous MAC protocol</i>)
SP	Proveedor de servicio (<i>service provider</i>)
TXOP	Oportunidad de transmisión (<i>transmission opportunity</i>)
USB	Bus serial universal (<i>universal serial bus</i>)
UTXOP	TXOP no atribuida (<i>unallocated TXOP</i>)
VBR	Velocidad binaria variable (<i>variable bit rate</i>)

5 Introducción

5.1 Visión general de la pila de protocolos G.9954

La pila de protocolos G.9954 es una pila de protocolos integrada que gestiona las capas física (PHY), de enlace de datos, de convergencia y de gestión. Soporta los modos de funcionamiento MAC asíncrono y síncrono. El modo de funcionamiento MAC asíncrono es el definido para el protocolo MAC G.9951/2, aunque utilizando una gama de valores de codificación más amplia en términos de velocidad en baudios y de constelación. El modo MAC síncrono se construye por encima del comportamiento del modo MAC asíncrono y representa un superconjunto funcional del mismo. Ello significa que es inherente que un nodo de red que ejecute la pila de protocolos G.9954 conozca como funcionar plenamente como nodo G.9951/2 nativo.

El modo MAC síncrono depende de la existencia de un dispositivo G.9954 en la red que pueda asumir el papel de maestro de red. Dicho dispositivo se denomina "dispositivo maestro" o

simplemente "maestro". Al dispositivo que asume el papel de maestro en la red también se hace referencia como dispositivo con capacidad de maestro. Un dispositivo con capacidad de maestro es un dispositivo G.9954 ordinario que soporta capacidades funcionales que le permiten asumir el papel de maestro en ausencia de un maestro activo en la red.

El maestro es responsable de controlar el modo de funcionamiento MAC síncrono mediante la planificación de la temporización de acceso al medio en la red y el anuncio periódico del plan de acceso al medio a todos los dispositivos presentes en la red. La temporización periódica se conoce como ciclo MAC. Los nodos G.9954 que funcionan en modo MAC síncrono pueden sincronizar con el ciclo MAC periódico y transmiten en los instantes de tiempo que fija la temporización de transmisión descrita en el plan de acceso al medio.

En presencia de un dispositivo maestro G.9954 en la red, los nodos G.9954 funcionan en modo MAC síncrono, en otro caso, funcionan en modo MAC asíncrono. En presencia de nodos G.9951/2, los nodos G.9954 siguen funcionando en modo MAC síncrono si existe un maestro, sin embargo, también modifican su modo de funcionamiento de forma que puedan coexistir e interfuncionar con dispositivos G.9951/2 de la red que funcionen en modo MAC asíncrono. Este submodo se desarrolla en la cláusula 8.

5.1.1 Compatibilidad y modo de interfuncionamiento

El protocolo G.9954 es retrocompatible con el protocolo MAC G.9951/2.

La compatibilidad se consigue gracias a la conformidad con la temporización y comportamiento del protocolo G.9951/2, así como utilizando un formato de trama retrocompatible con el formato de trama G.9951/2. De hecho, para un nodo nativo G.9951/2, las transmisiones G.9954 no se distinguen, en la línea, de las transmisiones regulares G.9951/2, aunque posiblemente puedan existir velocidades en baudios de la cabida útil no soportadas por el dispositivo G.9951/2.

5.1.2 Modo MAC síncrono

El protocolo MAC G.9954 es inherentemente un protocolo MAC síncrono que coordina el acceso al medio mediante el control que ejerce el maestro. El protocolo es síncrono en el sentido de que todos los nodos G.9954 de la red se sincronizan con un ciclo MAC periódico y las transmisiones se planifican previamente y se realizan con una temporización precisa.

El protocolo MAC síncrono G.9954 se utiliza para soportar diferentes tipos de servicios, incluyendo servicios de datos asíncronos del tipo mejor servicio posible y servicios de flujo continuo de velocidad binaria variable, tales como los que se requieren para telefonía, audio y vídeo.

En un entorno nativo G.9954, en el que el acceso al medio se planifica previamente, se utiliza una estrategia de evitación de colisión (CA, *collision avoidance*) durante las operaciones normales de transferencia de datos. La evitación de colisión, conjuntamente con la agregación de paquetes, permite una utilización más eficiente del medio y proporciona infraestructura que soporta garantías de calidad de servicio.

El protocolo MAC síncrono G.9954 soporta la comunicación en modo puente con otros protocolos, tales como IEEE 1394, USB etc., y con protocolos de acceso de banda ancha, tales como DOCSIS e IEEE 802.16, utilizando la capa de convergencia del protocolo. Además, el modelo de red controlado por un maestro, utilizado en el MAC G.9954, es un modelo natural para redes de acceso de banda ancha y está bien adaptado a una arquitectura con pasarela residencial (RG, *residential gateway*).

5.1.3 Calidad de servicio

La calidad de servicio que permite MAC G.9951/2, con una clasificación de 8 niveles de prioridad, proporciona un mecanismo básico de calidad de servicio para diferenciar los distintos tipos de servicios. Este mecanismo es compatible con las recomendaciones de IEEE 802.1D y la etiqueta de prioridad de VLAN (IEEE 802.1P) asíncrono con los bits de PRECEDENCIA definidos en la

interpretación original del campo tipo de servicio (TOS, *type of service*) incluido en un paquete IP utilizando el protocolo de servicios diferenciados (Diffserv, *differentiated services*).

Sin embargo, para proporcionar una calidad de servicio garantizada, G.9954 proporciona un mecanismo compatible con protocolos del tipo RSVP, y que especifica parámetros concretos de tráfico y velocidad de un servicio, y no simplemente una ordenación relativa de los paquetes.

El mecanismo de calidad de servicio G.9954 se basa en el concepto de flujo, que representa un flujo de datos unidireccional entre nodos de red basado en parámetros de calidad de servicio bien definidos y que permiten un estricto control del caudal de la red, latencia, fluctuación de fase y parámetros de BER.

Los flujos se establecen y suprimen separadamente para cada servicio. Las subcapas de control de la capa de enlace (LLC, *link-layer control*) G.9954 y MAC son responsables de programar los paquetes en los flujos, de forma que se fijen los respectivos parámetros de tráfico y calidad de servicio. Para cada flujo se reserva una anchura de banda durante toda su vida, lo cual se refleja en el plan de acceso al medio (MAP, *media access plan*) elaborado por el nodo G.9954 maestro. Los requisitos de anchura de banda de un flujo pueden también verse modificados durante su vida para permitir de forma más eficiente los cambios de los requisitos de anchura de banda característicos de los flujos de datos a "ráfagas" y de velocidad binaria variable (VBR, *variable bit-rate*).

La subcapa de convergencia es responsable de hacer corresponder los flujos de datos entrantes con un flujo adecuado a fin de cumplir los requisitos de calidad de servicio.

Los flujos pueden establecerse de forma automática cuando se invoca el servicio o en el momento de la inicialización, según una especificación predefinida (por ejemplo, parte de la capa de convergencia) o con datos de la configuración. Igualmente, los flujos pueden suprimirse automáticamente cuando se detecta inactividad a fin de liberar recursos asociados al flujo.

5.1.4 Calidad de funcionamiento

El protocolo G.9954 mejora la calidad de funcionamiento del protocolo G.9951/2 porque evita las colisiones (ciclo de resolución sin colisiones) y permite la agregación de múltiples unidades de datos de protocolo MAC (MPDU, *MAC protocol data units*) en una única ráfaga de capa física (trama).

Las mejoras de calidad de funcionamiento antes mencionadas están relacionadas con el propio protocolo MAC G.9954, siendo previsible que en las implementaciones individuales se consigan mejoras de calidad de funcionamiento y ventajas adicionales.

5.1.5 Interfaces externos y protocolos

El protocolo G.9954 soporta interfaces y la conexión en modo puente (*bridging*) con protocolos externos a través de la subcapa de convergencia de la pila de protocolos. La subcapa de convergencia del protocolo específica utilizada se define mediante un parámetro de configuración o directamente mediante la interfaz de gestión.

La subcapa de convergencia es responsable de establecer una correspondencia entre paquetes de datos recibidos a través de una interfaz específica y los *flujos* adecuados para cada servicio de datos.

Los flujos definidos para una subcapa de convergencia en particular pueden establecerse cuando se registra el dispositivo o por demanda. Los parámetros de tráfico y de velocidad del flujo pueden estar predefinidos para el protocolo, o bien, pueden definirse como parámetros de configuración en un sistema de almacenamiento estable. Igualmente, los flujos pueden establecerse y configurarse mediante operaciones de gestión realizadas por un anfitrión externo o distante.

La pila de protocolo G.9954 no presupone la existencia de un procesador anfitrión externo y puede tener una interfaz directa hardware con un chip externo, que posiblemente ejecute un protocolo diferente. En esta configuración, se supone que la subcapa de convergencia del protocolo reside

conjuntamente con las capas MAC y de enlace en un chip G.9954 integrado. Alternativamente, la subcapa de convergencia G.9954 puede ejecutarse, en parte o íntegramente, en un procesador anfitrión externo. La subcapa de convergencia puede también incluir funciones/tablas para el establecimiento de puentes entre direcciones.

Los protocolos externos de la descripción de la subcapa de convergencia G.9954 incluyen los protocolos IEEE 802.3/Ethernet y el protocolo Internet (IP, *Internet protocol*). Además, los protocolos USB e IEEE 1394 soportados por la capa de convergencia se consideran protocolos candidatos importantes para el transporte G.9954. Además, también se consideran importantes las interfaces con los protocolos de acceso de banda ancha, tales como DOCSIS, y posiblemente protocolos de acceso inalámbrico como IEEE 802.11 e IEEE 802.16. Se supone que los flujos continuos de transporte de vídeo MPEG se transportan sobre IP/Ethernet o como flujos continuos de transporte MPEG (MPEG-TS, *MPEG transport streams*).

La correspondencia entre protocolos y la convergencia a un nivel concreto de la pila de protocolos, permite lograr una cierta sincronización entre las redes externa y del hogar. En el apéndice III se describe con más detalle. Además, dada una calidad de servicio definida en términos similares a los de la red externa, se pueden aplicar métodos o criterios de calidad de servicio de redes externas a la red del hogar.

5.1.6 Seguridad y privacidad

Un nodo de red G.9954 debe registrarse con el maestro a fin de poder conectarse a la red e iniciar la transferencia de datos. Este proceso de admisión en la red puede ampliarse para ofrecer un régimen básico de autorización y privacidad.

En el fichero de configuración del maestro o en alguna base de datos externa accesible desde el lado externo del anfitrión puede residir una lista de autorización de dispositivos. Dicha lista de autorización puede definir los dispositivos que pueden conectarse al maestro y conseguir el acceso a la red y sus recursos. La identificación de dispositivos se realiza mediante la dirección MAC hardware de los mismos. El acceso a la red puede denegarse en base a la información de autorización accesible por el maestro.

La privacidad de los datos puede conseguirse mediante métodos de criptación. Una vez conseguida la autorización, el maestro puede ejecutar un protocolo de gestión de claves de criptación para su distribución a los nodos de la red. Las claves de criptación se transmiten por la red en un formato criptado mediante métodos de criptación de clave pública. Cada paquete enviado al medio puede, excepto en el caso de ciertos paquetes de gestión, ser subsiguientemente criptados utilizando la clave de criptación compartida.

La privacidad puede ser necesaria en la red en el hogar a fin de proteger su contenido frente a accesos y observaciones no autorizadas causadas por diafonía. La criptación puede utilizarse para proteger los datos de las transmisiones G.9954, en lugar de utilizar mecanismos de seguridad G.9951/2 basados en restringir la sensibilidad del receptor.

Tanto la autenticación como a privacidad son características futuras y opcionales.

5.1.7 Soporte de la gestión

En un modelo de red del hogar basado en una pasarela residencial que proporcione acceso a los servicios ofrecidos a la red en el hogar por un proveedor de servicios, la gestión, configuración, supervisión y resolución de problemas en las redes en los hogares adquiere una importancia creciente.

Para permitir esta funcionalidad, los dispositivos G.9954 deben soportar las siguientes funciones de gestión:

- Configurar, controlar y supervisar todos los dispositivos G.9954 de la red.
- Proporcionar acceso local y distante a todos los dispositivos.

- Permitir el acceso a todos los dispositivos a través de la pasarela (maestro).
- Utilizar un protocolo de mensajes (basado en el protocolo de certificación y diagnóstico G.9951/2).
- Soportar una estructura MIB normalizada.
- Soportar interfaces de gestión de nivel superior (por ejemplo, SNMP, HTTP etc.).

Las facilidades de gestión tienen por objeto permitir el acceso a la información de gestión siguiente:

- Información de la capa física (PHY).
- Información de red.
- Información y estadísticas de calidad de servicio.
- Información de los dispositivos.
- Información de configuración.
- Información de autorización y seguridad.
- Información de versión.

5.2 Modelo de referencia de la red

Esta Recomendación define la funcionalidad de nivel básico de las capas física (PHY), MAC, de ENLACE y de CONVERGENCIA.

La interfaz primaria que se identifica es la interfaz eléctrica y lógica (W1) entre la estación G.9954 y el cableado, tal como se muestra en la figura 5-1. Esta Recomendación define interfaces en el lado del anfitrión mediante ejemplos de interfaces, tales como los formatos de trama del nivel de enlace lógico IEEE 802.3 y el direccionamiento y comportamiento en difusión/multidifusión. Existen varias opciones para las interfaces en el lado del anfitrión, describiéndose en el apéndice II la recomendación de la interfaz MII.

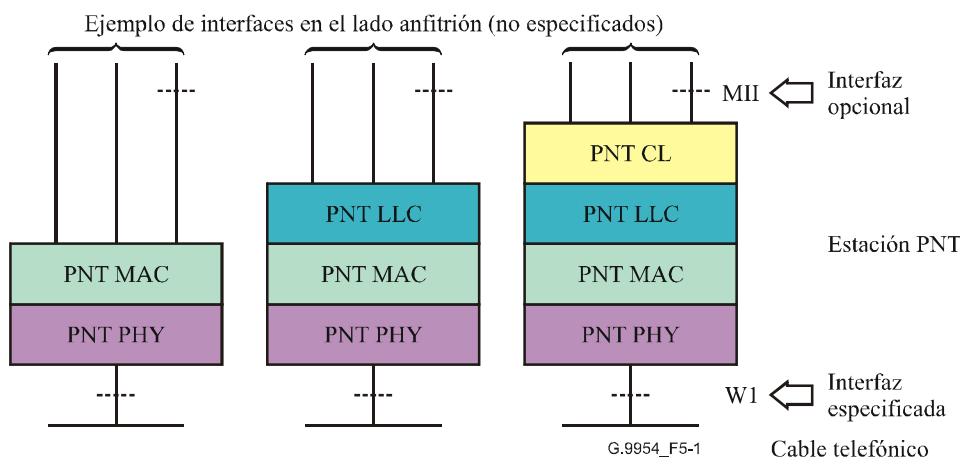


Figura 5-1/G.9954 – Interfaces

El sistema PNT implementa una red con un único segmento de *medio compartido* tal como se muestra en la figura 5-2. Todas las estaciones del segmento están conectadas lógicamente al mismo canal compartido en el cable telefónico. A través de repetidores de las capas ISO 2 (L2 o enlace de datos) o 3 (L3 o IP), pueden conectarse varios segmentos de red PNT y otros enlaces de red. En esta Recomendación no se definen los repetidores de capa 1 (repetidores de capa física, PHY).

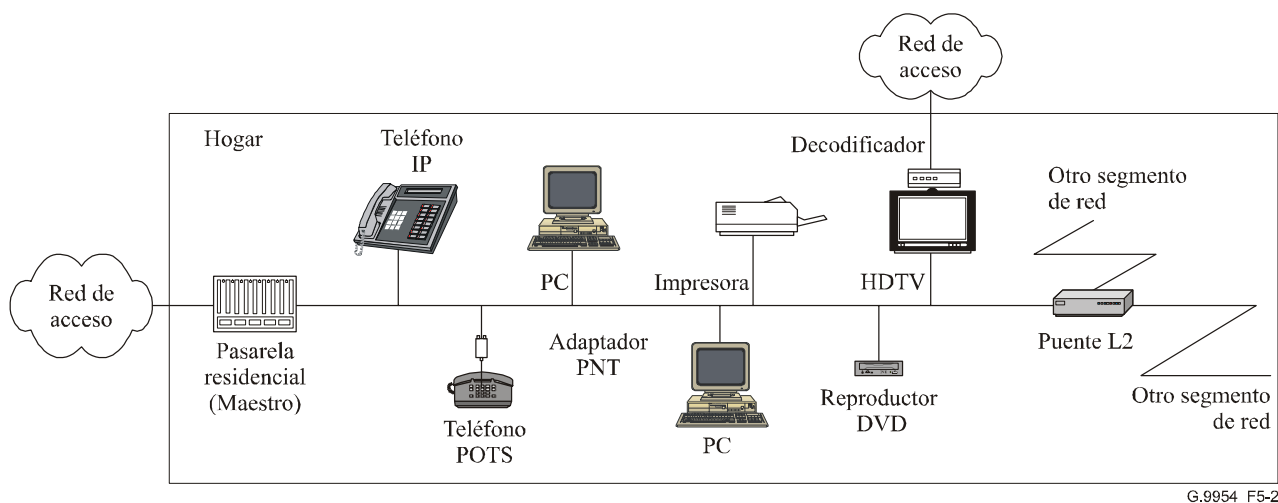


Figura 5-2/G.9954 – Segmento de red del medio compartido PNT

Tal como se observa en la figura 5-2, el modelo de red G.9954 presupone una red en el hogar compuesta por diversos tipos de dispositivos de red, conectados al medio compartido constituido por el segmento troncal del cable telefónico en el hogar. También se asume que existen una o varias conexiones de banda ancha a redes externas, a través de uno o más dispositivos pasarela y posiblemente puentes con otros segmentos de red en el hogar, probablemente basados en otras tecnologías de red del hogar (por ejemplo, inalámbrica, por red eléctrica, cable, etc.).

En el cuadro 5-1 se muestra la relación entre la norma PNT y el modelo de referencia de interconexión de sistemas abiertos ISO/CEI.

Cuadro 5-1/G.9954 – Relación con la estructura ISO/CEI de interconexión de sistemas abiertos

Capas del modelo de referencia OSI		Capas G.9954
Aplicación		
Presentación		
Sesión		
Transporte		
Red		
Enlace de datos		Capa de convergencia
		Protocolos de la capa de enlace
		Control del acceso al medio – MAC
Física		PHY

La norma de red PNT está diseñada para funcionar sobre el cableado existente en el domicilio del cliente. Las tecnologías que previsiblemente se implementen en el futuro serán combinaciones de estructuras en estrella, árbol y de cableado en bus multipunto, tal como se refleja en el ejemplo de la figura 5-3. En este caso, el dispositivo de interfaz de red (NID, *network interface device*) del servicio telefónico ordinario (POTS, *plain old telephone service*) se muestra junto con el bucle de

abonado externo situado a la izquierda, presentando el cableado del domicilio del cliente bifurcaciones en "estrella" desde el NID hacia varias estructuras de cableado. Cada una de dichas estructuras puede tener uno o más conectores modulares situados en enchufes en las paredes del hogar, y cables de *extensión* de longitud variable (que se representan con líneas dobles) que van desde los conectores de pared a dispositivos POTS o PNT. En este ejemplo, las estaciones A y B están en un bus; la estación C en un segundo bus, que está sin terminar en el extremo; la estación E está al extremo de una extensión directa desde el NID; y las estaciones F y G comparten un mismo conector de pared mediante un adaptador de dos salidas. Es posible identificar muchas otras topologías.

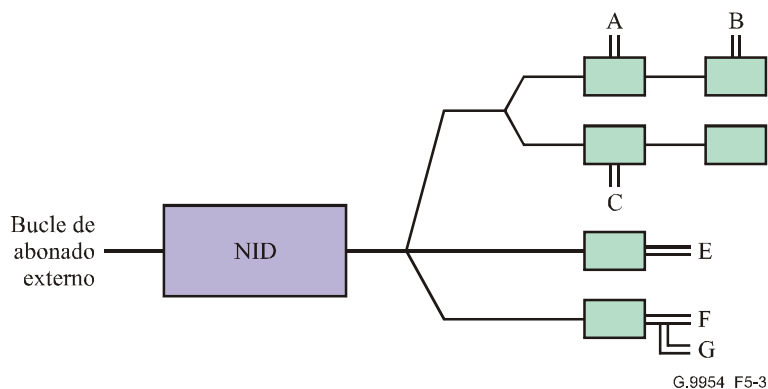


Figura 5-3/G.9954 – Topología del cableado de referencia

El protocolo G.9954 soporta los modelos de red controlada por maestro y sin maestro. El modelo de red controlado por maestro presupone la existencia de un nodo maestro que proporciona la temporización en la red y sincroniza el acceso al medio de todos los dispositivos de red G.9954. En ausencia de un maestro, la red se considera del tipo sin maestro. El modelo de red sin maestro es la de G.9951/2 y sólo presupone la existencia de un medio compartido con dispositivos que realizan el acceso a medios utilizando técnicas CSMA/CD y de resolución de colisión (basadas en prioridad).

Aunque el acceso al medio en una red controlada por maestro está controlado por éste, la comunicación entre dispositivos no se hace a través del maestro, sino que éstos se comunican directamente entre sí en los instantes de tiempo determinados por el maestro. Potencialmente, cualquier dispositivo puede actuar como maestro, aunque éste es un papel normalmente asumido por una pasarela o un dispositivo servidor.

5.3 Pila de protocolos

La pila de protocolos G.9954 proporciona los servicios de capa 1 (PHY) y de capa 2 (enlace de datos) para la transmisión y recepción de paquetes sobre un medio cableado empleando los protocolos G.9951/2 y G.9954. En la figura 5-4 se muestra la pila de protocolos utilizada por G.9954.

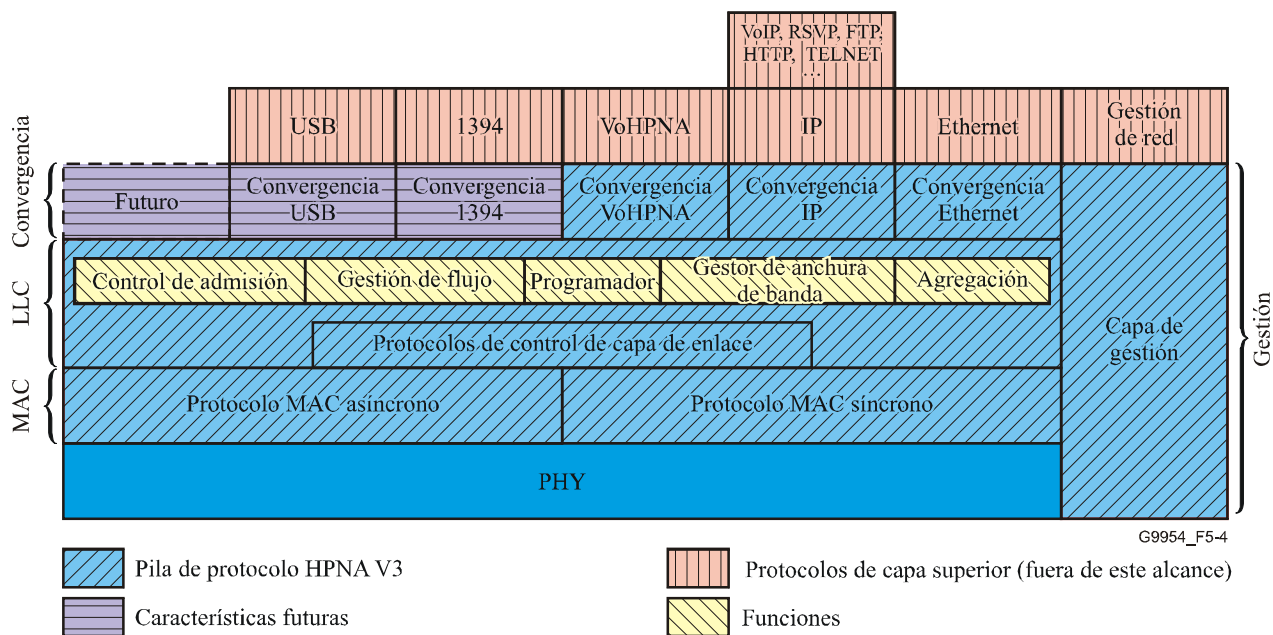


Figura 5-4/G.9954 – Pila de protocolos G.9954

5.3.1 Capa física (PHY)

La capa física (PHY) proporciona la transmisión y recepción de tramas de capa física utilizando técnicas de modulación QAM y FDQAM sobre el medio físico del cableado. Soporta velocidades de símbolos de 2, 4, 8, 16 y 24 Mbaudios, con constelaciones de codificación de 2 a 10 bits por símbolo. Ello permite disponer de una capa física con capacidad entre 4 y 240 Mbit/s en una máscara PSD ampliada de 4-28 MHz que permite una anchura de banda de hasta 24 MHz.

5.3.2 Capa del enlace de datos

La capa del enlace de datos se compone de tres subcapas – las capas MAC, LLC y de convergencia.

5.3.2.1 Subcapa MAC G.9954

La subcapa MAC es responsable de gestionar el acceso al medio físico mediante un protocolo de acceso a medios. Utiliza la capa PHY para programar la transmisión de unidades de datos del protocolo MAC (MDU, *MAC protocol data units*) sobre el medio físico en tramas de transporte de la capa PHY.

La subcapa MAC G.9954 soporta el acceso al medio de acuerdo con dos modos diferenciados del protocolo – modo asíncrono y modo síncrono. Se soporta un modo de funcionamiento asíncrono, similar al protocolo MAC G.9951/2 y un modo de funcionamiento síncrono tal como se define en esta Recomendación. El protocolo MAC asíncrono proporciona un acceso al medio con prioridades que emplea técnicas CSMA/CD para controlar el acceso al medio y un protocolo de señalización para resolver las colisiones en el medio. Por el contrario, el protocolo MAC síncrono G.9954 utiliza técnicas CSMA/CA, con control desde un maestro, para evitar las colisiones gracias a una planificación previa de la temporización de todos los accesos al medio.

El MAC en modo síncrono G.9954 mantiene un vector que define la temporización de acceso al medio planificada por el maestro. La temporización de acceso al medio se planifica de conformidad con las limitaciones de calidad de servicio (QoS, *quality of service*) de los servicios de red requeridos, difundiéndose el plan periódicamente a todos los nodos G.9954. Los MAC G.9954 son responsables de garantizar que todos los accesos al medio se realizan de conformidad con el plan, restringiendo las transmisiones exclusivamente a las oportunidades de transmisión (TXOP) atribuidas explícitamente a cada dispositivo (o a sus servicios) por el maestro, o que hayan sido

atribuidas al grupo al que pertenece. El maestro G.9954 planifica el acceso hasta el nivel de servicio y, como tal, un MAC G.9954 puede programar todos los paquetes utilizando el plan maestro. Alternativamente, un MAC G.9954 puede aplicar cierto grado de inteligencia en materia de calidad de servicio (QoS) programando decisiones dentro de los límites de las oportunidades de transmisión (TXOP) atribuidas en el MAP.

La subcapa MAC es además responsable de proporcionar información de control a la capa PHY para controlar las características físicas de los datos transmitidos.

5.3.2.2 Subcapa de control del enlace lógico (LLC) G.9954

La subcapa de control del enlace lógico (LLC) es responsable de realizar las funciones de control del enlace. En particular, es responsable de gestionar la información relativa a las conexiones de red, de que se cumplan las limitaciones de calidad de servicio definidas para los diversos flujos de datos del sistema y de asegurar una transmisión de datos robusta mediante la negociación de velocidad, técnicas de codificación Reed-Solomon y técnicas de petición automática de repetición (ARQ, *automatic repeat request*).

Además, el protocolo MAC síncrono G.9954 requiere que se soporten protocolos de control de enlace adicionales que gestionen los procedimientos de admisión de red y de establecimiento y supresión de flujos. Estos protocolos se utilizan para gestionar la información de los dispositivos conectados y sus flujos de servicio asociados. Los protocolos de la capa de enlace interactúan con las capas de protocolo de convergencia superiores a fin de señalar eventos tales como el registro de dispositivos, los eventos de temporización y las operaciones de control de flujo.

Además de los protocolos de control de la capa de enlace que necesita el MAC síncrono G.9954, son necesarias las funciones de la capa de enlace siguientes: programación, gestión de anchura de banda, gestión de flujos, admisión de red y agregación de paquetes.

La agregación de paquetes se utiliza para concatenar varias MPDU en una única trama de capa física. Esta técnica de concatenación se utiliza para aumentar el tamaño de la trama PHY para reducir la tara por paquete del protocolo. Sin embargo, el nivel de agregación empleado es función de los requisitos de latencia de los servicios y del tamaño de la oportunidad de transmisión asignada. La subcapa LLC es responsable de realizar dicho entramado y desentramado, así como de maximizar el tamaño de una ráfaga dentro de los límites que establece el plan de acceso al medio.

5.3.2.3 Capa de convergencia

La capa de convergencia se compone de un conjunto de subcapas específicas del protocolo que establecen una correspondencia entre los distintos protocolos de capa de transporte y las primitivas nativas de la subcapa LLC. La subcapa LLC proporciona una interfaz independiente del protocolo y un marco de calidad de servicio bien definido. Es responsabilidad de la subcapa de convergencia traducir el protocolo nativo a dicho marco subyacente.

La subcapa de convergencia puede utilizar información del protocolo o específica de la configuración para realizar dicha traducción

5.3.2.4 Capa de gestión

Las capas de gestión descritas en la pila de protocolos de la figura 5-4, incluyen las facilidades de gestión de la capa de red y de gestión G.9954. La gestión de la capa de red funciona sobre las capas de red y de transporte, utilizando protocolos de gestión de alto nivel tales como SNMP y, por tanto, se encuentran fuera del alcance de esta Recomendación.

La gestión G.9954 incluye todas aquellas facilidades que se requieren para recopilar información de las capas PHY, MAC, de enlace y de convergencia del dispositivo G.9954 o de los dispositivos distantes, y para tener el control de los mismos. La gestión G.9954 soporta las capacidades de gestión locales y distantes. Ello significa que se pueden realizar las operaciones de gestión desde un anfitrión local que tenga interfaces con el dispositivo G.9954 desde el lado anfitrión o desde una

entidad de gestión que tenga interfaces con el dispositivo G.9954 desde el lado de red (cableado) utilizando un protocolo de gestión entre entidades pares.

Igualmente, un dispositivo G.9954 puede configurarse de forma local o distante. La configuración local se realiza leyendo valores de configuración de un sistema de almacenamiento estable o bajo el control de un anfitrión local. La configuración distante puede realizarse utilizando el protocolo de gestión distante, tal como se ha descrito anteriormente, o bien mediante una descarga por parte del maestro durante el procedimiento de admisión en la red.

6 Especificación de la capa física

6.1 Visión general

La capa física G.9954 es una ampliación de la capa física G.9951/2, que soporta tres máscaras espectrales y siete velocidades en baudios, permitiendo un total de 10 combinaciones de máscara espectral / baudios:

- Máscara espectral #1: 4-10 MHz; 2, 4 Mbaudios (la misma que G.9951/2).
- Máscara espectral #2: 4-21 MHz; 2, 4, 8, 16 Mbaudios.
- Máscara espectral #3: 4-28 MHz; 2, 6, 12, 24 Mbaudios.

La constelación puede ser de 2 a 10 bits por símbolo, con velocidades de modulación de la cabida útil en capa física entre 4 Mbit/s y 240 Mbit/s.

La información se transmite en forma de ráfagas sobre el canal. Cada ráfaga o trama de capa física consta de información de cabida útil de capa física encapsulada junto con un preámbulo, encabezamiento y un campo delimitador final. La cabida útil de la capa física hace referencia a la parte de la trama de nivel de enlace que se modula a la velocidad de la cabida útil que típicamente es superior a la velocidad del encabezamiento. En lo sucesivo, el término "cabida útil" hace referencia a la cabida útil de la capa física, salvo que se especifique otra cosa.

A continuación se describe el formato de la capa física.

6.2 Modelo de referencia del transmisor

En la figura 6-1 se muestra el diagrama de bloques del transmisor. Consta de un procesador de tramas, un aleatorizador de datos, un elemento para establecer la correspondencia entre bits y símbolos y un modulador QAM, tal como se define en las cláusulas siguientes.

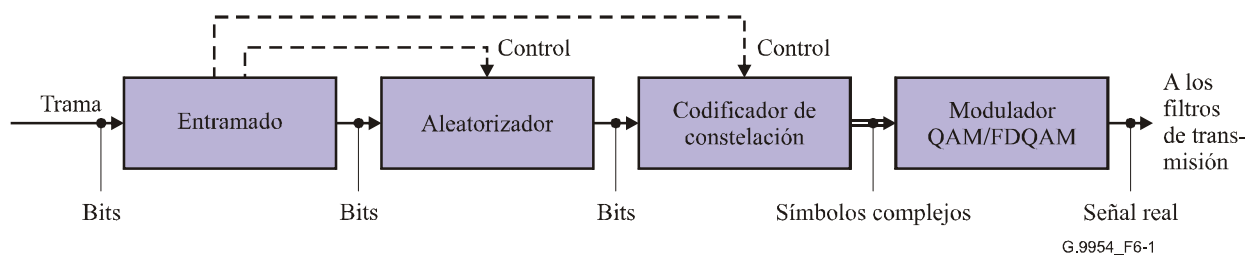


Figura 6-1/G.9954 – Diagrama de bloques del transmisor

6.3 Entramado

En la figura 6-2 se muestra en formato de la trama. Consta de una sección de encabezamiento de baja velocidad, una sección de cabida útil de velocidad variable y un segmento final de baja velocidad. Algunas partes de la trama no están aleatorizadas, tal como se describe en 6-4.

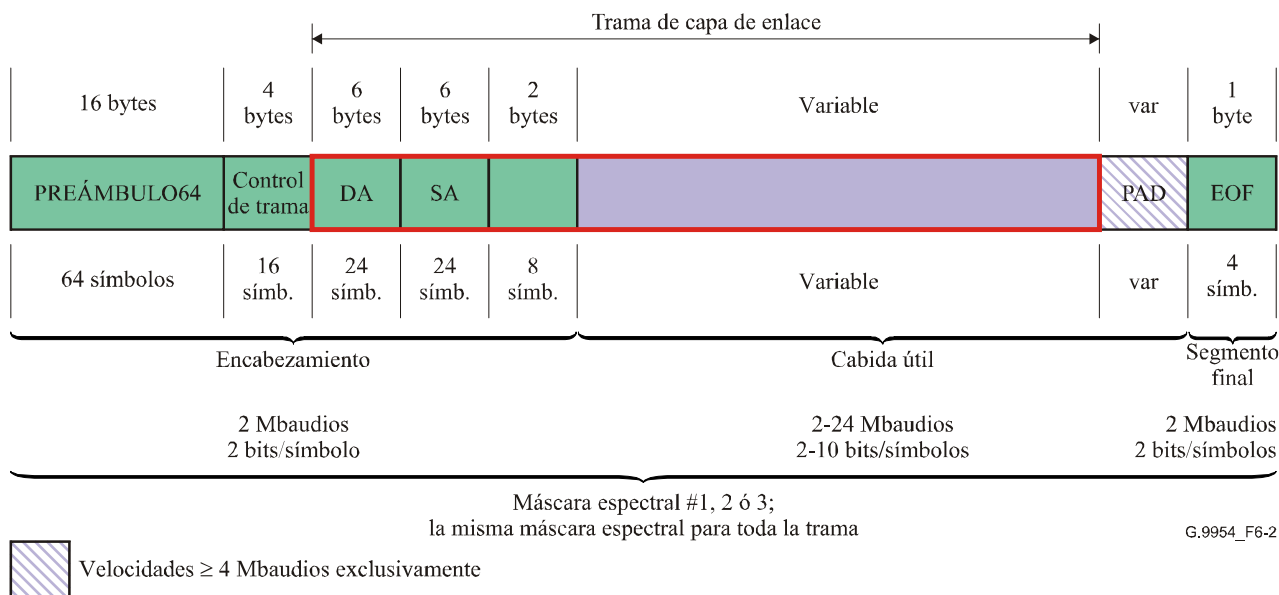


Figura 6-2/G.9954 – Formato de la trama física

La forma de interpretar el campo de dos bytes posterior al campo SA y el campo de longitud variable que le sigue, viene dada por el formato de la trama de capa de enlace definido en la cláusula 10.

6.3.1 Orden de los bits

Salvo que se indique otra cosa, todos los campos se codifican con el octeto más significativo en primer lugar y transmitiendo primero el bit menos significativo (LSB) de cada octeto. El bit menos significativo (LSB) de un campo se designa como bit número 0. Los diagramas representan los bits u octetos más significativos a la izquierda.

6.3.2 Definición del preámbulo

PREÁMBULO64 se define como cuatro secuencias de 16 símbolos (TRN16) resultado de la codificación de 0xfc483084 (en el orden definido en 6.3.1) a 2 Mbaudios, 2 bits por símbolo, con el aleatorizador inhabilitado.

NOTA – TRN16 es una secuencia QPSK blanca, de amplitud constante. El preámbulo está diseñado para proporcionar:

- Estimación de potencia y control de ganancia.
- Estimación de variación de la velocidad en baudios.
- Acondicionamiento del ecualizador.
- Detección de portadora.
- Detección de colisión.

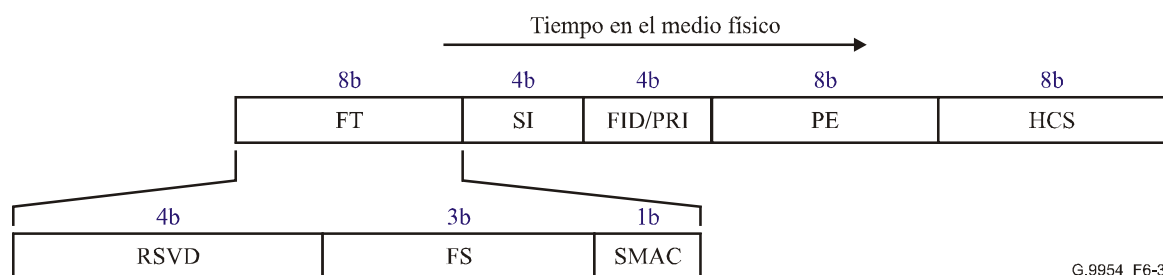
6.3.3 Definición de control de trama

El campo de control de trama es un campo de 32 bits definido en el cuadro 6-1.

Cuadro 6-1/G.9954 – Campos de control de trama

Campo	Número de los bits	Bits	Descripción
FT	31:24	8	Tipo de trama. 0 Trama MAC asíncrona 0x01-0x7F Reservado 0x80-0xFE Tramas MAC síncronas 0xFF Reservado (Bits 31:24 decodificado tal como se describe más abajo)
SMAC	31:31	1	Trama MAC síncrona
FS	30:28	3	Subtipo de trama. 0 Trama Ethernet 1 MAP (FT = 0x90) 2-7 Reservado para uso futuro.
RSVD	27:24	4	Reservado. El transmisor pondrá a cero este campo y el receptor descartará las tramas con valor distinto a cero.
FID/PRI	23:20	4	Identificador de flujo/ Prioridad Si SMAC = 1, los bits 23:20 son el ID de flujo. Si SMAC = 0, los bits 22:20 son la Prioridad (0-7), el bit 23 será puesto a cero por el transmisor y será ignorado por el receptor.
SI	19:16	4	Inicialización del aleatorizador
PE	15:8	8	Codificación de la cabida útil
HCS	7:0	8	Secuencia de verificación del encabezamiento

Por consiguiente, con la ordenación de bits definida en 6.3.1, los campos de control de trama se transmiten en el orden que se indica en la figura 6-3.



G.9954_F6-3

Figura 6-3/G.9954 – Orden de los campos de control de trama

6.3.3.1 Tipo de trama

El tipo de trama (FT, *frame type*) es un campo de ocho bits utilizado para definir diferentes formatos de trama. Los dispositivos G.9951/2 transmitirán un 0 en este campo y descartarán todas las tramas cuyo FT tenga un valor distinto de cero.

Los dispositivos G.9954 pueden transmitir tramas con FT = 0, 0x80 ó 0x90. Los restantes valores están reservados.

El FT tiene por objeto proporcionar un mecanismo de compatibilidad hacia adelante, que permita ampliaciones para utilizar formatos de trama diferentes de los identificados en G.9951/2 o G.9954.

El campo FT se compone de los subcampos que se indican a continuación.

6.3.3.1.1 Subtipo de trama (FS)

Este campo se utiliza para definir el subtipo de trama (FS, *frame subtype*). Se definen los subtipos siguientes:

- 0 = trama Ethernet
- 1 = trama MAP utilizada en el protocolo MAC síncrono
- 2-7 reservado para uso futuro.

Los valores de los subtipos de trama reservados se utilizarán en versiones futuras para permitir tipos de tramas asociadas a otras capas de convergencia.

6.3.3.1.2 MAC síncrona (SMAC)

Este campo de bits se utiliza para identificar una trama MAC síncrona. Se utiliza para definir la interpretación de los campos PRI/FID con sobrecarga. El bit SAMC no se fijará en las tramas enviadas a dispositivos G.9951/2 o en tramas de difusión/multidifusión en presencia de dispositivos G.9951/2.

6.3.3.1.3 Bits reservados (RSVD)

El transmisor pondrá a cero este campo, y el receptor descartará cualquier trama en la que este campo sea distinto de cero.

6.3.3.2 Bits de inicialización del aleatorizador

Este campo de 4 bits se fijará con el valor utilizado para inicializar el aleatorizador, tal como se describe en 6.4.

6.3.3.3 Identidad de flujo/Prioridad (FID/PRI)

La interpretación de este campo es función del valor del campo SMAC. Cuando SMAC = 0 el campo refleja la prioridad de nivel físico para transmisión y la indicación de prioridad de clase de servicio para el receptor. Cuando SMAC = 1 el campo es el ID de flujo de clase de servicio asociado a la trama.

6.3.3.3.1 Prioridad

Prioridad hace referencia al mecanismo de prioridad de acceso al medio, véase la especificación del protocolo de acceso al medio en la cláusula 7. El valor del campo de 3 bits de la prioridad física (PRI) hace referencia a la prioridad absoluta de una trama cuando accede al medio, siendo el valor utilizado en el MAC PNT. Las tramas con prioridad 7 tienen precedencia sobre las de prioridad 0.

PRI es un campo que se transporta en la trama de nivel físico y tiene por objeto indicar mediante 3 bits un nivel de prioridad de nivel físico, o indicación de clase de servicio, al procesador del nivel de enlace del receptor, a fin de gestionar la prioridad y la clase de servicio de la trama recibida. El valor de PRI no es utilizado por el procesador físico del receptor.

En el caso de estaciones que no implementan clase de servicio, se ignora el campo PRI recibido, transmitiéndose con un valor de PRI = 2.

Para conocer cómo se utilizan los valores de prioridad, véase en la cláusula 7 la especificación del protocolo de acceso al medio, modo de funcionamiento MAC asíncrono.

6.3.3.3.2 ID de flujo (FID)

Este campo de 4 bits recarga el campo prioridad (PRI) y se utiliza para identificar el *flujo* de calidad de servicio asociado a la trama. Este campo sólo se interpreta como ID de flujo cuando el valor de campo SMAC es 1. El campo FID es utilizado por los procesadores de las capas MAC, de enlace y

de convergencia tanto en el transmisor como en el receptor para gestionar la calidad de servicio. No es utilizado por el procesador físico del transmisor ni del receptor.

Para conocer cómo se utilizan los valores de ID de flujo, véase en la cláusula 7 la especificación del protocolo de acceso al medio, modo de funcionamiento MAC síncrono.

6.3.3.4 Codificación de la cabida útil

Este campo determina la máscara espectral, velocidad en baudios y constelación de codificación de los bits de la cabida útil. Se define mediante los subcampos siguientes.

Cuadro 6-2/G.9954 – Campos de codificación de la cabida útil

Campo	Número de los bits	Bits	Descripción
EBPS	7	1	Bits por símbolo ampliados
SM	6:5	2	Máscara espectral
BAUD	4:3	2	Velocidad de símbolos
BPS	2:0	3	Bits por símbolo

Una *banda* se define como una combinación de baudios, tipo de modulación y frecuencia de portadora.

6.3.3.4.1 Bit de bits por símbolo ampliados

El campo bits por símbolo ampliados (EBPS, *extended bits per symbol*) se utiliza para identificar una codificación ampliada del campo bits por símbolo (BPS). Más específicamente, se utiliza para una interpretación extendida del campo BPS cuando EBPS = 1. Se describe con detalle en 6.3.3.4.4.

6.3.3.4.2 Máscara espectral

Los valores de máscara espectral (SM, *spectral mask*) se definen tal como se indica a continuación.

Cuadro 6-3/G.9954 – Subcampo máscara espectral

Valor de SM	Interpretación
0	Máscara espectral #1 (4-10 MHz)
1	Máscara espectral #2 (4-21 MHz)
2	Máscara espectral #3 (4-28 MHz)
3	Reservado en transmisión, descartar trama en recepción.

Para la definición de las máscaras espectrales, véase 6.8.3.

6.3.3.4.3 Velocidad de símbolos

Para la máscara espectral #1, los valores definidos son los siguientes.

Cuadro 6-4/G.9954 – Velocidades de símbolos para la máscara espectral #1

Valor de Baud	Interpretación
0	Velocidad de símbolos = 2 MHz
1	Velocidad de símbolos = 4 MHz
2	Reservado en transmisión, descartar trama en recepción.
3	Reservado en transmisión, descartar trama en recepción.

Para la mascara espectral #2, los valores definidos son los siguientes.

Cuadro 6-5/G.9954 – Velocidades de símbolos para la máscara espectral #2

Valor de Baud	Interpretación
0	Velocidad de símbolos = 2 MHz
1	Velocidad de símbolos = 4 MHz
2	Velocidad de símbolos = 8 MHz
3	Velocidad de símbolos = 16 MHz

Para la mascara espectral #3, los valores definidos son los siguientes.

Cuadro 6-6/G.9954 – Velocidades de símbolos para la máscara espectral #3

Valor de Baud	Interpretación
0	Velocidad de símbolos = 2 MHz
1	Velocidad de símbolos = 6 MHz
2	Velocidad de símbolos = 12 MHz
3	Velocidad de símbolos = 24 MHz

6.3.3.4.4 Bits por símbolo

Los valores definidos son los siguientes:

Cuadro 6-7/G.9954 – Codificación de bits por símbolo

Valor de EBPS	Valor de BPS	Interpretación
0	0	Reservado en transmisión, descartar trama en recepción
0	1	2 bits por símbolo
0	2	3 bits por símbolo
0	3	4 bits por símbolo
0	4	5 bits por símbolo
0	5	6 bits por símbolo
0	6	7 bits por símbolo
0	7	8 bits por símbolo
1	0	constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
1	1	constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
1	2	constelación de 10 círculos; 10 bits por símbolo
1	3-7	Reservado en transmisión, descartar trama en recepción

6.3.3.5 Secuencia de verificación de encabezamiento (HCS, *header check sequence*)

Se calcula una verificación de redundancia cíclica de 8 bits (CRC, *cyclic redundancy check*) como una función de la secuencia de 128 bits en el orden de transmisión que comienza con los bits FT y termina con los bits de la dirección origen (SA, *source address*) Ethernet, insertando ceros en el lugar del campo HCS aún no calculado. La codificación se define mediante el siguiente polinomio generador:

$$G(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + 1$$

Matemáticamente, el valor de CRC para una trama dada se define mediante el procedimiento siguiente.

Se complementan (invierten) los primeros 8 bits de la secuencia de bits de entrada en el orden de transmisión.

Los 128 bits de la secuencia en orden de transmisión se consideran los coeficientes de un polinomio $M(x)$ de grado 127. (El primer bit del campo FT corresponde con el término x^{127} y el último bit del campo SA se corresponde con el término x^0 .)

$M(x)$ se multiplica por x^8 y se divide por $G(x)$, generando un resto $R(x)$ de grado ≤ 7 .

$R(x)$ se multiplica por $H(x)$ para generar $N(x)$, donde $H(x)$ se define como $H(x)=x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

$N(x)$ se divide por $G(x)$, generando un resto $R'(x)$ de grado ≤ 7 .

Los coeficientes de $R'(x)$ se consideran una secuencia de 8 bits.

La secuencia de bits se complementa (invierte) y el resultado es el CRC'.

Los 8 bits de CRC' se sitúan en el campo HCS de forma que x^7 sea el bit menos significativo del octeto, y el término x^0 el bit más significativo del octeto (por tanto, los bits de CRC' se transmiten en el orden $x^7, x^6, \dots, x^1, x^0$).

Aunque el HCS está integrado en el flujo de bits protegido, se calcula de forma tal que el flujo de 128 bits resultante proporciona capacidades de detección de errores idénticas a los del flujo de 120 bits al que se ha añadido una CRC de 8 bits. Cuando la secuencia de 128 bits resultante, considerada como los coeficientes de un polinomio de grado 127, se divide por $G(x)$, siempre genera un resto igual a $x^7 + x^6 + x + 1$.

Los bits de entrada se desaleatorizan.

Debido a que todos los campos que cubre el campo HCS se transmiten a 2 Mbaudios y 2 bits por símbolo (como se describe en 6.5.1), dichos campos deberían recibirse correctamente en muchos casos en los que la cabida útil se recibe con errores. El HCS puede utilizarse conjuntamente con estadísticas de errores basadas en decisiones flexibles para determinar con una probabilidad elevada si el encabezamiento se ha recibido correctamente. Este conocimiento puede ser útil para optimizar la calidad de funcionamiento del ARQ y los algoritmos de negociación de velocidad.

6.3.4 Trama de la capa de enlace

Los campos de bits que siguen al campo de control de trama y que preceden al campo de relleno se definen en la especificación de la capa de enlace G.9954 de la cláusula 10. Los primeros 6 octetos son la dirección destino y los 6 octetos siguientes son la dirección origen.

La presencia de DA y SA en el encabezamiento de baja velocidad permite una detección de errores fiable, lo cual es útil para seleccionar la velocidad.

6.3.5 Relleno

Para cabidas útiles codificadas a velocidades superior o iguales a 4 Mbaudios, se insertará un campo de *relleno* de longitud variable que consta de un número entero de octetos. El último octeto del campo relleno (PAD_LENGTH) tendrá el valor menor de entre 255 (0xff) y el número de octetos cero (0x00) que precedan a PAD_LENGTH. El número de octetos cero asegurará que la duración mínima de la transmisión, desde el primer símbolo de PREAMBLE64 hasta el último símbolo del final del delimitador de fin de trama es al menos de 92,5 μ s. En el caso de cabidas útiles de 2 Mbaudios, no existirá campo de relleno.

El siguiente es un ejemplo de fórmula que satisface los requisitos para generar PAD_LENGTH:

$$\min \left\{ 255, \left\lceil \frac{(92,5\mu s - 68\mu s - 2\mu s) \times B \frac{Msimbolos}{seg} \times BPS \frac{bits}{símbolo}}{8 \frac{bits}{octeto}} \right\rceil - 1 - N \right\}$$

donde el valor de baudios, B, puede ser 4, 6, 8, 12, 16 ó 24, BPS es el número de bits por símbolo, N es el número de octetos de la parte de la trama de la capa de enlace transmitida a la velocidad de la cabida útil, 68 μs es la duración del encabezamiento y 2 μs es la duración de campo indicador de fin. Si el resultado de la fórmula es un valor negativo, significa que no se necesita relleno.

Ello permite distinguir entre un fragmento de colisión y una trama válida mediante la duración de la transmisión detectada por la función detección de portadora, véase 7.2.

6.3.6 Delimitador de fin de trama (EOF, *end of frame*)

La secuencia de fin de trama consta de los primeros 4 símbolos de la secuencia TRN, o **0xfc** codificado mediante 2 bits por símbolo a 2 Mbaudios.

Este campo permite una detección exacta del fin de portadora en condiciones de baja relación señal a ruido (SNR). Una estación que demodule una trama puede utilizar este campo para detectar con exactitud el último símbolo de la cabida útil.

6.4 Aleatorizador

Se utiliza un aleatorizador con sincronización de trama tal como el que se muestra en la figura 6-4, con el polinomio generador siguiente.

$$G(x) = x^{23} + x^{18} + 1$$

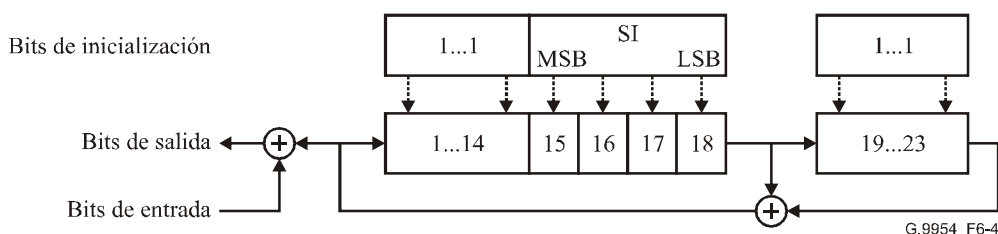


Figura 6-4/G.9954 – Aleatorizador de datos

Los bits 15 a 18 del registro de desplazamiento se inicializarán con un número pseudoaleatorio de 4 bits. Este valor se coloca en el campo SI, definido en 6.3.3.2, en un orden tal que la posición 15 del registro es el MSB (bit 19 del control de trama) y el bit 18 es el LSB (bit 16 del control de trama).

El aleatorizador se inhibe durante el campo preámbulo y durante los primeros 16 bits del campo control de trama. El aleatorizador será inicializado y habilitado con el bit 17 del campo control de trama.

El aleatorizador quedará inhibido después del último bit de la trama de capa de enlace, o del último bit del campo PAD, si existe. No se aleatoriza la secuencia EOF.

La utilización de un estado inicial de aleatorizador de carácter pseudoaleatorio produce una densidad espectral de potencia (PSD, *power-spectral density*) uniforme medida sobre múltiples tramas similares. Ello elimina el problema de los tonos en la PSD debido a la presencia de paquetes sucesivos altamente correlacionados.

6.5 Codificador de constelación

6.5.1 Control de codificación de la constelación

Todos los bits del encabezamiento, incluidos los primeros dos bytes posteriores al campo SA, se codificarán a 2 Mbaudios, 2 bits por símbolo. Si se utiliza la máscara espectral 2 ó 3, los símbolos de salida se modifican tal como se describe en 6.5.6.

Comenzando por el primer bit tras los dos bytes que siguen al campo SA, los bits se codificarán de conformidad con el campo PE (véase el cuadro 6-2), hasta el último bit de la trama de la capa de enlace, o el último bit de RELLENO, si éste existe.

La secuencia EOF se codificará a 2 Mbaudios, 2 bits por símbolo. Si se utiliza la máscara espectral 2 ó 3, los símbolos de salida se modifican tal como se describe en 6.5.6.

6.5.2 Correspondencia entre bits y símbolos

Los bits de entrada se agrupan en símbolos de N bits, siendo N el número de bits por símbolo especificado en el campo PE. En las figuras 6-5 a 6-14 se representan las correspondencias entre bits y símbolos. Los valores de los símbolos se muestran con los bits ordenados de forma tal que el bit situada a la derecha es el bit que se recibe en primer lugar del aleatorizador y el bit más a la izquierda es el último bit recibido del aleatorizador.

Todas las constelaciones, excepto la de 3 bits por símbolo, están situadas en una rejilla cuadrada uniforme, siendo todas ellas simétricas en relación con los ejes real e imaginario.

En el caso de las constelaciones circulares, solo se muestra el primer cuadrante, omitiéndose de las figuras los 2 bits más a la izquierda, que se representan en la figura 6-5.

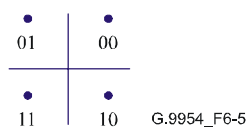


Figura 6-5/G.9954 – 2 bits por símbolo

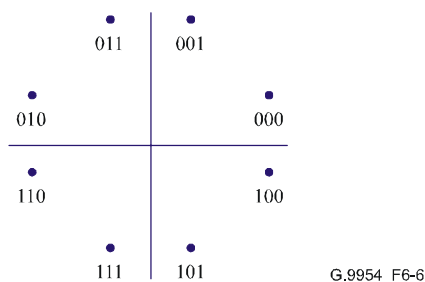


Figura 6-6/G.9954 – 3 bits por símbolo

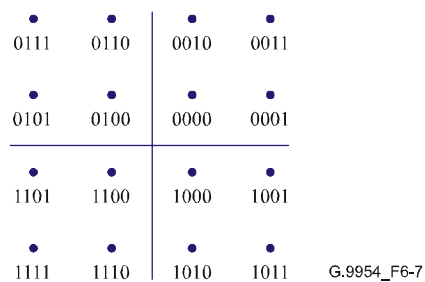


Figura 6-7/G.9954 – 4 bits por símbolo

	•	•		•	•	
	01010	01110		00110	00010	
•		•	•		•	
01111	01101	01100		00100	00101	00111
•	•	•		•	•	•
01011	01001	01000		00000	00001	00011
•	•	•		•	•	•
11011	11001	11000		10000	10001	10011
•	•	•		•	•	•
11111	11101	11100		10100	10101	10111
	•	•		•	•	
	11010	11110		10110	10010	

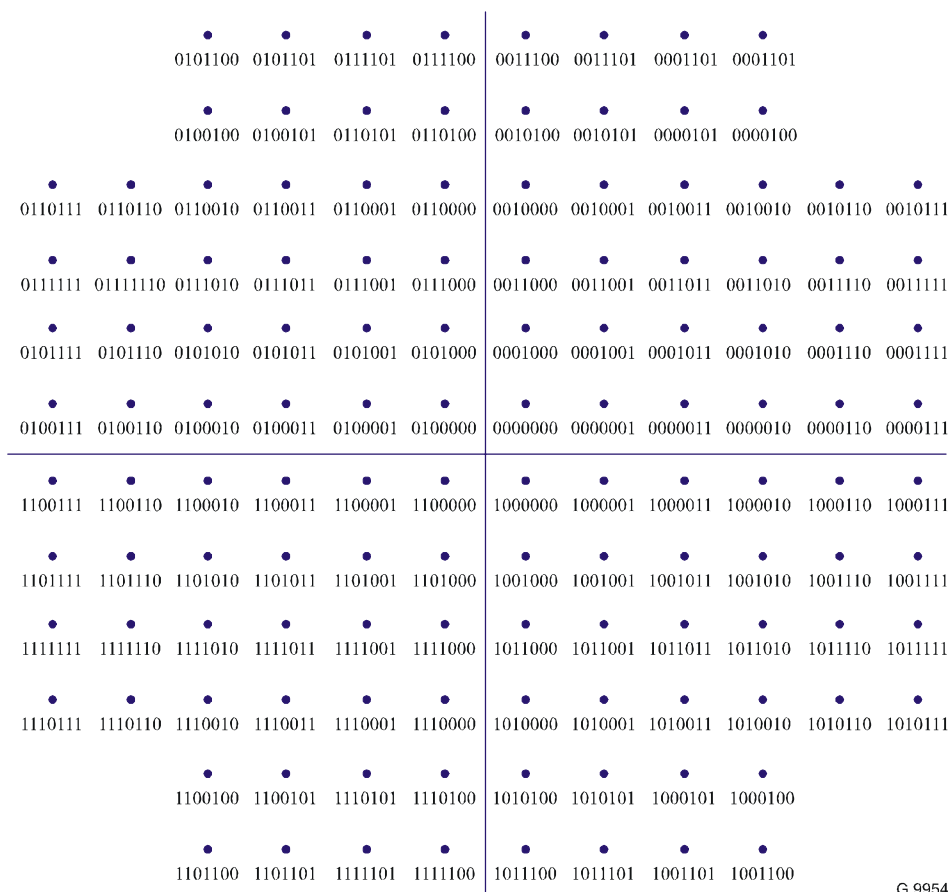
G.9954_F6-8

Figura 6-8/G.9954 – 5 bits por símbolo

•	•	•	•		•	•	•	•
011010	011011	011001	011000		001000	001001	001011	001010
•	•	•	•		•	•	•	•
011110	011111	011101	011100		001100	001101	001111	001110
•	•	•	•		•	•	•	•
010110	010111	010101	010100		000100	000101	000111	000110
•	•	•	•		•	•	•	•
010010	010011	010001	010000		000000	000001	000011	000010
•	•	•	•		•	•	•	•
110010	110011	110001	110000		100000	100001	100011	100010
•	•	•	•		•	•	•	•
110110	110111	110101	110100		100100	100101	100111	100110
•	•	•	•		•	•	•	•
111110	111111	111101	111100		101100	101101	101111	101110
•	•	•	•		•	•	•	•
111010	111011	111001	111000		101000	101001	101011	101010

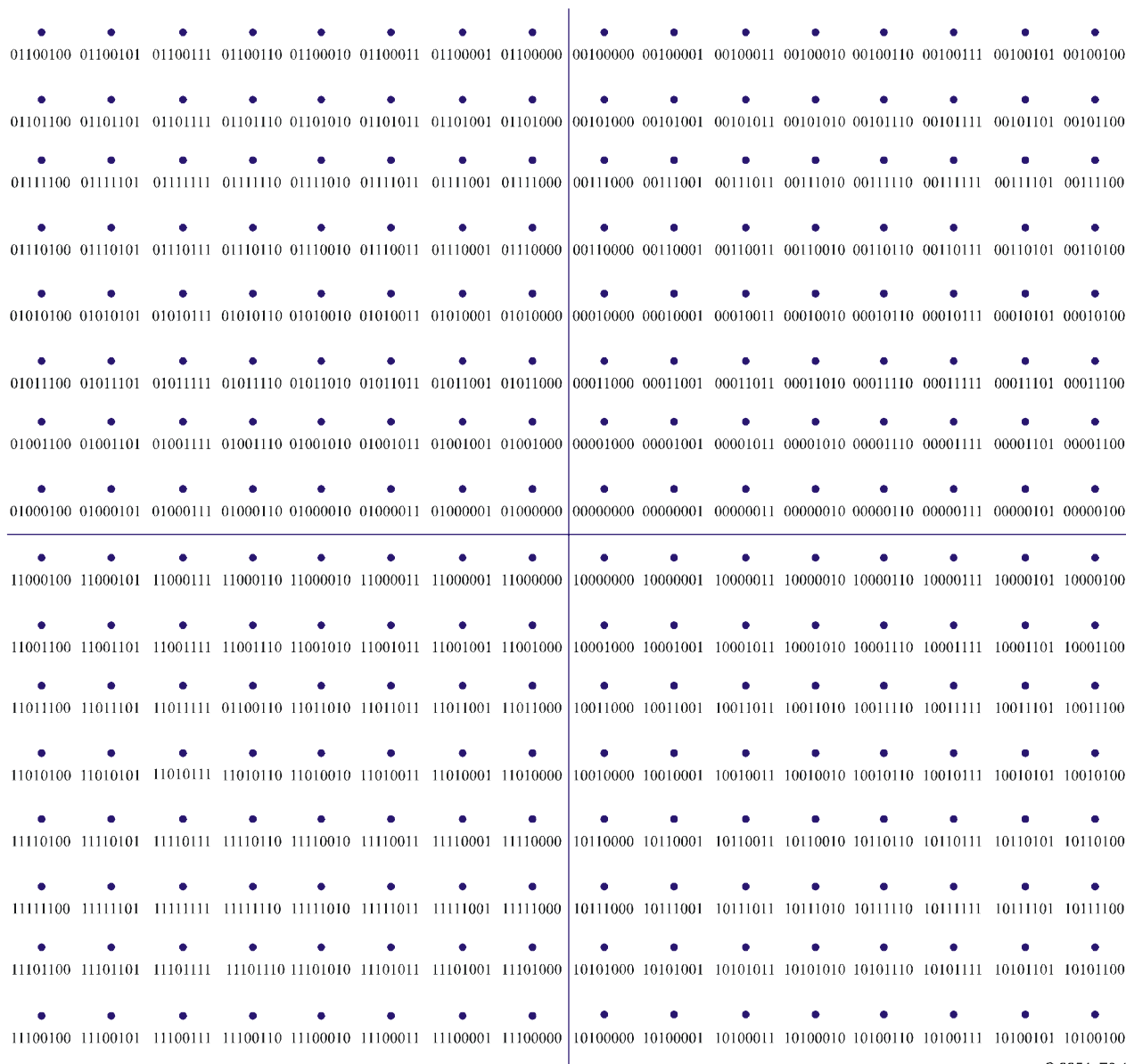
G.9954_F6-9

Figura 6-9/G.9954 – 6 bits por símbolo



G.9954_F6-10

Figura 6-10/G.9954 – 7 bits por símbolo



G.9954_F6-11

Figura 6-11/G.9954 – 8 bits por símbolo

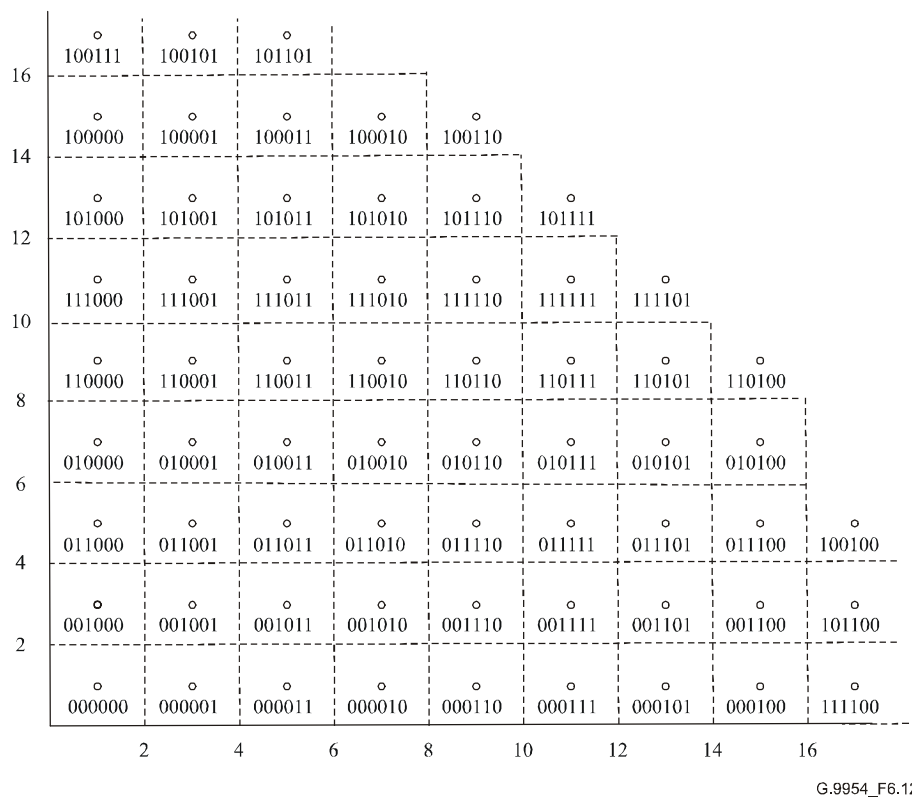


Figura 6-12/G.9954 – Constelación circular de 8 bits por símbolo

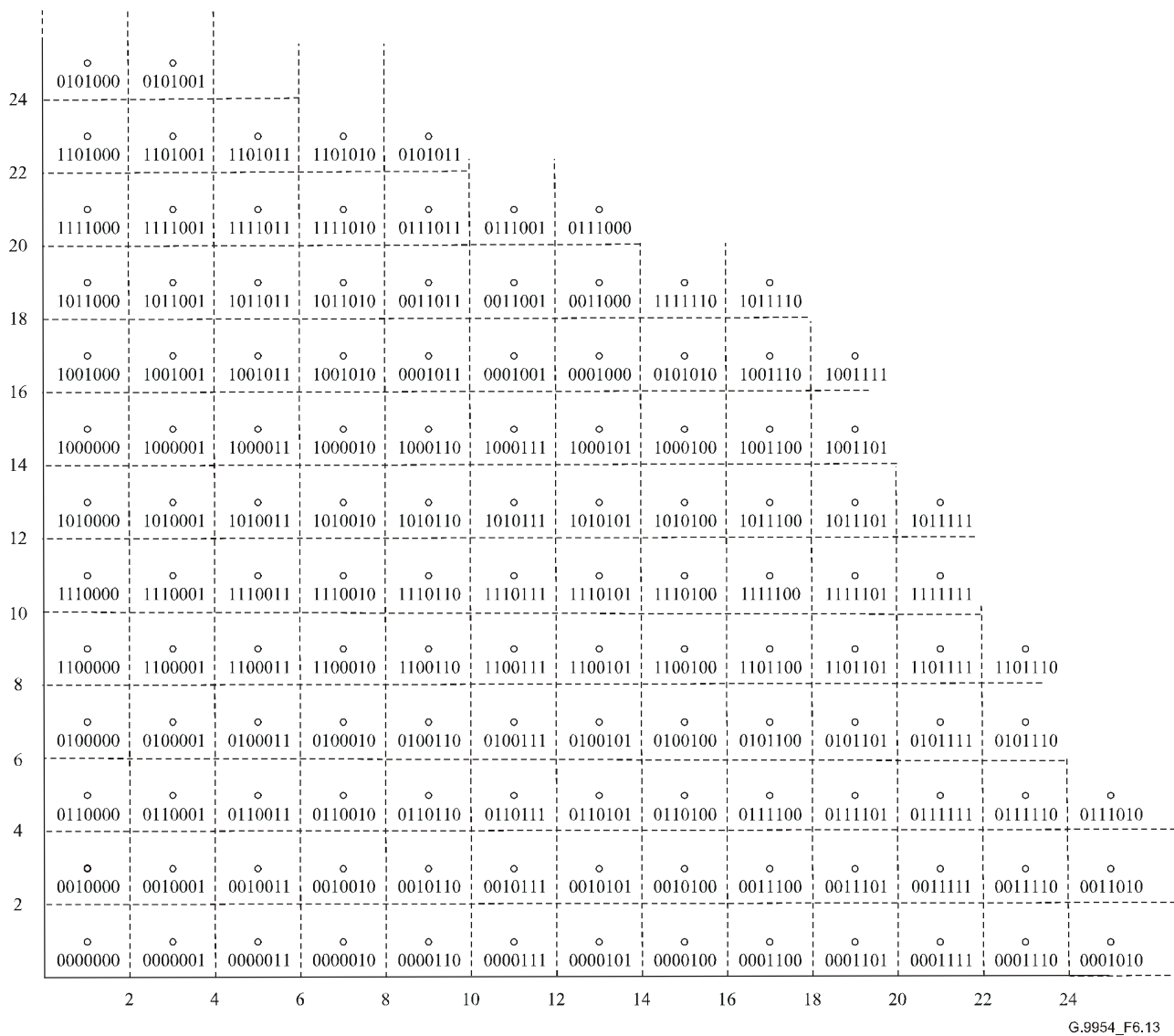


Figura 6-13/G.9954 – Constelación circular de 9 bits por símbolo

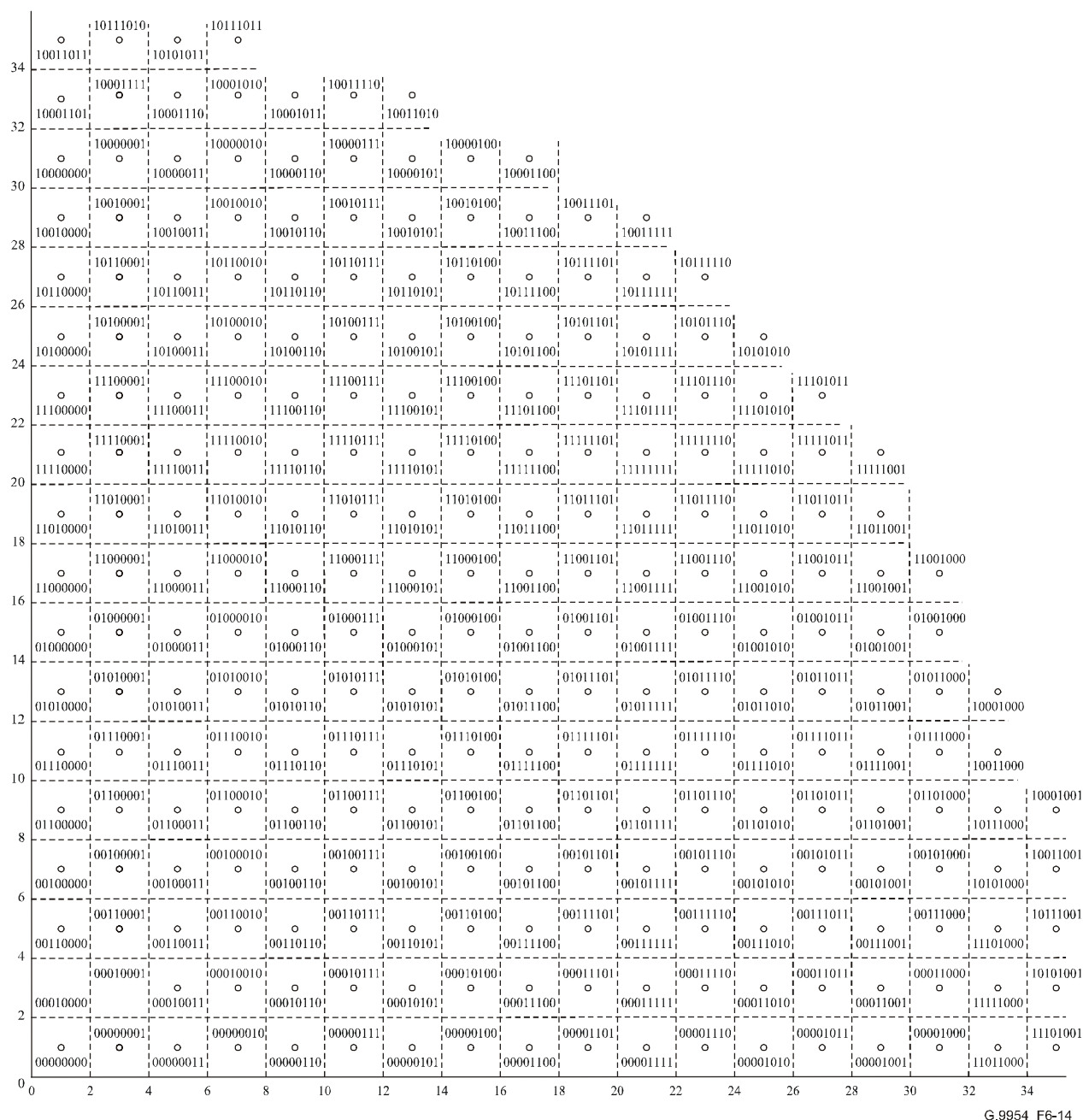


Figura 6-14/G.9954 – Constelación circular de 10 bits por símbolo

6.5.3 Escala de las constelaciones

En los cuadros 6-8 y 6-9 se muestra la escala relativa de las diversas constelaciones para una velocidad en baudios determinada, donde el valor de s(PE) del cuadro 6-8 se obtiene del cuadro 6-9. El valor de cada punto de la constelación debe ser preciso en un margen comprendido entre más o menos 4 % de la distancia entre los dos puntos más próximos de dicha constelación.

NOTA – Por ejemplo, a 2 Mbaudios, 2 bits por símbolo, la tolerancia en cada punto es $\pm 0,08$, mientras que a 2 Mbaudios, 5 bits por símbolo, la tolerancia de $\pm 0,02$. Obsérvese que la tolerancia no se deriva del número de dígitos significativos del cuadro 6-9, es decir, los valores del cuadro 6-9 deben considerarse exactos.

Cuadro 6-8/G.9954 – Puntos de referencia de la constelación

Bits por símbolo	Punto(s) de referencia	Valor
2	00	$(1 + i) \times s(PE)$
3	000	$(12 + 5i) \times s(PE)$
	001	$(5 + 12i) \times s(PE)$
4	0000	$(1 + i) \times s(PE)$
5	00000	$(1 + i) \times s(PE)$
6	000000	$(1 + i) \times s(PE)$
7	0000000	$(1 + i) \times s(PE)$
8	00000000	$(1 + i) \times s(PE)$

Cuadro 6-9 /G.9954 – Factores de escala s(PE) de la constelación

Máscara espectral	Velocidad de símbolos (MHz)	2 BPS	3 BPS	4 BPS	5 BPS	6 BPS	7 BPS	8 BPS	8 BPS círculo	9 BPS círculo	10 BPS círculo
#1	2	1,0000	0,1111	0,3333	0,2500	0,1429	0,1111	0,0667	0,0800	0,0556	0,0400
	4	0,7071	0,0786	0,2357	0,1768	0,1010	0,0786	0,0471	0,0566	0,0393	0,0283
#2	2	1,0000	0,1111	0,3333	0,2500	0,1429	0,1111	0,0667	0,0800	0,0556	0,0400
	4	0,7071	0,0786	0,2509	0,1812	0,1113	0,0835	0,0534	0,0617	0,0431	0,0306
	8	0,5000	0,0556	0,1952	0,1396	0,0897	0,0664	0,0438	0,0470	0,0332	0,0235
	16	0,3119	0,0335	0,1225	0,0860	0,0583	0,0418	0,0288	0,0296	0,0210	0,0148
#3	2	1,0000	0,1111	0,3333	0,2500	0,1429	0,1111	0,0667	0,0800	0,0556	0,0400
	6	0,5774	0,0642	0,2466	0,1664	0,1073	0,0763	0,0512	0,0550	0,0390	0,0275
	12	0,4082	0,0454	0,1789	0,1234	0,0816	0,0586	0,0397	0,0419	0,0297	0,0210
	24	0,2887	0,0321	0,1185	0,0832	0,0560	0,0404	0,0276	0,0287	0,0202	0,0143

Para la máscara espectral #1, los puntos de la constelación tienen una escala tal que los puntos más exteriores tienen aproximadamente la misma magnitud. Para las máscaras espectrales #2 y #3, las constelaciones tienen una escala basada en la medición estadística de la relación entre el valor de cresta y el valor medio (PAR, *peak to average ratio*).

6.5.4 Temporización de símbolos durante las transiciones de baudios

En una transición desde 2 MBaudios hasta una velocidad superior, el primer símbolo a velocidad superior se producirá 0,5 microsegundos después del último símbolo a 2 Mbaudios.

En una transición desde una velocidad superior hasta 2 Mbaudios, el primer símbolo a 2 Mbaudios se producirá 0,5 microsegundos después del último símbolo de velocidad superior.

En la figura 6-15 se ilustran las transiciones desde 2 a 4 Mbaudios y desde 4 a 2 Mbaudios.

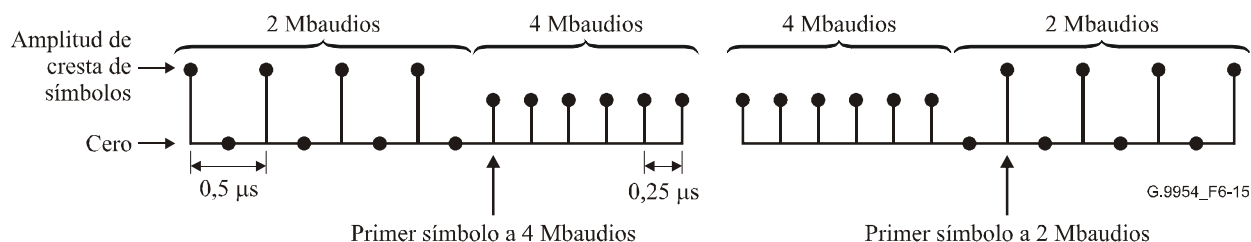


Figura 6-15/G.9954 – Transiciones entre velocidades en Mbaudios

6.5.5 Transiciones de la velocidad de codificación

Si el número de bits de una secuencia no es un múltiplo entero del número de bits por símbolo, se insertará un número suficiente de ceros al final del flujo de bits para que se complete el último símbolo. El número de bits cero que se insertan será el número mínimo necesario para que la longitud del flujo de bits sea un múltiplo entero del número de bits por símbolo.

6.5.6 Encabezamiento y cola modificados para las máscaras espectrales #2 y #3

Para las máscaras espectrales #2 y #3, el codificador de la constelación cambiará el signo de los símbolos del encabezamiento y de la cola (segmento final) que comiencen por el segundo símbolo. Es decir, los símbolos 2,4,6...136 del encabezamiento y los símbolos 2 y 4 de EOF se multiplicarán por -1 .

Con esta operación se permite que las nuevas frecuencias portadoras generen una señal cuyo encabezamiento y cola sean compatibles con los de la máscara espectral #1, permitiendo la demodulación del encabezamiento sin conocer previamente la máscara espectral utilizada.

6.6 Modulador QAM/FDQAM

El modulador implementa una modulación por amplitud en cuadratura (QAM, *quadrature amplitude modulation*). En la figura 6-16 se muestra un ejemplo de implementación. Las frecuencias portadoras y los filtros de transmisión de cada máscara espectral no dependen de la velocidad en baudios.

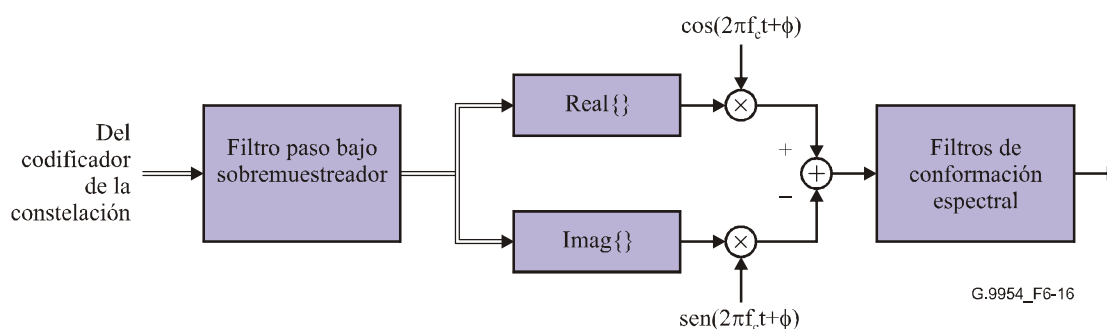


Figura 6-16/G.9954 – Modulador QAM/FDQAM

6.6.1 Frecuencia portadora y tolerancia

Cada máscara espectral tiene su propia frecuencia portadora f_c :

- Máscara espectral #1: $f_c = 7$ MHz
- Máscara espectral #2: $f_c = 12$ MHz
- Máscara espectral #3: $f_c = 18$ MHz

El reloj de la portadora se sincroniza con el reloj de símbolos. De esta forma, la tolerancia de la frecuencia portadora se deriva de la tolerancia de reloj definida en 6.9.2.

6.6.2 Filtros de transmisión

Las características detalladas de los filtros de transmisión son función de la implementación específica. En las cláusulas 6.8.3 y 6.8.4 se establecen los límites de diseño de los filtros de transmisión.

6.7 Requisitos mínimos del dispositivo

Las estaciones deben ser capaces, como mínimo, de transmitir y recibir las máscaras espectrales #1 y #2. Las estaciones podrán transmitir y recibir utilizando la máscara espectral #3.

Las estaciones deben ser capaces, como mínimo, de transmitir y recibir tramas moduladas a 2, 4, 8 y 16 MBaudios.

Ello implica utilizar QAM y FDQAM.

Las estaciones deben ser capaces, como mínimo, de transmitir todas las constelaciones desde 2 hasta 8 bits por símbolo (valores PE 1-7) y recibir todas las constelaciones desde 2 hasta 6 bits por símbolo (valores PE 1-5).

6.8 Especificación eléctrica del transmisor

6.8.1 Potencia de transmisión

La potencia de transmisión deberá estar comprendida entre -7 dBm y $-9,5$ dBm, medida sobre una carga de 100 ohmios entre los hilos a y b, e integrada desde 0 a 30 MHz.

6.8.2 Tensión de transmisión

El valor eficaz (RMS) de la tensión de transmisión diferencial no debe superar -15 dBVrms en cualquier ventana de 2 μ s entre 0 y 6 MHz, medida sobre una carga de 135 ohmios entre los hilos a y b para cualquier codificación de la cabida útil. El valor de cresta de la tensión de transmisión diferencial no debe superar 580 mVcresta, medida sobre una carga de 135 ohmios entre los hilos a y b para cualquier codificación de la cabida útil.

Las estaciones que no transmitan tendrán un nivel de emisión inferior a -65 dBVrms medido sobre una carga de 100 ohmios entre los hilos a y b.

6.8.3 Máscaras espectrales

Se definen tres mascarar espectrales. Las estaciones transmitirán utilizando la máscara espectral negociada por la función de control de negociación de velocidad de la capa de enlace.

6.8.3.1 Límite superior de la densidad espectral de potencia (PSD)

Cuando se transmite con la máscara espectral #1, la densidad espectral de potencia (PSD) metálica PNT debe estar limitada por los límites superior e inferior que se representan en la figura 6-17 y en los cuadros 6-10 y 6-11, para medidas realizadas sobre una carga de 100 ohmios entre los hilos a y b en la interfaz W1 del transmisor. El límite superior se aplicará a todas las velocidades de símbolos y constelaciones, y el límite inferior se aplicará a 2 Mbaudios, 2 bits/símbolo.

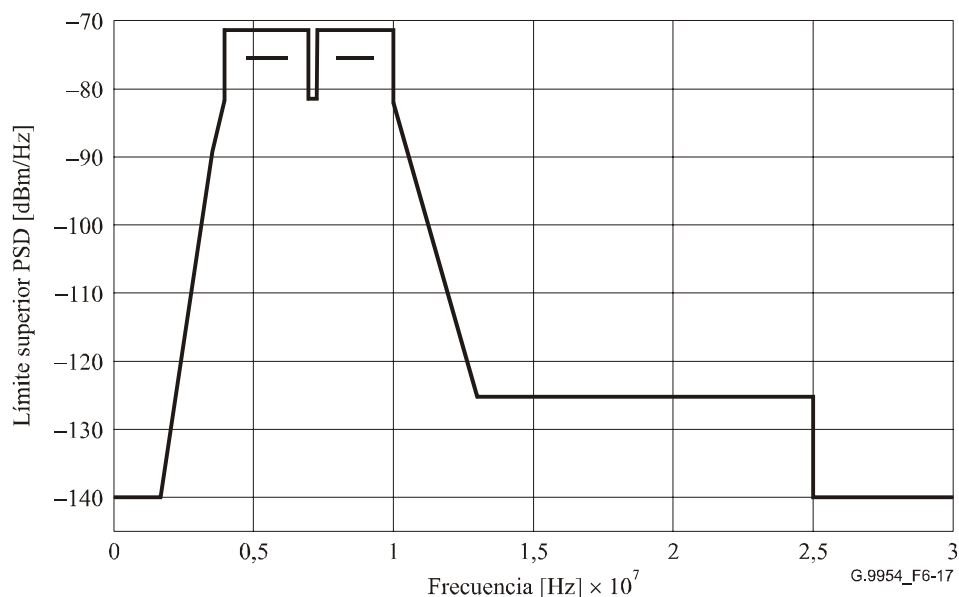


Figura 6-17/G.9954 – Límite superior e inferior de PSD del transmisor para la máscara espectral #1

Cuadro 6-10/G.9954 – Límites superiores de PSD del transmisor para la máscara espectral #1

Frecuencia [MHz]	Límite de PSD [dBm/Hz]
$0,015 < f \leq 1,7$	-140
$1,7 < f \leq 3,5$	$-140 + (f - 1,7) \times 50,0/1,8$
$3,5 < f \leq 4,0$	$-90 + (f - 3,5) \times 17,0$
$4,0 < f < 7,0$	-71,5
$7,0 \leq f \leq 7,3$	-81,5
$7,3 < f < 10,0$	-71,5
$10,0 \leq f < 13,0$	$-81,5 - (f - 10,0) \times 43,5/3,0$
$13,0 \leq f < 25,0$	-125
$25,0 \leq f < 30,0$	-140

Cuadro 6-11/G.9954 – Límites inferiores de PSD del transmisor para la máscara espectral #1

Frecuencia [MHz]	Límite de PSD [dBm/Hz]
$4,75 < f < 6,25$	-76,0
$8,00 < f < 9,25$	-76,0

Cuando se transmite con la máscara espectral #2, la densidad espectral de potencia (PSD) metálica PNT debe estar limitada por los límites superior e inferior que se representan en la figura 6-18 y en los cuadros 6-12 y 6-13, para medidas realizadas sobre una carga de 100 ohmios entre los hilos a y b en la interfaz W1 del transmisor. El límite superior se aplicará a todas las velocidades de símbolos y constelaciones, y el límite inferior se aplicará a 2 Mbaudios, 2 bits/símbolo.

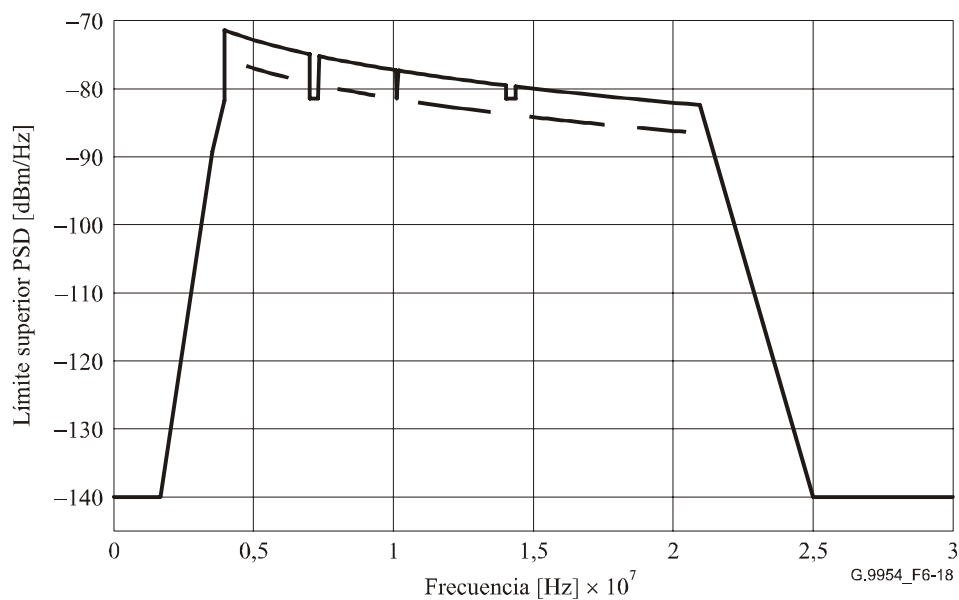


Figura 6-18/G.9954 – Límite superior de PSS del transmisor para la máscara espectral #2

Cuadro 6-12/G.9954 – Límites superiores de PSD del transmisor para la máscara espectral #2

Frecuencia [MHz]	Límite de PSD [dBm/Hz]
$0,015 < f \leq 1,7$	-140
$1,7 < f \leq 3,5$	$-140 + (f - 1,7) \times 50,0/1,8$
$3,5 < f \leq 4,0$	$-90 + (f - 3,5) \times 17,0$
$4,0 < f < 7,0$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$7,0 \leq f \leq 7,3$	-81,5
$7,3 < f < 10,1$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$10,1 \leq f \leq 10,15$	-81,5
$10,15 < f < 14,0$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$14,0 \leq f \leq 14,35$	-81,5
$14,35 < f < 18,068$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$18,068 \leq f \leq 18,168$	-81,5
$18,168 < f < 21,0$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$21,0 \leq f < 25,0$	$-82,3 - (f - 21) \times 57,7/4,0$
$25,0 \leq f$	-140

Cuadro 6-13/G.9954 – Límites inferiores de PSD del transmisor para la máscara espectral #2

Frecuencia [MHz]	Límite de PSD [dBm/Hz]
$4,75 < f < 6,25$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$8,00 < f < 9,35$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$10,90 < f < 13,50$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$14,85 < f < 17,57$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$18,67 < f < 20,25$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$

Cuando se transmite con la máscara espectral #3, la densidad espectral de potencia (PSD) metálica PNT debe estar limitada por los límites superior e inferior que se representan en la figura 6-19, cuadros 6-14 y 6-15, para medidas realizadas sobre una carga de 100 ohmios entre los hilos a y b en la interfaz W1 del transmisor. El límite superior se aplicará a todas las velocidades de símbolos y constelaciones, y el límite inferior se aplicará a 2 Mbaudios, 2 bits/símbolo.

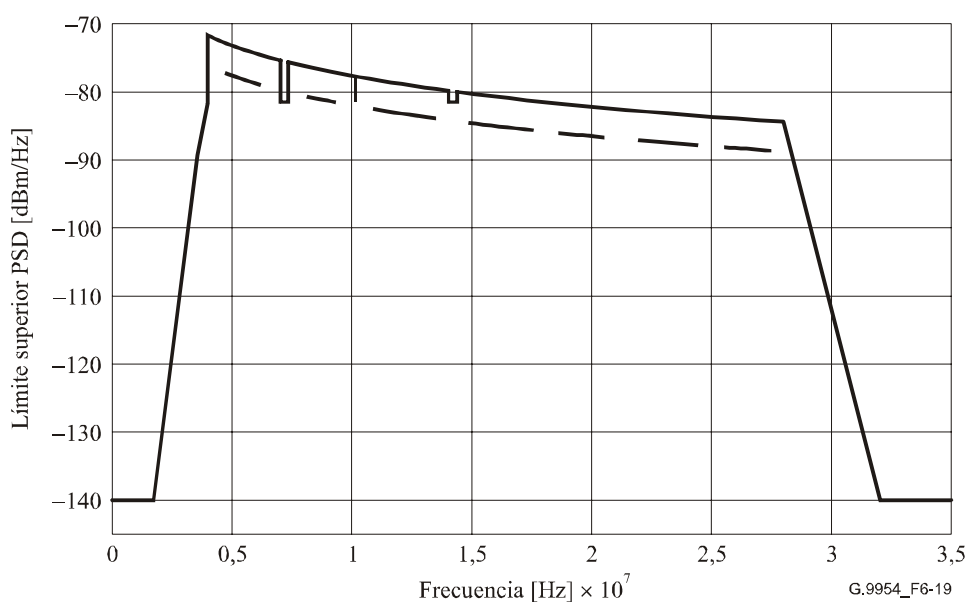


Figura 6-19/G.9954 – Límite superior de PSD del transmisor para la máscara espectral #3

Cuadro 6-14/G.9954 – Límites superiores de PSD del transmisor para la máscara espectral #3

Frecuencia [MHz]	Límite de PSD [dBm/Hz]
$0,015 < f \leq 1,7$	-140
$1,7 < f \leq 3,5$	$-140 + (f - 1,7) \times 50,0/1,8$
$3,5 < f \leq 4,0$	$-90 + (f - 3,5) \times 17,0$
$4,0 < f < 7,0$	$-72,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$7,0 \leq f \leq 7,3$	-81,5
$7,3 < f < 10,1$	$-72,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$10,1 \leq f \leq 10,15$	-81,5
$10,15 < f < 14,0$	$-72,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$14,0 \leq f \leq 14,35$	-81,5
$14,35 < f < 28,0$	$-72,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$28 \leq f < 32,0$	$-84,7 - (f - 28) \times 55,3/4,0$
$32,0 \leq f$	-140,0

Cuadro 6-15 /G.9954 – Límites inferiores de PSD del transmisor para la máscara espectral #3

Frecuencia [MHz]	Límite de PSD [dBm/Hz]
$4,75 < f < 6,25$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$8,00 < f < 9,35$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$10,90 < f < 13,50$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$14,85 < f < 17,57$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$18,67 < f < 20,50$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$21,95 < f < 24,40$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$25,50 < f < 27,25$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$

La anchura de banda de resolución utilizada para realizar esta medida debe ser de 10 kHz para frecuencias comprendidas entre 2,0 y 30,0 MHz y de 3 kHz para frecuencias entre 0,015 y 2,0 MHz. Se utilizará una ventana media de 213 segundos, y se asumirá que las MTU son de 1500 octetos y que están separadas por un silencio de duración IFG. En un total de 50 kHz de anchura de banda, que puede ser no contigua, se puede superar el límite por debajo de 2,0 MHz, sin que ninguna subbanda tenga un nivel superior a 20 dB por encima del límite. Cuando la transmisión se hace con la máscara espectral #1, en un total de 100 kHz de anchura de banda, que puede ser no continua, se puede superar el límite entre 13,0 y 30,0 MHz, sin que ninguna subbanda tenga un nivel superior a 20 dB por encima del límite. Cuando se transmite utilizando la máscara espectral #2, en un total de 100 kHz de anchura de banda, que puede ser no continua, se puede superar el límite entre 25,0 y 30,0 MHz, sin que ninguna subbanda tenga un nivel superior a 20 dB por encima del límite.

NOTA 1 – Las ranuras o zonas de atenuación selectiva a 4,0; 7,0; 10,1; 14,0; 18,068; 21,0 y 24,9 MHz están diseñadas para reducir el nivel de RFI en las bandas de radioaficionados.

NOTA 2 – Las máscaras deben ser probadas para valores de PE de 2 y 3 bits/símbolo, ya que dichas codificaciones de cabida útil producen la máxima potencia transmitida.

6.8.4 Respuesta de símbolos del transmisor

Cuando se transmite con la máscara espectral #1, la respuesta de símbolos a la salida del transmisor tendrá el límite superior que establece la máscara temporal de la figura 6-20. Cuando se transmite con las máscaras espectrales #2 o #3, la respuesta de símbolos de la salida del transmisor tiene el límite superior de la máscara temporal de la figura 6-21. La respuesta se medirá sobre una carga de 100 ohmios entre los hilos a y b en la interfaz W1 del transmisor.

La salida antes de $t = 0$ y después de $t = 5,0 \mu\text{s}$ será $< 0,032\%$ de la amplitud de cresta.

En las figuras 6-20 y 6-21, el tiempo $t = 0$ es arbitrario.

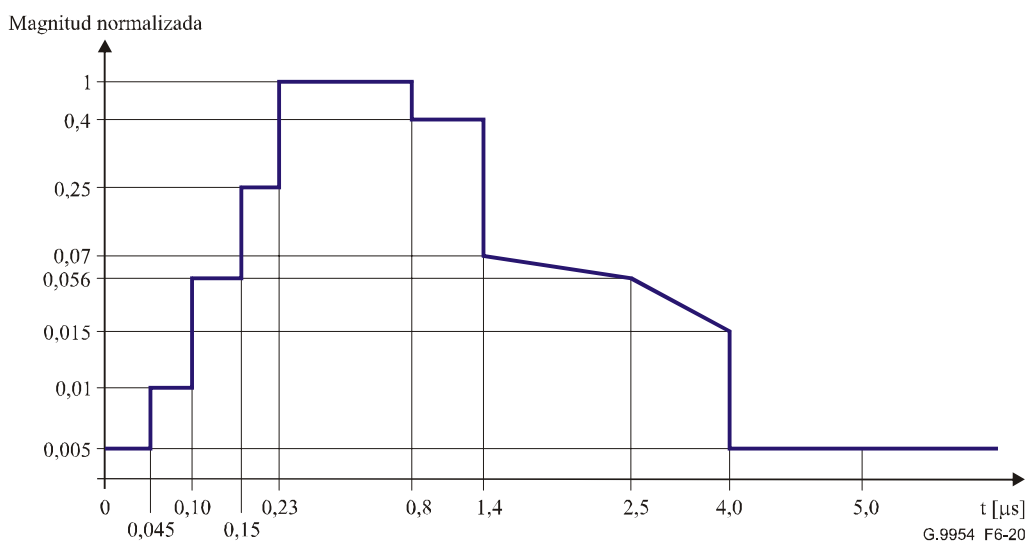


Figura 6-20/G.9954 – Máscara de la magnitud de la respuesta de símbolos del transmisor para la máscara espectral #1

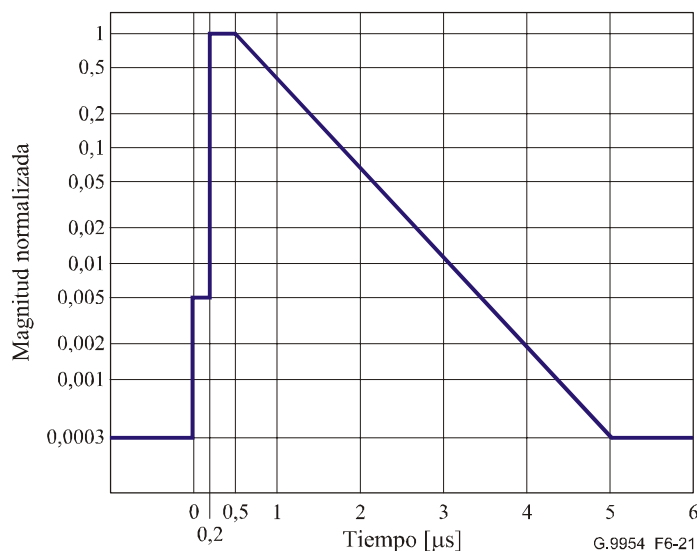


Figura 6-21/G.9954 – Máscara de la magnitud de la respuesta a los símbolos del transmisor para las máscaras espectrales #2 y #3

6.8.5 Salida en banda vocal no deseada

La salida del transmisor con ponderación C en la banda entre 200 Hz y 3000 Hz no excederá nunca de 10 dBnC cuando se termine sobre una carga resistiva de 600 ohmios.

6.8.6 Emisiones en modo común

6.8.6.1 Tensión de salida en modo común

La emisión del transmisor será inferior a -55 dBVrms sobre una carga de 50 ohmios entre la toma central de un transformador simétrico–asimétrico (balun) con CMRR > 60 dB y la tierra del transceptor en la banda entre 0,1 MHz y 50 MHz.

6.8.7 Tolerancia del reloj

La frecuencia del reloj del transmisor tendrá una precisión de ± 100 ppm para todas las temperaturas de funcionamiento del dispositivo. La gama mínima de temperaturas para las que debe cumplirse este requisito es entre 0 y 70°C.

En general, para satisfacer este requisito se necesitará un cristal de ± 50 ppm.

6.8.8 Fluctuación de fase del reloj

El valor eficaz (RMS) de la fluctuación de fase del reloj del transmisor será inferior a 70 ps, promediado sobre una ventana deslizante de 10 microsegundos

6.8.9 Equilibrio I/Q

Salvo lo indicado en 6.5.3, no existirá ganancia ni desequilibrio de fase en el transmisor.

6.9 Especificación eléctrica del receptor

6.9.1 Sensibilidad del receptor

6.9.1.1 Señal máxima

El receptor detectará tramas con tensión de cresta de hasta -6 dBV entre los hilos a y b, con una tasa de tramas erróneas no superior a 10^{-3} , con ruido aditivo gaussiano de PSD inferior a -140 dBm/Hz medido en el receptor.

6.9.1.2 Sensibilidad mínima

El receptor detectará tramas de 1518 octetos codificadas con 2 bits/símbolo y 2 Mbaudios, con una tensión eficaz (RMS) tan baja como 2,5 mV y una tasa de tramas erróneas no superior a 10^{-3} . La tensión eficaz sólo se calcula cuando el transmisor esté activo.

El receptor no detectará más de 1 trama cada 10^4 que tenga 1518 octetos, 2 bits/símbolo, 2 Msímbolos/s y una tensión eficaz (RMS) inferior a 1,0 mV.

Ambos criterios presuponen la existencia de ruido gaussiano aditivo con una PSD inferior a -140 dBm/Hz medida en el receptor y suponiendo un canal plano.

6.9.2 Tolerancia del reloj

El receptor cumplirá los requisitos de 6.9.4.1 y 6.9.4.2 en el bucle 1 cuando la frecuencia del reloj del transmisor está comprendida entre ± 100 ppm de su valor nominal.

6.9.3 Inmunidad a la interferencia de banda estrecha

6.9.3.1 Entrada diferencial

El receptor demodulará tramas con cabida útil codificada con la mascara espectral #2, a 4 Mbaudios, 3 bits/símbolo y con una tensión eficaz (RMS) de hasta 20 mV (medida sobre el encabezamiento) con una tasa de tramas erróneas inferior a 10^{-4} en las condiciones siguientes:

- 1) Añadiendo en el receptor ruido gaussiano blanco con una PSD inferior a -130 dBm/Hz.
- 2) Un solo tono interferente con cualquiera de las combinaciones de banda de frecuencia y tensión de entrada del cuadro 6-16.

Cuadro 6-16 /G.9954 – Amplitudes de la interferencia

Gama de frecuencias [MHz]	Nivel interferente máximo de cresta a cresta [Voltios]
0,01 a 0,1	6,0
0,1 a 0,6	3,3
0,6 a 1,7	1,0
1,7 a 4,0	0,1
7,0 a 7,3	0,1
10,0 a 10,15	0,1
14,0 a 14,35	0,1
18,068 a 18,168	0,1
21,0 a 21,45	0,1
24,89 a 24,99	0,1
28,0 a 29,7	0,1

La tensión aplicada se medirá entre los hilos a y b en la entrada del receptor.

6.9.3.2 Entrada en modo común

El receptor demodulará tramas con cabida útil codificada con la mascara espectral #2, 4 Mbaudios, 3 bits/símbolo y con una tensión eficaz (RMS) diferencial de hasta 20 mV (medida sobre el encabezamiento) con una tasa de tramas erróneas inferior a 10^{-4} en las condiciones siguientes:

- 1) Añadiendo en el receptor ruido gaussiano blanco con una PSD inferior a -130 dBm/Hz.
- 2) Un solo tono interferente, medido entre la toma central de un transformador de prueba y la tierra en la entrada del transceptor, con cualquiera de las combinaciones de banda de frecuencia y tensión de entrada del cuadro 6-17.

Cuadro 6-17/G.9954 – Requisitos de la entrada en modo común

Gama de frecuencias [MHz]	Nivel interferente máximo de cresta a cresta [Voltios]
0,01 a 0,1	20,0
0,1 a 0,6	20,0
0,6 a 1,7	10,0
1,7 a 4,0	2,5
7,0 a 7,3	2,5
10,0 a 10,15	2,5
14,0 a 14,35	2,5
18,068 a 18,168	2,5
21,0 a 21,45	2,5
24,89 a 24,99	2,5
28,0 a 29,7	2,5

El rechazo en modo común del transformador de prueba usado para insertar la señal será superior a 60 dB a 100 MHz.

6.9.4 Requisitos de margen del sistema

Los bucles de prueba que se incluyen en B.2 se utilizarán para verificar los requisitos mínimos del receptor. En cada prueba de bucle se introducirán las degradaciones siguientes: atenuación adicional (plana), ruido gaussiano blanco aditivo, elementos interferentes de banda estrecha y ruido impulsivo a 120 Hz ("ruido provocado por reguladores de sistemas de iluminación").

El nivel de degradación (definido en cada subcláusula) debe superar un determinado nivel para cada codificación de cabida útil especificada con un nivel de la tasa de errores de trama (FER, *frame error rate*) de 10^{-2} . También se definen los requisitos de margen del sistema para un canal cuyas condiciones varíen con el tiempo.

Cuando en el cuadro aparezca un valor con "-", significa que en las condiciones especificadas no existe requisito alguno.

6.9.4.1 Requisitos de atenuación

Los valores del atenuador que figuran en el cuadro 6-18 constituyen la atenuación adicional aplicada en serie con el bucle cableado en cuestión.

Cuadro 6-18/G.9954 – Requisitos de atenuación

Número de bucle		1	4	5	6	8	9
Codificación de la cabida útil	FER	Valor requerido del atenuador de degradación [dB]					
Máscara #1, 2 Mbaud, 2 bit/symb	10^{-2}	34	16	22	11	12	18
Máscara #1, 2 Mbaud, 6 bit/symb	10^{-2}	30	9	18	6	8	–
Máscara #2, 4 Mbaud, 3 bit/symb	10^{-2}	30	12	17	7	10	16
Máscara #2, 16 Mbaud, 3 bit/symb	10^{-2}	28	12	13	–	8	–

6.9.4.2 Requisitos de ruido blanco aditivo

La potencia de ruido blanco con el atenuador fijado en 0 dB será -70 dBm/Hz. La salida del atenuador de ruido se suma en el receptor. Para el bucle 1, se aplicará una atenuación plana en el canal de 20 dB en serie con el bucle.

Cuadro 6-19/G.9954 – Requisitos del ruido blanco aditivo

Número de bucle		1	4	5	6	8	9
Codificación de la cabida útil	FER	Valor requerido del atenuador de degradación [dB]					
Máscara #1, 2 Mbaud, 2 bit/symb	10^{-2}	42	40	36	46	43	39
Máscara #1, 2 Mbaud, 6 bit/symb	10^{-2}	58	57	53	63	60	–
Máscara #2, 4 Mbaud, 3 bit/symb	10^{-2}	48	42	42	52	45	52
Máscara #2, 16 Mbaud, 3 bit/symb	10^{-2}	57	51	52	65	56	–

6.9.4.3 Requisitos de interferencia de banda estrecha

La amplitud de cresta a cresta de la interferencia de banda estrecha con el atenuador a 0 dB será de 2,0 voltios a 7,0; 7,3; 10,1; 14,0; 14,35; 18,1; 21,0 MHz. Al mismo tiempo se aplica ruido gaussiano blanco con un nivel de -135 dBm/Hz.

Cuadro 6-20/G.9954 – Requisitos de interferencia de banda estrecha

Número de bucle		1	4	5	6	8	9
Codificación de la cabida útil	FER	Valor requerido del atenuador de degradación [dB]					
Máscara #1, 2 Mbaud, 2 bit/symb	10^{-2}	26	26	26	26	26	26
Máscara #1, 2 Mbaud, 6 bit/symb	10^{-2}	26	30	26	32	30	–
Máscara #2, 4 Mbaud, 3 bit/symb	10^{-2}	26	26	26	26	26	28
Máscara #2, 16 Mbaud, 3 bit/symb	10^{-2}	26	26	26	43	31	–

6.9.4.4 Requisitos de ruido impulsivo

La amplitud de cresta a cresta del ruido impulsivo con el atenuador a 0 dB será de 3,0 voltios. Al mismo tiempo se aplica ruido gaussiano blanco con un nivel de -135 dBm/Hz. El impulso se define como dos ciclos de una onda cuadrada de 5,0 MHz, sumada con cuatro ciclos de una onda cuadrada de 7,0 MHz.

Cuadro 6-21/G.9954 – Requisitos del ruido impulsivo

Número de bucle		2	9
Codificación de la cabida útil	FER	Valor requerido del atenuador de degradación [dB]	
Máscara #1, 2 Mbaud, 2 bit/symb	10^{-2}	3	3
Máscara #1, 2 Mbaud, 6 bit/symb	10^{-2}	3	–
Máscara #2, 4 Mbaud, 3 bit/symb	10^{-2}	3	3
Máscara #2, 16 Mbaud, 3 bit/symb	10^{-2}	3	–

6.9.4.5 Requisitos del margen del sistema de canal dinámico

El receptor no detectará más de 5 tramas de 1518 octetos erróneos de cada 3000 tramas cuando éstas se transmitan a una velocidad de 5 tramas cada 10 ms sobre un bucle #2 en las condiciones siguientes:

- Durante la prueba, el condensador de 330 pF que termine una de las líneas de equilibrado se conectará y desconectará del bucle una vez por segundo, es decir, se utilizará una terminación en circuito abierto durante 1 segundo cada 2 segundos.
- Se sumará en el receptor un nivel de ruido de -140 dBm/Hz.
- La PE será máscara espectral #2, 16 Mbaudios, 3 bits/símbolo.

La conexión y desconexión del condensador simula un colgado/descolgado de un teléfono normal.

6.9.4.6 Características de la señal de llamada de telefonía

El dispositivo PNT deberá poder incluir un evento de señal de llamada de telefonía generado por una central de conmutación telefónica. La señal será una senoide de 20 Hz con un nivel de 90 Vrms superpuesta con un nivel (mínimo) de continua de -52 V. El dispositivo será inmune a una señal de llamada de telefonía que se repita continuamente con un tiempo de actividad de 2 segundos y un tiempo de silencio de 4 segundos mediante el circuito definido en la figura 6-22.

La señal se inyecta en el circuito a través de dos resistencias de 500 ohmios tal como se muestra en la figura 6-22. Puesto que la mayoría de los atenuadores tienen una baja impedancia en corriente continua (c.c.), y pueden reducir significativamente el voltaje de la señal de llamada, se deben incluir dos condensadores de 0,01 μ F para el aislamiento de la c.c..

Cuando se expone a la señal de llamada de telefonía, tal como se ha definido anteriormente, la tasa de errores de trama del dispositivo no deberá superar el 0,1% medido sobre 100,000 tramas UPD con MTU máximo para la máscara espectral #2, 4 Mbaudios y 3 bits/símbolo.

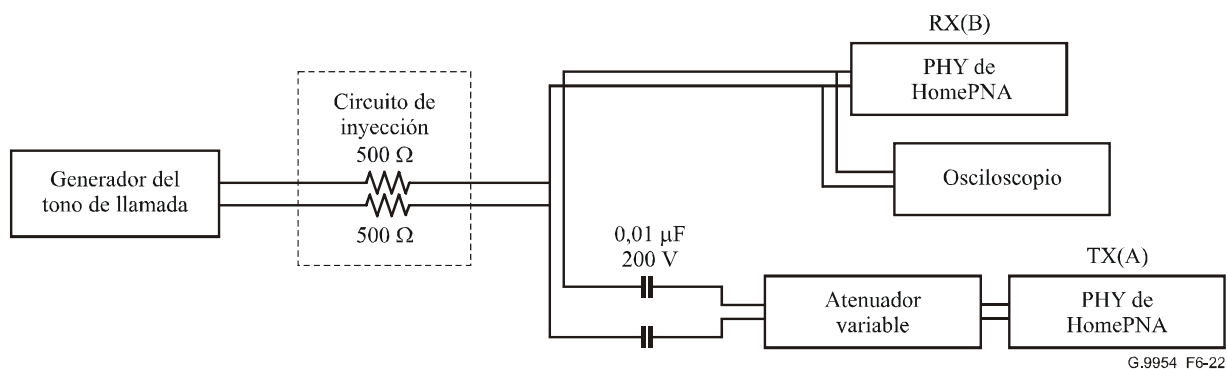


Figura 6-22/G.9954 – Condiciones de la señal de llamada de telefonía

6.10 Impedancia de entrada

6.10.1 Pérdida de retorno en la banda de paso

Las estaciones se adaptarán a la máscara de impedancia correspondiente a la máscara espectral más elevada que puedan transmitir.

En el caso de estaciones que puedan transmitir con la máscara espectral #2, la pérdida de retorno media del transceptor con respecto a una carga resistiva de 100 ohmios será superior a 12 dB entre 4,75 y 20,25 MHz. Este requisito se aplica al transceptor alimentado o en modo de baja potencia (transmisor apagado). La pérdida de retorno media del transceptor con respecto a una carga resistiva de 100 ohmios será superior a 6 dB entre 4,75 y 20,25 MHz con el transceptor desconectado de una fuente de alimentación.

En el caso de estaciones que puedan transmitir con la máscara espectral #3, la pérdida de retorno media del transceptor con respecto a una carga resistiva de 100 ohmios será superior a 12 dB entre 4,75 y 27,25 MHz. Este requisito se aplica al receptor alimentado o en modo de baja potencia (transmisor apagado). La pérdida de retorno media del transceptor con respecto a una carga resistiva de 100 ohmios será superior a 6 dB entre 4,75 y 27,25 MHz con el transceptor desconectado de una fuente de alimentación.

6.10.2 Impedancia de entrada en la banda atenuada

Las estaciones se adaptarán a la máscara de impedancia correspondiente a la máscara espectral más elevada que puedan transmitir.

Las estaciones que sólo transmitan con la máscara espectral #2, tendrán una impedancia de entrada superior a 10 ohmios entre 0 y 30 MHz y cumplirán la máscara de límites inferiores del cuadro 6-22.

**Cuadro 6-22 /G.9954 – Máscara de límites inferiores
de la impedancia de entrada para la máscara espectral #2**

Gama de frecuencias [kHz]	Impedancia mínima [Ohmios]
$0 < f \leq 0,285$	1 M
$0,285 < f \leq 2,85$	100 k
$2,85 < f \leq 28,5$	10 k
$28,5 < f \leq 95$	4.0 k
$95 < f \leq 190$	2.0 k
$190 < f \leq 285$	1.4 k
$285 < f \leq 380$	1.0 k
$380 < f \leq 475$	850
$475 < f \leq 570$	700
$570 < f \leq 665$	600
$665 < f \leq 760$	525
$760 < f \leq 855$	450
$855 < f \leq 950$	400
$950 < f \leq 1000$	350
$1000 < f \leq 1400$	175
$1400 < f \leq 2300$	100
$2300 < f \leq 2850$	50
$2850 < f \leq 3085$	25
$3085 < f \leq 4000$	10
$4000 < f \leq 4750$	30
$20\,250 < f \leq 21\,000$	30
$21\,000 < f \leq 25\,000$	25
$25\,000 < f \leq 30\,000$	50

Las estaciones que transmitan con la máscara espectral #3 tendrán una impedancia de entrada superior a 10 ohmios entre 0-30 MHz y cumplirán la máscara de límites inferiores del cuadro 6-23.

**Cuadro 6-23/G.9954 – Máscara de límites inferiores
de la impedancia de entrada para la máscara espectral #3**

Gama de frecuencias [kHz]	Impedancia mínima [Ohmios]
$0 < f \leq 0,285$	1 M
$0,285 < f \leq 2,85$	100 k
$2,85 < f \leq 28,5$	10 k
$28,5 < f \leq 95$	4,0 k
$95 < f \leq 190$	2,0 k
$190 < f \leq 285$	1,4 k
$285 < f \leq 380$	1,0 k
$380 < f \leq 475$	850
$475 < f \leq 570$	700
$570 < f \leq 665$	600
$665 < f \leq 760$	525
$760 < f \leq 855$	450
$855 < f \leq 950$	400
$950 < f \leq 1000$	350
$1000 < f \leq 1400$	175
$1400 < f \leq 2300$	100
$2300 < f \leq 2850$	50
$2850 < f \leq 3085$	25
$3085 < f \leq 4000$	10
$4000 < f \leq 4750$	30
$27\,250 < f \leq 28\,000$	30
$28\,000 < f \leq 32\,000$	25
$32\,000 < f$	50

Este requisito es aplicable al transceptor alimentado, en modo de bajo consumo de potencia (transmisor apagado), o desconectado de la fuente de alimentación.

7 Especificación del protocolo de acceso al medio

La especificación G.9951/2 (como se describe en la referencia [1]) describe un protocolo de control de acceso al medio (MAC, *media access control*) de carácter asíncrono, basado en prioridades y que utiliza CSMA/CD y técnicas de resolución de colisiones para arbitrar el acceso al medio y resolver las colisiones en el mismo. El acceso al medio basado en prioridades de G.9951/2 proporciona un mecanismo de calidad de servicio (QoS) básico que permite la ordenación de los servicios de acuerdo con la prioridad otorgada a los mismos. Para proporcionar garantías de QoS con características de latencia y de fluctuación de fase estrictamente limitadas, como las que son necesarias para servicios de voz y de flujos continuos de audio y vídeo, se necesita un protocolo MAC que pueda garantizar la temporización del acceso al medio y elimine eventos, tales como las colisiones en el medio, que pueden afectar a las garantías de calidad de funcionamiento.

El protocolo MAC G.9954 es un protocolo síncrono que incluye un modo de funcionamiento MAC asíncrono compatible con (y basado en) el protocolo MAC asíncrono G.9951/2. El acceso al medio

en una red que incluya un dispositivo maestro es coordinado por dicho maestro, que elabora un plan de acceso al medio (MAP, *media access plan*). El maestro difunde periódicamente el plan de acceso al medio como un mensaje del protocolo de capa de enlace (mensaje MAP). El MAP se utiliza para segmentar el tiempo de acceso al medio en una secuencia de oportunidades de transmisión (TXOP) cuyos instantes de inicio se sincronizan con precisión y cuya duración es suficiente como para satisfacer las demandas de QoS de los distintos servicios. Las TXOP pueden asignarse a servicios específicos (o grupos de servicios) o a un nodo de red o grupos de nodos. Utilizando este método, los nodos G.9954 pueden evitar las colisiones, garantizando que nunca transmitirán durante el tiempo del medio asignado específicamente a otro nodo y limitando sus transmisiones a los límites de la TXOP asignada a ellos.

En esta cláusula se describe el protocolo MAC G.9954, incluyendo las funciones MAC síncronas y asíncronas utilizadas para coordinar el acceso al medio compartido. También se describe la transición entre los modos de funcionamiento MAC síncrono y asíncrono.

7.1 Modos de funcionamiento

MAC G.9954 soporta dos modos de funcionamiento:

- 1) Modo MAC síncrono (SMAC, *synchronous MAC*) – utilizado en una red en la que haya un dispositivo que actúe como maestro de red G.9954.
- 2) Modo MAC asíncrono (AMAC, *asynchronous MAC*) – utilizado en una red en la que no haya ningún dispositivo que actúe como maestro de red G.9954.

Cuando en una red exista un maestro G.9954, todos los dispositivos G.9954 funcionarán en el modo SMAC. En cualquier otro caso, funcionarán en el modo AMAC.

La presencia en la red de un maestro G.9954 se detecta gracias a la recepción de los mensajes del plan de acceso al medio (MAP). Cuando se recibe y decodifica un mensaje MAP, un dispositivo G.9954 abandona su funcionamiento en modo AMAC y continua en modo de funcionamiento SMAC. La conmutación de modo tiene lugar durante las unidades de tiempo MAC_MODE_SWITCH_TIMELIMIT (límite de tiempo para la conmutación de modo MAC) posteriores a la recepción del mensaje MAP.

Ello implica que una vez que se recibe y decodifica un mensaje MAP, los accesos al medio siguientes sólo se realizarán de conformidad con la temporización descrita en dicho mensaje MAP.

Cuando se está funcionando en modo SMAC se espera la recepción periódica de mensajes MAP. La no recepción de un mensaje MAP durante el intervalo de tiempo SYNC_TIMEOUT (temporización de sincronismo) (véase 7.3.8) desde el último mensaje MAP, se interpretará por un nodo G.9954 como la terminación del papel de maestro. Un maestro puede también señalar su intención de finalizar su papel de maestro de red al resto de dispositivos utilizando el bit de señalización SMAC_EXIT (abandono de SMAC) del mensaje MAP (véase 7.3.3.3). Cuando se detecta que el maestro ha terminado su papel como tal, o la intención de éste de finalizar su funcionamiento, los nodos G.9954 abandonarán el modo SMAC y continuarán en el modo AMAC.

Los modos de funcionamiento MAC G.9954 y las transiciones entre ellos se describen en el diagrama de transición de estados siguiente (figura 7-1).

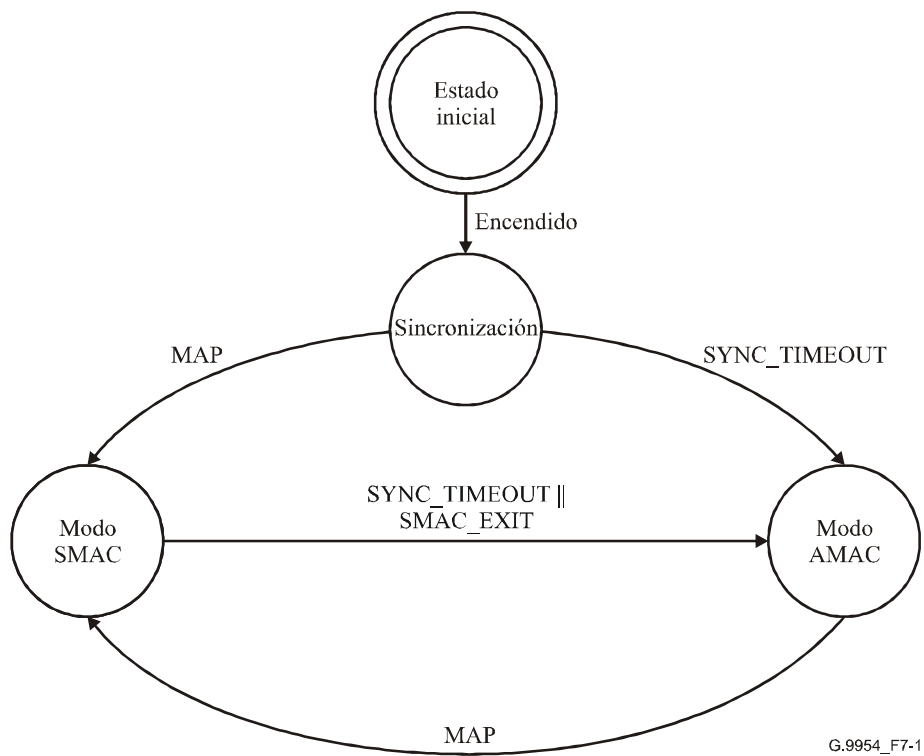


Figura 7-1/G.9954 – Modos de funcionamiento G.9954 – Diagrama de estados

Cuando se enciende un dispositivo G.9954, éste intenta en primer lugar sincronizarse con un ciclo MAC existente, quedando a la espera de un mensaje MAP durante un intervalo de tiempo SYNC_TIMEOUT. Si llega un mensaje MAP durante dicho intervalo SYNC_TIMEOUT, se supone que existe un dispositivo maestro de red, y el dispositivo G.9954 entrará en el modo SMAC. Si transcurrido el intervalo SYNC_TIMEOUT NO se ha recibido un mensaje MAP, el dispositivo G.9954 asume que se encuentra en una red sin maestro y pasa al modo AMAC.

NOTA – Ello significa que una vez encendido, un dispositivo G.9954 NO comenzará a transmitir en modo AMAC hasta que haya transcurrido un intervalo SYNC_TIMEOUT.

El modo actual de funcionamiento de un dispositivo G.9954 se indica mediante una bandera del mensaje anuncio de capacidades y de estado (CSA, *capability and status announcement*) de la capa de enlace. Véanse en la cláusula 10 las banderas de anuncio de capacidades y de estado incluidas en la especificación de la capa de enlace G.9954.

Si se detecta que se trata de una red sin maestro, un dispositivo G.9954 que pueda actuar como maestro (un dispositivo capacitado para ser maestro), tratará de asumir dicho papel en la red, señalizando su intención mediante el protocolo SELECCIÓN de maestro de la capa de enlace.

Para más información sobre el protocolo de selección, véase en la cláusula 10 la especificación de la capa de enlace G.9954.

7.1.1 Modo síncrono MAC (SMAC)

Cuando un dispositivo G.9954 funcione en modo SMAC, SOLAMENTE realizará el acceso al medio durante las oportunidades de transmisión dedicadas (TXOP) descrito en el MAP. Un dispositivo G.9954 puede transmitir dentro de un TXOP si dicho TXOP está asignado al propio dispositivo o al grupo de dispositivos al que éste pertenece. Todos los dispositivos pueden transmitir dentro de las TXOP libres o no asignadas (UNALLOCATED) sobre la base de contienda.

Para más información sobre las TXOP, la asignación de TXOP y los grupos de dispositivos, véanse 7.3.3.4 y sus subcláusulas.

7.1.2 Modo asíncrono MAC (AMAC)

Cuando un dispositivo G.9954 funcione en modo AMAC, el acceso al medio lo hace tal como se especifica para el protocolo MAC G.9951/2, aunque a un régimen en baudios de cabida útil potencialmente superior y utilizando la agregación de paquetes (con la técnica denominada de ráfagas de tramas – *frame bursting*) para mejorar la eficiencia del protocolo.

Véase en 7.2 la especificación completa del modo AMAC G.9954. La especificación de la agregación de paquetes figura en 7.4.

7.1.3 Cambio entre los modos MAC síncrono y asíncrono

Un dispositivo G.9954 conmutará entre los modos SMAC y AMAC en respuesta a la aparición o desaparición de un maestro G.9954 en la red. La conmutación es transparente en el sentido de que no afecta a la capacidad de los dispositivos G.9954 para transmitir o recibir datos, aunque sí puede afectar a la temporización del acceso al medio y, en consecuencia, a la calidad de servicio y al caudal de la red.

Cuando se conmuta del modo SMAC al modo AMAC, un dispositivo G.9954 continuará transmitiendo datos asociados a un servicio de conformidad con las reglas del protocolo AMAC utilizando el mecanismo de prioridades de AMAC. Cuando se conmuta del modo AMAC al SMAC, un dispositivo establecerá flujos para servicios que requieran garantías de calidad de servicio y transmitirá los datos de conformidad con las reglas del protocolo SMAC en las TXOP dedicadas.

La conmutación entre los modos SMAC y AMAC no producirán la terminación de un servicio salvo que ello sea solicitado por las capas de protocolo superiores.

7.2 Modo de funcionamiento MAC asíncrono

Cuando una estación de un segmento de red PNT no se encuentra en el modo MAC síncrono, realiza la función MAC asíncrona para coordinar el acceso al medio compartido. La conmutación entre modo síncrono y asíncrono se describe en 7.1.3.

Los parámetros de temporización MAC para el modo asíncrono se definen en el cuadro 7-1.

Cuadro 7-1/G.9954 – Parámetros MAC

Cláusula	Parámetro	Min	Máx	Unidades
7.2.1 CSMA básico	NOMINAL_RMS_VOLTAGE	100	–	mVrms
	CS_RANGE	38	–	dB
	CS_IFG	$29,0 - \Delta$	$29,0 + \Delta$	microsegundos
	CS_DEFER	–	12,0	microsegundos
	minFrameSize	64	–	octetos
	maxFrameSize	1526	Véase 7.2.7.1	octetos
	TX_FRAME	92,5	Véase 7.2.7.1	microsegundos
	Tiempo de ida y vuelta (RTT) para 1000 pies		3,0	microsegundos
	TX_ON	0	4,0	microsegundos
7.2.2 Acceso con prioridad	PRI_SLOT	$21,0 - \Delta$	$21,0 + \Delta$	microsegundos
7.2.4 Detección de colisión	CD_FRAG	$70,0 - \Delta$	$70,0 + \Delta$	microsegundos
	CD_MIN	32,0	–	microsegundos
	CD_THRESHOLD	–	92,0	microsegundos
	CD_RANGE	36	–	dB
	CD_OFFSET_EARLY	–	12,0	microsegundos
	CD_OFFSET_LATE	–	15,0	microsegundos
7.2.5 Resolución de colisión durante el modo AMAC	attemptLimit	256	256	
	SIG_SLOT	$32,0 - \Delta$	$32,0 + \Delta$	microsegundos

El método de acceso al medio CSMA/CD es la forma mediante la que dos o más estaciones comparten un canal de transmisión común. Para transmitir, una estación espera (aplaza sus intentos de acceso) a que se produzca un periodo de inactividad en el canal (es decir, que no exista otra estación transmitiendo) y transmite entonces su mensaje modulado de acuerdo con la especificación de la capa física (PHY). El aplazamiento de la transmisión se ordena con hasta ocho niveles de prioridad, implementándose una prioridad absoluta entre las estaciones que compiten por el acceso. Si una vez iniciada la transmisión, el mensaje colisiona con el de otra estación, las estaciones transmisoras dejan de transmitir y se resuelve la colisión eligiendo un nivel de retroceso y dejando paso a las estaciones que hayan elegido un nivel de retroceso inferior. El algoritmo distribuido utilizado para elegir el nivel de retroceso garantiza que la latencia del acceso se mantiene estrechamente limitada. Cada aspecto del proceso del método de acceso se especifica con detalle en cláusulas posteriores de esta Recomendación.

En la figura 7-2 se representa un diagrama de bloques de funciones MAC de una estación. El bloque detección de portadora detecta los instantes de inicio y final de una transmisión de trama válida sobre la línea. Se utiliza para determinar si hay tramas activas en el canal, así como para determinar la presencia de una señal BACKOFF20 en un intervalo de señal. El bloque detección de colisión detecta que se produce una transmisión de trama válida desde alguna otra estación mientras hay una transmisión activa, y para todas las estaciones, incluidas las que no transmiten, detecta el

fragmento recibido, que constituye una transmisión truncada por una colisión. El bloque resolución de colisión implementa el algoritmo distribuido que controla el retroceso.

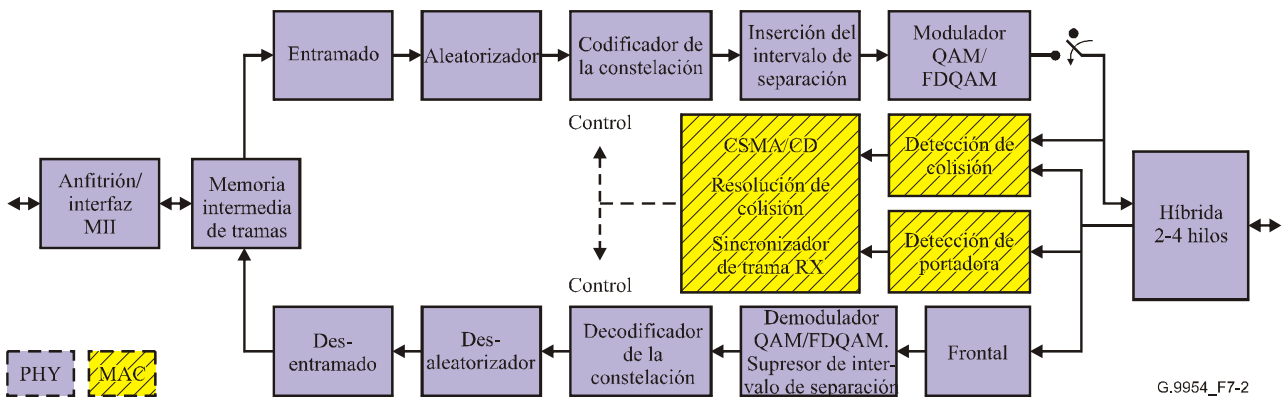


Figura 7-2/G.9954 – Diagrama de bloques del transceptor con funciones MAC

Aunque las funcionalidades de los bloques de la función MAC son independientes de la implementación, en las cláusulas siguientes se especifican determinados requisitos mínimos que aseguran el interfuncionamiento y un uso compartido compatible del canal.

7.2.1 CSMA básico

El comportamiento CSMA básico se especifica tanto para transmisor como para receptor.

7.2.1.1 Comportamiento del transmisor

En la figura 7-3 se representa una transmisión de trama válida en relación con la función de detección de portadora (CS, *carrier sense*) especificada (trama CS válida).

NOTA – Una trama CS válida transmitida se ve afectada por diversas causas de degradación de la señal, vista desde un receptor cualquiera, siendo los límites de la calidad de funcionamiento de la función CS dependientes de la implementación.

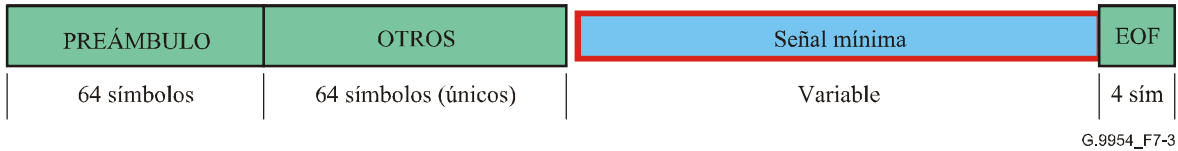


Figura 7-3/G.9954 – Trama CS válida

Una trama CS válida en la interfaz W1 del *transmisor* tiene una longitud TX_FRAME y consta de:

- 1) Una secuencia de símbolos cuya duración es igual o superior a 92,5 microsegundos (TX_FRAME mínima), pero inferior a la máxima especificada en 7.2.7.1.
- 2) Los primeros (64 + 16 + 24 + 24 + 8) símbolos están modulados a la velocidad base (2 Mbaudios QPSK, 2 bits por símbolo), estando los 64 símbolos iniciales formados por la secuencia preámbulo, los 64 símbolos siguientes son exclusivos de cada estación transmisora, y los 8 símbolos siguientes son los bits del campo Ethertype (probablemente no exclusivos).
- 3) Una señal mínima arbitraria, definida como una secuencia de símbolos cuyo valor eficaz (RMS) en cualquier ventana de 8 microsegundos nunca será más de 9 dB inferior a 100 mVrms sobre 100 ohmios (NOMINAL_RMS_VOLTAGE).

- 4) Cuatro símbolos de la secuencia EOF.
- 5) Un transitorio final, cuya tensión de cresta no supera el 0,1% de la tensión de cresta absoluta sobre una carga de 100 ohmios en la interfaz W1 en cualquier instante más de 5 microsegundos después del último símbolo transmitido de la EOF.
- 6) Un intervalo previo a la siguiente transmisión de esta estación de duración CS_IFG microsegundos entre el último símbolo de EOF y el primer símbolo del PREÁMBULO de la siguiente transmisión, medida en la interfaz W1 del transmisor.

Cuando una estación detecta lo que puede ser una colisión, termina inmediatamente la transmisión (véase 7.2.4).

Un fragmento de colisión válido en la interfaz W1 del *transmisor* consta de lo siguiente:

- 1) Una secuencia de símbolos de 70, 0 μ s de duración (CD_FRAG).
- 2) (64 + 16 + 24 + 24 + 8) símbolos modulados a la velocidad base (2 Mbaudios QPSK, 2 bits por símbolo), donde los 64 símbolos iniciales son la secuencia preámbulo, los 64 símbolos siguientes son específicos de la estación transmisora, seguidos de 8 símbolos adicionales.
- 3) Cuatro símbolos de la secuencia EOF.
- 4) Un transitorio final, cuya tensión de cresta no supera el 0,1% de la tensión de cresta absoluta sobre una carga de 100 ohmios en la interfaz W1 en cualquier instante más de 5 microsegundos después del último símbolo transmitido de la EOF.
- 5) Un intervalo previo de al menos CS_IFG + CD_THRESHOLD microsegundos de duración entre el primer símbolo del PREAMBLE64 del fragmento de colisión válido y el primer símbolo de la señal BACKOFF20 del primer intervalo de señal de retroceso (si existe), medida en la interfaz W1 del transmisor.

Sólo es necesario que los receptores detecten correctamente tramas CS válidas, fragmentos de colisión válidos y la señal BACKOFF20 descrita en 7.2.5.

El intervalo entre tramas será de 29,0 μ s (CS_IFG), definiéndose dicho intervalo entre el instante en que la trama anterior cae por debajo del 50 % de su valor de cresta y el instante en que la trama actual supera el 50% de su cresta.

7.2.1.2 Comportamiento del receptor

La temporización de las transmisiones subsiguientes a una trama CS válida o a un fragmento de colisión válido, se basa en una referencia de temporización MAC, establecida por el receptor. El tiempo que sigue a una transmisión se divide en *intervalos*: un intervalor entre tramas (IFG, *interframe gap*); tres intervalos de señal de retroceso (después de las colisiones) y 8 intervalos de prioridad (véanse las figuras 7-4 y 7-5). Durante estos periodos de tiempo el MAC *está sincronizado* y la temporización de intervalos se define mediante las reglas para transmisiones válidas descritas en la cláusula anterior. Después del intervalo 0 puede haber un periodo arbitrariamente largo sin transmisiones, seguido de intentos de una o más estaciones por transmitir. En este último caso, el MAC *no está sincronizado*.

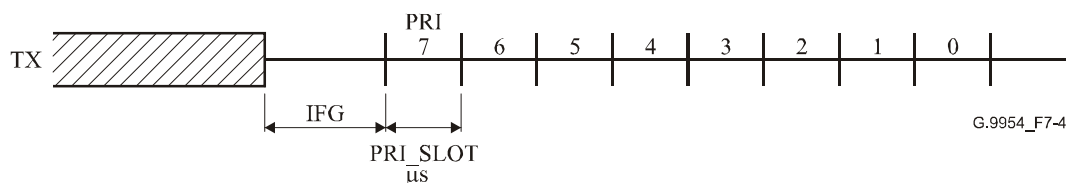


Figura 7-4/G.9954 – Intervalos con prioridad

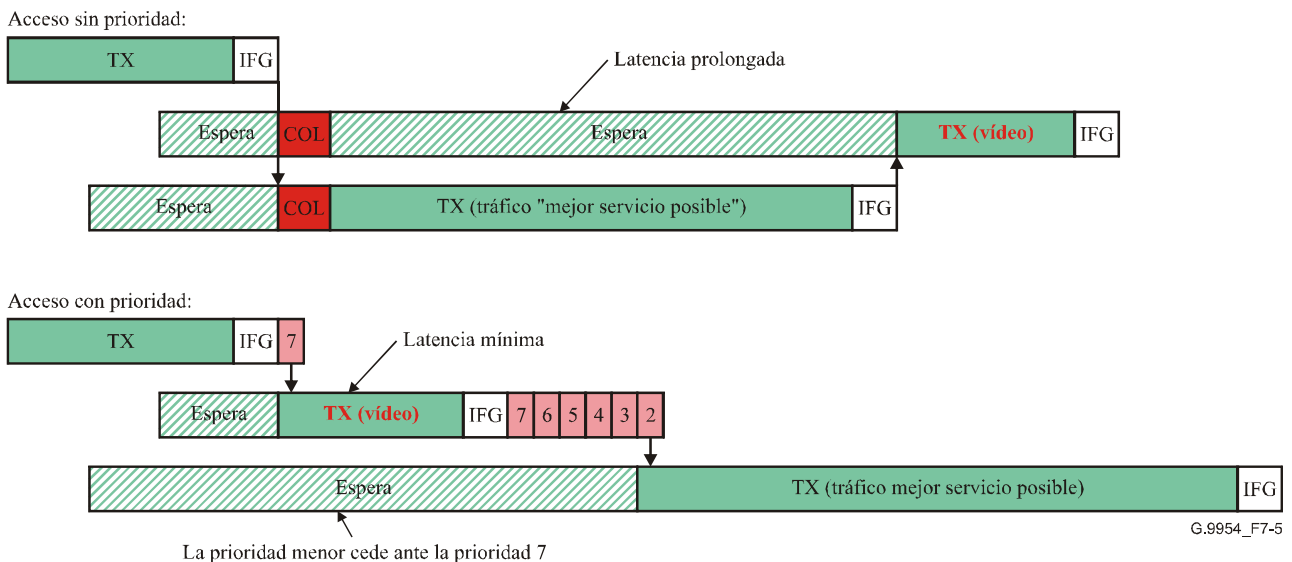


Figura 7-5/G.9954 – Ejemplo de acceso con prioridad

Una vez que el MAC está sincronizado, las estaciones comenzarán las transmisiones no antes de 0 ni más tarde de 4 μ s (TX_ON) después del origen de un intervalo, medido en la interfaz W1 del transmisor.

La función detección de portadora (CS) detectará una trama CS válida de máxima amplitud con un nivel comprendido entre 0 y al menos 38 dB (CS_RANGE) de pérdida de inserción de canal plano, y ruido aditivo con PSD plana de -140 dBm/Hz en el receptor, así como una tasa de tramas perdidas menor de 10^{-4} y una tasa de declaración prematura de final de trama inferior a 10^{-4} , véase 6.9.1. Cuando el ruido gaussiano blanco aditivo a la entrada tiene una PSD de -110 dBm/Hz, la tasa de detecciones de portadoras falsas no será superior a 1 por segundo.

Cuando el MAC no está sincronizado, una estación comienza su transmisión, una vez aparecida una trama CS válida en la interfaz W1, como muy tarde 12 μ s (CS_DEFER) desde el primer símbolo del PREAMBLE64 de la trama detectada, medido en la interfaz W1 de la estación. CS_DEFER es el máximo retardo de detección de portadora permitido.

7.2.2 Acceso con prioridad

El sistema PNT puede utilizarse para transportar flujos continuos de medios, tales como audio y video. Para reducir la variación de latencia en dichos flujos continuos, se implementa un mecanismo que permite a las capas altas etiquetar las tramas salientes con una prioridad y garantizar que dichas tramas tengan un acceso preferente al canal respecto a las tramas de menor prioridad. El método de prioridad en el acceso que se implementa consiste en retrasar las transmisiones a un *intervalo* posterior al intervalo mínimo entre tramas, en base al nivel de prioridad de la trama que espera ser transmitida.

Los intervalos se enumeran según un orden decreciente de prioridad, comenzando con la prioridad 7. Las transmisiones de mayor prioridad se hacen en los primeros intervalos, adquiriendo el canal sin contienda con el tráfico de menor prioridad. El *intervalo de prioridad* de una estación se basa en el número de prioridad de capa física asociado a la trama a transmitir (PRI), tal como determina la pila de red y se ha sido comunicado al MAC; PRI es un campo perteneciente al campo de control de trama descrito en 6.3.3. La estación utiliza cualquier intervalo de tiempo con un número inferior o igual a PRI, normalmente el intervalo numerado exactamente PRI, y sólo puede comprometerse a transmitir al comienzo de un intervalo de prioridad, es decir, si una estación está lista para transmitir una trama PRI = 7 después de que haya comenzado el intervalo de prioridad 7, la transmisión debe esperar al comienzo del intervalo de prioridad 6. En la figura 7-4 se observa la

secuencia temporal relativa de los intervalos de prioridad. (Después de intervalo de prioridad 0 no existen más intervalos de prioridad, y cualquier estación con tráfico de cualquier nivel de prioridad puede disputar el acceso al medio sobre la base de primero llegado primero servido. Se considera que todas las colisiones que ocurren después del intervalo de prioridad 0 ocurren con PRI = 0.)

La anchura de los Intervalos con prioridad es de 21,0 μ s (PRI_SLOT).

Ninguna estación transmitirá en un intervalo cuya prioridad sea superior a la prioridad (PRI) asignada a la trama que desea transmitirse.

Las estaciones que no incluyan una prioridad tendrán un valor de PRI por defecto de 2 cuando deseen transmitir.

Las estaciones que estén a la espera de transmitir se mantienen observando el valor de detección de portadora (CS) y posponen su transmisión si CS tiene el valor verdadero antes del comienzo del siguiente intervalo de prioridad en el que la estación puede transmitir, o si habiendo ya pasado el intervalo de prioridad 0, el valor de CS fuera verdadero. Cualquier estación que esté lista para transmitir al comienzo del siguiente intervalo de prioridad en el que pueda transmitir, realizará la transmisión al comienzo de dicho intervalo de prioridad sin posponerlo si CS tiene el valor falso al comienzo de dicho intervalo de prioridad.

En la figura 7-5 se muestra un ejemplo de tráfico de vídeo con nivel de prioridad 7 que consigue el acceso antes que un tráfico del tipo mejor servicio posible con prioridad 2.

El temporizador de intervalos se reinicia si alguna otra transmisión toma el canal mientras que una estación está en espera con una prioridad menor.

7.2.3 Correspondencia entre prioridades

El valor de PRI es la prioridad que utiliza el MAC para programar la transmisión y es el valor presente en el campo PRI del encabezamiento de trama. Dicho valor lo determina una capa superior de la pila de red, estando el método utilizado para el etiquetado de prioridad fuera del ámbito de esta Recomendación. El campo PRI se utiliza para transportar la etiqueta de prioridad desde el origen al destino a fin de ayudar a que este último gestione la cola de recepción. Los valores de los 3 bits de prioridad a los que se hace referencia son las "prioridades de capa física (PHY)". PRI = 7 es la prioridad más alta y PRI = 0 es la más baja.

Puede existir una correspondencia entre las prioridades de la capa física (PHY) y los valores de prioridad de la capa de enlace (LL, *link layer*), tal como ésta la recibe de la capa de red. Esta correspondencia se describe en la especificación de los protocolos de la capa de red de la cláusula 10.

En general, la capa de red o la capa de aplicación IP determinará la política empleada para establecer la correspondencia entre tráfico y prioridades de capa de enlace (LL). Por ejemplo, los servicios integrados definidos por el IETF [RFC 2815] definen actualmente la prioridad 0 como la prioridad por defecto para el servicio de tipo "mejor servicio posible" y la prioridad 1 como la prioridad de penalización "peor que mejor servicio posible" – la mayoría de las implementaciones harán corresponder "mejor servicio posible" con PRI = 2 de PHY y "peor que mejor servicio posible" con PRI = 0 de PHY.

El mecanismo de prioridad PHY es un esquema de prioridad estricta (en contraposición con otros esquemas en los que se asigna una prioridad inferior a ciertos porcentajes mínimos de capacidad de la red) – el tráfico de alta prioridad siempre hace que se posponga el tráfico de prioridad inferior. El tráfico con prioridad más elevada se limita mediante el control de admisión u otro mecanismo de política de la capa de enlace a fin de evitar la sobre suscripción.

7.2.4 Detección de colisión

Dos o más estaciones pueden comenzar a transmitir durante el mismo intervalo de prioridad que sigue al periodo IFG. Todas las estaciones supervisan el canal a fin de detectar las transmisiones de otras estaciones con las que pueden entrar en colisión.

NOTA 1 – La trama o tramas que colisionan en el canal se reciben degradadas, siendo la calidad de funcionamiento de la detección de colisión función de cada implementación concreta, dentro de los límites que establece esta especificación.

Véase la figura 7-6. Las estaciones pasivas pueden detectar colisiones observando la longitud del fragmento de transmisión y la validez del PREAMBLE64 recibido.

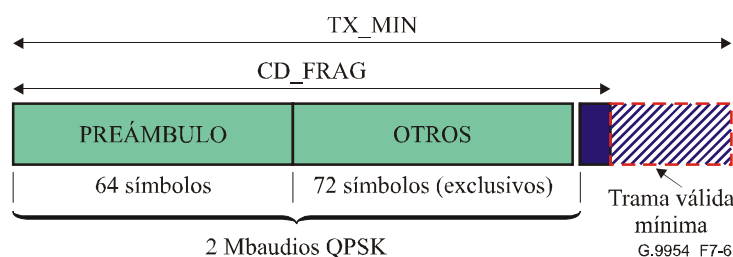


Figura 7-6/G.9954 – Duración de las colisiones y no colisiones

Una trama CS válida tiene una secuencia de símbolos exclusiva en sus primeros 128 símbolos (transmitidos a la velocidad base). La dirección origen MAC Ethernet (SA) se utiliza para garantizar dicha exclusividad. Dicho campo se aleatoriza, pero la tupla aleatorizada [SA aleatorizado, SI] es única. El campo SI de 4 bits es un campo de inicio del aleatorizador, definido en la cláusula 6 de la especificación relativa a PHY G.9954.

Tras detectar una colisión, una estación continua la transmisión de todo el campo Ethertype seguido de una secuencia EOF (símbolo 139), dando entonces por terminada la transmisión.

Por tanto, una estación que detecta una colisión, deja de transmitir no más tarde de transcurridos 70,0 μ s (CD_FRAG) desde que comenzara la trama, medida en la interfaz W1. La duración mínima de una trama CS válida es de 92,5 μ s (TX_MIN).

Cuando se producen colisiones no se transmite ninguna señal de congestión.

Las estaciones pasivas, es decir, las que no están transmitiendo, supervisan la duración de los eventos de detección de portadora y si la duración de la portadora es inferior a 92 μ s (CD_THRESHOLD), generan una indicación de fragmento de colisión a la función resolución de colisión.

Las estaciones no reconocen eventos de portadora de duración inferior a 32,0 μ s (CD_MIN) como colisiones.

Toda las estaciones, ya sean transmisoras o pasivas, podrán detectar la colisión de cualquier trama CS válida de amplitud máxima recibida con valores de pérdida de inserción de canal plano comprendidas entre 0 y 36 dB (CD_RANGE) y un ruido aditivo con PSD plana de -140 dBm/Hz en el receptor, con una tasa de errores por colisiones omitidas inferior a 10^{-4} , y una tasa de errores por colisiones falsas inferior a 10^{-3} , estando el origen de la trama que colisiona desplazada con respecto al primer símbolo de la trama transmitida, hasta 12 μ s de adelanto (CD_OFFSET_EARLY) o hasta 15 μ s de atraso (CD_OFFSET_LATE). Dichos requisitos deben aplicarse al bucle 9 del anexo B.

NOTA 2 – Cuando se omite una colisión, se mejora la probabilidad de errores detectados y no detectados en los datos de la cabida útil, por lo que es preferible que las implementaciones de detección de colisiones sufran errores por colisiones falsas, que son más inocuos.

7.2.5 Resolución de colisión durante el modo AMAC

Una colisión tiene lugar cuando dos o más estaciones están activas con tramas dispuestas y compiten por acceder al canal aproximadamente al mismo tiempo; en general, las colisiones ocurren entre tramas con el mismo nivel de prioridad. Se ejecuta un algoritmo de resolución de colisión (CR, *collision resolution*) distribuido que establece un orden en el que las estaciones pasan a niveles de retroceso, habiendo sólo una estación con nivel de retroceso 0 que puede tomar el canal inmediatamente. Cuando la estación ganadora finaliza su transmisión, todas las estaciones reducen su nivel de retroceso en uno, si éste es mayor que cero, y la nueva estación o estaciones con nivel de retroceso cero intentan la transmisión. Todas las estaciones, incluso las que no tienen tramas que transmitir, supervisan la actividad en el medio. Asimismo, se cierra el ciclo de resolución de colisión, de forma que las estaciones que no entraron en colisión no reciben autorización para intentar acceder al medio hasta que todas las estaciones que colisionaron hayan transmitido una trama con éxito o hayan ejercido el derecho a transmitir la trama que mantienen en espera. Finalmente, todas las estaciones que competían durante la colisión inicial, consiguen acceder al medio y termina en ciclo de resolución. Ello permite limitar estrictamente la latencia de acceso.

Este mecanismo difiere del de retroceso exponencial binario (BEB, *binary exponential backoff*) utilizado en otras versiones de Ethernet, en que el nivel de retroceso no determina cuál es el intervalo de contienda elegido por una estación – todas las estaciones con un prioridad dada compiten siempre en el intervalo correspondiente a dicha prioridad de acceso. En lugar de ello, las estaciones con niveles de retroceso distinto de cero retrasan sus intentos de acceso al medio hasta que las estaciones con nivel de retroceso cero hayan transmitido. Este método se denomina prioridad imparcial distribuida de puesta en cola en espera (DFPQ, *distributed fair priority queuing*).

Cada estación mantiene ocho contadores de nivel de retroceso (BL, *backoff level*), uno para cada prioridad. Los contadores de nivel de retroceso se inicializan a cero.

El nivel de prioridad de una colisión puede inferirse en función del intervalo de prioridad en el que tiene lugar la colisión.

Considérese el caso en el que la contienda entre estaciones sólo ocurre a un nivel de prioridad. Después de una colisión y del intervalo IFG, existen tres intervalos de *señal de retroceso* (S0...S2) antes de la secuencia normal de intervalos de contienda con prioridad (véase la figura 7-7). Los intervalos de señal sólo se producen después de colisiones, no después de transmisiones exitosas.

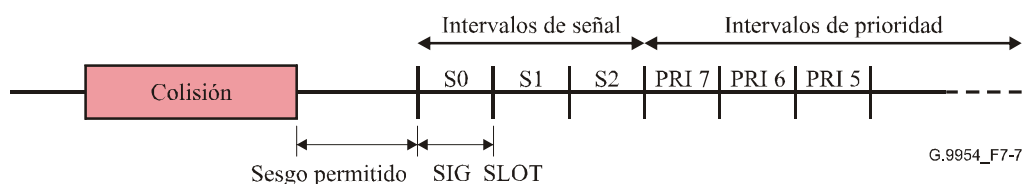


Figura 7-7/G.9954 – Intervalos de señal

Cada estación activa elige de forma pseudoaleatorio uno de los intervalos, y transmite una señal BACKOFF20 definida más adelante; en el apéndice VII se analiza un posible método para generar un número de intervalo pseudoaleatorio. Puede ocurrir que más de una estación transmita una señal BACKOFF20 en el mismo intervalo. Las estaciones activas transmiten señales BACKOFF20 para indicar la información relativa al orden que determina cuáles son los nuevos niveles de retroceso que deben utilizarse.

En el caso de transmisiones con prioridad PHY 7, una estación puede utilizar opcionalmente el protocolo de gestión de colisiones (definido en 10.12) para preasignar dinámicamente una secuencia exclusiva de valores de intervalos de colisión que garantice la resolución determinística de la

colisión entre estaciones que implementan dicho protocolo. Para un ciclo de resolución de colisión de prioridad PHY 7 dado, en lugar de elegir un intervalo de forma aleatoria, una estación que utilice este protocolo elige intervalos sucesivos, tal como determina la secuencia de intervalos de colisión preasignada. Un valor del rango [0,2] para $s < x$ indica la utilización de un intervalo de señalización específico tras la colisión x -ésima, mientras que el valor 3 indica que la estación utiliza un valor aleatorio en el momento de la colisión.

Todas las estaciones (incluso las que no tienen una trama lista para ser transmitida) supervisan los eventos de colisión y los intervalos de la señal de retroceso para calcular el nivel de retroceso. Si una estación activa observa una señal BACKOFF20 en un intervalo anterior al que ha elegido, incrementa su nivel de retroceso. Las estaciones con nivel de retroceso 0 (las que en ese momento están activamente tratando de acceder al medio) que no observen señales BACKOFF20 antes del intervalo que hayan elegido, se mantendrán en el nivel de retroceso 0 y competirán por la transmisión en el intervalo de prioridad PRI que siga a la secuencia de señal BACKOFF20. Finalmente, solo una estación permanece en el nivel de retroceso 0 y consigue el acceso al canal. Las estaciones con tramas en espera con nivel de prioridad más alto pueden evitar el proceso de resolución de colisión transmitiendo en un intervalo de prioridad más alto.

Todas las estaciones, incluso las que no compiten por el acceso al medio, mantienen un contador de nivel máximo de retroceso (MBL, *maximum backoff level*) por cada prioridad, que se incrementa con cada señal BACKOFF20 observada y que disminuye cuando se produce una transmisión exitosa. El valor de MBL es distinto de cero siempre que esté en marcha un ciclo de resolución de colisión. Cuando una estación pasa a estar activa, BL se inicializa con el valor contents [MBL] si MBL es distinto de cero, y en cualquier otro caso BL se inicializa a cero. Ello garantiza que todas las estaciones activas consiguen el acceso al canal antes de que las estaciones puedan reincorporarse a la cola de espera.

La señal BACKOFF20 es una secuencia de símbolos que consta de 16 símbolos de la secuencia preámbulo (TRN16) transmitida, seguida de la secuencia EOF de 4 símbolos. Las estaciones detectarán la señal o señales BACKOFF20 en un intervalo de señal de retroceso aunque haya más de una estación que seleccione el mismo intervalo.

Las estaciones implementarán contadores saturables de BL y MBL de 4 bits.

La duración del intervalo de señal será de 32,0 μ s (SIG_SLOT). El primer intervalo de señal se mide desde que se detecta el inicio del primer fragmento de colisión solapado.

Las estaciones implementarán la función MAC con una resolución de colisión cuyo comportamiento concuerde con el modelo procedimental descrito en la cláusula siguiente. La referencia de temporización incluida en el pseudocódigo de 7.2.6 toma como referencia la señal de detección de portadora, no la señal en la interfaz W1.

7.2.6 Modelo procedimental de acceso al medio

El modelo procedimental utiliza un pseudocódigo modelado utilizando Pascal Concurrente. Para tener una visión general de este pseudocódigo, véase IEEE 802.3 (1998), cláusula 4.2.2. En la sintaxis utilizada se han tomado algunas libertades obvias. El pseudocódigo asume que no hay retardo entre la detección de portadora y la llegada de la señal en la interfaz W1. Por tanto, las implementaciones deben considerar la existencia de retardos de implementación adicionales.

El código modela tres procesos concurrentes independientes (deferencia, transmisor, receptor) en la descripción más abajo) que interaccionan a través de variables compartidas. El proceso deferencia está gobernado por la detección de transmisiones en el canal, y determina los límites temporales de los intervalos de señal y de los intervalos de prioridad. La variable compartida `currentPriority` señala el proceso transmisor cuando existe un intervalo de transmisión.

{Deference:

Bucle, búsqueda de detección de portadora, cuando la encuentra determina si la transmisión era una colisión o una trama válida.

Si era una colisión, procesa los intervalos de señal y ejecuta el algoritmo de resolución de colisión.

En cualquier caso, se procesan los intervalos de prioridad a la búsqueda de portadora.

El nivel de prioridad "actual" corresponde al del intervalo en el que ocurrió la última colisión.

Los contadores de nivel de retroceso (BL) y de nivel máximo de retroceso (MBL) se saturan con los valores 0 y 15.}

Const

```
nPriorities = 8; {número de niveles de prioridad}
nSignals = 3; {número de intervalos de señal}
nLevels = 16; {número de niveles de retroceso}
```

process Deference;

begin

```
currentPriority := 0; {prioridad del intervalo en el que nos encontramos}
cycle {deference loop}
```

```
  sawFrame := false;
```

```
  sawCollision := false;
```

```
  while not carrierSense() do nothing; {espera la aparición de una
                                         portadora}
```

```
  deferring := true;
```

```
  startTime := time();
```

```
  stopTime := startTime;
```

```
  while carrierSense() do
```

```
    stopTime := time();
```

```
  if ((stopTime - startTime > CD_MIN) and
      (stopTime - startTime < CD_THRESHOLD)) or collisionSense()
    then sawCollision := true
```

```
  else sawFrame := true;
```

```
  {después de una colisión, procesa los tres intervalos de señal}
```

```
  if sawCollision then
```

```
  begin
```

```
    {espera hasta el final del IFG, el tiempo transcurrido desde el
     comienzo del fragmento reduce el sesgo, al ser la incertidumbre de
     inicio de portadora menor que la incertidumbre de fin de portadora }
```

```
    while (time() - startTime < CS_IFG + CD_THRESHOLD) do nothing();
```

```
    computeSignals();
```

```
    for (i := 0; i < nSignals; i++)
```

```
    begin
```

```
      startTime := time();
```

```
      signal[i] := 0;
```

```
      if signalSlot = i then sendSignal();
```

```
      while (time() - startTime < SIG_SLOT) do
```

```
        if carrierSense() then signal[i] := 1;
```

```
    end;
```

```
    processSignals();
```

```
  end;
```

```
  if (not sawCollision) then
```

```
  begin
```

```
    {espera hasta el fin de IFG}
```

```
    while (time() - stopTime < CS_IFG) do nothing();
```

```
    {si la última transmisión tuvo éxito, se eliminan los niveles de
     retroceso}
```

```

        BL[currentPriority] := saturate(0,nLevels-1,BL[currentPriority]-1);
        MBL[currentPriority] := saturate(0,nlevels-1,MBL[currentPriority]-1);
    end;
    {evita el riesgo de temporización del transmisor, currentPriority debe
    fijarse antes de que deferring se borre}
    currentPriority := nPriorities-1;
    deferring := false;
    {ahora vencen los intervalos de prioridad (contienda)}
    for (i := nPriorities-1; i>=0; i--)
    begin
        slotTime := time();
        currentPriority := i;
        while (time()-slotTime < PRI_SLOT) do
            if carrierSense() then endcycle;{restart deference loop}
            {si el intervalo de prioridad transcurrió son contienda, dicho nivel de
            prioridad queda en reposos, la Buena práctica recomienda verificar que
            los contadores de retroceso se reinician}
            BL[currentPriority] := 0;
            MBL[currentPriority] := 0;
        end;
    end; {cycle}
end; {Deference}

{computeSignals: Determina las señales que deben enviarse}
function computeSignals();
begin
    signalSlot := -1; {-1 significa ninguna señal para enviar, inicialización}
    if (txReady and (txPriority = currentPriority) and BL[txPriority]=0) then
        if (txPriority = 7 and activeCSSClient) then
            {Valor opcional de intervalo de colisión CSS asignado para la
            prioridad PHY 7}
            if (slotSequence[Ncollisions] = 3 or Ncollisions > 8) then
                signalSlot = integerRandom(nSignals); {utiliza un valor aleatorio}
            else
                signalSlot = slotSequence[Ncollisions]; {utiliza un valor asignado}
            else
                {selección de intervalo de señal aleatorio normal}
                signalSlot = integerRandom(nSignals); {selecciona intervalo de señal
                de retroceso}
            end; {computeSignals}

{processSignals: Procesa las señales recibidas, ajustando niveles de retroceso}
function processSignals();
begin
    psignals := 0;
    for (i=0; i < nSignals; i++)
        if signal[i] then psignals++;
    if (txReady and (txPriority = currentPriority)) then
    begin
        backoffLevel := BL[currentPriority];
        if backoffLevel = 0 then
        begin
            tem := 0;
            for (i=0; i < signalSlot; i++)
                if signal[i] then tem++;
            BL[currentPriority] := saturate(0,nLevels-1,tem);
        end;
        if backoffLevel > 0 then
            if psignals > 0 then
                BL[currentPriority] :=
                    saturate(0,nLevels-1,backoffLevel + psignals-1);
        end;
end;

```

```

    if psignals > 0 then
    begin
        if MBL[currentPriority] = 0 then MBL[currentPriority] := psignals;
        else MBL[currentPriority] = saturate(0,nLevels-1,MBL[currentPriority]
                                             + psignals-1);

        end;
    end; {processSignals}

{Transmitter:  espera txReady y txPriority del proceso de nivel de enlace.}
envía txFinished cuando la trama se ha enviado.}
process Transmitter;
begin
    cycle
        while (not txReady) do nothing();
        BL[txPriority] := MBL[txPriority];
        Ncollisions = 0;
        while (not (txPriority >= currentPriority and BL[txPriority]=0)
              or deferring)
            do nothing();
        ttime := time();
        xmtDataOn(); {comienza la transmisión de datos}
        while xmtBusy() and (time() - ttime < CD_FRAG) do
        begin
            if collisionSense() then
            begin
                xmtDataOff();{apagado, tras enviar un fragmento mínimo de colisión}
                Ncollisions++; {vence temporización por límite de colisiones
                               excesivas}
                if Ncollisions = attemptLimit-1 then txFinished();
            endcycle;
            end;
        end;
        while xmtBusy() do nothing();
        txReady := false;
        txFinished();      {nivel de señal de enlace transmitido en la trama}
    end; { cycle }
end; { Transmitter }

{collisionSense: }
function collisionSense();
begin
    { Cuando se transmite, se detecta la presencia de una segunda transmisión.
      Cuando se recibe, se detectan transmisiones solapadas}
end; { collisionSense }

{Receiver: }
process Receiver;
begin
    { Espera la detección de portadora. Se demodulan las señales recibidas en
      tramas. Se rechazan los fragmentos de colisión. Se determinan los límites de
      la trama. Se verifica FCS.
      Filtro basado en la dirección destino. Realiza la señalización de capa de
      enlace opcional y otras funciones de controlador.}
end; { Receiver }

```

7.2.7 Parámetros de MAC asíncrono

En esta cláusula se establecen los parámetros AMAC, utilizándolos para reemplazar cualquier otro valor de dichos parámetros en otras partes de esta Recomendación. En caso de que se indique una tolerancia, el valor de $\Delta = 63$ nanosegundos (véase el cuadro 7-1).

7.2.7.1 Tamaños mínimo y máximo de la trama de nivel de enlace

La trama de nivel de enlace, antes del encapsulado de la trama de nivel físico (PHY), consta de los campos DA a FCS. Todas las estaciones PNT transmitirán tramas de nivel de enlace con un mínimo de 64 octetos. Si el campo cabida útil de las tramas de nivel de enlace es menor que minFrameSize, se rellena con octetos añadidos tras la cabida útil para alargar la trama minFrameSize.

La trama Ethernet normalizada tiene una longitud máxima de 1518 octetos, pero algunos procesos de encapsulado de la capa de enlace de PNT pueden añadir octetos adicionales.

Todas las estaciones PNT deberán poder transmitir y recibir tramas de nivel de enlace que incluyan hasta 1526 octetos. Ninguna estación PNT transmitirá tramas de nivel de enlace con un número de octetos superior a $512 \times \text{bits por símbolo} \times \text{baudios}$. El número de octetos especificado incluye desde DA hasta FCS, sin contabilizar el preámbulo, encabezamiento, CRC-16 ó PAD ó EOF. Por tanto, la duración máxima de la trama (valor máximo de TX_FRAME) será 4166 microsegundos para una trama con PE = 15. El valor por defecto de la longitud máxima de la trama que una estación G.9954 transmite a una DA determinada será de 1526 octetos, hasta que determine que el receptor puede soportar unidades de transmisión más largas (por ejemplo, mediante la utilización de anuncios CSA de la CSA_MTU, véase "Protocolo de enlace para G.9954").

Dichos máximos establecen un límite superior de duración de una transmisión dada y un límite superior del tamaño máximo de trama que los receptores deben aceptar.

7.3 Modo de funcionamiento MAC síncrono

Cada estación de un segmento de red G.9954 realizará, en presencia de un dispositivo maestro G.9954, la función MAC síncrona para coordinar el acceso al medio compartido.

Los parámetros de temporización MAC para el modo SMAC están basados en los mismos parámetros de temporización que para el modo AMAC y que se definen en 7.3.7 y 7.3.8.

El acceso al medio en una red síncrona está controlado por el maestro, que utiliza un plan de acceso al medio (MAP). El MAP especifica la temporización del acceso al medio en la red. El tiempo de acceso al medio en el MAP se descompone en oportunidades de transmisión (TXOP), con longitudes específicas y momentos de inicio asignados a dispositivos de red específicos, de acuerdo con su demanda de recursos. El maestro planifica la temporización de acceso al medio para evitar colisiones. Sin embargo, las colisiones pueden tener lugar durante las oportunidades de transmisión que se designan como periodos de contienda (CP, *contention periods*). Durante los periodos de contienda, el método de acceso al medio utilizado por los nodos G.9954 estará basado en la función AMAC, excepto en que las transmisiones están limitadas al final del periodo de contienda. Igualmente, las colisiones se resuelven utilizando el método de resolución de colisiones AMAC (DFPQ), descrito en 7.2.5. El proceso de resolución de colisiones puede estar, o no, limitado al periodo de contienda, en función de la decisión sobre la política que adopte el maestro, tal como se indique en el MAP.

El protocolo SMAC se describe con detalle en las cláusulas siguientes.

7.3.1 Dispositivos de red e identificadores de dispositivos (DEVICE_ID)

Los dispositivos G.9954 se identifican por su dirección MAC universal de 48 bits globalmente única.

Los dispositivos G.9954 que requieran contratos de calidad de servicio se REGISTRARÁN con el maestro G.9954 y se identificarán utilizando su dirección MAC universal de 48 bits globalmente única. El maestro utiliza la dirección MAC durante la admisión en la red como clave única de identificación del dispositivo.

A un dispositivo de red G.9954 que haya sido admitido en la red síncrona G.9954 por el maestro se le asigna una dirección *corta*, conocida como DEVICE_ID (identificador de dispositivo). Dicho

DEVICE_ID se utiliza para identificar la asignación de TXOP a dispositivos. Un dispositivo G.9954 recibe información del DEVICE_ID que le ha asignado el maestro durante el protocolo de admisión a la red, véase 10.15.

NOTA – La dirección corta se utiliza en aras de la eficiencia del protocolo y para garantizar que los dispositivos que requieran garantías de calidad de servicio superen un proceso de admisión en la red para poder utilizar recursos del medio.

El DEVICE_ID de red tiene una estructura de 6 bits con valores comprendidos entre 0 y 63. Los DEVICE_ID son únicos en la red.

Se definen los DEVICE_ID siguientes:

Cuadro 7-2/G.9954 – Definición de DEVICE_ID

Nombre del dispositivo	DEVICE_ID	Descripción
DISPOSITIVO NULO (<i>NULL DEVICE</i>)	0	DEVICE_ID de valor NULO (no definido)
DISPOSITIVO maestro	1	Identidad del maestro de red G.9954 elegido.
Reservado	2-63	Los DEVICE_ID reservados para ser asignados a dispositivos G.9954 admitidos que satisfacen los criterios de calidad de servicio.

7.3.2 Flujos de servicio e identificadores de flujos (FLOW_ID)

Un flujo de servicio (para abreviar, un *flujo*) es un canal símplex de comunicación lógica entre el dispositivo origen y el destino. Está orientado al servicio y se define por el tipo de información que transporta. Un dispositivo puede soportar múltiples flujos de servicio, identificándose cada uno de ellos mediante un FLOW_ID (*identificador de flujo*).

Un FLOW_ID es un número de 4 bit en la gama 0-15. Un flujo se identifica en la red de forma unívoca mediante la tupla (dirección origen, dirección destino, ID de flujo). Ello implica que puede haber hasta 15 flujos entre un dispositivo origen y destino puesto que el FLOW_ID de valor 0 representa el FLOW_ID de valor NULO (NULL) (no definido).

7.3.3 Temporización MAC síncrona

7.3.3.1 El ciclo MAC

El acceso al medio en el modo SMAC se realiza en el contexto de un ciclo MAC periódico. Cada periodo del ciclo MAC comienza con la transmisión de un plan de acceso al medio (MAP) por parte del maestro, y termina al final del periodo de acceso al medio planificado descrito en el MAP. Los dispositivos de red G.9954 se sincronizarán con el ciclo MAC mediante la detección de la presencia de un mensaje MAP, realizando el acceso al medio de conformidad con el plan de acceso al medio descrito en el MAP. El MAP describe la asignación de *Oportunidades de transmisión* o TXOP a dispositivos y/o flujos de servicios en la red. Las TXOP se describen por su instante de inicio, su duración y el dispositivo o servicio que puede transmitir durante dicha TXOP. Las referencias de temporización del MAP son relativas al comienzo del ciclo MAC que describe el MAP. El comienzo del primer símbolo del PREÁMBULO de la transmisión MAP recibida, representa el instante cero.

El MAP describirá las TXOP del ciclo MAC siguiente a aquél en el que se recibe dicho MAP. Ello significa que el mensaje MAP que inicia el ciclo MAC N, describe las TXOP en el ciclo MAC N + 1. Esto se ilustra en la figura 7-8.

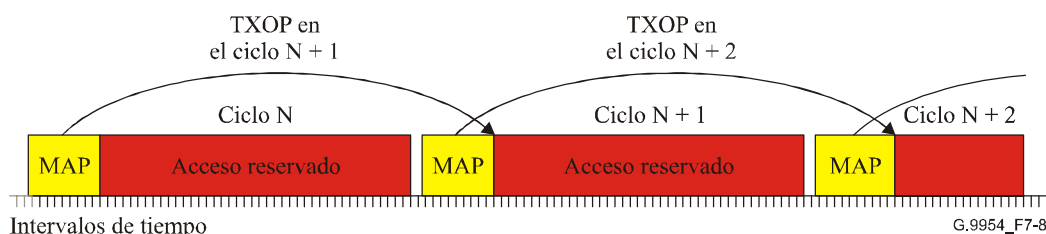


Figura 7-8/G.9954 – Ciclo MAC y referencia MAP

Los ciclos MAC están separados por un intervalo entre ciclos (CS_ICG , *inter-cycle gap*). Un intervalo entre ciclos es un periodo de tiempo mínimo garantizado en el que el medio está en reposo en base a la función de detección de portadora. El intervalo se mide desde el último símbolo del EOF de la última trama de un ciclo MAC hasta el primer símbolo del PREÁMBULO de la transmisión MAP. Las ráfagas de un ciclo MAC están separadas por un intervalo entre tramas (MAP_IFG , *inter-frame gap*) tal como se define en 7.3.3.3.

El maestro G.9954 asignará tiempo del medio a CS_ICG y MAP_IFG , que codifica en las TXOP definidas en el MAP. A cada TXOP se asigna tiempo del medio que incluye el intervalo anterior a la siguiente transmisión.

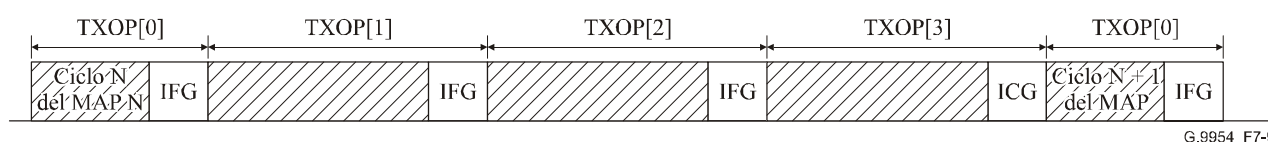


Figura 7-9/G.9954 – Contabilización de MAP_IFG y de CS_ICG

Las duraciones reales de CS_ICG y de MAP_IFG se definen en 7.3.8

7.3.3.2 Duración del ciclo MAC

Los ciclos MAC son periódicos y típicamente de duración constante. La duración real del ciclo MAC puede variar dinámicamente cada ciclo, estando comprendida entre $CYCLE_MIN$ y $CYCLE_MAX$ en función de las restricciones de la programación y de las decisiones.

La duración del ciclo MAC que describe un MAP se codifica implícitamente en el MAP.

Puesto que el MAP describe el plan de acceso al medio para el siguiente ciclo MAC, siempre se necesitan dos ciclos MAC para que surta efecto cualquier modificación de la duración de un ciclo MAC. Esto se ilustra en la figura 7-10.

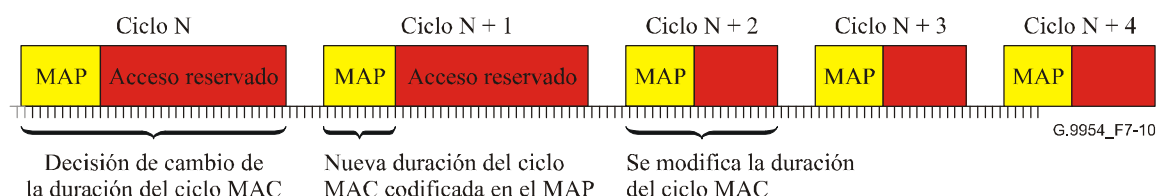


Figura 7-10/G.9954 – Duraciones variables del ciclo MAC

7.3.3.3 El plan de acceso al medio (MAP)

La trama de control MAP marca el inicio de un ciclo MAC (el ciclo MAC "actual") y describe las TXOP planificadas en el "siguiente" ciclo MAC. El ciclo MAC "actual" se identifica mediante el número de secuencia incluido en la trama MAP con la que se inicia el ciclo. El ciclo MAC

"siguiente" es el ciclo MAC posterior al ciclo MAC "actual" y contiene un número de secuencia superior en uno al ciclo MAC "actual" contabilizado en el módulo aritmético empleado.

La aplicación del plan de acceso al medio descrito por la trama MAP es exclusivamente de un único ciclo MAC. Puesto que una trama MAP describe el plan de acceso al medio para el siguiente ciclo MAC, un MAP pasa a estar vigente al comienzo del siguiente ciclo MAC y permanece vigente hasta el comienzo del siguiente ciclo MAC. La información incluida en un MAP queda obsoleta al final del ciclo MAC que describe.

Un dispositivo de red G.9954 NO transmitirá dentro de un ciclo MAC para el cual no tenga un MAP válido y vigente (actualizado).

Una trama MAP se identificará mediante una trama cuyo campo tipo de trama es (FT = 0x90) (es decir, con subtipo de trama FS = 0x01) y con la estructura como en la figura 7-11.

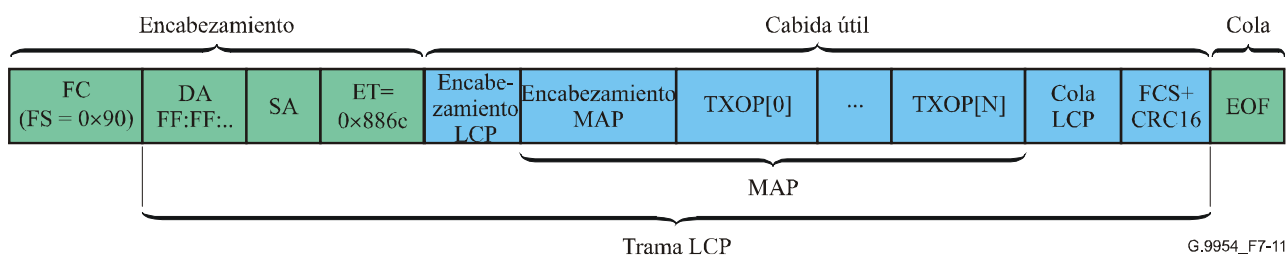


Figura 7-11/G.9954 – Estructura de la trama MAP

La trama MAP se codificará como una trama del protocolo de control de capa de enlace (LCP, *link layer control protocol*) cuyos componentes de cabida útil son un encabezamiento MAP de longitud fija seguido de un cuadro de longitud variable de las TXOP. El número de las TXOP incluidas en el MAP está codificado en el encabezamiento MAP. El tamaño de una trama de control MAP no superará al tamaño de una trama Ethernet normalizada (es decir, una cabida útil de 1500 bytes).

En el caso de una trama Ethernet con 1500 bytes de cabida útil, hay disponibles 1480 bytes para el cuadro de las TXOP de longitud variable (después de suprimir los encabezamientos LCP y MAP). Ello significa que el número de las TXOP del cuadro no será superior a 370. Dado un tamaño máximo de ciclo MAC de 50 ms, y un tamaño mínimo de trama de 92,5 μ s + 29 μ s (INTERVALO), el número máximo teórico de entradas MAP está limitado a $50000/(92,5 + 29) = 411$ TXOP. En la práctica, es previsible que el número de las TXOP en un MAP sea significativamente inferior a dicho límite teórico, del orden de decenas de entradas.

NOTA – El formato de la trama de control de enlace se utiliza por conveniencia para permitir que el MAP pueda transferirse fácilmente a las capas de protocolo superiores (posiblemente de la pila principal de una interfaz normalizada IEEE 802.3).

La trama MAP siempre se enviará a la dirección de destino de "difusión", transmitiéndose todo el contenido mediante la constelación de codificación más robusta (máscara #2, 2Mbaudios y 2 bits por símbolo – PE = 33).

El MAP contiene la información siguiente según el cuadro 7-3.

Cuadro 7-3/G.9954 – Información del MAP

Nombre del campo	Tamaño del campo (bits)	Descripción
ENCABEZAMIENTO DE MAP	3×32	
Campo de control (<i>ControlField</i>)	32	Conjunto de campos de control utilizados para controlar el comportamiento de los nodos puntos extremos. La codificación de este campo se describe más abajo.
- Modificado (<i>Modified</i>)	1	Indica que el cuadro de TXOP definido en este MAP es distinto del cuadro de TXOP definido en el MAP "previo", siendo "previo" el MAP transmitido en el ciclo MAC anterior con un <i>Número de secuencia</i> inferior en uno al <i>Número de secuencia</i> "actual" (contabilizado con el módulo aritmético en uso) 0 el MAP es el mismo que en el ciclo "previo" 1 el MAP se ha modificado desde el ciclo "previo" Un punto extremo puede utilizar esta bandera para la optimización local.
- Método de eliminación de latencia del ciclo (<i>CycleLatency RepairMethod</i>)	2	Método de eliminación de la latencia del ciclo que deben utilizar los puntos extremos cuando se retrasa el comienzo del ciclo MAC (indicado por el instante de llegada del MAP) en comparación con el instante de llegada programado. Para más información véase 8.6.4. 0 Ninguno – No se utilizan técnicas de eliminación de la latencia al comienzo del ciclo. 1 Ajuste de reloj – Ajuste del reloj utilizado para la temporización de las transmisiones SMAC al comienzo del ciclo mediante un desplazamiento del retardo. 2-3 Reservado para utilización futura
- Método de resolución de colisión	2	Método de resolución de colisiones (CR) utilizado para resolver colisiones durante las TXOP definidas como periodos de contienda. 0 DFPQ (CR del tipo G.9951/2) 1 DFPQ limitada (DFPQ con CR limitada a CTXOP o UTXOP) 2,3 Reservado para utilización futura. Para más información sobre la resolución de colisiones en el modo SMAC véase 7.3.7.

Cuadro 7-3/G.9954 – Información del MAP

Nombre del campo	Tamaño del campo (bits)	Descripción
• • SMAC_EXIT	1	Abandono del modo MAC sincrónico. El maestro utiliza esta bandera para indicar su intención de dar por finalizado su papel de maestro y dejar de transmitir tramas MAP. Los nodos puntos extremos interpretan esta bandera abandonando el modo SMAC y pasando al modo AMAC. Un dispositivo punto extremo ignorará el contenido de las TXOP de un MAP cuya bandera SMAC_EXIT esté puesta a 1. El dispositivo punto extremo pasará al modo AMAC al final del ciclo MAC actual. 0 Permanecer en el modo SMAC 1 Abandonar el modo SMAC
• • AMAC_DETECTED	1	El maestro ha detectado la existencia de un dispositivo que funciona en el modo AMAC. El método utilizado por el maestro para detectar nodos AMAC es función de la implementación. 0 NO se ha detectado ningún dispositivo funcionando en el modo AMAC. 1 Detectado un dispositivo funcionando en el modo AMAC.
• • Límite de prioridad de CP	3	Prioridad más alta utilizada por los nodos G.9954 para la transmisión en periodos con contienda (CTXOP). Puede estar controlado para dar prioridad a las transmisiones (TX) de CF en un entorno (por ejemplo, redes mixtas G.9951/2 y G.9954) donde las transmisiones de CF y CP pueden colisionar. Los valores definidos son: 0..7 Niveles de prioridad
• • MAP_IFG	6	Duración del intervalo entre tramas (IFG) que el maestro planifica entre las TXOP. Cada punto extremo garantiza que se mantiene el silencio durante el MAP_IFG que sigue a su TXOP. MAP_IFG se mide en μs y se define comprendido entre CS_IFG (29) y 63 μs.
• • Reservado	16	Reservado para utilización futura. Se remitirá con valor 0 y será ignorado por el receptor.
• Reservado	32	Reservado para utilización futura. Se remitirá con valor 0 y será ignorado por el receptor.
• Número de secuencia (<i>SequenceNumber</i>)	16	Número de la secuencia del MAP. Contador que se incrementa cada ciclo MAC.
• Número de TXOP (<i>NumTXOPs</i>)	16	Número de entradas para asignaciones en el MAP. Normalmente, el mínimo número de entradas de un MAP es 2 (una para el MAP subsiguiente y la segunda para la TXOP no asignada (UNALLOCATED TXOP)). Cuando se fija la bandera SMAC_EXIT, el número de entradas del MAP puede ser cero. El número máximo de entradas está limitado por el tamaño máximo de la trama de control MAP antes descrita.
TXOP_TABLE	$N \times 32$	Cuadro de longitud variable de descriptores TXOP – donde N viene definido por NumTXOPs.

Cuadro 7-3/G.9954 – Información del MAP

Nombre del campo	Tamaño del campo (bits)	Descripción
• TXOP[1]	32	La codificación del descriptor TXOP es la siguiente:
• • Reservado	1	Reservado para utilización futura. Este campo será puesto a cero por el transmisor e ignorado por el receptor.
• • Longitud de TXOP (<i>TXOP_Length</i>)	15	Duración de TXOP en unidades de TIME_SLOT. TIME_SLOT se define en 7.3.3.5.
• • TXOP_ID	16	Identificador utilizado para asociar la TXOP con un flujo de servicio. El TXOP_ID es un identificador único válido para todo el sistema que se compone de los campos descritos a continuación:
• • • ID de dispositivo origen (<i>SrcDeviceID</i>)	6	<i>ID del dispositivo (Device_ID)</i> situado en el origen de un flujo.
• • • ID unívoco de flujo (<i>UniqueFlowID</i>)	10	Identificador único del flujo en el contexto del dispositivo origen del flujo (es decir, <i>SrcDeviceID</i>).
• ...		
• TXOP[N]	32	N-ésima TXOP descrita en el cuadro de TXOP para la que N=NumTXOPs.

El *ControlField* (campo de control) del MAP es un conjunto de banderas utilizadas para señalar información de control a los nodos puntos extremos de la red y controlar el comportamiento de dichos nodos puntos extremos. *ControlField* proporciona un mecanismo básico para que el maestro remita a los nodos puntos extremos decisiones sobre la política a seguir cuando se detectan determinados eventos. Los algoritmos utilizados por el maestro para la toma de decisiones sobre la política están fuera del alcance de esta especificación.

SequenceNumber puede utilizarse para detectar MAP perdidos y para verificar que el MAP "actual" de asignación del medio que conoce un nodo es "válido" y está "actualizado". El valor de *SequenceNumber* se incrementa módulo 16 bits con cada MAP.

El conjunto de TXOP planificadas en el siguiente ciclo MAC se describe en TXOP_TABLE. Cada entrada del cuadro contiene un descriptor de TXOP que especifica la asignación de la TXOP a un dispositivo o servicio (flujo), o a un conjunto de dispositivos o servicios. La asignación de una TXOP se describe mediante una tupla (*SrcDeviceID*, *UniqueFlowID*). Para más información sobre la asignación de las TXOP véase 7.3.3.4.

La primera entrada del cuadro de TXOP se asigna al maestro (siempre que NO se haya puesto a 1 la bandera SMAC_EXIT), utilizándose para la transmisión de la (siguiente) trama de control MAP.

Puesto que el MAP describe las TXOP del siguiente ciclo MAC, una modificación de la duración de una TXOP del MAP (es decir, TXOP[1]) requiere 2 ciclos de MAC para surtir efecto. Ello significa que la decisión de aumentar el tamaño de una TXOP del MAP del ciclo N, se incluirá en el MAP del ciclo N + 1, y sólo tendrá efecto en el ciclo MAC N + 2.

Para más información sobre la estructura de una trama de control MAP véase 10.14.1.

7.3.3.4 Oportunidades de transmisión (TXOP)

En la figura 7-12 se muestra la estructura interna de un ciclo MAC. Se trata de un ejemplo de ciclo MAC compuesto de oportunidades de transmisión (TXOP) de distintos tipos. Se definen los tipos de TXOP siguientes:

- TXOP SIN CONTIENDA (CFTXOP, *CONTENTION-FREE TXOP*) –TXOP asignada a un (único) dispositivo de red o flujo de servicio dedicado
- TXOP CON CONTIENDA (CTXOP, *CONTENTION TXOP*) –TXOP para el que la contienda se define entre un grupo de dispositivos de red o flujos de servicio.
- TXOP NO ASIGNADA (UTXOP, *UNALLOCATED TXOP*) – tipo de TXOP con contienda durante el cual cualquier dispositivo de red puede transmitir con contienda.

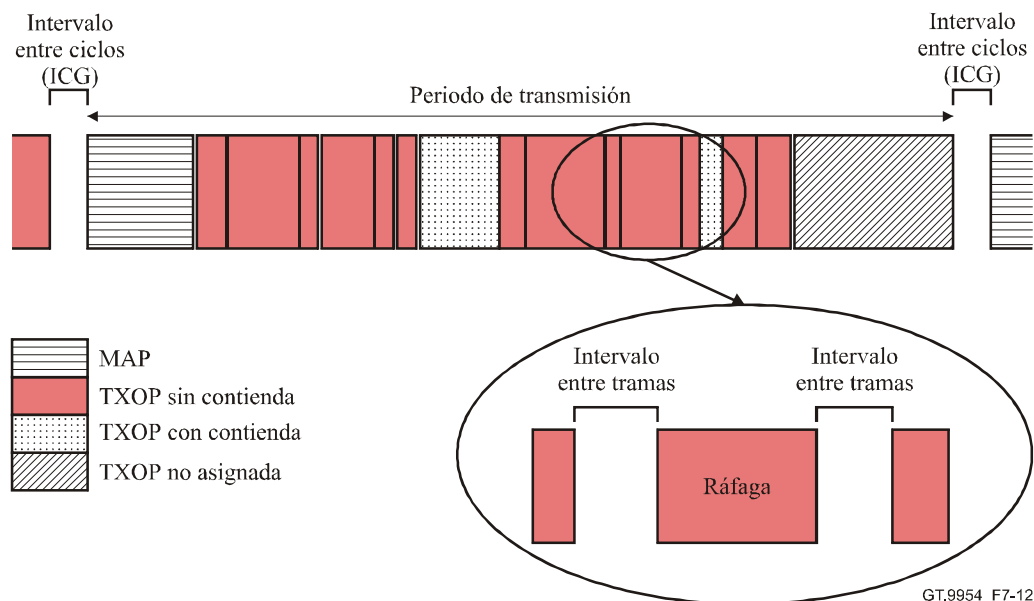


Figura 7-12/G.9954 – Estructura del ciclo MAC

El *MAP* se enviará al comienzo de cada ciclo MAC en la primera TXOP del ciclo (tal como se describe en el *MAP* anterior). La TXOP utilizada para transmitir el *MAP* es, por definición, una TXOP sin contienda (CFTXOP) asignada de forma exclusiva al maestro. Se identifica mediante la dirección *MAP TXOP* tal como se define en 7.3.3.4.2.

El maestro planificará el acceso al medio durante un ciclo MAC dividiendo entre varias TXOP el tiempo de acceso al medio disponible del ciclo MAC. El maestro asignará TXOP sin contienda (CFTXOP) y TXOP con contienda (CTXOP) para los servicios admitidos que requieran contratos de calidad de servicio. El tiempo de acceso al medio restante después de que todas las TXOP se hayan asignado a dispositivos, servicios o grupos específicos, será clasificado por el maestro como *UTXOP*. Estas TXOP pueden ser utilizadas por cualquier dispositivo, en un régimen con contienda, para la transmisión de tráfico no previsto, servicios del tipo "mejor servicio posible", protocolos de gestión y control de red o tráfico para el que no existen garantías de calidad de servicio explícitas.

NOTA 1 – La anchura de banda asignada para la transmisión de un dispositivo de red puede extenderse durante de varias TXOP del ciclo MAC. Aunque los algoritmos de gestión y programación de recursos en el maestro deben intentar agrupar la anchura de banda asignada (a fin de reducir el número de ráfagas posibles), puede ser necesario distribuir la asignación a lo largo del ciclo con el objetivo de cumplir determinadas restricciones de calidad de servicio. Éste puede ser particularmente el caso para flujos CBR. Igualmente, las TXOP no asignadas pueden estar dispersas a lo largo del ciclo MAC. La localización y duración de las TXOP en un ciclo MAC forma parte de las decisiones de programación que toma el maestro y que están fuera del ámbito de esta especificación.

El acceso al medio durante las CTXOP y UTXOP se realizará utilizando métodos de acceso al medio con contienda basados en el modo de funcionamiento AMAC. Las colisiones que eventualmente ocurran en las CTXOP y UTXOP se resuelven utilizando el método de resolución de colisiones SMAC (véase 7.3.7).

NOTA 2 – En una red mixta de nodos G.9954 y G.9951/2 pueden producirse colisiones en una CFTXOP.

Para más información sobre los esquemas de resolución de colisiones, véase 7.3.7.

7.3.3.4.1 Identificadores de TXOP (TXOP_ID)

Cada una de las TXOP definidas en el MAP serán asignadas por el maestro a un único dispositivo o flujo en un régimen sin contienda, o a un grupo de dispositivos en un régimen con contienda.

La asignación de las TXOP a dispositivos y flujos se describe mediante el identificador de TXOP o TXOP_ID. El TXOP_ID formado por la tupla (*SrcDeviceID*, *UniqueFlowID*) donde *SrcDeviceID* identifica el dispositivo situado en el origen del flujo y *UniqueFlowID* es un identificador unívoco de flujo en el contexto del *SrcDeviceID*. El maestro asignará una TXOP a un flujo durante el establecimiento del mismo, informando al dispositivo origen del flujo mediante mensajes del Protocolo de señalización de flujo.

El TXOP_ID es un número de 16 bits único en la red y que puede tener valores comprendidos entre 0 y 65536.

Un dispositivo solo transmite dentro de los límites de una TXOP si el mismo está en el origen de un flujo al que se le haya asignado dicha TXOP. Un dispositivo también puede transmitir dentro de ciertas TXOP predefinidas si contiene datos que sean conformes con la semántica de dichas TXOP predefinidas.

7.3.3.4.2 TXOP predefinidas

Las TXOP predefinidas son tipos especiales de oportunidades de transmisión utilizadas para la transmisión de mensajes de un tipo o servicio definido. Las TXOP predefinidas se identifican por un conjunto fijo de valores de TXOP_ID. Todas las TXOP predefinidas comienzan con un *SrcDeviceID* de valor cero. Esta definición permite hasta 1024 TXOP predefinidas direccionables.

Los valores y semántica de las TXOP predefinidas son implícitamente conocidas por todos los nodos G.9954. En el cuadro 7-4 se enumera el conjunto de TXOP predefinidas.

Cuadro 7-4/G.9954 –TXOP predefinidas

NOMBRE DE LA TXOP	TXOP_ID	SEMÁNTICA
NO ASIGNADA (UTXOP)	0	Identifica una oportunidad de transmisión no asignada. Esta TXOP está disponible para cualquier dispositivo o flujo en un régimen con contienda. Durante una UTXOP puede transmitirse cualquier tipo de flujo de tráfico.
De registro (LCP)	1	Identifica una TXOP con contienda reservada exclusivamente para mensajes del protocolo de control de admisión (registro) de red LLC (véase 10.15).
De gestión (LCP)	2	Identifica una TXOP con contienda reservada exclusivamente para mensajes del protocolo de control de enlace LLC.
G.9951/2	3	Identifica TXOP con contienda reservadas exclusivamente para la transmisión desde dispositivos G.9951/2 nativos.
Mejor servicio posible	4	TXOP con contienda que puede utilizarse para transmitir datos asociados a un servicio del tipo "mejor servicio posible", estando "mejor servicio posible" definido por un flujo de tráfico con una prioridad 0 de capa de enlace. Para más información sobre servicios del tipo "mejor servicio posible" véanse 9.2.5 y 10.6.7.1 sobre recorrespondencia de las prioridades de la capa de enlace.
Reservado	5..1023	Reservado para utilización futura.

Un dispositivo G.9954 sólo transmitirá tramas en una TXOP predefinida que cumpla la semántica definida para dicha TXOP, NO pudiendo utilizarse la TXOP para la transmisión de cualquier tipo de tráfico distinto al prescrito para la misma.

7.3.3.4.3 Transmisión durante las UTXOP

Los tiempos de acceso al medio no asignados de un ciclo MAC serán definidos en el MAP y asignados por el maestro como UTXOP utilizando la tupla UTXOP (véase 7.3.3.4.2). Cualquier dispositivo puede transmitir durante una UTXOP. Los dispositivos compiten por el acceso al medio utilizando reglas de acceso al medio AMAC durante la UXTOP (entre los respectivos instantes de inicio y de finalización).

Un dispositivo G.9954 que acceda al medio durante una UTXOP cesará todas las transmisiones al menos MAP_IFG µseg antes del final de la UTXOP, salvo que inmediatamente tras ella venga otra UTXOP. El cese de todas las transmisiones incluye la señalización de resolución de colisión en caso de que el dispositivo esté involucrado en un ciclo de resolución de colisión. Para más información sobre resolución de colisión durante el modo SMAC véase 7.3.7.

7.3.3.5 Temporización del protocolo MAC síncrono

Los parámetros de temporización del protocolo en el modo de funcionamiento SMAC son los mismos que para el modo AMAC. Ello incluye todos los parámetros siguientes:

- 1) Intervalo entre tramas (CS_IFG).
- 2) Longitud del encabezamiento (PHY) y del campo de fin.
- 3) Trama PHY mínima (*minFrameSize*).
- 4) Trama PHY máxima (*maxFrameSize*).
- 5) Intervalo de prioridad (PRI_SLOT).
- 6) Intervalo de señal (SIG_SLOT).
- 7) Fragmento de colisión (CD_FRAG).
- 8) Umbral de detección de colisión (CD_THRESHOLD).

Para una descripción completa de los parámetros de temporización AMAC, véanse 7.2.1.1, 7.2.7 y 7.2.7.1. El maestro planifica que el instante de inicio de la TXOP[N] se corresponda con el instante inicio de TXOP[N – 1] más su duración.

La duración de cada TXOP incluirá el tiempo del medio necesario para transmitir los símbolos de trama reales así como cualquier *intervalo de tiempo entre tramas* necesario para separar ráfagas de trama consecutivas. La duración del intervalo entre tramas utilizado por el maestro para calcular la duración de las TXOP en el MAP se señala a los nodos puntos extremos en la trama MAP (*MAP_IFG*).

NOTA 1 – Normalmente una TXOP termina con un MAP_IFG. Sin embargo, las TXOP largas pueden incluir MAP_IFG intermedias para separar ráfagas dentro de una TXOP.

Un dispositivo G.9954 no transmitirá en una TXOP más tarde de $TXOP_{instante\ más\ tardío} = TXOP_{instante\ inicial} + TXOP_{duración} - MAP_IFG$ (suponiendo que la TXOP siguiente se asigna a otro dispositivo).

Puede considerarse que dos TXOP consecutivas con la misma asignación de tupla TXOP constituyen una única TXOP lógica de duración ampliada, siendo su duración la suma de las duraciones de las dos TXOP individuales. Ello permite que existan TXOP con una duración superior al límite impuesto por el campo Duración de TXOP en el MAP. En ese caso, no se requiere un MAP_IFG entre dos TXOP consecutivas y la transmisión puede extenderse más allá de los límites de éstas.

El tiempo de transmisión se divide en intervalos de tiempo de duración TIME_SLOT. La duración de TIME_SLOT es de 500 ns. Todas las TXOP comenzarán en el límite de un TIME_SLOT. Cuando calcula el MAP para un ciclo MAC, el maestro redondea la duración de las TXOP a un número entero de TIME_SLOT.

Si el MAC está aún sincronizado con el final de la transmisión previa, todas las transmisiones realizadas durante una TXOP comenzarán en un intervalo de prioridad o en un límite de un intervalo de señal. Si el MAC no está sincronizado, la transmisión puede comenzar en cualquier instante. En ambos casos, la transmisión debe terminar antes del final de la TXOP. Para una descripción de la temporización MAC sincronizada y no sincronizada véase 7.2.1.2.

Ejemplo:

Si un dispositivo G.9954 no utiliza toda la duración de la TXOP de que dispone y el instante de inicio de la siguiente TXOP está aún sincronizado con el final de la última transmisión, el dispositivo debe retrasar su transmisión para que ésta comience en el límite de un intervalo de prioridad.

Potencialmente ello puede causar un retardo (fluctuación de fase) de hasta un máximo de $PRI_SLOT - TX_ON$ µseg (es decir, $21 - 4 = 17$ µs) tal como se ilustra en la figura 7-13.

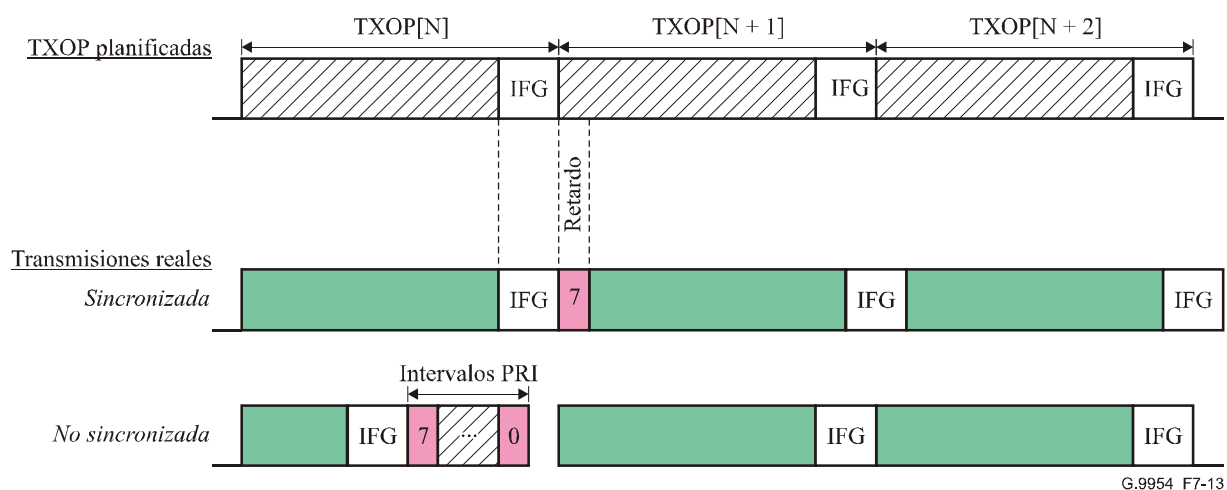


Figura 7-13/G.9954 – Temporización de la transmisión de una TXOP

El diagrama anterior muestra que debido a que un dispositivo no ha utilizado toda su TXOP (TXOP[N]), cuando llega el instante de inicio de la siguiente TXOP, ya no se encuentra al comienzo del intervalo de prioridad 7, sino en algún instante posterior al comienzo de dicho intervalo. Puesto que el inicio de las transmisiones debe coincidir con los límites de intervalos de prioridad (si el MAC está sincronizado con el final de la última transmisión), el dispositivo al que está asignada la TXOP debe retrasar su transmisión hasta el comienzo del siguiente intervalo de prioridad. Este retardo no se acumula, y por tanto, el máximo retardo potencialmente introducido por este evento está limitado a 17 μ s.

NOTA 2 – Podría argumentarse que la transmisión que sigue a una TXOP no completamente utilizada debe adelantarse en el tiempo para coincidir con el límite del intervalo de prioridad 7. Sin embargo, ello propagaría la misma condición a todas las TXOP siguientes, mientras que retrasar la transmisión al comienzo del intervalo de prioridad 6 tiene un efecto más localizado.

7.3.3.6 Sincronización de la temporización MAC

Los nodos de red se sincronizarán con la referencia de reloj maestra mediante la trama de control MAP. Todas las referencias de temporización especificadas por el maestro serán relativas al comienzo del primer símbolo del preámbulo de la trama MAP. Este punto de referencia representa un desplazamiento cero dentro del ciclo MAC.

El desplazamiento actual en el ciclo MAC se refleja en un *contador de reloj síncrono*. Dicho contador de reloj síncrono se reinicia con la llegada del MAP y contabiliza los TIME_SLOT habidos desde el comienzo del ciclo MAC. La sincronización de la temporización de transmisión con el comienzo de una TXOP se realizará mediante el contador del reloj síncrono.

7.3.3.7 Compensación del retardo de propagación

Distintos dispositivos de la red pueden recibir el MAP en instantes diferentes debido al retardo de propagación. Para tener en cuenta las diferencias del retardo de propagación entre estaciones, el maestro planificará un intervalo entre tramas (MAP_IFG) en cada TXOP que garantizará, en el peor caso, un intervalo de CS_IFG μ s entre el final de una transmisión planificada y el inicio de la siguiente transmisión planificada, que tenga en cuenta la mayor desviación habida respecto al instante programado de la TXOP causado por *retardo de propagación*.

NOTA 1 – El IFG real percibido en cada estación puede variar en función del instante en que la estación recibió el MAP en relación con el reloj del maestro y del instante para el que el maestro planificó la transmisión. La planificación del MAP_IFG y garantizando para cada estación al menos un tiempo CS_IFG, se limitan los efectos del retardo de propagación y no oscila la duración del ciclo.

La relación entre el IFG mínimo garantizado (CS_IFG), el IFG real "percibido" por un dispositivo y el IFG planificado (MAP_IFG) utilizado en el MAP, se define de la forma siguiente:

$$CS_IFG \leq IFG \leq MAP_IFG + 2 \times PD$$

donde los parámetros que aparecen en la ecuación se describen en el cuadro 7-5.

Cuadro 7-5/G.9954 – Parámetros del intervalo entre tramas (IFG)

Parámetro	Descripción
IFG	Intervalo real entre tramas (IFG) "percibido" por un dispositivo G.9954.
CS_IFG	Intervalo entre tramas (IFG) requerido por la capa física (PHY) para detectar el final de una ráfaga y el comienzo de la siguiente.
MAP_IFG	Intervalo entre tramas utilizado por el maestro en los cálculos de duración de la TXOP en el MAP y definido como: $MAP_IFG = CS_IFG + 2 \times PD$
PD	Retardo máximo de propagación aproximado transmitiendo a la velocidad de la luz (es decir, 300 m significa un retardo de 1 μ s).

El maestro planificará una separación MAP_IFG entre ráfagas cuando calcule la temporización y duración de cada TXOP y anunciará en el MAP el valor de MAP_IFG utilizado en sus cálculos. Un dispositivo punto extremo (cualquier dispositivo, incluyendo el propio maestro) garantizará que finaliza sus transmisiones al menos MAP_IFG μ s antes del final de la TXOP.

La figura 7-14 ilustra la variación del IFG que se percibe desde la perspectiva de los distintos dispositivos en la red en presencia de retardo de propagación.

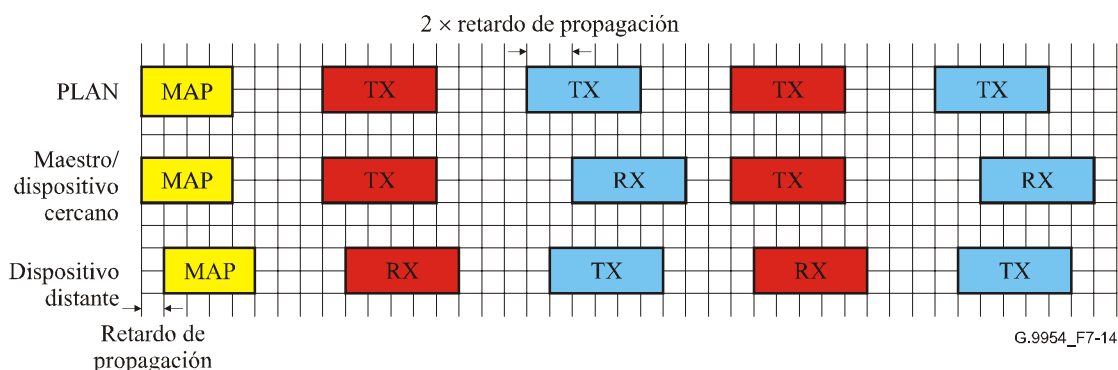


Figura 7-14/G.9954 – Retardo de propagación

NOTA 2 – Este mecanismo es suficiente para eliminar la necesidad de tener dispositivos no maestros sincronizados con la referencia del reloj maestra. Sin embargo, para algunas aplicaciones (por ejemplo, voz) puede ser importante sincronizar con la referencia de reloj maestra para sincronizar con velocidades de muestreo en capas superiores. A tal fin, el maestro distribuye su reloj utilizando un mensaje de información de sello de tiempo de la capa de enlace, véase 10.18.

7.3.4 Capacidades funcionales del nodo maestro G.9954

Un nodo G.9954 con capacidad de ser nodo maestro G.9954, además de soportar todas las capacidades requeridas de un nodo "punto extremo" G.9954, también es capaz de asumir el papel de maestro en ausencia de un maestro en la red.

Además de los requisitos de un nodo G.9954 anteriormente descritos, un nodo que desee ser nodo maestro G.9954 soportará todas las funciones MAC relacionadas con el maestro y de capa de enlace siguientes:

- 1) **Admisión en la red** – Gestión de la admisión en la red de nodos G.9954 que requieran garantías de calidad de servicio (véase 7.3.4.1).
- 2) **Selección dinámica de maestro** – Detección de la presencia o ausencia de un maestro operativo en la red y, en su caso, del intento de conseguir (y asumir) el papel de maestro de red (véase 10.16).
- 3) **Gestión de flujo y de anchura de banda** – Gestión del establecimiento, modificación y supresión de flujos de servicio, así como la asignación de recursos de anchura de banda del medio de conformidad con las limitaciones de QoS del servicio de que se trate (véase 7.3.4.2).
- 4) **Programación** – Planificación del ciclo del medio y programación de las transmisiones en el medio de forma que se cumplan las limitaciones de calidad de servicio, relativas a anchura de banda, latencia y fluctuación de fase.
- 5) **Generación y distribución del MAP** – Generación de un plan de acceso al medio (MAP) resultado de la gestión de la anchura de banda y de las funciones de programación y distribución del MAP en cada ciclo MAC (véase 7.3.4.4).
- 6) **Compatibilización del modo de funcionamiento** – Detección de la presencia en la red de dispositivos G.9951/2 operativos y adaptación consiguiente del comportamiento de la red. (véase 8.4).

El maestro G.9954 accederá al medio utilizando las mismas reglas de acceso al medio que los dispositivos punto extremo (no maestros) y el mismo plan de acceso al medio distribuido a los dispositivos punto extremo.

Un dispositivo con capacidad para actuar como maestro G.9954 deberá poder coexistir en la misma red del hogar con otros dispositivos (activos) capaces también de actuar como maestros. En cada instante solo habrá en la red un dispositivo maestro. La elección del dispositivo G.9954 que debe actuar como maestro se realizará automáticamente mediante el protocolo de selección de maestro de la capa de enlace G.9954 (véase 10.16).

NOTA 1 – NO se requiere que todos los dispositivos G.9954 tengan capacidad para ser maestros.

NOTA 2 – La mayor parte de las diferencias de comportamiento entre las distintas implementaciones de maestro G.9954 vienen dadas por las políticas de gestión de anchura de banda y de programación implementadas. Puesto que dichos aspectos del maestro están fuera del ámbito de esta especificación, el material conexo que se incluya en esta Recomendación tendrá un carácter meramente informativo.

7.3.4.1 Admisión en la red

Un dispositivo G.9954 que requiera la asignación de una anchura de banda fija en el medio se "registrará" en primer lugar con el maestro G.9954 utilizando el protocolo de admisión en red (véase 10.15).

El maestro G.9954 responderá a la petición de REGISTRO verificando la autorización de que disponen los dispositivos solicitantes para unirse a la red. El maestro utilizará la dirección MAC enviada por el dispositivo solicitante (en la petición de REGISTRO) como identificador de dispositivo o clave para la autenticación del mismo. Si el dispositivo solicitante puede ser admitido en la red, el maestro asignará un DEVICE_ID y devolverá en la respuesta de REGISTRO al dispositivo solicitante el DEVICE_ID asignado, así como cualquier parámetro de configuración de red necesario. Si el dispositivo solicitante no puede ser admitido en la red, el maestro devolverá en la respuesta de REGISTRO una señal de situación indicando el motivo.

7.3.4.2 Gestión de flujo y de anchura de banda

El maestro G.9954 mantendrá información de estado relativa a la asignación de recursos del medio en la red y controlará la admisión de nuevos servicios y la asignación de recursos del medio.

El control de admisión se realizará de forma que no se viole el valor mínimo de velocidad binaria ni los valores máximos de latencia, fluctuación de fase y BER de los servicios existentes.

El maestro atenderá las peticiones de adición/supresión de flujos de servicio en la red y las peticiones de modificación de las características de los flujos de servicio mediante el protocolo de señalización de flujo de la capa de enlace G.9954.

Si se hace una petición para añadir un nuevo flujo de servicio y no puede cumplirse en nivel de servicio solicitado, el maestro puede ofrecer un nivel de servicio reducido. El nivel de servicio reducido ofrecido por el maestro no será inferior a los requisitos mínimos de servicio de la especificación del flujo de servicio.

Si no existen recursos suficientes para acomodar un nuevo servicio, el maestro puede intentar reducir el nivel de los servicios existentes a sus umbrales mínimos. Si a pesar de eso no hubiera suficientes recursos, se devuelve al solicitante una señal de denegación de servicio.

Denegación de servicio significa que no pueden ofrecerse contratos de calidad de servicio para un servicio dado. No obstante, en este caso aún es posible intentar el acceso al medio en base a las prioridades aprovechando las TXOP con contienda (CTXOP).

Igualmente, si, por ejemplo, se producen cambios en las condiciones de la línea que traen consigo una reducción de la capacidad de red disponible y la violación de las limitaciones de calidad de servicio de los servicios admitidos, el maestro puede reducir los niveles de servicio a límites admisibles a fin de intentar mantener todos los servicios ya admitidos. Si las limitaciones de calidad de servicio de un flujo de servicio admitido no pueden seguir manteniéndose, el maestro notificará al dispositivo origen la violación de servicio mediante el protocolo de señalización de flujo.

Los cambios en las condiciones de la línea se detectan en la práctica durante la negociación de la velocidad entre dispositivos situados en los puntos extremos de un canal. Si las condiciones de la línea cambian y el transmisor se ve forzado a utilizar una codificación de cabida útil (PE, *payload encoding*) diferente, el dispositivo transmisor lo notificará al maestro mediante el protocolo de señalización de modificación de flujo. El maestro debe entonces recalcular las reservas medias de anchura de banda para tener en cuenta los cambios en la PE.

Para más información sobre calidad de servicio y sobre los protocolos utilizados para la adición de nuevos servicios y la modificación y supresión de servicios existentes en la red, véanse 9.4 y 10.1.2.

7.3.4.3 Programación

El maestro G.9954 asignará oportunidades de transmisión en el medio a los servicios de tal forma que un dispositivo G.9954 que transmita durante oportunidades de transmisión asignadas satisfará las restricciones de calidad de servicio en términos de anchura de banda, latencia y fluctuación de fase para los flujos de servicio admitidos.

El programador será responsable de acomodar la demanda de anchura de banda en el medio derivadas de las especificaciones de tráfico de los servicios admitidos a la anchura de banda total disponible. El resultado del proceso de programación será un plan de acceso al medio (MAP) que define las oportunidades de transmisión asignadas a los diversos flujos de servicio.

Para cada flujo de servicio admitido, el programador maestro calculará las TXOP requeridas, el instante de comienzo de las mismas y su duración. El resultado del proceso de programación maestra constituye el MAP.

El maestro G.9954 garantizará un tiempo mínimo de acceso al medio no asignado (UTXOP) para la transmisión de tráfico del tipo "mejor servicio posible" así como para tramas de gestión de red y de

control. La cantidad mínima de tiempo de transmisión reservada que puede utilizarse para tales fines será MIN_UTXOP_TIME. Este tiempo puede estar distribuido en varias UTXOP aunque ninguna UTXOP tendrá una duración menor de MIN_UTXOP_LENGTH.

El algoritmo de programación está fuera del alcance de esta Recomendación, puesto que es posible adoptar diferentes soluciones de diversos suministradores.

NOTA – El algoritmo de programación debe tratar de conseguir garantías determinísticas para servicios de velocidad binaria constante (CBR, *constant bit rate*) (isócronos), garantías estadísticas para servicios de velocidad binaria variable (VBR, *variable bit-rate*) y sin garantías para los servicios del tipo "mejor servicio posible".

El mecanismo MAP garantiza la interoperabilidad entre dispositivos maestros y de puntos extremos de distintos suministradores, aunque la calidad de servicio resultante puede diferir en función de la solución adoptada.

Como referencia comparativa de la calidad de funcionamiento del programador, un programador G.9954 certificado debería generar con éxito un MAP para un conjunto de escenarios, derivados de los requisitos de calidad de servicio tal como definen los parámetros de calidad de servicio para una velocidad máxima en capa física: generación y distribución de MAP.

7.3.4.4 Distribución y generación MAP

El maestro G.9954 generará y distribuirá un plan de acceso al medio (MAP) cada ciclo MAC.

En cada ciclo se genera un nuevo MAP, aunque el cuadro de las TXOP del MAP se modificara después de un cambio en las decisiones de programación, como consecuencia de la adición, supresión o modificación de flujos de servicio, o por un cambio en las condiciones de red.

El maestro G.9954 distribuirá el MAP difundiendo la trama de control MAP a todos los nodos de la red. La trama de control MAP se difundirá utilizando la codificación de cabida útil más robusta (PE = 33, Máscara espectral #2, 2Mbaudios, 2 bits por símbolo).

Para más información sobre el MAP y la estructura y temporización del ciclo MAC, véanse 7.3.1 y 7.3.3.2. Para más información sobre la trama de control MAP, véase 10.14.1.

7.3.5 Requisitos de un nodo punto extremo G.9954

En presencia de un maestro G.9954, un nodo punto extremo G.9954 podrá funcionar en el modo SMAC.

Como mínimo, un nodo punto extremo G.9954 soportará las funciones MAC siguientes:

- 1) Sincronización con el ciclo MAC – En una red controlada por un maestro, un punto extremo G.9954 se sincronizará con el ciclo MAC generado por el maestro.
- 2) Transmisiones sincronizadas – Un nodo punto extremo G.9954 cumplirá las directrices de transmisión del MAP vigente, y solo transmitirá durante una TXOP que le haya sido asignada en exclusiva a él o a un grupo al que pertenezca (CTXOP), o durante una TXOP no asignada (UTXOP)
- 3) Resolución de colisión – En caso de colisiones de acceso al medio, un nodo G.9954 podrá participar en la resolución de la colisión según las reglas definidas en 7.2.5 y 7.3.7.
- 4) Funcionamiento en modo AMAC – En ausencia de un maestro G.9954 en la red, un nodo punto extremo G.9954 podrá funcionar de conformidad con el protocolo AMAC descrito en 7.1.2.

Un dispositivo como el descrito no puede reservar anchura de banda para sus propias transmisiones, pero respeta las asignaciones de anchura de banda para otros dispositivos. Puede sincronizar con el MAP y limitar estrictamente sus transmisiones a las UTXOP.

NOTA – El requisito mínimo anterior representa la funcionalidad esencial que sirve para el arranque de las funciones de protocolos de capa superior (por ejemplo, registro, establecimiento de flujo, etc.).

Un dispositivo punto extremo G.9954 soportará las funciones MAC G.9954 y de capa de enlace a fin de soportar los contratos de calidad de servicio de reserva de anchura de banda de los flujos.

- 1) Registro – Una vez que un nodo punto extremo se haya sincronizado con el maestro, debe realizar el REGISTRO. Dicho REGISTRO es el proceso por el que un punto extremo solicita su acceso a la red y, en caso de ser autorizado, recibe una dirección de red y datos de configuración de red.
- 2) Señalización de flujo – Para gestionar flujos de calidad de servicio, un punto extremo soportará el protocolo de señalización de flujo. Dicho protocolo se utiliza para establecer, modificar o suprimir flujos.

7.3.5.1 Sincronización

Un nodo punto extremo G.9954 se sincronizará con el ciclo MAC generado por el maestro gracias a que detecta la transmisión de un plan de acceso al medio (MAP) MAC. Cuando se detecta una trama de control MAP, el nodo punto extremo G.9954 reinicia a cero su contador de reloj síncrono en el instante de llegada del primer símbolo del preámbulo de la transmisión del MAP en la interfaz de línea del receptor. Un dispositivo punto extremo G.9954 programará sus transmisiones síncronas dentro del ciclo MAC de conformidad con el contador del reloj síncrono.

Si transcurrido SYNC_TIMEOUT mseg el nodo G.9954 no ha recibido una transmisión MAP, o recibe un MAP con el indicador SMAC_EXIT activado, pasará al modo de funcionamiento AMAC.

Cuando un nodo punto extremo funcionando en modo AMAC detecta una transmisión MAP, pasará al modo de funcionamiento SMAC. El cambio de modo se realiza en las unidades de tiempo de MAC_MODE_SWITCH_TIMELIMIT.

7.3.5.2 Transmisiones sincronizadas

Cuando un nodo punto extremo G.9954 está funcionando en modo SMAC, accederá al medio de acuerdo con el Plan de acceso al medio vigente anunciado por el maestro. Sólo transmitirá dentro de una TXOP asignada exclusivamente al mismo o a un grupo al que pertenezca, tal como se define en 7.3.3.4.1.

Un nodo punto extremo G.9954 programará con precisión sus transmisiones síncronas utilizando el contador de reloj síncrono y cumplirá las restricciones de temporización síncrona especificadas en 7.3.3.5 y 7.3.3.6.

7.3.5.3 Registro

Un nodo punto extremo G.9954 se registrará con el maestro, mediante el protocolo REGISTRO, si requiere garantías de calidad de servicio para servicios de los que es origen. Ejecutará la secuencia de "registro" una vez por cada sesión del maestro.

Una sesión del maestro comienza con la transmisión de la primera trama MAP por parte de éste, y termina después de SYNC_TIMEOUT mseg sin que haya habido una transmisión MAP o tras haber indicado el maestro SMAC_EXIT en el MAP.

Un nodo punto extremo G.9954 transmitirá mensajes del protocolo REGISTRO dentro de una UTXOP o en una TXOP de REGISTRO (véase 7.3.3.4.2)

NOTA – Los dispositivos punto extremo pueden competir inicialmente por el acceso a la TXOP de REGISTRO. Las colisiones pueden gestionarse empleando los métodos de resolución de colisiones G.9954 y/o con reintentos después de un número aleatorio de oportunidades de admisión.

Un nodo punto extremo G.9954 notificará al maestro la dirección MAC que le ha sido asignada en el mensaje del protocolo REGISTRO.

La autenticación forma parte del proceso de REGISTRO y puede realizarse verificando que el dispositivo, identificado por la dirección MAC del punto extremo, tiene autorización para incorporarse a la red. El procedimiento de autorización es función de la implementación.

El dispositivo punto extremo G.9954 utilizará el DEVICE_ID que le ha asignado el maestro G.9954 en las secuencias subsiguientes del protocolo de señalización de flujo.

En 10.15 se incluye información adicional sobre el protocolo REGISTRO.

7.3.5.4 Señalización de flujo

Un nodo punto extremo G.9954 soportará en protocolo señalización de flujo si soporta flujos con diferentes parámetros de calidad de servicio. La utilización de señalización de flujo es relevante en ambos modos, AMAC y SMAC, y debe ser soportado por los nodos origen y destino de un flujo.

En una red controlada por un maestro, el punto extremo G.9954 que sea origen de un flujo con contrato de calidad de servicio, informará al maestro de las peticiones de establecimiento, modificación y suspensión de flujos. Asimismo, notificará al maestro los cambios de velocidad binaria negociados entre los dispositivos origen y destino (es decir, cambios en la actual codificación de cabida útil (PE) de los flujos) sobre un canal lógico utilizando el protocolo de modificación de flujo.

Para más información sobre señalización de flujo y sobre negociación de velocidad, véanse 10.17 y 10.4 respectivamente.

7.3.5.5 Procesamiento y programación de puntos extremos

Los nodos puntos extremos G.9954 requieren poca inteligencia local para programar sus transmisiones en una red G.9954 controlada por un maestro. La programación puede realizarse exclusivamente en base a las direcciones proporcionadas en el MAP recibido. La inteligencia para la programación de la calidad de servicio se concentra en el maestro y se refleja en el MAP.

Los nodos puntos extremos pueden aplicar dicha inteligencia de programación local reasignando la asociación de servicios a oportunidades de transmisión a su entera discreción. En otras palabras, las oportunidades de transmisión específicas que el maestro puede asignar a determinados servicios, pueden ser reasignadas por el dispositivo punto extremo a otros servicios.

Si se hace una programación local, la calidad de servicio resultante para los servicios originados en el punto extremo no deberá ser peor que la que resulta de aplicar sólo la programación del maestro.

NOTA – "Peor" se mide en referencia a calidad de servicio que reflejen los parámetros de caudal, latencia, fluctuación de fase y BER.

7.3.6 Resumen de las reglas de transmisión del protocolo MAC síncrono

A continuación se presenta un resumen de las reglas de transmisión y acceso al medio del protocolo MAC síncrono G.9954:

- Vigencia del MAP – En una red controlada por un maestro, un nodo G.9954 no transmitirá salvo que disponga de un MAP "vigente". Un MAP está "vigente" desde el inicio del ciclo MAC al que hace referencia hasta el final de dicho ciclo MAC. Véase 7.3.3.1.
- TXOP sin contienda – Un nodo G.9954 NO transmitirá durante una oportunidad de transmisión que haya sido asignada exclusivamente a otro nodo. Véase 7.3.3.4.1.
- TXOP periodo de contienda predefinida – Un nodo G.9954 SÓLO competirá por el acceso al medio y transmitirá durante una TXOP de contienda predefinida, si y solo si intenta transmitir un mensaje del tipo de servicio especificado. Son ejemplos de TXOP multidifusión predefinidas los intervalos de registro, intervalos de petición de anchura de banda, etc. Véase 7.3.3.4.2.
- TXOP periodo de contienda – Un nodo G.9954 NO competirá por el acceso al medio en una oportunidad de transmisión (TXOP) asignada a un grupo del que NO es miembro. Véase 7.3.3.4.1.
- Límites de transmisión – Cuando un nodo G.9954 opera en una red G.9954 homogénea NO transmitirá una vez finalizada la oportunidad de transmisión asignada al mismo. Un nodo

G.9954 en una red mixta de nodos G.9951/2 y G.9954 sólo puede superar los límites de una TXOP asignada si está involucrado en un proceso de resolución de colisión. El comienzo de una TXOP en una red de nodos mixtos G.9951/2/3 puede desplazarse debido a los métodos de resolución de colisiones e interferencias G.9951/2. Para más información sobre el funcionamiento en una red mixta, véase la cláusula 8.

- Resolución de colisión – En caso de colisión, G.9954 realizará la resolución de la colisión de conformidad con las reglas definidas en 7.3.7.

7.3.7 Resolución de colisiones en el modo SMAC

Las colisiones pueden ocurrir estando en el modo SMAC debido a la posible contienda con nodos G.9951/2 o G.9954 durante un periodo de contienda o debido a transmisiones no programadas con dispositivos PNT (típicamente dispositivos G.9951/2) en un modo AMAC. Los dispositivos G.9954 que funcionan en un modo SMAC detectarán colisiones y participarán (si lo desean) en el proceso de resolución de colisión (CR).

El maestro determina el método de resolución de colisión que han de emplear los nodos G.9954 en el modo SMAC, señalizándolo a los puntos extremos en el campo de control del *método de resolución de colisiones* incluido en el MAP. Se definen dos métodos de resolución de colisiones:

- 1) DFPQ (resolución de colisión del tipo G.9951/2 tal como se define en 7.2.5).
- 2) DFPQ-limitada.

El método DFPQ se utilizará en el modo AMAC y cuando se trate de una red mixta de nodos SMAC y AMAC (véase 8.6.2).

La resolución de colisión DFPQ limitada se utilizará en el modo SMAC en una red exclusivamente nativa G.9954 y se basa en una adaptación del método DFPQ utilizado en el modo AMAC. La adaptación implica limitar el ciclo de resolución de colisión DFPQ a la CTXOP en la que ésta tiene lugar. Para limitar el ciclo de resolución de la colisión a una CTXOP, los contadores BL/MBL de DFPQ se reinician a cero al final de la CTXOP. Aunque normalmente no se producen colisiones entre transmisiones realizadas durante la CFTXOP, en caso de producirse, la resolución de colisiones actúa como en un caso normal DFPQ, y el ciclo de resolución de colisión sigue hasta su conclusión (es decir, los contadores BL/MBL llegan al valor cero).

NOTA 1 – Debe analizarse con detenimiento un método basado en DFPQ que detiene los contadores BL/MBL al final de una CTXOP y los reanuda, con los valores suspendidos, al comienzo de la siguiente CTXOP. Este método puede tener la ventaja de limitar más estrechamente la resolución de colisiones en el caso de que el ciclo de resolución de colisión no se complete al final de la CTXOP. Este método requiere estudios adicionales.

Estos principios se ilustran en la figura 7-15.

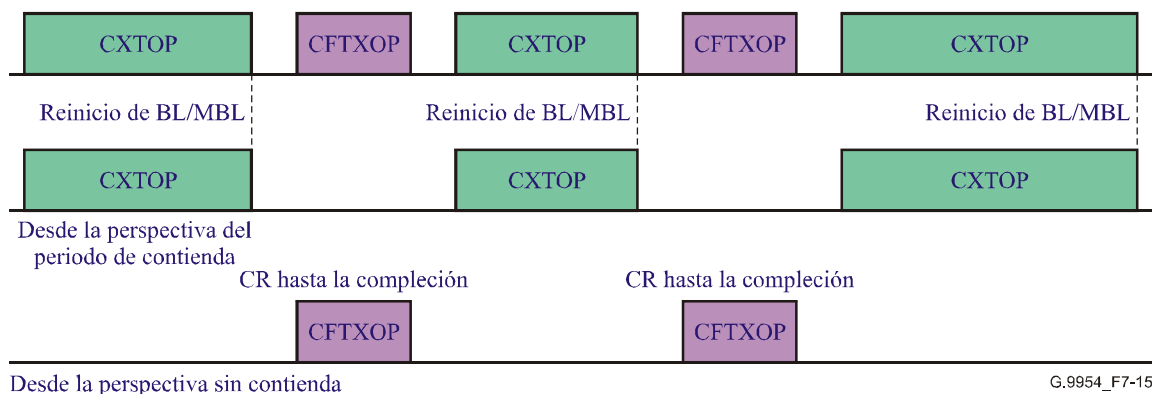


Figura 7-15/G.9954 – Resolución de colisión suspendida

Otra forma de analizar los periodos de contienda y la resolución de colisión en el modo SMAC es considerar una CTXOP como un periodo "limitado" para transmisiones asíncronas del tipo G.9951/2.

Todas las estaciones G.9954 pueden transmitir en el periodo de contienda (CP, *contention period*), incluso con prioridad 7. Cada estación se asegurará que la suma de su tiempo de transmisión de tramas y de MAP_IFG no excederá del tiempo planificado de contienda (CP). Cuando ocurre una colisión, tiene lugar el proceso de resolución de colisión G.9951/2 (DFPQ). La duración mínima de una CTXOP (CP_MIN) será $CD_THRESHOLD + CS_IFG + 3 \times (SIG_SLOT) = 217 \mu s$, asegurando así que la CXTOP se prolonga en todo caso el tiempo necesario después de la colisión. Cuando la transmisión de una estación es más breve que CP_MIN iniciará su transmisión no más tarde de CP_MIN antes del final de la CTXOP. En una red nativa G.9954 una estación no transmitirá una señal salvo que haya tiempo suficiente en la CTXOP para su trama y para MAP_IFG después de los intervalos de señal.

NOTA 2 – El método de resolución de colisiones descrito anteriormente hace que la actividad en el medio físico sea, desde la perspectiva de un nodo G.9951/2, efectivamente la misma que para las transmisiones G.9951/2 regulares. Aunque el tiempo reservado en el medio para 3 intervalos de señal al final de un periodo de contienda (CP) no sea estrictamente necesario, garantiza que la temporización del medio parezca similar a la de transmisiones realizadas según G.9951/2 si se produce una colisión al final de la CTXOP.

7.3.8 Parámetros MAC síncronos

En esta cláusula se definen parámetros SMAC, que sustituyen a cualesquiera otros valores de los mismos incluidos en otras partes de esta Recomendación.

Cuadro 7-6/G.9954 – Parámetros SMAC

	Cláusula	Parámetro	Min	Máx	Unidades
7.1	Modos de funcionamiento	MAC_MODE_SWITCH_TIMELIMIT		50	milisegundos
7.3.5.1	Sincronización				
7.3.3.1	Ciclo MAC	MAP_IFG	CS_IFG	63	microsegundos
7.3.3.1	Ciclo MAC	CS_ICG	CS_IFG		microsegundos
		TXOP_LENGTH	0	32767	TIME_SLOTS
7.3.3.2	Duración del ciclo MAC	CYCLE_MAX		50	milisegundos
7.3.3.2	Duración del ciclo MAC	CYCLE_MIN	5		milisegundos
7.3.3.5	Temporización del protocolo MAC síncrono	TIME_SLOT	500	500	nanosegundos
7.3.4.3	Programación	MIN_UTXOP_TIME	500		microsegundos
7.3.4.3	Programación	MIN_UTXOP_LENGTH	217		microsegundos
7.3.5.1	Sincronización	SYNC_TIMEOUT		150	milisegundos
7.3.7	Resolución de colisión durante el modo SMAC	CP_MIN	217		microsegundos
8.4	Requisitos del maestro en una red mixta	G.9951/2_TXOP_LENGTH	168		microsegundos

7.4 Agregación de paquetes

Los dispositivos G.9954 soportarán la agregación de tramas de capa de enlace (paquetes) en una única trama de capa física (ráfaga). El objetivo de la agregación de paquetes es reducir la tara asociada a las tramas de capa física concatenando paquetes desde un mismo origen a un mismo destino en una ráfaga. Los paquetes agregados en una ráfaga pertenecen al mismo flujo o tienen todos una prioridad mayor o igual que la prioridad del primer paquetes en la trama agregada.

La agregación reduce la tara por paquete al suprimir el IFG entre los paquetes agregados y permitir compartir datos comunes de encabezamiento (por ejemplo, DA, SA etc.). Además, todos los paquetes agregados comparten el encabezamiento de la ráfaga, con un valor reducido de baudios y de constelación.

El formato de la trama que encapsula los paquetes de datos agregados es el de trama de control de ráfaga de tramas de capa de enlace G.9954. Dicho formato de trama de control de capa de enlace se describe con detalle en 10.13.

La agregación puede realizarse en los modos de funcionamiento SMAC y AMAC. En cualquier caso, la agregación respetará las reglas básicas siguientes:

- La longitud máxima de la trama agregada no será superior al correspondiente tiempo máximo permitido sobre el medio físico.
- El número máximo de tramas agregadas en una ráfaga se negociará entre origen y destino, ya sea utilizando el protocolo CSA o el protocolo de señalización de flujo.
- Todas las tramas agregadas en una ráfaga tendrán las mismas direcciones origen y destino. La dirección destino puede ser una dirección de DIFUSIÓN o DE MULTIDIFUSIÓN.
- Las prioridades de todas las tramas agregadas en una ráfaga serán mayores o iguales que la prioridad de la primera subtrama de la ráfaga.
- Se utilizará un encabezamiento de terminación de ráfaga para indicar el final de una ráfaga.

Cuando se está en modo de funcionamiento SMAC, la agregación puede realizarse hasta alcanzar un valor que será el más pequeño de entre el tamaño máximo de la TXOP en la que se tenga que transmitirse la trama o el tamaño máximo de la trama de nivel de enlace.

Puesto que la duración de las TXOP para los flujos se calculan en función de los requisitos de latencia de los flujos, puede decirse que la agregación se realiza hasta el límite de latencia permitida para un flujo.

Cuando se está en modo de funcionamiento AMAC, el protocolo MAC puede utilizar la especificación de latencia y la especificación nominal del tamaño de paquete para un flujo a fin de determinar el nivel de agregación que debe realizarse.

La figura 7-16 muestra un desglose del formato de agregación de trama.

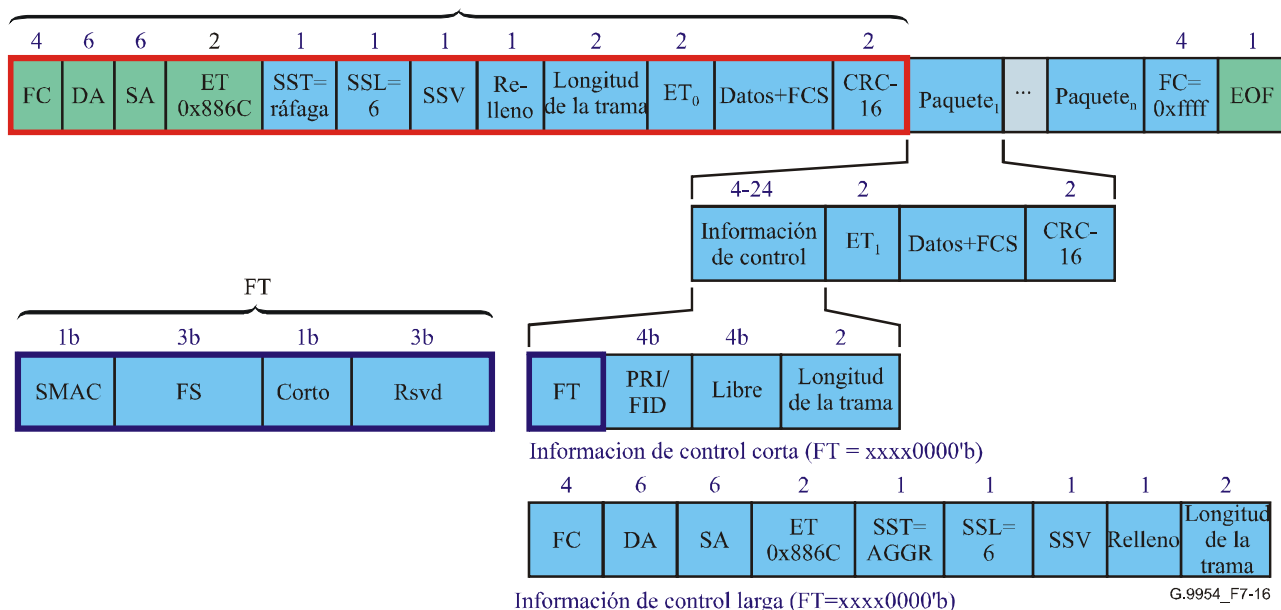


Figura 7-16/G.9954 – Formato de la trama de agregación

El formato de la trama de agregación soporta formas de agregación "cortas" y "largas". En la forma "larga", cada trama agregada contiene un encabezamiento completo de paquete. Esta forma contiene información de encabezamiento redundante pero permite un procesamiento sencillo en transmisión y en recepción. En la forma "corta", los datos de encabezamiento redundantes solo aparecen una vez, en el primer paquete (paquete 0), y se comparten para todas las restantes tramas agregadas. Esta forma es más eficiente en lo que respecta a la utilización del medio pero puede requerir capacidades de procesamiento adicionales.

La forma de agregación que soporte un dispositivo será anunciada mediante el protocolo CSA. El formato de agregación "largo" deberá ser soportado por todas las implementaciones. El formato de agregación "corto" es opcional.

En las tramas que utilicen el encabezamiento de información de control "largo", el campo FCS tendrá el mismo significado que el descrito en para las trama IEEE 802.3 y se calcula sobre la base de los campos DA, SA, EtherType y Datos de la trama. En el caso de tramas que utilicen la agregación con encabezamiento de información de control "corto", la FCS se calculará desde el primer bit del campo FT hasta el último bit del campo Datos. En cada caso, el CRC-16 se calculará sobre los campos mencionados.

8 Especificación de la compatibilidad

8.1 Compatibilidad espectral con otros servicios que comparten medio físico

La máscara PSD especificada es tal que los transmisores conformes deben cumplir la normativa "FCC Part 68 Section 308-e-1-ii".

La máscara también especifica un límite de -140 dBm/Hz por debajo de 2,0 MHz, que asegura la compatibilidad con las Recs. UIT-T G.992.1, G.992.2 y la RDSI.

La máscara incluye ranuras atenuadas en las bandas de radioaficionados (por ejemplo, entre 7,0 y 7,3 MHz), lo que reduce la máxima PSD a -81,5 dBm/Hz. Este valor es menor que el valor de PSD en las bandas de radioaficionados incluida en las recomendaciones de VDSL. Puesto que la compatibilidad espectral de VDSL ha sido desarrollada durante los últimos años en varios

organismos, incluido el UIT-T, esta máscara espectral desde ser compatible con los requisitos de las emisiones RFI de países distintos a Estados Unidos de América, tales como el Reino Unido, Japón, Alemania y Francia.

8.2 Coexistencia e interoperabilidad con nodos G.9951/2 y AMAC

G.9954 es inherentemente retrocompatible con G.9951/2 puesto que utiliza el mismo encabezamiento PHY, formato de trama y parámetros de temporización del protocolo que G.9951/2. Aunque G.9954 soporta cabidas útiles con una mayor velocidad en baudios, el parámetro baudios se negocia entre transmisor y receptor. Sobre el medio físico, las transmisiones procedentes de nodos G.9954 que funcionan en modo SMAC aparentan ser transmisiones normalizadas G.9951/2, aunque con una velocidad en baudios superior y utilizando tramas compatibles hacia delante, aunque posiblemente no reconocibles por los nodos G.9951/2.

En una red mixta con nodos G.9951/2 y G.9954, el problema de la compatibilidad se reduce al de coexistencia simultánea en la red de los modos de funcionamiento SMAC y AMAC. En una red homogénea de nodos G.9954 funcionando en modo SMAC se planifica toda la temporización de acceso al medio, y sólo pueden ocurrir colisiones durante periodos de contienda controlados. Sin embargo, en una red mixta de nodos G.9951/2 y G.9954, no existe dicha garantía. Las transmisiones de un nodo G.9951/2 pueden colisionar con transmisiones planificadas, pueden realizarse en periodos de silencio de una oportunidad de transmisión, y pueden extenderse más allá del tiempo asignado a una oportunidad de transmisión.

En el resto de la cláusula 8 se describe un método de coexistencia e interoperabilidad con dispositivos G.9951/2 que preserva la naturaleza síncrona de las transmisiones en modo SMAC de un nodo G.9954, al tiempo que permite transmisiones G.9951/2 no sincronizadas.

Los nodos G.9954 coexistirán y serán interoperables con los nodos G.9951/2 en una red mixta de nodos G.9951/2 y G.9954. Además, una red de nodos G.9954 que funcionen en el modo SMAC podrá coexistir e interfuncionar con otros dispositivos PNT que funcionen en modo AMAC.

Normalmente, en presencia de un maestro G.9954, sólo los dispositivos G.9951/2 funcionarán en el modo AMAC. No obstante, un nodo G.9954 "aislado" puede hacer su aparición en un entorno en el que no pueda "oír" las transmisiones MAP.

En las cláusulas siguientes, los términos "nodo G.9951/2" y "nodo AMAC" pueden en ocasiones utilizarse indistintamente.

8.3 Detección de nodos G.9951/2

Un nodo maestro G.9954 debe ser capaz de detectar la presencia de nodos G.9951/2 en la red.

Cuando se detecta un nodo G.9951/2, el maestro notifica el evento a los puntos extremos G.9954 señalizándolo mediante la bandera AMAC_DETECTED de la trama MAP.

Un dispositivo extremo G.9954 no debe transmitir a un dispositivo utilizando una codificación de cabida útil (PE) que no sea soportada por dicho dispositivo.

La codificación de cabida útil (PE) utilizada para comunicarse con un dispositivo se negocia mediante el mecanismo de negociación de velocidad, no siendo necesario ningún conocimiento específico en relación con la versión PNT del receptor. No obstante, el número de versión del receptor PNT puede utilizarse para seleccionar una PE a utilizar inicialmente para la negociación de velocidad. Ello implica que la PE inicial para la comunicación con un nodo G.9951/2 debe ser máscara #1, 2 Mbaudios, 2 bits por símbolo, mientras que la PE inicial para la comunicación con un nodo G.9954 puede comenzar con una velocidad superior (por ejemplo, máscara #2, 8 Mbaudios, 2 bits por símbolo).

El mecanismo utilizado para detectar la presencia de nodos G.9951/2 en la red es función de la implementación. El maestro puede detectar nodos G.9951/2 en una red utilizando la información

del número de versión incluido en el mensaje del protocolo de anuncio de capacidades y de estado de la capa de enlace (CSA) o detectando colisiones durante las CFTXOP. Las colisiones durante una CFTXOP pueden estar causadas por un nodo que funcione en modo AMAC y no necesariamente por un nodo G.9951/2.

8.4 Requisitos del maestro en una red mixta

La presencia de un dispositivo G.9951/2 se señala cuando se detectan uno o más dispositivos G.9951/2 en la red. Si durante los dos últimos minutos no se "oyen" en la red dispositivos G.9951/2, su ausencia también se señala.

Cuando se detectan nodos G.9951/2 en la red, el maestro reservará al menos una TXOP de duración $G.9951/2_TXOP_LENGTH$ que asignará en exclusiva para ser utilizada por nodos G.9951/2. Dicha TXOP procede de recursos aún no asignados dentro del ciclo. El maestro reservará una TXOP G.9951/2 para cada prioridad de capa de enlace utilizada.

NOTA 1 – La asignación exclusiva de una TXOP a nodos G.9951/2 garantiza:

- a) que los nodos G.9954 no competirán por el acceso al medio con nodos G.9951/2 durante dicho periodo, y
- b) que los nodos G.9954 no intentarán participar en un ciclo de resolución de colisión que se inició durante la TXOP G.9951/2.

Ello significa que si varios nodos G.9951/2 (todos con la misma prioridad) están compitiendo por el acceso al medio al comienzo de una TXOP G.9951/2, todos los nodos G.9951/2 contendientes conseguirán acceder al medio antes de que lo haga un nodo G.9954, incluso si la duración de la TXOP G.9951/2 fuera (relativamente) pequeña. La DFPQ garantiza que sea así, asegurando que no puedan incorporarse nuevos nodos a un ciclo de resolución de colisión en curso. La duración de $G.9951/2_TXOP_LENGTH$ se define suficientemente larga como para incluir tiempo en el medio para todos los intervalos de prioridad.

Los recursos reservados en el medio aparecerán en el MAP anunciado como las TXOP asignadas exclusivamente a nodos G.9951/2. Una TXOP asignada a un nodo G.9951/2 se identificará mediante el identificador de dirección de la TXOP G.9951/2 predefinida (véase 7.3.3.4.1).

Cuando se detectan nodos G.9951/2 o AMAC en la red, el maestro puede modificar su propio comportamiento así como el de los puntos extremos a fin de conseguir una mejor adaptación al entorno mixto. Las modificaciones del comportamiento de los nodos puntos extremos son señalizadas, en caso de ser necesario, por el maestro a los puntos extremos a través de los campos de control de la trama MAP. El proceso de toma de decisiones del maestro queda fuera del ámbito de esta especificación.

NOTA 2 – Un dispositivo G.9954 debe intentar compensar las posibles interferencias causadas por dispositivos G.9951/2 y AMAC no sincronizados. Entre las medidas utilizadas está la asignación de anchura de banda adicional a las TXOP para eliminar la latencia introducida en el ciclo. La cantidad de tiempo libre adicional añadido a una TXOP es función del servicio, pero debería ser suficiente para incluir como mínimo un paquete completo del servicio de que se trate.

Además, cuando se detectan nodos G.9951/2 (o AMAC) en la red, el maestro señalará mediante el MAP los cambios siguientes en el comportamiento de los puntos extremos:

- 1) Método de resolución de colisión – En una red mixta el maestro fijará como método de resolución de colisiones el modo AMAC. Para más información sobre resolución de colisiones en una red mixta, véanse 7.2.5 y 8.6.2.
- 2) Compensación del ciclo de latencia – El maestro señalará la política que debe utilizarse para controlar la latencia al comienzo del ciclo MAC si el inicio de ciclo tiene retardo. Para más información véase 8.6.4.
- 3) Límite de prioridad de transmisión durante el periodo de contienda – El maestro señalará la prioridad de capa de enlace que debe utilizarse para todas las transmisiones en las TXOP en modo contienda (CTXOP o UTXOP).

NOTA 3 – Puesto que las transmisiones durante las CFTXOP son equivalentes a transmisiones con prioridad = 7, si se fija el límite de prioridad de transmisión en las CTXOP a un valor que sea inferior a 7 (por ejemplo, prioridad = 6), puede darse prioridad a las transmisiones sin contienda frente a las transmisiones en modo contienda. Este es el enfoque que debería adoptarse.

8.5 Transmisiones a nodos G.9951/2

Las transmisiones a nodos G.9951/2 procedentes de nodos G.9954 serán conformes con el formato de trama G.9951/2. Las transmisiones se harán utilizando una codificación de cabida útil (PE) con máscara #1. Los nodos G.9951/2 y G.9954 negociarán el régimen de baudios y los bits por símbolo de la PE utilizando el protocolo de negociación de velocidad de capa de enlace PNT.

El tipo de trama (FT) de control de trama de las tramas enviada a un nodo G.9951/2 será cero.

En presencia de nodos G.9951/2 en la red, las tramas que envía un nodo G.9954 a la dirección de difusión se transmiten utilizando una PE con máscara #1. Igualmente, las tramas enviadas a la dirección multidifusión se transmiten utilizando la PE con máscara #1 cuando existe un nodo G.9951/2 en el conjunto de escuchantes multidifusión activos. Para la definición de "escuchantes multidifusión activos" véase la descripción del protocolo de negociación de velocidad en 10.4.

Un nodo G.9954 NO enviará tramas agregadas a un nodo G.9951/2 y asumirá que NO se soporta la técnica de "ráfaga de tramas". Para más información sobre las ráfagas de tramas, véanse los protocolos de anuncio de capacidades y situación de la capa de enlace (CSA) y de ráfagas de tramas en 10.13 y 10.6 respectivamente.

8.6 Coexistencia de los modos MAC síncrono y asíncrono

En una red mixta, los nodos G.9954 que funcionen en modo SMAC continuarán funcionando bajo el control del maestro al tiempo que tratan de adaptarse a la interferencia que pueden introducir las transmisiones en modo AMAC no programadas.

La adaptación a las transmisiones no programadas (asíncronas) que se producen en el modo SMAC se consigue utilizando en todos los nodos una combinación de técnicas de detección de portadora y de detección de colisión. Las transmisiones en modo síncrono G.9954 competirán por el acceso al medio con las transmisiones en modo asíncrono como tramas de prioridad 7. Las colisiones se resolverán utilizando el método de resolución de colisiones definido para el modo AMAC.

8.6.1 Transmisiones planificadas y detección de portadora

Un nodo G.9954 que funcione en el modo SMAC no transmitirá durante una TXOP programada salvo que se den todas las condiciones siguientes:

- 1) La TXOP está asignada al nodo G.9954 (o a un grupo al que pertenece el nodo G.9954).
- 2) Ha llegado al momento de inicio de la TXOP (medido desde el comienzo del MAP).
- 3) El medio está en REPOSO (IDLE).
- 4) Ha transcurrido el intervalo entre tramas CS_IFG.
- 5) Los contadores BL/MBL están a cero.

Si se dan las dos primeras condiciones pero se detecta que el medio está OCUPADO (BUSY), o bien no se ha detectado un intervalo CS_IFG, se retiene la transmisión hasta que se cumplan todas las condiciones.

NOTA – Los requisitos anteriores implican que en todo momento debe estar activa la detección de portadora, incluso durante el modo de funcionamiento SMAC.

8.6.2 Detección y resolución de colisiones

En una red mixta con nodos G.9951/2 y G.9954, pueden ocurrir colisiones de la misma forma que en una red que funcione en modo AMAC. Los nodos G.9954 que funcionen en modo SMAC competirán por el acceso al medio con los nodos G.9951/2 utilizando prioridad 7.

Si se producen colisiones, éstas se resolverán utilizando el método de resolución de colisiones AMAC de la forma indicada a continuación:

Si la colisión se produce durante un periodo sin contienda (CFTXOP), el nodo transmisor entra en un ciclo de resolución de colisión y compete por el acceso al medio hasta que tiene éxito y realiza la transmisión. La transmisión puede ocupar todo el tiempo asignado a la CFTXOP con independencia de cuál haya sido el momento de inicio de la misma. Ello puede hacer que la CFTXOP se prolongue más allá de su instante de finalización previsto.

Si se produce una colisión en una TXOP con contienda (CTXOP), los nodos transmisores pueden competir por el acceso al medio tal como ocurre en el caso de una red nativa de nodos G.9954. En este caso, la CTXOP no se prolongará con independencia del instante en que se inicie la transmisión. Ello implica que en el modo compatible, la duración de una CTXOP puede disminuir si el instante de comienzo se desplaza en el tiempo (debido a transmisiones previas no planificadas), puesto que el instante de finalización de la TXOP es fijo. Ello es intencionado y se utiliza para eliminar la latencia que introducen las transmisiones no programadas (véase 8.6.3).

Si al final de una CTXOP está en curso una resolución de colisión (es decir, los contadores de estado de resolución de colisión, BL/MBL son distintos de cero), los contadores se reinician a cero cuando aparece un intervalo de prioridad que esté vacío. Este comportamiento es el mismo que en el modo AMAC. Ello puede introducir una latencia PRI_SLOT al comienzo de la siguiente TXOP.

Ejemplos:

La figura 8-1 siguiente ilustra el efecto de una colisión que sucede en el instante T_1 durante la transmisión programada en TXOP 1.

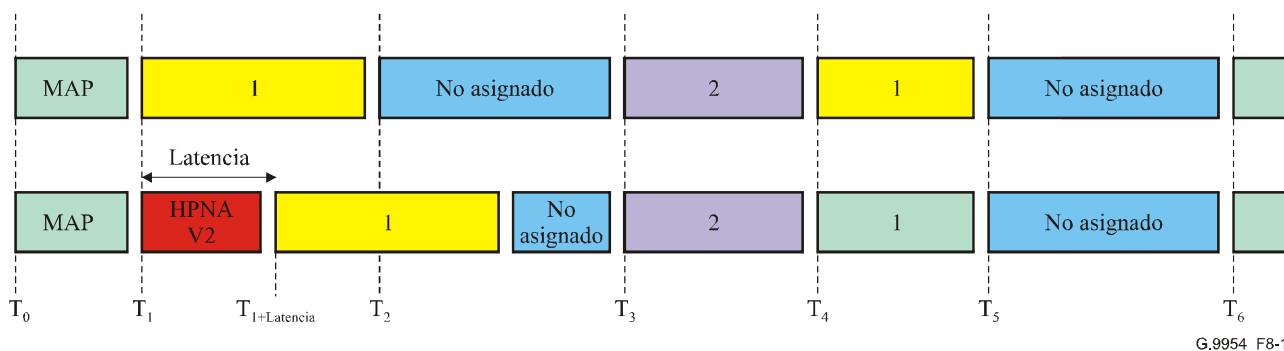


Figura 8-1/G.9954 – Colisión y fluctuación de fase de temporización

Las colisiones con nodos G.9951/2 pueden introducir retrasos en el comienzo de las transmisiones programadas subsiguientes. En función del número y duración de las transmisiones no programadas, es posible que se produzcan dos o más transmisiones programadas consecutivas durante la detección de portadora hasta que el medio pase a estar en REPOSO (IDLE). En dicho instante, todos los nodos incluidos intentarán acceder al medio, produciéndose colisiones entre las transmisiones programadas. Si se producen dichas colisiones entre transmisiones programadas, se aplicarán métodos de resolución de colisiones regulares. NO existe garantía respecto al orden de las transmisiones después de la resolución de colisiones, que puede ser diferente al programado en el MAP original. Esto se ilustra en la figura 8-2.

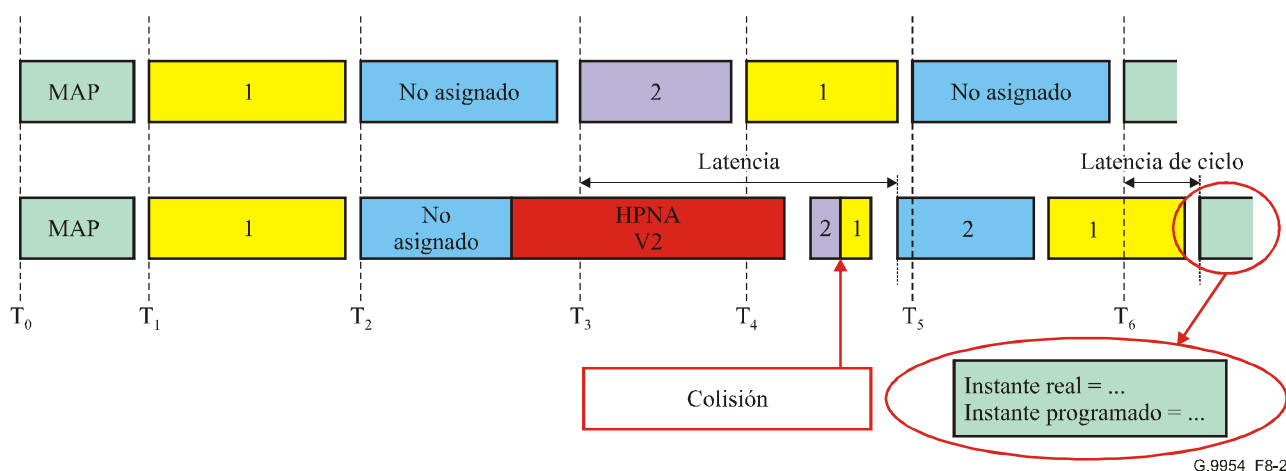


Figura 8-2/G.9954 – Colisiones entre transmisiones programadas

8.6.3 Compensación de temporización (eliminación de latencia) en un ciclo MAC (Informativo)

Los retardos de transmisiones programadas (modo síncrono), causadas por transmisiones G.9951/2 no programadas, se compensan de forma natural si existe suficiente anchura de banda disponible (es decir, TXOP no asignadas) en el ciclo MAC.

La anchura de banda no asignada (las UTXOP) tiene el efecto de absorber retardos producidos en el inicio de la transmisión programada. Ello ocurre porque por definición, las TXOP no asignadas, no necesitan garantizar una anchura de banda fija, y más bien representan el tiempo que está en el medio. Si la latencia de las transmisiones programadas consume parte del tiempo no asignado en el medio, la duración de la UTXOP simplemente se ve acortada por el tiempo consumido. Ello significa que el instante de finalización de una UTXOP está fijo, pero su instante de inicio puede estar desplazado por el retardo introducido en el ciclo MAC.

Ello se ilustra en la figura 8-1, donde se observa como un retardo en el comienzo de la transmisión de TXOP 1 se compensa permitiendo que la transmisión durante TXOP 1 se prolongue más allá de su instante de finalización programado, consumiendo efectivamente la anchura de banda libre que le sigue. Si bien una TXOP programada tiene una longitud fija con instantes de inicio y de fin variables, una UTXOP tiene duración variable, con un instante de finalización fijo y un instante de comienzo flotante. Ello permite ajustar el tamaño de la TXOP no asignada un tiempo igual al retardo (fluctuación de fase) introducido por transmisiones anteriores.

Si el instante de inicio de una TXOP no asignada es posterior al tiempo de finalización previsto, la TXOP no asignada se considera NULA o inexistente.

8.6.4 Compensación de temporización entre ciclos MAC

Los retardos de temporización que ocurran durante un ciclo MAC pueden propagarse a lo largo del mismo e introducir retardos en el comienzo del siguiente ciclo MAC (es decir, retrasar la transmisión del siguiente MAP).

El retardo (latencia) introducido en el inicio de un ciclo MAC puede ser calculado por cada dispositivo extremo restando el instante real de llegada del MAP del tiempo de llegada programado. El receptor detecta el instante real de llegada. El instante programado de llegada puede calcularse a partir de la información del MAP previo, sumando las duraciones de todas las TXOP y añadiéndolas al instante real de llegada del correspondiente MAP.

Si el método de eliminación de latencia especificado en el MAP indica "ajuste de reloj", un punto extremo G.9954 compensará la fluctuación de fase del ciclo MAC fijando, cuando reciba la trama MAP, su contador de reloj síncrono al valor de latencia calculada al comienzo del ciclo MAC, en lugar de reiniciar el contador de reloj síncrono a cero.

NOTA – Puesto que todas las transmisiones están programadas con relación al tiempo base (cero), este mecanismo puede utilizarse para trasladar la eliminación de la latencia de un ciclo al siguiente. Alternativamente, puede no ser necesario tomar ninguna actuación correctiva concreta si existe una anchura de banda no asignada (libre) suficiente que pueda utilizarse para vaciar las memorias intermedias que hayan acumulado muestras como consecuencia de la latencia. El maestro es responsable de decidir la estrategia de eliminación de latencia adecuada y señalar dicha información a los nodos de red mediante el MAP.

8.6.5 Ejemplos de funcionamiento (Informativo)

En esta cláusula se muestra, a modo de ejemplo, un conjunto de posibles casos de interferencia G.9951/2. Todos los casos ilustrados asumen el MAP de transmisión del cuadro 8-1.

Cuadro 8-1/G.9954 – Plan de acceso al medio activo

Índice de TXOP	Dispositivo	Tipo de TXOP	Instante de inicio	Duración
0	maestro	Sin contienda	$T_0 = 0$	L_0
1	"A"	Sin contienda	$T_1 = L_0$	L_1
2	DIFUSIÓN	No asignada	$T_2 = T_1 + L_1$	L_2
3	"B"	Sin contienda	$T_3 = T_2 + L_2$	L_3
4	"C"	Sin contienda	$T_4 = T_3 + L_3$	L_4
5	DIFUSIÓN	No asignada	$T_5 = T_4 + L_4$	L_5

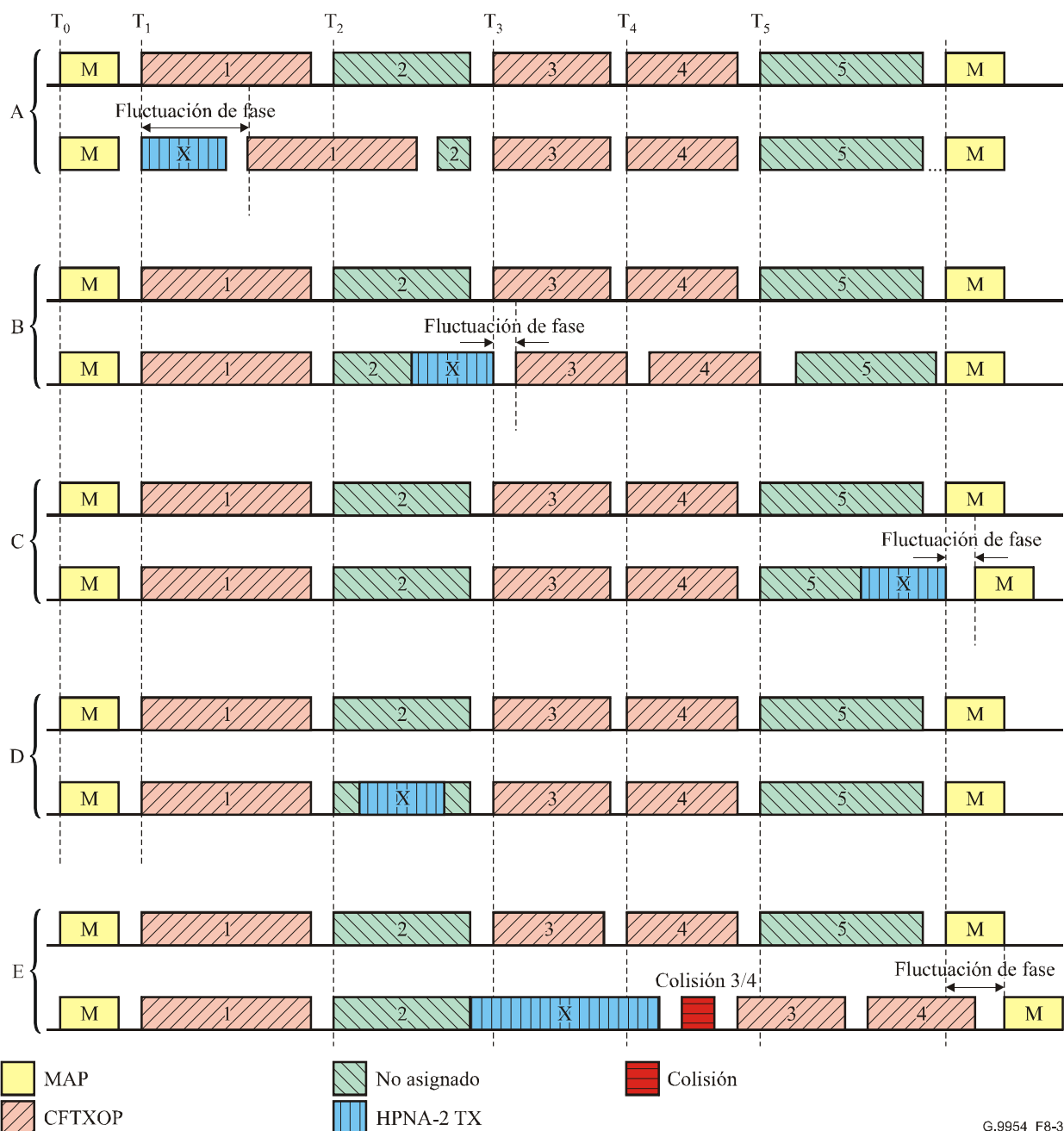


Figura 8-3/G.9954 – Casos de coexistencia entre G.9951/2 y G.9954

En el ejemplo A de la figura 8-3, el maestro transmite el MAP en T_0 , tomando entonces en T_1 el control del medio un nodo asíncrono, antes de que el nodo síncrono "A" comience la transmisión. El nodo asíncrono realiza entonces una transmisión asíncrona no programada X. Puesto que el nodo asíncrono no conoce las reglas de transmisión síncronas, transmitirá todo el tiempo que sea necesario. Dado que todos los nodos del medio soportan las técnicas CSMA/CD, la transmisión asíncrona es ininterrumpida. Utilizando técnicas de detección de portadora, el nodo síncrono "A" espera hasta que termina la transmisión X, espera además un intervalo adicional entre ráfagas, comenzando entonces la transmisión. Ello produce una fluctuación de fase tal como se indica en la figura mediante una flecha. El nodo síncrono "A" transmitirá todo el tiempo asignado, incluso aunque TXOP 1 comience tarde. Dado que en este ejemplo dicha transmisión no se prolonga más allá del instante de finalización de la TXOP 2 no asignada, la TXOP 3 comienza a tiempo en el instante T_3 y la fluctuación de fase no se propaga.

En el ejemplo B de la figura 8-3, el maestro transmite el MAP en T_0 , y el nodo síncrono "A" transmite durante un periodo TXOP 1 tal como está programado a partir de T_1 . Durante la TXOP 2 no asignada, el medio se encuentra en reposo y, mediante técnicas de detección de portadora, un nodo asíncrono toma control del medio. El nodo asíncrono realiza una transmisión X asíncrona no programada que se prolonga más allá del tiempo programado de TXOP 2. El nodo síncrono "B" utiliza técnicas de detección de portadora y retrasa su transmisión programada (TXOP 3) hasta que termina la transmisión X y haya transcurrido un intervalo entre ráfagas. El nodo síncrono "B" comienza entonces su transmisión con un retardo que produce una fluctuación de fase, tal como se indica mediante una flecha. La transmisión en TXOP 4 también se retrasa el mismo tiempo, puesto que el nodo síncrono "B" transmitirá durante todo el tiempo asignado a TXOP 3. Puesto que en este ejemplo la transmisión durante TXOP 4 no se prolonga más allá del tiempo de finalización de la TXOP 5 no asignada, la transmisión del MAP del ciclo siguiente comienza a tiempo y no se propaga la fluctuación de fase.

En el ejemplo C de la figura 8-3, el maestro transmite el MAP en T_0 , tal como está programado, y el nodo síncrono "A" transmite a partir de T_1 y durante TXOP 1, tal como está programado. Igualmente, el nodo síncrono "B" transmite a partir de T_3 durante TXOP 3, de acuerdo con la programación, y el nodo síncrono "C" transmite a partir de T_4 , tal como está programado y durante TXOP 4. Durante una TXOP 5 no asignada, el medio está en reposo, y un nodo asíncrono toma el control del medio. Dicho nodo asíncrono realiza una transmisión X asíncrona no programada que se extiende más allá del instante programado para TXOP 5 ($T_5 + L_5$). El maestro utiliza técnicas de detección de portadora y retrasa la transmisión de su MAP programado hasta que finaliza la transmisión X y haya transcurrido el intervalo entre ciclos. Comienza entonces la transmisión del siguiente MAP, con un retardo que provoca la fluctuación de fase que se indica en la figura mediante una flecha. El siguiente MAP se utiliza para determinar la fluctuación de fase introducida. Los nodos síncronos pueden fijar sus propios relojes a $T_0 +$ fluctuación de fase, cuando reciban el MAP retrasado un tiempo igual a la fluctuación de fase. Ello permitirá que los nodos síncronos intenten transmitir a tiempo, y sin el retardo debido a la fluctuación de fase. Por ejemplo, si el MAP está seguido de una TXOP 1' no asignada, y a continuación una TXOP 2' unidifusión, y si la duración de la TXOP 1' no asignada es superior a la fluctuación de fase, las siguientes TXOP del ciclo comenzarán a tiempo. Este mecanismo permite la compensación de la fluctuación de fase durante la transmisión de un MAP.

En el ejemplo D de la figura 8-3, el maestro transmite el MAP en T_0 , tal como está programado, y el nodo síncrono "A" transmite a partir de T_1 y durante TXOP 1, tal como está programado. Durante una TXOP 2 no asignada, el medio se encuentra en reposo y un nodo asíncrono toma control del medio. El nodo asíncrono realiza una transmisión X asíncrona no programada que, en este ejemplo, no se prolonga más allá del tiempo programado para TXOP 2 ($T_2 + L_2$). En las transmisiones siguientes no se introduce fluctuación de fase y, por tanto, no es necesario realizar ajuste alguno.

En el ejemplo E de la figura 8-3, el maestro transmite el MAP en T_0 , y el nodo síncrono "A" transmite en T_1 y durante un periodo TXOP 1 tal como está programado. Durante una TXOP 2 no asignada, el medio se encuentra en reposo y, mediante técnicas de detección de portadora, un nodo asíncrono toma control del medio. El nodo asíncrono realiza una transmisión X asíncrona no programada que se prolonga más allá del tiempo programado TXOP 2 y se prolonga durante el tiempo programado TXOP 3. El nodo síncrono "B" utiliza técnicas de detección de portadora y retrasa su transmisión programada hasta que termina la transmisión X y haya transcurrido el intervalo entre ráfagas. Sin embargo, puesto que también ha pasado el instante de transmisión de TXOP 4 (T_4), el nodo síncrono "C" utiliza técnicas de detección de portadora y retrasa su transmisión programada hasta que finaliza la transmisión X y transcurre el intervalo entre ráfagas. Ello da lugar a una colisión entre el nodo síncrono "B" y el nodo síncrono "C" que se resuelve utilizando el método de resolución de colisiones a costa de una fluctuación de fase adicional en el ciclo MAC.

9 Calidad de servicio G.9954

La existencia de 8 niveles de prioridad de G.9951/2 proporciona un mecanismo de calidad de servicio (QoS) básico para poder diferenciar entre distintos tipos de servicios. Este mecanismo es compatible con otros mecanismos existentes que permiten diferenciar las distintas clases de servicio, como son las recomendaciones incluidas en IEEE 802.1D para la etiqueta de prioridad de VLAN (IEEE 802.1P) y los bits de PRECEDENCIA definidos en la interpretación original del campo tipo de servicio (TOS, *type of service*) del encabezamiento de un paquete IP que utilice el protocolo de servicio diferenciados (*Diffserv*).

Aunque la clasificación de la prioridad de los servicios permiten soportar niveles de calidad de servicio (QoS), no permite disponer de garantías de QoS con valores estrictos de latencia y fluctuación de fase. A fin de proporcionar contratos estrictos de QoS, el MAC G.9954 proporciona un mecanismo basado en el concepto de *flujos* que es compatible con un protocolo del tipo RSVP y soporta la especificación de QoS en términos de tráfico explícito y de parámetros de velocidad, y no solo en lo que concierne a la ordenación relativa de los paquetes. Los mecanismos de conformación, programación y de política del tráfico, basados en parámetros de QoS bien definidos, se utilizan para proporcionar un control estricto de la calidad de funcionamiento de la red en términos de caudal, latencia y fluctuación de fase.

En esta cláusula se especifica la solución de calidad de servicio (QoS) G.9954.

9.1 Descripción general

El mecanismo de calidad de servicio G.9954 se basa en el concepto de *flujo de datos* (o de forma abreviada *flujo*). Un flujo representa un flujo de datos unidireccional entre nodos de red basado en parámetros de QoS de tráfico y velocidad bien definidos, que permiten un control estricto de los valores de caudal, latencia, fluctuación de fase y BER de la red.

Los flujos se establecen y se suprimen de forma independiente para cada servicio. El maestro G.9954 es responsable de asignar anchura de banda por demanda a los flujos, y de anunciar la decisión de asignación de anchura de banda en el plan de acceso al medio (MAP). Los nodos de red son responsables de programar sus transmisiones de acuerdo con las limitaciones del MAP anunciado.

El algoritmo de asignación de anchura de banda impone y garantiza parámetros de QoS. En consecuencia, las peticiones de reserva de anchura de banda asociadas con el establecimiento de un flujo están sujetas a la política de control de admisión y de conformación de tráfico del maestro. Las peticiones de establecimiento de flujos que no puedan atenderse con los parámetros solicitados son rechazadas, o bien, el maestro renegocia los parámetros de calidad de servicio.

Los requisitos de anchura de banda de un flujo pueden ser modificados a lo largo de su vida a fin de soportar de forma más efectiva los requisitos de anchura de banda cambiantes característicos de los flujos continuos de datos de tipo "ráfagas" y de velocidad binaria variable (VBR), así como las condiciones cambiantes de la línea.

Las capas de convergencia establecen los flujos, ya sea implícitamente (al identificar un nuevo servicio), explícitamente (en respuesta a mensaje de protocolo de nivel superior, por ejemplo, peticiones de reserva RSVP) o por la admisión en la red de conformidad con una especificación o configuración predefinida. Igualmente, los flujos puede suprimirse de forma implícita, al detectarse inactividad, o de forma explícita cuando se termina un servicio, a fin de liberar recursos de red asociados al flujo.

Las capas de convergencia son responsables de establecer la correspondencia entre los flujos de datos continuos de entrada y los flujos adecuados que satisfagan sus requisitos de calidad de servicio individuales.

En resumen, las principales características de calidad de servicio que soporta el protocolo MAC G.9954 son las siguientes:

- Garantías de QoS estadísticas y determinísticas relativas a anchura de banda, fluctuación de fase, latencia y BER.
- *Clases de tráfico y flujos de servicios* descritos mediante parámetros de tráfico y velocidad bien definidos.
- Flujos de velocidad binaria constante y variable.
- Gestión de flujos, incluyendo control de admisión, reserva de recursos, negociación y renegociación de la QoS y establecimiento y supresión de flujos.
- La clasificación de las tramas sobre la base de la especificación de filtros de tráfico, por ejemplo, tipo de servicio (TOS) IP, etiqueta de prioridad VLAN, tipo de protocolo, dirección origen y destino, etc.
- Política, conformación y programación de flujos con calidad de servicio.

9.2 Flujos de servicio y parámetros de calidad de servicio

Un flujo describe un canal de comunicación simplex, con características de calidad de servicio bien definidas, entre los dispositivos origen y destino. Las características de calidad de servicio de un flujo se describen mediante un conjunto de parámetros de tráfico y de velocidad que se comunican ente dispositivos G.9954 utilizando el protocolo *señalización de flujo* (para más información véase 9.4).

Las características de calidad de servicio de un flujo se definen mediante los parámetros que se resumen en el cuadro 9-1 y que se definen en las subcláusulas siguientes.

Cuadro 9-1/G.9954 – Propiedades de los flujos

Nombre del campo	Descripción
Dirección origen	Dirección MAC del dispositivo en el origen del flujo.
Dirección destino	Dispositivo de la dirección MAC que es el destino del flujo (puede ser la dirección de difusión).
ID de flujo	Identificador específico del flujo entre las direcciones origen y destino. El ID del flujo es asignado por el dispositivo G.9954 en el origen del flujo.
Clase de servicio	Identifica una clase de servicio (CoS, <i>class of service</i>). Se utiliza como una forma abreviada para especificar un conjunto de parámetros de QoS "bien definidos" sin necesidad de especificar los parámetros individuales de QoS.
Prioridad	Prioridad de la capa de enlace asignada el flujo.
Tipo de servicio	Define el tipo de servicio que soporta el flujo: 0 CBR 1 rt-VBR 2 nrt-VBR 3 BE
Latencia máxima	Retardo de transmisión y de encolamiento máximo tolerable de conformidad con el cuadro 10-69.
Fluctuación de fase máxima	Variación de retardo máximo de conformidad con el cuadro 10-69.
Política de ACK	0 Ninguno 1 LARQ

Cuadro 9-1/G.9954 – Propiedades de los flujos

Nombre del campo	Descripción
Política de FEC	0 Ninguno 1 RS 2-3 Reservado
Política de agregación	0 Sin agregación 1 Agregación a nivel MAC
Política de tratamiento de errores CRC	0 No descarta paquetes con errores CRC 1 Descarta paquetes con errores CRC
Tamaño nominal del paquete	Tamaño nominal del paquete en octetos para paquetes asociados con el servicio. El valor 0 indica un valor no especificado o desconocido.
Velocidad de datos máxima	Velocidad de cresta de las ráfagas en unidades de 4 kbit/s. Tiene en cuenta la velocidad de datos neta (de la cabida útil).
Velocidad de datos media	La velocidad binaria media que precisa el servicio en unidades de 4 kbit/s.
Velocidad de datos mínima	Velocidad binaria mínima requerida en unidades de 4 kbit/s para el servicio que se opera. Es previsible que este número sea diferente de cero solamente para tráfico en tiempo real que requiera un retardo de transmisión mínimo.
BER	BER de nivel de servicio. Se utiliza en la negociación de velocidad para seleccionar la PE deseada que consigue la tasa binaria bruta más elevada y que también cumple los requisitos de BER.
Codificación de la cabida útil	Codificación de cabida útil utilizada en el canal lógico. Este parámetro solo se fija cuando se comunican parámetros del flujo al maestro. La codificación de la cabida útil se negocia entre puntos extremos del flujo mediante el protocolo negociación de velocidad.
Temporización de paquetes	Tiempo en ms que un paquete permanecerá en la cola del flujo antes de ser suprimido de la misma. Un valor de 0 indica que los paquetes nunca temporizan y permanecen en cola hasta que se transmiten a la línea.
Intervalo de tiempo de TX	Intervalo de tiempo de la primera TXOP definida para el flujo. Este campo pueden ser fijados por capas superiores durante el establecimiento del flujo a fin de sincronizar las TXOP asignadas con un origen externo. Se utilizan en servicios isócronos. El tiempo se mide en unidades de 2-13 ms en relación con la referencia temporal del maestro, tal como se anuncia en la indicación de informe de sello de tiempo; véase 10.18.
Temporización de inactividad del flujo	Tiempo (en ms) durante el que un flujo permanece "vivo", en ausencia de tráfico, antes de ser automáticamente suprimido y quedar liberados los recursos. Un valor de 0 indica que el flujo no se suprime automáticamente. Para más información sobre la supresión de flujos véase 10.17.

9.2.1 Direcciones origen y destino

Las direcciones origen y destino de un flujo se identifican mediante las respectivas direcciones de los dispositivos origen y destino. La dirección origen es una dirección MAC unidifusión de 48 bits MAC que identifica el dispositivo situado en el origen del flujo. La dirección destino identifica el destino del flujo y puede ser una dirección MAC de 48 bits unidifusión, multidifusión o difusión.

9.2.2 ID del flujo

El ID de flujo es un *identificador de flujo* específico establecido entre las direcciones origen y destino. El ID del flujo será asignado localmente por el dispositivo situado en el origen del flujo.

Para más información sobre los ID de flujo, véase 7.3.2.

9.2.3 Clase de servicio

Una *clase de servicio* define un conjunto de propiedades del flujo de datos (servicio) organizadas en una clase con una denominación específica que puede identificarse (mediante su mera enumeración) por las entidades de capas superiores.

Esta facilidad permite que las propiedades del servicio se definan globalmente y sean mantenidas de forma centralizada en el maestro. Las capas de protocolo superiores o los nodos de puntos extremos pueden proveer flujos de servicio, identificándolos mediante su enumeración, sin tener que especificar los parámetros de calidad de servicio de cada flujo. Ello define implícitamente un conjunto de parámetros de calidad de servicio. Además, las modificaciones de las propiedades de calidad de servicio básicas de una clase de servicio pueden hacerse redefiniendo parámetros de flujo individuales.

En 7.3.2 puede encontrarse una lista completa de clases de servicio predefinidas y sus parámetros de calidad de servicio.

9.2.4 Clasificación de la prioridad

La clasificación de la prioridad representa la prioridad de la capa de enlace asignada al flujo. El valor de la prioridad tiene una semántica G.9951/2 y se utiliza para determinar la prioridad PHY a utilizar en las transmisiones en el modo AMAC o cuando se transmita en una CTXOP (UTXOP). También puede ser utilizada por el programador del maestro para clasificar flujos en el proceso de toma de decisiones para la programación.

La asignación de prioridades debe seguir las recomendaciones IEEE 802.1D y 802.1P para establecer la correspondencia entre prioridades de usuario y clases de tráfico. Para más información véase 10.17.

9.2.5 Tipo de servicio

El *tipo de servicio* de un flujo define el tipo de garantías de calidad de servicio que requiere el servicio. Se definen los *tipos de servicio* siguientes:

Cuadro 9-2/G.9954 – Tipos de servicio

Tipo de servicio	Descripción
Garantía no solicitada (CBR)	Soporta datos en tiempo real de baja latencia, tamaño fijo y periódicos (CBR). El programador de recursos garantiza la asignación periódica de una anchura de banda fija sin peticiones explícitas de anchura de banda. Se utiliza para garantías de calidad de servicio "determinísticas".
En tiempo real (rt-VBR)	Soporta datos de velocidad binaria variable (VBR) con garantías de periódicas de datos de tamaño variable. Es adecuado para flujos continuos de vídeo MPEG.
No en tiempo real (nrt-VBR)	Similar al servicio en tiempo real excepto en que el programador da servicio a flujos no en tiempo real con una velocidad inferior que a los flujos en tiempo real.
Mejor servicio posible (BE, <i>best effort</i>)	Similar al servicio no en tiempo real excepto en que el acceso con contienda puede definirse dentro de la TXOP asignada. Para servicios del tipo "mejor servicio posible" "NO existen garantías (es decir, es del tipo "mejor servicio posible") relativas a la frecuencia o duración de las TXOP proporcionadas por el programador.

El parámetro *tipo de servicio* puede ser utilizado por el programador maestro en decisiones sobre la programación y por el nodo origen en decisiones sobre la gestión de recursos.

9.2.6 Latencia máxima

Este parámetro define el retardo de transmisión y de puesta en cola de espera máximo tolerable para un servicio. El parámetro se define mediante el valor, que simplemente se enumera de entre un conjunto de latencias definidas expresadas en ms.

La latencia que puede tolerar un servicio afecta a la cantidad de memoria (espacio de memoria intermedia) necesaria. Para dispositivos que tengan disponible una memoria intermedia menor que la cantidad implícita en el parámetro latencia, el dispositivo destino puede especificar un valor alternativo (menor) mediante el mensaje respuesta a establecimiento/modificación de flujo utilizado en el protocolo de señalización de flujo.

El programador maestro utilizará el parámetro *latencia máxima* en decisiones sobre la programación relativas a la duración de las TXOP y al número de TXOP asignadas al servicio en el ciclo MAC. Este parámetro también puede ser utilizado en el modo AMAC para controlar la duración de una ráfaga de paquetes agregados que pertenezcan al mismo servicio.

Para más información sobre posibles valores de latencia y sobre el protocolo de señalización de flujo, véase 10.17.

9.2.7 Fluctuación de fase máxima

El parámetro fluctuación de fase máxima define la variación máxima del retardo expresada en valores de latencia para un servicio por encima y debajo del valor medio de latencia. La fluctuación de fase máxima se expresa como ($\pm$ Max) ms.

El programador maestro utilizará el parámetro *fluctuación de fase máxima* en decisiones sobre la programación relativas a la posición de las TXOP en el ciclo MAC.

Los valores de fluctuación de fase se expresan como un valor enumerado de entre un conjunto de valores de fluctuación de fase definidos. Para más información sobre posibles valores de fluctuación de fase, véase 10.17.

9.2.8 Política de acuse de recibo (ACK)

Esta bandera indica si el flujo requiere acuses de recibo de capa de enlace utilizando el mecanismo LARQ para reducir la tasa de paquetes erróneos (PER, *packet error rate*). El ARQ se especifica para cada canal ARQ, definiéndose un canal ARQ mediante un flujo, es decir, mediante la tupla (*dirección origen, dirección destino, ID de flujo*) cuando el funcionamiento es en modo síncrono, y la tupla (*dirección origen, dirección destino, prioridad*) cuando el funcionamiento es en modo AMAC.

NOTA – Los protocolos basados en TCP son candidatos naturales para la aplicación de una política ACK de capa de enlace, ya que la calidad de funcionamiento de TCP puede degradarse significativamente si aumentan los paquetes erróneos.

9.2.9 Política de control de errores en recepción (FEC)

Esta bandera indica si se debe aplicar la codificación Reed Solomon al canal de comunicación definido por el flujo. Un receptor utilizará esta indicación para determinar si debe enviar al transmisor, en el origen del flujo, la información de redundancia Reed Solomon durante la negociación de la velocidad.

9.2.10 Política de agregación

El programador utiliza las características de latencia de un flujo para determinar cuantos datos de flujo pueden agregarse en una única ráfaga de transmisión (trama). El maestro toma decisiones sobre la programación que tienen en cuenta los requisitos de latencia del flujo cuando calcula el

tamaño de una TXOP en el MAP. Igualmente, un dispositivo punto extremo que programa el tráfico local (como es el caso para el modo de funcionamiento AMAC) puede utilizar características de latencia para determinar el nivel de agregación y el tamaño de la ráfaga transmitida.

La agregación puede inhabilitarse completamente para un flujo, con independencia del parámetro latencia, especificando una política de agregación del tipo "*No agregación*".

NOTA – Una política de "No agregación" puede ser de utilidad cuando ya se realiza agregación en las capas de protocolo superiores y no se desea una agregación adicional.

9.2.11 Política de tratamiento de errores con verificación de redundancia cíclica (CRC)

En esta cláusula se especifica la política que debe utilizar el MAC cuando gestione paquetes con errores CRC. Los paquetes erróneos pueden ser descartados por el MAC o las capas de enlace, o bien ser transferidos a capas de protocolo superiores con los bits erróneos incluidos.

La política concreta de tratamiento de errores CRC afecta a la semántica del parámetro BER, tal como se describe en 9.2.14.

NOTA – Algunos servicios son tolerantes a un número pequeño de bits erróneos en el flujo continuo de datos. Si la política de tratamiento de errores CRC especifica que los paquetes erróneos deben descartarse, ello implica $BER = 0$, puesto que no se transferirán bits erróneos a las capas de protocolo superiores. Sin embargo, el descarte de paquetes completo introduce errores en los paquetes y el parámetro PER pasa a ser la medición dominante. Puede conseguirse un valor de $PER = 0$ utilizando LARQ (política de ACK) a costa de una cierta latencia.

9.2.12 Tamaño nominal de los paquetes

Es el tamaño nominal de los paquetes, en octetos, para paquetes asociados al servicio. Un valor 0 indica que se trata de un valor no especificado o desconocido.

9.2.13 Velocidades de datos máxima, media y mínima

Son las velocidades binarias de cresta, media y máxima, requeridas para que un servicio funcione de forma efectiva. Las velocidades de datos se expresan en unidades de 4 kbit/s.

Para flujos CBR, las velocidades de datos mínima, máxima y media son todas iguales. Es previsible que la velocidad de datos mínima sea distinta a cero solamente para tráfico en tiempo real que requiera un retardo de transmisión mínimo.

Dado un tamaño de paquete y una velocidad de datos nominales para un servicio, es posible establecer criterios de política y conformación de tráfico que sean conformes con las especificaciones del servicio. Ello puede ser necesario en algunas implementaciones para asegurar que el flujo no consume más recursos que los definidos por su especificación de tráfico. La asignación de las TXOP en el MAP impone inherentemente la conformación de tráfico en los puntos extremos.

9.2.14 Tasa de errores en los bits (BER)

Cada servicio tiene asociado un requisito de BER que especifica la relación entre bits erróneos y bits "sin errores" que puede tolerar el servicio antes de que se vea afectada la calidad de servicio.

El parámetro BER se utiliza para describir la probabilidad de errores en los bits, en caso de que se entreguen paquetes con errores CRC a las capas superiores, o la tasa de paquetes erróneos (PER) dividida por el número medio de bits por paquete, si se descartan paquetes con errores CRC. La política de tratamiento de paquetes con errores CRC se especifica mediante la bandera política de tratamiento de errores CRC (véase 9.2.11).

Por ejemplo, considérese un servicio que utilice paquetes de 1500 bytes y que requiere un valor de $PER = 10^{-2}$, entonces $BER = 10^{-2} / (1500 \times 8) \approx 10^{-6}$.

NOTA – La BER de nivel de servicio se utiliza durante la negociación de velocidad para determinar la codificación de cabida útil más adecuada que puede utilizarse para proporcionar el canal de comunicación con el caudal más elevado que satisfaga los requisitos de BER de un servicio. Para más información sobre negociación de velocidad, véase 10.4.

9.2.15 Codificación de la cabida útil

Este parámetro define la codificación de la cabida útil (PE) que debe utilizarse en el canal. La PE elegida se determina mediante negociación de velocidad y representa la PE que ofrece la velocidad binaria bruta más elevada y que satisface el parámetro de BER para el servicio.

9.2.16 Intervalo de tiempo de transmisión

Para soportar la sincronización de las TXOP del flujo con un origen externo (por ejemplo, intervalos de tiempo ascendentes en una red de acceso de banda ancha), el iniciador de una secuencia de establecimiento de flujo puede indicar la temporización de las TXOP deseadas en la red en el hogar. La temporización se especifica mediante un valor de tiempo absoluto medido en relación con la referencia temporal del maestro.

NOTA 1 – Esta característica requiere que un nodo extremo sincronice sus reloj con la referencia de reloj del maestro mediante el protocolo de referencia de sello de tiempo maestra. El tiempo se especifica en términos absolutos (recuérdese que existe sincronización con el reloj maestro). El maestro conoce el tiempo requerido y la latencia máxima, por lo que puede calcular la asignación precisa de las TXOP en el tiempo. Este parámetro sólo tiene por objeto ayudar a que el maestro tome decisiones de programación.

Cuando se asigne anchura de banda al flujo especificado, el programador maestro puede utilizar dicha información para influir en la ubicación de las TXOP asociadas en el ciclo MAC. Cuando no se proporcione información de temporización, el programador maestro es libre de asignar las TXOP como considere que encajan de la forma más adecuada. No es un requisito que el maestro cumpla la especificación de temporización solicitada.

NOTA 2 – la información de temporización sobre la ubicación de las TXOP se devuelve a las capas de convergencia superiores a través del mecanismo MAP. Ello permite que las capas superiores se sincronicen de forma similar con la temporización real de la red del hogar si así se requiere.

Para más información sobre la sincronización de la referencia de reloj maestra, véase 10.18.

9.2.17 Temporización de inactividad de flujo

Este parámetro especifica el tiempo durante el que un flujo permanece inactivo antes de ser automáticamente "suprimido" y liberados sus recursos. Un flujo permanece inactivo en ausencia de cualquier tráfico en el mismo. Un flujo puede ser suprimido por cualquiera de los dispositivos situados en los puntos extremos del mismo.

Un valor cero del parámetro temporización de inactividad de flujo deshabilita la extinción del flujo por inactividad.

NOTA – Se sugiere encarecidamente que los flujos se definan con la extinción por inactividad habilitada a fin de garantizar que los recursos del medio (y otros) se liberan en caso de terminación del servicio.

9.3 Clasificación del tráfico de la capa de convergencia

Mediante la capa de convergencia del protocolo se establece la correspondencia entre paquetes de capas superiores del protocolo y un flujo G.9954 subyacente. El resultado de la correspondencia es una referencia al *descriptor de flujo* que describe las propiedades del flujo al que pertenece un paquete. La correspondencia por defecto de un paquete es con el *flujo por defecto* que define un acceso con contención durante las UTXOP sobre la base de prioridades.

Los paquetes se hacen corresponder con flujos utilizando *clasificadores de tráfico*. Un *clasificador de tráfico* define un conjunto criterios de selección específicos del protocolo que se aplican a los paquetes entrantes para verificar su asociación con un flujo específico. Pueden definirse varios clasificadores para un único flujo, pudiendo haber activos en cualquier instante múltiples

clasificadores en una capa de convergencia. Los clasificadores de tráfico se procesan en el orden definido por sus prioridades relativas.

Los clasificadores de tráfico pueden estar instalados en la capa de convergencia en el origen del flujo mediante operaciones de gestión de capa superior, durante la admisión en la red, o mediante operaciones de señalización para establecimiento/modificación de flujos.

Para más información sobre el establecimiento de filtros de clasificación de tráfico de la capa de convergencia, véase en la cláusula 10 la descripción de los protocolos de admisión en la red y de señalización de flujo.

9.4 Protocolo de señalización de flujo

Para establecer un flujo con parámetros de calidad de servicio bien definidos, tal como se define en 9.2, el *flujo* deberá "establecerse" entre dispositivos origen y destino. El *establecimiento del flujo* puede ser iniciado por los dispositivos origen o destino del flujo.

Si un flujo requiere garantías de QoS, la anchura de banda del flujo se asignará en el MAP. Para asignar anchura de banda a un flujo en el MAP, el maestro debe ser informado del establecimiento del flujo.

El *establecimiento del flujo* se hará utilizando el protocolo de señalización de flujo e implica una secuencia de intercambio de mensajes entre el nodo que inicia la acción y el nodo objetivo, especificando el iniciador las propiedades del flujo que debe establecerse (tal como se definen en el cuadro 9-1).

Para establecer un flujo con contratos de calidad de servicio, el dispositivo situado en el origen del flujo informará al maestro utilizando el mismo *protocolo de señalización de flujo*. El maestro realizará el control de admisión de la petición de establecimiento de flujo a fin de determinar si existen recursos suficiente en el medio. Si se admite, el programador maestro definirá las TXOP en el MAP de forma que se satisfagan los requisitos de calidad de servicio del flujo solicitado. Si no se admite el flujo, el maestro señalará el error al origen de la petición de establecimiento de flujo. El comportamiento de un dispositivo cuando se produce un fallo en el establecimiento de un flujo es función de la implementación.

NOTA – Una implementación puede suprimir un flujo si el maestro no puede reservar anchura de banda para el mismo. Alternativamente, una implementación puede seguir transmitiendo datos en el canal del flujo aunque no pueda reservarse anchura de banda ni puedan garantizarse otros parámetros de calidad de servicio.

Durante la vida de un flujo puede ser necesario modificar sus especificaciones para adaptarse a los requisitos (variables) de velocidad binaria, las limitaciones de los recursos (por ejemplo, memorias intermedias para latencia/fluctuación de fase) y a las velocidades de cabida útil que pueden conseguirse. Las modificaciones de las especificaciones de un flujo se señalizan entre los dispositivos situados en los puntos extremos. Además, si las modificaciones de las propiedades de un flujo son tales que pueden afectar a la asignación de recursos del medio realizada en el MAP, el dispositivo situado en el origen del flujo informará al maestro. Dicha información se hará mediante el protocolo *modificación de flujo*. El maestro realizará el control de admisión para las modificaciones de flujo solicitadas.

Durante una modificación de flujo, los parámetros de calidad de servicio que afectan a la asignación de recursos del medio realizada en el MAP se definen de la forma siguiente:

Velocidades de datos máxima, media y mínima (véase 9.2.13) – Cambian como consecuencia de las estadísticas de tráfico recogidas en el origen del flujo.

Codificación de la cabida útil (véase 9.2.15) – Causada por las cambiantes condiciones de la línea y que son detectadas por la negociación de velocidad.

Latencia o fluctuación de fase máxima (véanse 9.2.6 y 9.2.7) – Causada por modificaciones en las limitaciones de los recursos de memoria en el origen o destino del flujo.

Tamaño nominal del paquete (véase 9.2.12). – Causado por la naturaleza variable de los paquetes del flujo continuo de datos.

Otras propiedades del flujo son estáticas y no se modifican durante su vida.

Cuando un flujo ya no es necesario o no se utiliza, se suprime. La capa de convergencia realiza la *supresión de flujo*, ya sea explícitamente en respuesta a una petición de "supresión" de capas superiores o de forma implícita por el proceso de extinción de flujos inactivos. Si un flujo dispone de recursos del medio (es decir, las TXOP en el MAP), el dispositivo situado en el origen del flujo lo señalará al maestro. El maestro es informado mediante el protocolo *supresión de flujo*. Cuando se suprime un flujo, se liberan los recursos asociados al mismo.

Para una descripción completa del protocolo de señalización de flujo, véase 10.17.3.

9.5 Control de admisión

El maestro realizará el control de admisión cuando se reciba una petición para añadir un nuevo flujo o para modificar las propiedades de un flujo existente, a fin de aplicar parámetros más exigentes de calidad de servicio.

El control de admisión implica las funciones siguientes:

- 1) Prueba de anchura de banda.
- 2) Prueba de límites de latencia/fluctuación de fase.

Cuando se recibe una petición de *establecimiento o modificación de flujo*, el maestro verifica la disponibilidad de recursos suficientes en el medio (es decir, tiempo no asignado en el mismo) a fin de satisfacer las demandas de caudal de los flujos a la vista de los requisitos de *velocidad de datos máxima, media y mínima* y de la *codificación de cabida útil* requerida en el canal. Además, el maestro verificará que la ubicación de las TXOP disponibles es tal que su asignación al flujo permita que se cumplan los requisitos de límite de latencia y de fluctuación de fase del mismo.

Si la prueba de control de admisión concluye con el fallo de una o ambas pruebas de control de admisión, el maestro devolverá un ERROR en la trama "*respuesta*" de señalización de flujo.

La especificación de la latencia/fluctuación de fase de un flujo representa un límite máximo permisible y en consecuencia, el maestro puede asignar recursos (TXOP) de forma tal que exceda la especificación original de latencia/fluctuación de fase aplicable al flujo.

A fin de cumplir las limitaciones de calidad de servicio de una especificación de flujo, el maestro puede necesitar reorganizar la ubicación y tamaño de las TXOP que han sido asignadas a otros flujos para "hacer sitio" a fin de añadir el nuevo flujo. El maestro intenta acomodar los nuevos flujos en el tiempo disponible en el medio antes de reorganizar otros flujos a fin de identificar adecuadamente el efecto que ello tendría en el plan de acceso al medio (MAP) y para NO introducir latencia ni fluctuación de fase (aunque sea transitoria) en otros flujos.

Si la prueba de control de admisión tiene éxito y el flujo solicitado puede establecerse o modificarse de conformidad con los parámetros especificados, el maestro reservará los recursos en el medio para el flujo y anunciará dicha reserva en el MAP.

Para más información sobre el protocolo señalización de flujo, véase 10.17.

9.6 Soporte de la calidad de servicio en el modo de funcionamiento AMAC

Cuando el modo de funcionamiento es AMAC G.9954, la calidad de servicio se soporta mediante una combinación de calidad de servicio basada en prioridades del tipo G.9951/2 y especificaciones de flujo a nivel de servicio, tal como se describe en 9.2.

En el modo AMAC, los nodos G.9954 pueden establecer, modificar o suprimir flujos de manera similar a como se hace en el modo de funcionamiento SMAC, utilizando el *protocolo de señalización de flujo*. La señalización de flujos sólo se realizará entre dispositivos origen y destino.

La información incluida en la especificación del flujo puede utilizarse para permitir la transmisión de datos en modo asíncrono. Los campos de la especificación de flujo que son relevantes en el modo AMAC, así como su semántica se definen en 9.2 y sus subcláusulas.

NOTA – La utilización de especificaciones de flujo en el modo AMAC permite un grado de control más detallado sobre los parámetros utilizados para la transmisión de paquetes en el medio. Sin embargo, en el modo AMAC no existe el requisito de que los flujos sean gestionados explícitamente. La agregación, la selección de prioridad, etc. pueden seguir realizándose bajo la dirección de capas superiores del protocolo y de convergencia. Ésta es una decisión propia de cada implementación.

10 Especificación del protocolo de la capa de enlace

10.1 Visión general

Esta Recomendación especifica el formato de la capa de enlace que debe utilizarse para estaciones G.9954. Además, en el caso de tramas identificadas mediante el valor Ethernet asignado por el IEEE (0x886c) en el campo tipo/longitud de la trama, dichas tramas incluyen la funcionalidad de control de enlace, proporcionándose en esta especificación definiciones relativas a dicha funcionalidad.

La subcapa LLC es responsable de las funciones de control de enlace. En particular, es responsable de gestionar la información relativa a las conexiones de red, de hacer cumplir las limitaciones asociadas a la clase de servicio (CoS) y la calidad de servicio (QoS) definidas para los diversos flujos de servicios, y de asegurar una transmisión robusta de los datos mediante la negociación de velocidad, técnicas opcionales de codificación Reed-Solomon y técnicas de petición automática de repetición (ARQ).

En la capa de enlace G.9954 se definen las siguientes funciones de control de enlace:

- Negociación de velocidad.
- Integridad del enlace.
- Anuncio de capacidades.
- Petición de repetición automática limitada (LARQ, *limited automatic repeat request*).
- Capacidad de ráfagas de tramas.
- Sincronización del ciclo MAC.
- Registro.
- Señalización de flujo.
- Selección de maestro.
- Protocolo de certificación.
- Protocolo de gestión de colisión.
- Encapsulado Reed Solomon.
- Informe de indicación de tiempo.

Estas funciones de enlace utilizan tramas de control para transportar mensajes del protocolo entre estaciones. G.9954 incluye un mecanismo normalizado para el control y encapsulado de red de capa de enlace. Los subtipos individuales diferencian aún más entre tramas de control. Las entidades de control de enlace pueden implementarse en hardware o software. La capa 3 (IP) del protocolo de red no tiene visibilidad de las tramas de control de enlace, no transportándose éstas en modo puente entre segmentos de la red.

10.1.1 Perfil de soporte mínimo del protocolo de enlace para protocolos de enlace G.9954

El perfil de soporte mínimo del protocolo de enlace para protocolos de enlace G.9954 permite implementaciones menos complejas de esta Recomendación. Aunque todos los protocolos de control tienen una función importante para la operación de la red, es posible implementar un subconjunto mínimo de protocolos de la capa de enlace que sean compatibles con las implementaciones plenamente funcionales y que no resten prestaciones globales de otras estaciones. En el resto de esta Recomendación se utilizará como nombre abreviado "perfil mínimo".

En el resto de esta Recomendación se da por supuesto que se soportan todos los protocolos de enlace, a lo que se denomina perfil de soporte total del protocolo de enlace, salvo que explícitamente se mencione el perfil mínimo.

Un dispositivo G.9954 que soporte un perfil mínimo soportará los siguientes protocolos de la capa de enlace G.9954:

- Negociación de velocidad mínima.
- Integridad de enlace.
- Anuncio de capacidades.
- Sincronización del ciclo MAC.
- Ráfagas de tramas.
- Protocolo de certificación.
- LARQ mínima.

Dicho dispositivo puede sincronizarse con el ciclo MAC síncrono generado por el maestro y limitar sus transmisiones a las TXOP no asignadas (contienda) definidas en el plan de acceso al medio (MAP) del maestro. El acceso al medio se realiza de conformidad con las reglas de transmisión AMAC basadas en la existencia de prioridades. Las ráfagas de tramas se utilizan para utilizar el medio de forma más eficiente. La negociación de velocidad se realiza en canales lógicos entre dispositivos origen y destino.

10.1.2 Dispositivos G.9954 con contratos de calidad de servicio

Además de los protocolos de capa de enlace del perfil mínimo anterior, un dispositivo G.9954 que soporte contratos de calidad de servicio también soportará los siguientes protocolos de capa de enlace G.9954:

- Admisión de red.
- Señalización de flujo (dispositivo punto extremo).

Dicho dispositivo realizará todas las funciones de un dispositivo G.9954 de perfil mínimo y podrá gestionar *flujos* con contratos de calidad de servicio, solicitar reservas de anchura de banda y realizar negociación de velocidad y LARQ al nivel de flujo (granularidad).

10.1.3 Dispositivo G.9954 con capacidad para ser maestro

Un dispositivo G.9954 con capacidad para ser maestro de red, que para abreviar se denomina dispositivo con capacidad de maestro, tendrá capacidad para soportar, además de los protocolos de la capa de enlace anteriormente señalados, los protocolos de capa de enlace G.9954 siguientes:

- Selección dinámica de maestro.
- Generación de ciclo MAC.
- Señalización de flujo (dispositivo maestro).
- Información de sello de tiempo (referencia de reloj maestra).

Un dispositivo con capacidad de maestro podrá asumir el papel de maestro en una red sin maestro y generar ciclos MAC periódicos para el funcionamiento en modo síncrono. Podrá intervenir en la

señalización de flujo para convertir peticiones de señalización de flujo en entradas al elemento programador. Un dispositivo capaz de ser maestro también podrá actuar como referencia de reloj maestra, anunciando periódicamente su reloj interno de forma que los dispositivos puntos extremos sincronicen sus relojes locales al reloj interno del maestro.

10.1.4 Protocolos opcionales de la capa de enlace G.9954

Los protocolos siguientes son opcionales para todos los dispositivos G.9954:

- Información de indicación de tiempo (punto extremo esclavo).
- Protocolo de gestión de colisiones.
- Encapsulado Reed Solomon.

10.2 Formato básico de trama de capa de enlace

El formato básico de trama de capa de enlace se describe en el cuadro 10-1.

Cuadro 10-1/G.9954 – Formato básico de trama de capa de enlace

Campo	Longitud	Explicación
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	Ethertype para Ethernet. Valor arbitrario. Si es 0x886c (Trama del protocolo de enlace PNT. Asignado por el IEEE) la trama es de control del protocolo de enlace.
Datos	Variable	Datos de la cabida útil
Relleno	Variable	Relleno (si se requiere para alcanzar la longitud de trama mínima)
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT, descrita en 10.2.1

El formato básico de trama de capa de enlace G.9954 se basa en el formato de trama Ethernet IEEE 802.3 (sin incluir el preámbulo y los campos SFD de IEEE 802.3) con una secuencia adicional de verificación de trama CRC-16. Los campos de bits de la trama PNT que comiencen por el campo dirección destino (DA) y terminen por el campo FCS son idénticos a los correspondientes campos descritos en IEEE 802.3 (véase la figura 10-1), y se hace referencia a ellos como trama Ethernet de nivel de enlace. Los bits de una trama Ethernet de nivel físico (PHY) tienen un preámbulo Ethernet y bits del delimitador de inicio de trama (SFD, *start-frame-delimiter*) situados antes de la trama de nivel de enlace, dichos bits no existen en las tramas G.9954.

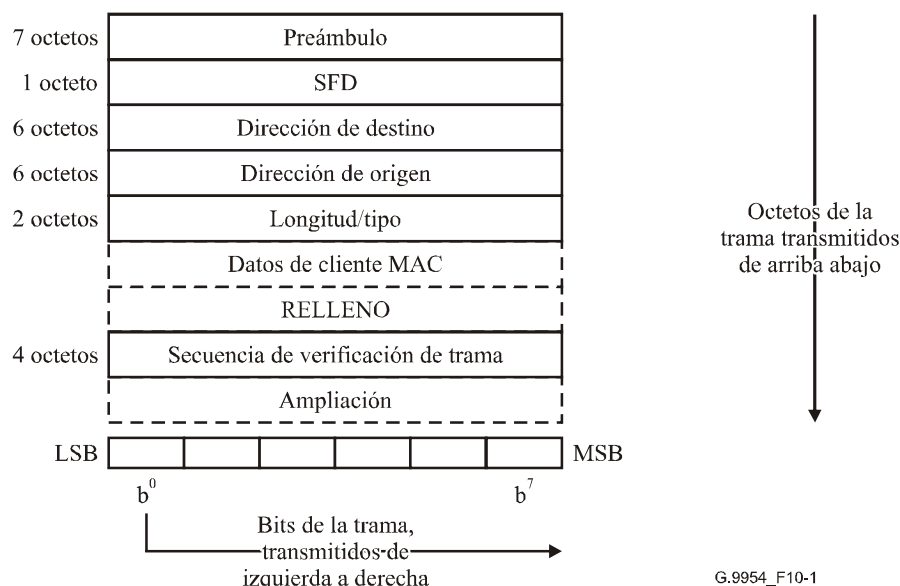


Figura 10-1/G.9954 – Formato de trama Ethernet de nivel PHY

Se pretende que las direcciones MAC Ethernet asignadas por el IEEE se utilicen como dirección destino (DA, *destination address*) y dirección origen (SA).

La trama Ethernet de nivel de enlace consta de un número entero de octetos.

Después de la secuencia de verificación de trama, se añade CRC-16 adicional, tal como se describe en 10.2.1.

En los formatos de trama aquí definidos, antes de ser transmitida, la trama de control de enlace se convierte en una trama de capa física G.9954 añadiendo campos preámbulo, control de trama, RELLENO y EOF tal como se muestra en la figura 6-2.

10.2.1 CRC-16

La verificación por redundancia cíclica (CRC) de 16 bits se calculará como una función del contenido de la trama de nivel de enlace Ethernet (no aleatorizada) en el orden de transmisión, comenzando con el primer bit del campo DA y terminando con el último bit del campo FCS. La codificación se define mediante el siguiente polinomio generador

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

Matemáticamente, el valor CRC correspondiente a una trama dada se define mediante el procedimiento siguiente:

Se complementan (invierten) los primeros 16 bits de la trama en el orden de transmisión.

Los n bits de la trama en el orden de transmisión se consideran los coeficientes de un polinomio $M(x)$ de grado $n - 1$ (el primer bit del campo dirección destino corresponde al término $x^{(n-1)}$ y el último bit del campo FCS al término x^0).

$M(x)$ se multiplica por x^{16} y se divide por $G(x)$, generando un resto $R(x)$ de grado ≤ 15 .

Los coeficientes de $R(x)$ se consideran una secuencia de 16 bits.

Se complementa (invierte) la secuencia de bits y el resultado es CRC.

Los 16 bits del CRC se colocan en el campo CRC-16 de forma que x^{15} sea el bit menos significativo del primer octeto, y el término x^0 el bit más significativo del último octeto (por tanto, los bits de CRC se transmiten en el orden $x^{15}, x^{14}, \dots, x^1, x^0$.)

NOTA – El CRC-16 de PNT, conjuntamente con la FCS Ethernet, proporcionan una mayor protección frente a errores no detectados que sólo la FCS. Ello está causado por factores ambientales que a menudo provocan una tasa de errores de trama (FER, *frame error rate*) varios órdenes de magnitud superiores a los de Ethernet, haciendo que la FCS sea por sí misma insuficiente.

10.3 Tramas de control de capa de enlace

Las tramas de capa de enlace cuyos ethertypes sean **0x886c** son **tramas de control de capa de enlace**. Estas tramas no están basadas en el formato de trama Ethernet IEEE 802.3. Existen dos formatos básicos para una trama de control de enlace, un subtipo largo y un subtipo corto. El formato de subtipo largo está diseñado para la especificación futura de tramas de control en las que la información de control supere los 256 octetos. Las tramas de control y encapsulado descritas en esta especificación utilizan el formato de subtipo corto.

En los formatos de trama que se definen a continuación, antes de transmitir la trama de control de enlace ésta se convierte en una trama de capa física añadiendo los campos preámbulo, control de trama, RELLENO y EOF tal como se muestra en la figura 6-2.

10.3.1 Formato corto

La trama de control de capa de enlace de formato corto se define en el cuadro 10-2. El campo SSVersion debe ser utilizado por todos los protocolos que utilizan el encabezamiento de trama de control de enlace de forma corto. Este campo especifica cuál es la versión utilizada del formato de información de control. Ello permite la ampliación futura de cada SSType.

Cuadro 10-2/G.9954 – Trama de control de enlace de formato corto

Campo	Longitud	Explicación
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886 (trama del protocolo de enlace PNT asignada por el IEEE)
SSType	1 octeto	0-127 asignado por PNT 0 Reservado 1 Trama de control de petición de velocidad 2 Trama corta de integridad de enlace 3 Anuncio de capacidades 4 LARQ 5 Tipo de formato corto específico de suministrador 6 Ráfaga de trama 7 Selección dinámica de maestro 8 Indicación de informe de sello de tiempo 9-127 Reservados Los valores 128-255 son para el subtipo largo.
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion (o el primer octeto a continuación de SLength si no está definido como versión SSVersion) y terminando con el segundo (último) octeto del campo EtherType siguiente. Mínimo es 2 y máximo es 255.
SSVersion	1 octeto	Número de versión de la información de control
Datos de control	0-252 octetos	Información de control
EtherType siguiente	2 octetos	EtherType/longitud del protocolo de capa siguiente, 0 si no existe ninguno
Datos de cabida útil	Variable	Si no es una trama de encapsulación, este campo es de longitud 0.
Relleno	41-0 octetos	Relleno requerido para satisfacer el mínimo si datos <41 octetos
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

SSLength debe verificarse para asegurar que existe suficiente información de control. Los nuevos formatos de trama, retrocompatibles, pueden contener campos de datos fijos adicionales, pero siempre deben contener los campos fijos especificados en formatos anteriores. Las implementaciones del protocolo deben interpretar todas las tramas SSType soportadas mediante la SSVersion soportada más reciente que sea menor que o igual a la SSVersion indicada en la trama recibida. Los campos desconocidos se ignoran. Los datos encapsulados de las SSVersions no soportadas (las más recientes) de las tramas SSType de encapsulación soportadas se pasarán a la capa superior. La ampliabilidad del protocolo se trata en 10.10.

El campo EtherType siguiente se requiere para todos los encabezamientos de trama de control de enlace de formato corto. Entre otras cosas, es retrocompatible al permitir que los receptores siempre puedan quitar los encabezamientos de capa de enlace de formato corto. Si el campo EtherType siguiente es cero, la trama es del tipo de control básico y debería eliminarse después de procesar la información de control que contiene. El campo EtherType siguiente siempre está constituido por los dos octetos últimos del encabezamiento de control. La posición del campo EtherType siguiente en la trama se determinará utilizando el campo SLength con objeto de asegurar la compatibilidad hacia adelante.

Si el campo Ethertype siguiente es distinto de cero, la trama es una trama de control de *encapsulación*. Una trama de datos encapsulada es una trama de control de encapsulación con cualquier campo Ethertype siguiente que sea distinto a x0000 ó x886C. Los receptores G.9954 serán capaces de suprimir al menos un encabezamiento de trama de control de enlace de formato corto de encapsulación de cualquier trama de datos encapsulada recibida. Cuando la especificación restringe el valor del campo Ethertype siguiente a x0000 para una trama de control de capa de enlace específica SSType o LSType, no se permite la encapsulación de tramas de datos cuando se utiliza ese tipo de trama de control de capa de enlace. El único tipo de trama de capa de enlace que soporta la encapsulación de tramas de datos es la trama LARQ.

Si el receptor no comprende el SSType (un hecho anunciado posiblemente mediante futuras opciones de CSA), se ignora la trama. Obsérvese que se requiere que todos los nodos comprendan el SSType LARQ (aunque no se requiere que implementen LARQ). La ampliabilidad del protocolo se trata en 10.10.

El encabezamiento y el segmento final de las tramas Ethernet normales están sombreadas en gris, con objeto de resaltar los formatos de las tramas de información de control.

10.3.2 Formato largo

La trama de control de enlace de formato largo se define en el cuadro 10-3. Se utiliza una LSVersion, similar a la SSVersion, para los subtipos de formato largo. Es necesario un campo Ethertype siguiente para todos los subtipos de formato largo. Si el receptor no comprende los subtipos de formato largo (valores LSType) (un hecho anunciado posiblemente a través de futuras opciones de CSA) la trama será ignorada. Los requisitos de procesamiento con respecto a la compatibilidad hacia adelante, desechar los tipos de tramas desconocidos con el campo Ethertype siguiente (Next_Ethertype) = 0, y la supresión de los encabezamientos de formato largo con Ethertype siguiente != 0, son idénticos a los de los encabezamientos de tramas de control de formato corto.

Cuadro 10-3/G.9954 – Trama del protocolo de enlace de formato largo

Campo	Longitud	Explicación
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama del protocolo de enlace PNT asignada por el IEEE)
LSType	2 octetos	32768 Reservado 32769 Formato largo específico del suministrador 32770 Protocolo de certificación 32771 Encabezamiento de encapsulación Reed Solomon 32772 Protocolo de sincronización MAP 32773 Protocolo de admisión de red 32774 Protocolo de señalización de flujo 32775 a 65534 Reservados, asignados por PNT 65535 Reservado
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion (o el primer octeto a continuación de SSLength si no está definido como SSVersion) y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. Mínimo es 2 y máximo 65535
LSVersion	1 octeto	Número de versión de la siguiente información de protocolo
Datos	LSLength – 3 octetos	Datos dependientes del protocolo LSType
Ethertype siguiente	2 octetos	Ethertype/longitud del protocolo de capa siguiente, 0 si no existe ninguno
Datos de cabida útil	Longitud Variable	Si no es una trama de encapsulación, este campo es de longitud 0.
Relleno	42-0 octetos	Relleno a tamaño mínimo si es necesario
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT.

10.3.3 Orden de transmisión

El orden de transmisión en la red de los campos de trama que figuran en cada cuadro es de arriba a abajo.

Dentro de un campo, el octeto más significativo es el primer octeto del campo a transmitir, con el LSB de cada octeto transmitido en primer lugar. Los octetos subsiguientes dentro de un campo se transmiten en orden decreciente de importancia.

Cuando los subcampos se representan en cualquier cuadro, el orden mostrado es decreciente en importancia de arriba a abajo del cuadro.

10.4 Función de control de negociación de velocidad

La modulación de la cabida útil PHY puede utilizar constelaciones de 2 a 8 bits por símbolo y una de las diversas *bandas* definidas constituidas por combinaciones de velocidad en baudios, tipo de modulación y máscara espectral. Para algunas bandas, existen constelaciones opcionales de 8, 9 y 10 bits por símbolo, véase 6.3.3.4.

La codificación de la cabida útil (PE) que puede conseguirse es función de la calidad del canal entre origen y destino, siendo, en general, diferente la calidad del canal entre cada pareja de estaciones en función de la topología de cableado y las degradaciones específicas del canal. Por lo tanto, la función de negociación de velocidad en una estación destino utiliza tramas de control de petición de velocidad (RRCF, *rate request control frame*) para proporcionar información a la estación origen en cuanto a la codificación de cabida útil que ésta deberá utilizar para codificar tramas futuras enviadas a ese destino, y para generar tramas de prueba que ayuden al receptor a seleccionar la banda más apropiada.

Tanto la política que utiliza la estación destino para seleccionar la codificación de cabida útil deseada como la política que utiliza para decidir cuándo transmitir tramas de control de petición de velocidad, son función de la implementación. Las estaciones deben evitar las políticas de transmisión que resulten en un tráfico RRCF excesivo.

La negociación de velocidad en esta Recomendación es similar a la definida en la Rec. UIT-T G.9951/2 excepto en que el significado de un canal lógico (véase en 10.4.3.1 los términos y definiciones) en G.9954 se ha ampliado para incluir el canal lógico definido por las tuplas { dirección origen, dirección destino, prioridad } y { dirección origen, dirección destino, ID de flujo }. Esta ampliación permite un grado de control fino sobre la velocidad seleccionada para el canal lógico gracias a que es posible negociar distintas velocidades de cada canal lógico, incluso cuando los diversos canales se establecen entre la misma pareja origen – destino. Dado que cada canal lógico representa un servicio o flujo distinto, posiblemente con requisitos de BER/PER diferentes, la negociación de velocidad es adaptable para cada servicio.

El objetivo de la negociación de velocidad es seleccionar la codificación de la cabida útil que consiga la velocidad binaria bruta más elevada manteniendo los requisitos de BER/PER del canal lógico.

10.4.1 Formato de la trama de control de petición de velocidad (RRCF)

El formato de la trama de control de petición de velocidad (RRCF) especifica la mayor constelación (bits por símbolo) que el receptor (ReqDA) desea utilizar en un modo dado, o bien indica que no se soporta una determinada banda. (Véase el cuadro 10-4.)

Cuadro 10-4/G.9954 – Definición de una trama de control de petición de velocidad

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	=SUBTYPE_RATE (1)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales del encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. El valor mínimo de SSLength es 18 para SSVersion 0.
SSVersion	1 octeto	= 0
OpCode	1 octeto	Código de funcionamiento para este mensaje de control. Véanse las definiciones en el cuadro 10-6
NumBands	1 octeto	Número de bandas que se especifica en este control. Cada banda tiene un descriptor de dos octetos Las bandas hacen referencia al tipo de modulación. <i>Banda Referencia</i> 1 Máscara espectral #1, modulación de 2 Mbaudios 2 Máscara espectral #1, modulación de 4 Mbaudios 3 Máscara espectral #2, modulación de 2 Mbaudios 4 Máscara espectral #2, modulación de 4 Mbaudios 5 Máscara espectral #2, modulación de 8 Mbaudios 6 Máscara espectral #2, modulación de 16 Mbaudios 7 Máscara espectral #3, modulación de 2 Mbaudios 8 Máscara espectral #3, modulación de 6 Mbaudios 9 Máscara espectral #3, modulación de 12 Mbaudios 10 Máscara espectral #3, modulación de 24 Mbaudios NumBands será 6 ó 10 en transmisiones de estaciones G.9954, ignorando las estaciones cualquier valor superior a Band10 en recepción si NumBands es mayor de 10. No se permite el valor 0. Los valores mayores de 6 pueden ser ignorados si la estación G.9954 no soporta la máscara espectral #3.
NumAddr	1 octeto	Número de direcciones especificadas en la cabida útil de este mensaje de control. NumAddr puede ser cero. Siempre se utiliza la SA en el encabezamiento Ethernet, y se hace referencia a ella en las cláusulas siguientes como RefAddr0.
Band1_PE	1 octeto	Valor de PE que debería utilizarse para transmitir datos cuando se selecciona la banda 1.
Band1_rank	1 octeto	Orden de clasificación de la preferencia de ReqDAs para esta banda. 1 es la preferencia más alta, asignándose a las restantes bandas valores de clasificación sucesivamente mayores.
...		Ejemplares adicionales de la información de banda
BandN_PE	1 octeto	Valor de PE que debería utilizarse para transmitir datos cuando se selecciona la banda N.

Cuadro 10-4/G.9954 – Definición de una trama de control de petición de velocidad

Campo	Longitud	Significado
BandN_rank	1 octeto	El orden de clasificación de la preferencia de ReqDAs para esta banda, 1 es la preferencia más alta, y a las restantes bandas se les asignan valores de clasificación sucesivamente mayores
RefAddr1	6 octetos	Facultativo. Presente si NumAddr $\geq$ 1. La segunda dirección MAC para la cual se especifican las velocidades. Solamente se permiten los tipos de dirección difusión y multidifusión.
RefAddr2	6 octetos	Facultativo. Presente si NumAddr $\geq$ 2. La tercera dirección MAC para la cual se especifican las velocidades. Solamente se permiten los tipos de dirección difusión y multidifusión.
• • •		[ejemplares adicionales de RefAddr, hasta que el número de los campos RefAddr es igual a NumAddr].
[Ampliaciones de TLV adicionales]		Información de ampliación de ID de flujo/ prioridad. Véase 10.4.2 .
Siguiente Ethertype	2 octetos	= 0
Relleno		Para alcanzar la longitud mínima de trama (minFrameSize), si se requiere
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

En versiones futuras de esta Recomendación podrán existir bandas adicionales, que podrán ser descritas mediante descriptores de banda {PE, clasificación} añadidas después de la banda 10. Si existen bandas adicionales, sus descriptores estarán entre BandN_Rank y RefAddr1, y las estaciones G.9954 tendrán en cuenta su presencia cuando determinen la ubicación de la lista RefAddr.

Las estaciones G.9954 ignorarán cualquier especificación de banda superior a Numbands = 10. Si un receptor no especifica una banda en un RRCF, o especifica PE = 0 para una banda, los transmisores no utilizarán dicha banda. Para permitir la determinación inequívoca de qué bandas están presentes conforme se añaden nuevas bandas, las bandas no soportadas que intervengan deben utilizar PE = 0 para indicar no utilización. Las bandas solo pueden ser no especificadas si a continuación no hay ninguna información de banda.

Los campos NumBands y NumAddr se sitúan uno junto otro de forma que todos los campos fijos pueden ser referenciados en posiciones conocidas y con un desplazamiento fijo en la trama.

En el cuadro 10-5 se describen los valores asignados que pueden existir en los casos de descripción de banda de la trama de control de petición de velocidad.

Cuadro 10-5/G.9954 – Valores PE para las tramas de control de petición de velocidad

PE	Velocidad de datos	Significado
0	N/A	Significa que esta banda no se soporta
1	4 Mbit/s	Máscara espectral #1, FDQAM 2 Mbaudios, 2 bits por símbolo
2	6 Mbit/s	Máscara espectral #1, FDQAM 2 Mbaudios, 3 bits por símbolo
3	8 Mbit/s	Máscara espectral #1, FDQAM 2 Mbaudios, 4 bits por símbolo
4	10 Mbit/s	Máscara espectral #1, FDQAM 2 Mbaudios, 5 bits por símbolo
5	12 Mbit/s	Máscara espectral #1, FDQAM 2 Mbaudios, 6 bits por símbolo
6	14 Mbit/s	Máscara espectral #1, FDQAM 2 Mbaudios, 7 bits por símbolo
7	16 Mbit/s	Máscara espectral #1, FDQAM 2 Mbaudios, 8 bits por símbolo
8	1 Mbit/s	Reservado para sistemas heredados
9	8 Mbit/s	Máscara espectral #1, QAM 4 Mbaudios, 2 bits por símbolo
10	12 Mbit/s	Máscara espectral #1, QAM 4 Mbaudios, 3 bits por símbolo
11	16 Mbit/s	Máscara espectral #1, QAM 4 Mbaudios, 4 bits por símbolo
12	20 Mbit/s	Máscara espectral #1, QAM 4 Mbaudios, 5 bits por símbolo
13	24 Mbit/s	Máscara espectral #1, QAM 4 Mbaudios, 6 bits por símbolo
14	28 Mbit/s	Máscara espectral #1, QAM 4 Mbaudios, 7 bits por símbolo
15	32 Mbit/s	Máscara espectral #1, QAM 4 Mbaudios, 8 bits por símbolo
16-32	N/A	Reservada
33	4 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, 2 bits por símbolo
34	6 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, 3 bits por símbolo
35	8 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, 4 bits por símbolo
36	10 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, 5 bits por símbolo
37	12 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, 6 bits por símbolo
38	14 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, 7 bits por símbolo
39	32 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, 8 bits por símbolo
40	N/A	Reservada
41	8 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, 2 bits por símbolo
42	12 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, 3 bits por símbolo
43	16 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, 4 bits por símbolo
44	20 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, 5 bits por símbolo
45	24 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, 6 bits por símbolo
46	28 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, 7 bits por símbolo
47	32 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, 8 bits por símbolo
48	N/A	Reservada
49	16 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, 2 bits por símbolo
50	24 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, 3 bits por símbolo
51	32 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, 4 bits por símbolo

Cuadro 10-5/G.9954 – Valores PE para las tramas de control de petición de velocidad

PE	Velocidad de datos	Significado
52	40 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, 5 bits por símbolo
53	48 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, 6 bits por símbolo
54	56 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, 7 bits por símbolo
55	64 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, 8 bits por símbolo
56	N/A	Reservada
57	32 Mbit/s	Máscara espectral #2, QAM 16 Mbaudios, 2 bits por símbolo
58	48 Mbit/s	Máscara espectral #2, QAM 16 Mbaudios, 3 bits por símbolo
59	64 Mbit/s	Máscara espectral #2, QAM 16 Mbaudios, 4 bits por símbolo
60	80 Mbit/s	Máscara espectral #2, QAM 16 Mbaudios, 5 bits por símbolo
61	96 Mbit/s	Máscara espectral #2, QAM 16 Mbaudios, 6 bits por símbolo
62	112 Mbit/s	Máscara espectral #2, QAM 16 Mbaudios, 7 bits por símbolo
63	128 Mbit/s	Máscara espectral #2, QAM 16 Mbaudios, 8 bits por símbolo
64		Reservada
65	4 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, 2 bits por símbolo
66	6 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, 3 bits por símbolo
67	8 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, 4 bits por símbolo
68	10 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, 5 bits por símbolo
69	12 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, 6 bits por símbolo
70	14 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, 7 bits por símbolo
71	16 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, 8 bits por símbolo
72	N/A	Reservada
73	12 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, 2 bits por símbolo
74	18 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, 3 bits por símbolo
75	24 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, 4 bits por símbolo
76	30 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, 5 bits por símbolo
77	36 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, 6 bits por símbolo
78	42 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, 7 bits por símbolo
79	48 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, 8 bits por símbolo
80	N/A	Reservada
81	24 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, 2 bits por símbolo
82	36 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, 3 bits por símbolo
83	48 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, 4 bits por símbolo
84	60 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, 5 bits por símbolo
85	72 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, 6 bits por símbolo
86	84 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, 7 bits por símbolo
87	96 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, 8 bits por símbolo
88	N/A	Reservada

Cuadro 10-5/G.9954 – Valores PE para las tramas de control de petición de velocidad

PE	Velocidad de datos	Significado
89	48 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, 2 bits por símbolo
90	72 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, 3 bits por símbolo
91	96 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, 4 bits por símbolo
92	120 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, 5 bits por símbolo
93	144 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, 6 bits por símbolo
94	168 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, 7 bits por símbolo
95	192 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, 8 bits por símbolo
96-159	N/A	Reservada
160	16 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
161	18 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
162	20 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 2 Mbaudios, constelación de 10 círculos; 10 bits por símbolo
163-167	N/A	Reservada
168	32 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
169	36 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
170	40 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 4 Mbaudios, constelación de 10 círculos; 10 bits por símbolo
171-175	N/A	Reservada
176	64 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
177	72 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
178	80 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 8 Mbaudios, constelación de 10 círculos; 10 bits por símbolo
179-183	N/A	Reservada
184	128 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 16 Mbaudios, constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
185	144 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 16 Mbaudios, constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
186	160 Mbit/s	Máscara espectral #2, FDQAM 16 Mbaudios, constelación de 10 círculos; 10 bits por símbolo
187-191	N/A	Reservada
192	16 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
193	18 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
194	20 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 2 Mbaudios, constelación de 10 círculos;

Cuadro 10-5/G.9954 – Valores PE para las tramas de control de petición de velocidad

PE	Velocidad de datos	Significado
		10 bits por símbolo
195-199	N/A	Reservada
200	48 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
201	54 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
202	60 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 6 Mbaudios, constelación de 10 círculos; 10 bits por símbolo
203-207	N/A	Reservada
208	96 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
209	108 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
210	120 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 12 Mbaudios, constelación de 10 círculos; 10 bits por símbolo
211-215	N/A	Reservada
216	192 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, constelación de 8 círculos; 8 bits por símbolo
217	216 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, constelación de 9 círculos; 9 bits por símbolo
218	240 Mbit/s	Máscara espectral #3, FDQAM 24 Mbaudios, constelación de 10 círculos; 10 bits por símbolo
219-255	N/A	Reservada

En el cuadro 10-6 se describen los valores que pueden estar presentes en la entrada OpCode de la trama de control de petición de velocidad.

Cuadro 10-6/G.9954 – Valores OpCode en las tramas de control de petición de velocidad

OpCode	Significado
0	Petición de cambio de velocidad
1	Petición de prueba de velocidad
2	Respuesta a prueba de velocidad
3-255	Reservado

10.4.2 Indicación del receptor del canal lógico. Ampliación TLV del subtipo SUBTYPE_RATE del LCP

Para soportar la negociación de velocidad en un canal lógico definido por { dirección origen, dirección destino, prioridad } o { dirección origen, dirección destino, ID de flujo } se define una ampliación TLV de la trama de control de petición de velocidad (RRCF).

Se incluyen dos parámetros adicionales para cada RefAddr definida en la RRCF. Estos parámetros indican la prioridad o identificador de flujo del canal lógico cuya dirección origen es la DA presente en el encabezamiento Ethernet de la trama RRCF y cuya dirección destino = RefAddr<n>.

En la negociación de velocidad se definen los tres tipos de canales lógicos siguientes:

- 1) Canal sencillo – Equivalente a la definición de G.9951/2 de canal lógico, definido mediante la pareja { dirección origen, dirección destino }. No se requiere un identificador de canal lógico adicional. Para un canal lógico sencillo, se utilizará $PER=10^{-4}$ como parámetro PER para la selección de velocidad.
- 2) Canal de prioridad LARQ – Equivalente a la definición G.9951/2 de canal lógico, definido mediante la tupla { dirección origen, dirección destino, prioridad }. Para un canal de prioridad LARQ se utilizará $PER=10^{-2}$ como parámetro PER para la selección de velocidad.
- 3) Canal flujo – Define el canal lógico identificado mediante { dirección origen, dirección destino, ID de flujo }. La BER/PER utilizada para la selección de velocidad se define en los parámetros de flujo negociados y señalizados entre origen y destino durante la señalización de flujo. Para más información sobre los parámetros de flujo y el protocolo de señalización de flujo véase 10.17.

La ampliación TLV del identificador de canal lógico es opcional. No obstante, si dicha ampliación existe en la trama RRCF, habrá una pareja de parámetros (RefChanType<n>, RefChanId<n>) para cada RefAddr de la trama (es decir, entradas NumAddr+1). La primera entrada se corresponde con RefAddr0 y la última con RefAddr_{NumAddr} (véase el cuadro 10-7).

Cuadro 10-7/G.9954 – Información de ampliación de ID de flujo/prioridad

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	= 3, Identificador de canal lógico facultativo
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluyendo los octetos etiqueta y longitud. Debe ser $(NumAddr+1) \times 2$. El mínimo es 4
RefChanType0	1 octeto	Tipo de canal lógico definido mediante (DA, RefAddr0, RefId0). El tipo de canal lógico define la semántica de RefId tal como se indica a continuación: 0 Canal sencillo: RefId no está definido 1 Canal de prioridad LARQ: RefId se interpreta como prioridad 2 Canal de flujo: RefId se interpreta como FlowId
RefId0	1 octeto	RefId cumple la semántica que define RefChanType
RefChanType1	1 octeto	Tipo de canal lógico definido mediante (DA, RefAddr1, RefId1). El tipo de canal lógico define la semántica de RefId tal como se indica a continuación: 0 Canal sencillo: RefId no está definido 1 Canal de prioridad LARQ: RefId se interpreta como prioridad 2 Canal de flujo: RefId se interpreta como FlowId
RefId1	1 octeto	RefId cumple la semántica que define RefChanType1
...		[ejemplares adicionales de la información de identificación de canal, hasta que el número de canales es igual a NumAddr+1. El cuadro identificación de canal es facultativo tal como indica el mecanismo de ampliación de TLV. Si la ampliación de TLV no existe, se supone que todos los canales lógicos son canales sencillos. En otro caso, debe haber una entrada de identificación de canal explícita para cada RefAddr definida desde RefAddr0...RefAddr _{NumAddr}]

10.4.3 Términos y definiciones

Cuadro 10-8/G.9954 – Términos y definiciones

Término	Definición
Especificación de banda	Codificación de la cabida útil (PE) y clasificación asociada a una banda determinada. Una banda es una combinación de baudios, tipo de modulación (por ejemplo, QAM o FDQAM) y frecuencia portadora. En esta Recomendación se definen diez bandas.
Canal lógico, canal	Flujo de tramas desde un emisor a uno o más receptores en un solo segmento de red, que consta de todas las tramas con una combinación de 1) DA y SA o 2) DA, SA y prioridad, o 3) DA, SA e ID de flujo. Cada combinación representa un tipo de canal diferente al que se hace referencia como canal sencillo, canal de prioridad LARQ y canal de flujo, respectivamente.
Receptor	Estación que recibe tramas enviadas en un determinado canal. Si el destino es una dirección unidifusión, existe como máximo un receptor. Si el destino es una dirección de grupo (incluyendo difusión), puede haber muchos receptores.
PE de receptor	La PE preferida a utilizar sobre este canal, determinada por el receptor.
RRCF	Trama de control de petición de velocidad. Enviada desde el receptor al emisor para efectuar un cambio en la PE.
RefAddr0	SA incluida en el encabezamiento Ethernet de la trama RRCF. Es la DA del receptor (para el canal) y siempre es utilizada por el emisor del canal como la primera RefAddr procesada.
RefAddr1..RefAddr<n>	Otras direcciones, incluidas las direcciones de difusión y multidifusión para las cuales el receptor indica la información de velocidad al emisor. La dirección de estación del receptor del canal (RefAddr0) no debería colocarse en la lista de RefAddr adicionales. NOTA – Es necesario disponer de al menos un campo RefAddr para soportar la negociación de velocidad para las direcciones de difusión y de multidifusión, ya que éstas no pueden utilizarse como dirección de origen en el encabezamiento Ethernet.
Emisor	Estación emisora para un canal, generalmente la estación que posee la dirección MAC origen.
PE del emisor	PE preferida asociada con un canal, identificada por el emisor.

10.4.3.1 Canales

La negociación de velocidad se define sobre canales lógicos simplex. Se define un canal separado para cada combinación Ethernet 1) DA, SA ó 2) DA, SA y prioridad, ó 3) DA, SA e ID flujo. Las distintas combinaciones representan distintos tipos de canales a los que se hace referencia como: canal sencillo, canal de prioridad LARQ y canal de flujo respectivamente. No existe un procedimiento de establecimiento de canal explícito para canales sencillos y de prioridad LARQ. Implícitamente se define un nuevo canal cuando se recibe un paquete desde una nueva SA o se envía a una nueva DA. Los canales de flujo se establecen mediante señalización de flujo entre los dispositivos origen y destino. Para más información sobre el protocolo de señalización de flujo véase 10.17.

Cada canal tiene un solo emisor pero puede tener múltiples **receptores**. Los **receptores** funcionan independientemente.

10.4.3.2 Transmisión de RRCF

Las tramas de control de petición de velocidad (RRCF) (todas OpCodes) deben enviarse con una prioridad correspondiente a la prioridad 7 de capa de enlace. Las RRCF no deberán enviarse nunca con una prioridad 6 de capa de enlace. Las RRCF pueden enviarse con una prioridad de capa de enlace inferior, de entre el conjunto [5, 4, 3, 0]. Sin embargo, la prioridad de capa de enlace de una RRCF nunca será menor que la prioridad de capa de enlace más alta recibida en los últimos 2 segundos desde la estación a la cual se envía la RRCF. Las peticiones de cambio de velocidad (OpCode = 0) se enviarán siempre con una codificación de máscara espectral #2, FDQAM de 2 Mbaudios a 2 bits por símbolo (PE = 33) cuando el origen del canal es un dispositivo G.9954. Cuando el origen del canal sea un dispositivo G.9954 funcionando en el modo G.9951/2, se utilizará una máscara espectral #1, FDQAM de 2 Mbaudios a 2 bits por símbolo (PE = 1). La selección de codificación para las tramas de petición de prueba de velocidad y las tramas a la respuesta de prueba de velocidad se describe más adelante.

10.4.3.3 Temporizador de intervalos

Cada estación debe mantener un temporizador con un periodo de 128 segundos. No deberá intentarse sincronizar este temporizador entre estaciones. El temporizador no debe modificarse por la recepción o transmisión de ninguna trama. El temporizador de intervalo se utiliza cuando se determina qué nodos han estado transmitiendo activamente hacia direcciones multidifusión y difusión (véase 10.4.4.2) y cuando se envían las RRCF restantes con referencia a direcciones de multidifusión y de difusión (véase 10.4.5.1).

10.4.4 Funcionamiento del emisor

10.4.4.1 Emisor – Transmisión de trama de datos

Se accede a la información de estado del canal lógico para determinar la **PE del emisor** a utilizar en la transmisión. Si es necesario, se crea el canal, y se fija el valor por defecto del **PE del emisor** a PE = 33 (máscara #2, 2Mbaudios y 2 bits por símbolo) si el nodo destino es G.9954 o PE = 1 (máscara #1, 2 bits por símbolo, FDQAM 2 Mbaudios) si el nodo destino es G.9951/2. La información de estado de canal lógico incluye el tipo de nodo (por ejemplo, G.9951/2, G.9954 o desconocido), la PE del emisor y la PE del receptor para cada banda para la que se haya especificado dicha información.

Las transmisiones a nodos G.9951/2 utilizarán codificación de máscara espectral #1.

10.4.4.2 Emisor – Recepción de petición de cambio de velocidad (RRCF OpCode 0)

Por cada una de las RefAddr en la RRCF (comenzando con RefAddr0, la SA de la trama RRCF), se accede a la información de estado de canal lógico, si existe alguna, correspondiente a la RefAddr y opcionalmente a RefId (en adelante referenciada mediante la tupla (RefAddr, [RefId]), donde los corchetes indican que se trata de un elemento *opcional*), y se actualiza la PE del emisor de conformidad con la especificación de banda de la RRCF. Si no existe información de estado de canal lógico para (RefAddr0, [RefId0]) adicionales, la estación puede ignorar dichas direcciones o crear nuevas entradas de estado del canal lógico e inicializar la PE del emisor de conformidad con la especificación de banda de la RRCF.

Para las direcciones de multidifusión y la dirección de difusión, los emisores deberán utilizar una velocidad y una máscara espectral que sea aceptable por todos los nodos que están activamente a la escucha de esa dirección. Las estaciones emisoras pueden obligar a utilizar una PE mínima en sus transmisiones hacia un canal multidifusión dado, basada en información de nivel de aplicación sobre calidad de servicio (QoS). Es deseable transmitir a la mayor velocidad que soporte el canal. Por consiguiente, si una RefAddr es una dirección multidifusión o la dirección de difusión, el emisor deberá utilizar el valor PE que produzca la velocidad binaria bruta más elevada, pero que no será mayor que ninguna de las especificaciones de banda proporcionadas por los nodos que están

activamente a la escucha de esa dirección. Podrá formar parte de los escuchantes multidifusión activos cualquier estación que, en cualquiera de los últimos dos intervalos de 128 segundos, haya:

- 1) enviado una trama a la dirección multidifusión; o
- 2) enviado una RRCF a esta estación con la dirección de multidifusión indicada en la lista RefAddr.

Los escuchantes de difusión activos se definirán como cualquier estación que, en cualquiera de los últimos dos intervalos de 128 segundos, haya:

- 1) enviado cualquier trama a la dirección de difusión; o
- 2) enviado una RRCF a esta estación con la dirección de difusión incluida en la lista RefAddr.

En una red controlada por un maestro, el emisor (es decir, la estación en el origen del canal lógico) actualizará al maestro acerca del cambio en la PE negociada en un canal de flujo. Se notificará el cambio al maestro mediante el parámetro PE de flujo, enviando una petición de modificación de flujo con la nueva PE en cada flujo identificado en el mensaje RRCF.

Este protocolo se ilustra en la figura 10-2.

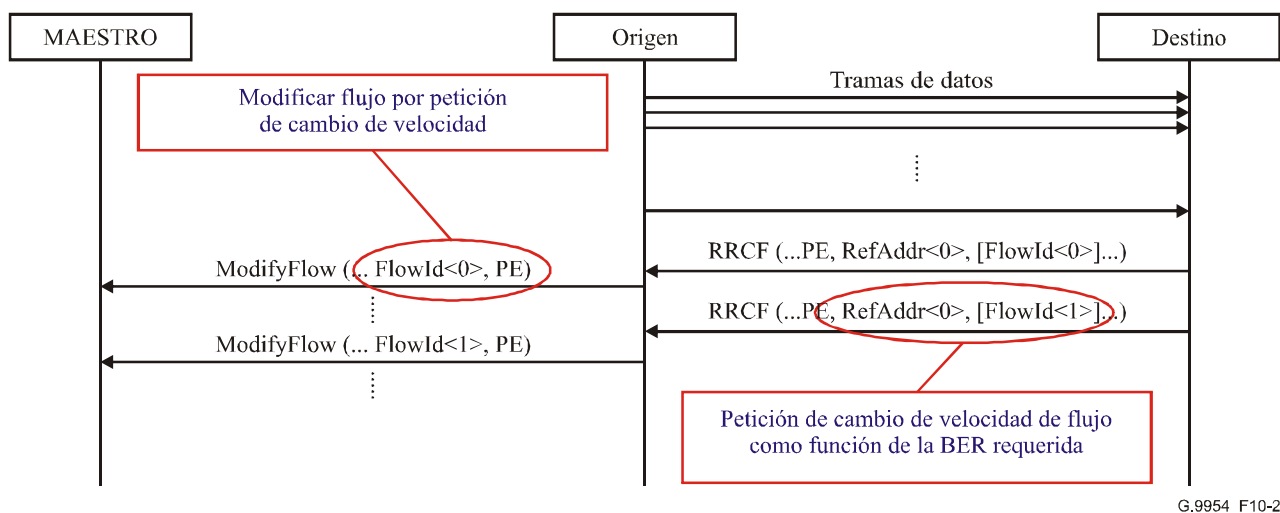


Figura 10-2/G.9954 – Protocolo de negociación de velocidad

10.4.4.3 Emisor – Recepción de una trama de petición de prueba de velocidad (RRCF OpCode 1)

Para cada codificación de banda soportada, se genera una trama de respuesta de prueba de velocidad (RRCF OpCode 2) al solicitante codificada según la codificación de cabida útil especificada. El contenido de la RRCF deberá ser la información de estado del canal lógico actual.

Sólo se requiere que se soporten las tramas de petición de prueba de velocidad en todas las estaciones G.9954.

10.4.4.4 Emisor – Nodos PNT activos

Un nodo PNT activo es cualquier estación desde la cual se haya recibido una trama en cualquiera de los últimos dos intervalos de 128 segundos.

10.4.5 Funcionamiento del receptor

10.4.5.1 Receptor – Recepción de una trama

Se utilizará el siguiente algoritmo básico para limitar el número de RRCF. Las implementaciones alternativas no generarán más RRCF que la implementación propuesta. Los nodos interesados en

recibir tramas de una dirección multidifusión específica, o de la dirección de difusión, proporcionarán un mecanismo que asegure que se recuerde a todos los orígenes de las tramas enviadas a dicha dirección multidifusión (o a la dirección de difusión, según proceda) que dicho nodo desea recibir tramas dirigidas a esa dirección al menos una vez cada 128 segundos (véase 10.4.4.2).

Para cada canal, se mantiene un límite de retroceso de control de velocidad (RCBL, *rate control backoff limit*) cuyo valor oscila entre 1 y 1024, un cómputo de tramas de retroceso de control de velocidad (RCBFC, *rate control backoff frame count*) y una PE del receptor (*receiver_PE*) para cada banda soportada. (Sólo la PE del receptor incluye una matriz de valores de acuerdo con el número de bandas soportadas. Existe un RCBL y un RCBFC por canal.) RCBL se inicializa a 1, y RCBFC a 0. La PE del receptor (Receiver_PE) se inicializará a 0 para la banda 2. No son necesarias otras restricciones sobre la inicialización de la PE del receptor. Si una trama de integridad del enlace se recibe con PE = 1, no se transmitirá ninguna RRFC (compárese con 10.5, relativa a la integridad del enlace).

Para cada trama recibida, se calcula la nueva PE deseada para el canal (*new_pe*) para cada banda. Véase en 10.4.5.1.1 un algoritmo de muestreo para la selección de la PE deseada para una banda. Si la nueva PE deseada es distinta al valor previo de la PE deseada para cualquiera de las bandas soportadas, se pone RCBL a 1 y RCBFC a 0. Se guarda entonces el nuevo valor de la PE deseada (*new_pe*) para cada banda, como valor de la PE del receptor (*receiver_PE*). Si la PE de la trama recibida es distinta de la nueva PE deseada, se incrementa RCBFC en 1. Si RCBFC es mayor o igual que RCBL, se envía una RRFC al origen de la trama, donde el valor de *band1_PE* toma el de *receiver_PE*, para la banda 1, y el valor de *band2_PE* es el de *receiver_PE* para la banda 2, RCBFC se pone a 0, y se dobla RCBL hasta un máximo de 1024. Si está activo un canal multidifusión o difusión (en base a tramas recibidas diferentes de RRFC en los últimos dos intervalos de 128 segundos), y han transcurrido 128 segundos desde que el receptor ha enviado una trama a esa dirección multidifusión o difusión, se transmite una RRFC con la PE del receptor vigente a todos los nodos que hayan enviado tramas a dicha dirección multidifusión o difusión en la que el valor de *RefAddr* es dicha dirección multidifusión o difusión. En una RRFC enviada a un nodo que haya estado activo con varias direcciones multidifusión, pueden agregarse varias direcciones multidifusión. Sin embargo, sólo deberían incluirse direcciones para las que el receptor deseado de la RRFC haya estado activo.

En los mensajes RRFC, las estaciones solicitantes deberían intentar especificar la máxima codificación de cabida útil para la que consideran que la tasa de errores será aceptable a fin de maximizar el caudal agregado de la red.

Como mínimo, en una RRFC siempre se especificará la banda de 2 Mbaudios.

10.4.5.1.1 Ejemplo de algoritmo de selección de codificación de la cabida útil

En esta cláusula se describe un ejemplo de algoritmo adecuado para ser utilizado por dispositivos que implementen una sola banda (Band1) en redes con ruido blanco aditivo y ruido impulsivo. Es posible utilizar otros algoritmos que consigan una optimización superior de la codificación de la cabida útil sobre la base de las condiciones medidas del canal.

Para cada implementación, se compila un cuadro de valores del error cuadrático medio segmentador promedio (ASMSE, *average slicer mean squared error*) que requiere cada codificación de cabida útil (excepto PE = 8) a fin de conseguir una tasa de error de paquetes (PER) de 10^{-3} . Dicho cuadro se define como DOWN_LARQ. Se compila un segundo cuadro con un objetivo de PER de 10^{-6} . Ese cuadro se define como DOWN_NOLARQ. Se define UP_LARQ como DOWN_LARQ, con todos los valores ASMSE disminuidos en 2 dB, y UP_NOLARQ como DOWN_NOLARQ, con todos los valores de ASMSE disminuidos en 2 dB.

Los pasos siguientes describen como seleccionar la nueva codificación de cabida útil deseada para un canal en particular (*new_pe*), cuando se conoce la codificación de cabida útil actual deseada para dicho canal (*curr_pe*) y se recibe una nueva trama en dicho canal:

- 1) Se mantiene una ventana de historia de 16 tramas G.9951/2 por canal. Para cada canal se calcula el valor de ASMSE para todas las tramas de la ventana de historia que no tuvieran un error CRC.
- 2) Si se está en el modo V1M2, se evalúa si existe suficiente margen en el sistema para permitir la detección adecuada de tramas de compatibilidad por canal. Si para un canal dado se determina que dicho margen no existe, se pone *new_pe* = 8 para dicho canal. Si se establece que dicho margen existe y *curr_pe* = 8, se pone *new_pe* = 1. Si se establece que dicho margen existe y *curr_pe* ≠ 8, se pone *new_pe* = *curr_pe*. Si esta estación no soporta la recepción de tramas con formato de compatibilidad, se pone *new_pe* = 8. Si *new_pe* = 8 o *curr_pe* = 8, terminar. En otro caso:
- 3) Si todas las tramas en la ventana de historia se recibieron con un error CRC, se pone *new_pe* = 1 y terminar. En otro caso:
- 4) Si en un canal se está utilizando LARQ, se determina la codificación de la cabida útil de mayor valor del cuadro UP_LARQ que tenga un valor de ASMSE mayor o igual que el valor de ASMSE calculado en el paso 1. Si no se está utilizando LARQ, se utiliza el cuadro UP_NOLARQ. Esta codificación de cabida útil se define como *new_up_pe*.
- 5) Si en un canal se está utilizando LARQ, se determina la codificación de la cabida útil de mayor valor del cuadro DOWN_LARQ que tenga un valor de ASMSE mayor o igual que el valor de ASMSE calculado en el paso 1. Si no se está utilizando LARQ, se utiliza el cuadro DOWN_NOLARQ. Esta codificación de cabida útil se define como *new_down_pe*.
- 6) Si *new_up_pe* > *curr_pe*, se pone *new_pe* = *new_up_pe* y terminar. En otro caso:
- 7) Si *new_down_pe* < *curr_pe*, se pone *new_pe* = *new_down_pe* y terminar. En otro caso:
- 8) Si no se cumplen ni 6 ni 7, se pone *new_pe* = *curr_pe*.

NOTA 1 – La diferencia entre los cuadros de selección de velocidad alta (*up*) y baja (*down*) proporciona un algoritmo con histéresis que permite estabilizar la selección de una codificación de cabida útil en presencia de ligeras variaciones del ASME. Debido a dicha diferencia, las condiciones 6 y 7 no pueden satisfacerse simultáneamente.

NOTA 2 – La combinación de la ventana de historia de 16 tramas con la histéresis de selección evita que el algoritmo de selección de velocidad produzca un número excesivo de cambios de velocidad, al tiempo que permanece con capacidad de respuesta ante cambios significativos en las condiciones del canal.

NOTA 3 – El algoritmo de selección para el valor PE = 8 del paso 2, debe también incluir histéresis a fin de evitar que se cambie de velocidad un número excesivo de veces, al tiempo que permanece con capacidad de respuesta ante cambios significativos en las condiciones del canal.

10.4.5.2 Receptor – Envío de una trama de petición de prueba de velocidad (RRCF OpCode 1)

Periódicamente, pero a una velocidad que no excederá de una vez cada 128 segundos (excepto como se indica más adelante), un receptor puede enviar una trama de petición de prueba de velocidad a un transmisor para probar si el canal puede soportar una banda diferente. Las codificaciones de la banda representan las codificaciones para las que el receptor querría que el emisor generase tramas de prueba. La NumAddr se fijará a 0 en las tramas de petición de prueba de velocidad.

Las tramas de petición de prueba de velocidad deben transmitirse codificadas a la velocidad actual negociada para el canal desde el receptor al emisor.

Se requiere que todas las estaciones soporten las tramas de petición de prueba de velocidad.

10.4.5.3 Receptor – Recepción de una trama de respuesta de prueba de velocidad (RRCF OpCode 2)

Cuando se recibe una trama de respuesta de prueba de velocidad, el receptor debe utilizar las estadísticas de demodulación para esta trama, y cualesquiera tramas de respuesta de prueba de velocidad recibidas previamente que utilicen esta codificación, para tomar una decisión sobre la capacidad del canal para soportar la codificación de banda probada. Si la decisión es que el canal no es capaz de soportar la codificación de banda probada, el receptor no generará otra trama de petición de prueba de velocidad al menos durante 128 segundos. Si la decisión es que el canal es capaz de soportar la codificación de banda probada, el receptor puede repetir la prueba para recabar más datos a una velocidad máxima de una trama de petición de prueba de velocidad cada segundo, con un máximo de 16 pruebas adicionales. En este momento, el receptor debe generar una petición de cambio de velocidad hacia el transmisor especificando la nueva codificación de banda.

Solamente es necesario soportar tramas de respuesta de prueba de velocidad en las estaciones que implementen bandas adicionales posteriores a la banda 1. Las estaciones que sólo implementen la banda 1 pueden descartar en silencio las tramas de respuesta de prueba de velocidad recibidas.

10.5 Función de integridad del enlace

El objetivo de la función de integridad del enlace es proporcionar un medio para que el hardware y/o software determinen si la estación es capaz de recibir tramas de, cómo mínimo, una estación de la red. En ausencia de otro tráfico, una estación transmite periódicamente una trama de control de integridad del enlace (LICF, *link integrity control frame*) a la dirección MAC de difusión, siendo el intervalo entre dichas transmisiones el que resulte de aplicar el método descrito a continuación.

Todas las estaciones implementarán la siguiente función para asegurar que, con una elevada probabilidad, en cualquier intervalo de 1 segundo:

- 1) se envíe al menos una LICF a la dirección MAC de difusión desde la estación en cuestión, o bien,
- 2) se reciba al menos un paquete direccionado a la dirección MAC de difusión desde al menos otras dos estaciones.

Además, todas las estaciones enviarán al menos una trama LICF cada 64 segundos.

El método se describe a continuación:

- Las estaciones DEBERÍAN poder generar la trama de integridad del enlace (LI) existente, incluso estando en el modo inactivo o durmiente. Mientras estén en el modo durmiente o inactivo, las estaciones PNT que no quieren o no pueden ser despertadas NO DEBERÍAN enviar tramas de integridad del enlace.
- Cualquier trama de difusión recibida con un encabezamiento FCS válido puede ser un paquete de enlace. Solamente las tramas LICF deberían tratarse como paquetes de enlace.
- Cada estación mantiene un temporizador que funciona libremente, con un periodo de 1 segundo. No debería intentarse que las estaciones sincronizaran mutuamente este temporizador. El temporizador no debe ser modificado por ninguna transición de estado de enlace o por la recepción de una trama. Este temporizador es el origen del evento fin de temporización utilizado en los estados de integridad del enlace que se muestra en el cuadro 10-9.
- Cada estación mantiene un contador FORCE_SEND de 6 bits que se inicializa con un valor aleatorio entre 30 y 63. Este valor de inicialización puede seleccionarse una vez cuando se arranca el nodo y utilizarse para cada reinicialización del contador FORCE_SEND, o bien puede seleccionarse un nuevo valor aleatorio por cada reinicialización del contador FORCE_SEND.

- La figura 10-3 es una representación gráfica de las transiciones de estado, con cierta pérdida de detalle, tal como la omisión de eventos que no provocan transiciones de estado (y no tienen acciones asociadas), y la coincidencia de múltiples eventos en una sola transición con una descripción más compleja de la acción.



Estado inicial: INHABILITADO, Force_Send inicializado con una valor $30 \leq \text{Force_Send} \leq 63$

Cuadro 10-9/G.9954 – Máquina de estados finitos de integridad del enlace (FSM)

	INHABILITADO (DOWN)	Habilitado-1 (UP-1)	Habilitado 0 (UP0)	Habilitado RX (UP-RX)	Habilitado 1 (UP1)	Habilitado 2 (UP2)
Recibir cualquier no LICF	Habilitado RX (ninguno)	Habilitado RX (ninguno)	Habilitado RX (ninguno)	Habilitado RX (ninguno)	Habilitado 1 (ninguno)	Habilitado 2 (ninguno)
Recibir LICF con SA == SA1	Habilitado 1 Fijar SA1← SA	Habilitado 1 Fijar SA1← SA	Habilitado 1 Fijar SA1← SA	Habilitado 1 Fijar SA1← SA	Habilitado 1 (ninguno)	Habilitado 2 (ninguno)
Recibir LICF con SA != SA1	Habilitado 1 Fijar SA1← SA	Habilitado 1 Fijar SA1← SA	Habilitado 1 Fijar SA1← SA	Habilitado 1 Fijar SA1← SA	Habilitado 2 (ninguno)	Habilitado 2 (ninguno)
Fin de temporiza- ción y Force_ Send == 0	INHABILITADO Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send	INHABILITADO Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send	Habilitado 1 Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send	Habilitado 0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send	Habilitado 0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send	Habilitado 0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send
Fin de temporización y Force_Send > 0	INHABILITADO Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send	INHABILITADO Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send	Habilitado 1 Transmitir LICF ^{a)} , reinicializar Force_Send	Habilitado 0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send	Habilitado 0 Transmitir LICF, reinicializar Force_Send	Habilitado 0 disminuir Force_Send
a) Los dispositivos que pueden transmitir utilizando más de una dirección origen MAC (por ejemplo, un puente) deben transmitir una trama de petición de CSA a la dirección de difusión en lugar de transmitir una LICF en los casos indicados en el cuadro.						

Se indicará la situación de integridad del enlace estando en cualquier estado salvo INHABILITADO. Todas las estaciones deberían incluir un indicador de situación de enlace visible (LSI, *link state indicator*) (por ejemplo, un LED) para indicar la situación de integridad del enlace.

Cuadro 10-10/G.9954 – Trama corta de integridad del enlace

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino = FF FF FF FF FF FF
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_LINK (2)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. El mínimo es 4 para SSVersion 0.
SSVersion	1 octeto	= 0
LI_pad	1 octeto	Se ignora en recepción.
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	40 octetos	Cualquier octeto de valor
FCS	4 octetos	
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

10.6 Anuncio de capacidades y estado

Se define un mecanismo para la negociación, la detección de capacidades y anuncio del estado aplicable en toda la red. Se basa en anuncios de difusión periódicos, denominados anuncios de capacidades y de estado (CSA) enviados en tramas de control CSA (CSACF, *CSA control frame*). Las banderas de estado definidas permiten determinar la versión PNT de una estación, el soporte de

características facultativas, la utilización de la prioridad de capa de enlace, así como la comunicación de instrucciones de configuración de red.

El objetivo del protocolo es distribuir a todas las estaciones el conjunto completo de banderas de estado que se utilizan en la red, de forma que las estaciones puedan tomar decisiones funcionales basadas en dichas banderas sin interacción ulterior alguna.

Las estaciones utilizarán la trama de control CSA descrita en el cuadro 10-11 y las definiciones de las banderas CSA del cuadro 10-12.

Las estaciones transmitirán una trama de control CSA una vez por minuto, o cuando debido a un cambio en el estado vigente de la estación, se requiera el anuncio de nuevas banderas (o la supresión de banderas).

Una estación que transmite una trama de control CSA para anunciar un cambio de estado, enviará una segunda copia de la CSACF más reciente después de un corto intervalo desde la transmisión de la primera, ya que siempre existe la posibilidad de que una trama se pierda debido a cambios temporales en el canal, ruido impulsivo, etc. El intervalo debe seleccionarse aleatoriamente (no simplemente fijarlo), eligiendo un valor de entre 1 y 1000 milisegundos, inclusive.

Las tramas de control CSA se transmiten con una prioridad correspondiente a la prioridad 7 de capa de enlace.

Las tramas de control CSA se transmiten siempre a la dirección de difusión (0xFFFFFFFFFFFF).

La PE de una trama de control CSA se determinará accediendo a la información de canal lógico RRCF para el canal de difusión.

Se define un op-code (código de funcionamiento) de petición para que una estación pueda reunir rápidamente información completa sobre todas las estaciones. Cuando una estación recibe una trama de control CSA con OpCode de petición, trasmite un mensaje de CSA vigente tras un breve retardo, utilizando el mismo mecanismo (y parámetros) que se utilizan para retardar el envío de la segunda copia de los anuncios CSA, anteriormente descrito.

10.6.1 Trama de control CSA

El cuadro 10-11 define el formato de una trama de control de anuncio de capacidades y estado. Los tres primeros campos posteriores al encabezamiento Ethernet incluyen el encabezamiento normalizado para las tramas de control de formato corto.

Cuadro 10-11/G.9954 – Trama de anuncio de capacidades y situación

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino = FF:FF:FF:FF:FF:FF
SA	6 octetos	Dirección origen, que no se corresponde necesariamente con la dirección MAC a la cual se aplica el contenido de la trama (véase CSA_SA).
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SStype	1 octeto	= SUBTYPE_CSA (3)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. El mínimo es 32 para SSVersion 0
SSVersion	1 octeto	= 0
CSA_ID_Space	1 octeto	Identifica el espacio de registro de CSA_MFR_ID 0 No especificado 1 JEDEC 2 PCI
CSA_MFR_ID	2 octetos	ID del fabricante del HW: Identifica el fabricante del chip controlador PHY. El objetivo de este campo más el código de elemento y la revisión es identificar las implementaciones concretas de la especificación PHY. No se trata de un identificador de placa o de nivel de ensamblado.
CSA_Part_No	2 octetos	Número de parte del fabricante del HW: código del chip controlador PHY.
CSA_Rev	1 octeto	Revisión del HW.
CSA_Opcode	1 octeto	0 Anuncio 1 Petición
CSA_MTU	2 octetos	Tamaño máximo en octetos de la PDU de nivel de enlace que acepta este receptor, el valor por defecto es 1526 octetos. 1526 es el valor mínimo que anunciará una estación PNT.
CSA_SA	6 octetos	Dirección MAC de la estación a la que son aplicables las capacidades y la situación.
CSA_device_id	1 octeto	ID de dispositivo asignado (por el maestro) durante el registro, se informa del mismo al dispositivo PNT cuya dirección MAC se identifica en el campo SA. El valor NULL_ID indica que el dispositivo no está registrado con el maestro. NOTA – Puede haber más de un campo estación (identificado por el CSA_SA) con el mismo CSA_device_id.
CSA_pad	1 octeto	Reservado para la versión 0. Se emitirá como 0, y será ignorado en recepción. Alinea el campo con los límites de la PALABRA de 32 bits.
CSA_CurrentTxSet	4 octetos	Banderas de configuración, más todas las posibles situaciones vigentes para esta estación. Las definiciones de banderas se especifican en el cuadro 10-12.
CSA_OldestTxSet	4 octetos	Copia de las banderas TX "más antiguas" de estas estaciones, del periodo que termina al menos un periodo (minuto) antes. Las definiciones de bandera se especifican en el cuadro 10-12.

Cuadro 10-11/G.9954 – Trama de anuncio de capacidades y situación

Campo	Longitud	Significado
CSA_CurrentRxSet	4 octetos	Unión de banderas recientes recibidas de otras estaciones. Las definiciones de banderas se especifican en el cuadro 10-12.
Siguiente Ethertype	2 octetos	= 0
Relleno		Relleno para alcanzar el tamaño mínimo de trama (minFrameSize) si es necesario.
FCS	4 octetos	
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

10.6.2 Banderas de estado, configuración, opción y prioridad

Las banderas en el cuadro 10-12 se utilizan para CSA_CurrentTxSet, CSA_OldestTxSet y CSA_CurrentRxSet en las tramas de control de anuncio de capacidades y situación.

Cuadro 10-12/G.9954 – Banderas CSA

Octeto	Campo	Longitud	Descripción
Banderas0 (Flags0)	TxPriority7	1	La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 7 de LL. (Siempre fijada)
	TxPriority6	1	La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 6 de LL.
	TxPriority5	1	La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 5 de LL.
	TxPriority4	1	La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 4 de LL.
	TxPriority3	1	La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 3 de LL.
	TxPriority2	1	La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 2 de LL.
	TxPriority1	1	La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 1 de LL.
	TxPriority0	1	La estación está (estaba) transmitiendo tramas con prioridad 0 de LL (siempre fijada)
Banderas1 (Flags1)	Reservado	2	Será enviada como 0 e ignorada por las estaciones de recepción.
	Máxima máscara # soportada	2	Máscara # de mayor nivel soportada por un transmisor. Si se soporta la máscara N se supone que se soportan todos los valores en baudios de la máscara N – 1. 0 Máscara espectral #1 1 Máscara espectral #2 2 Máscara espectral #3
	Soporta ráfagas de tramas	1	La estación soporta ráfagas de tramas

Cuadro 10-12/G.9954 – Banderas CSA

Octeto	Campo	Longitud	Descripción
	Soporta información de control corta	1	La estación soporta la recepción de información de control corta en formato de ráfagas de tramas (agregación).
	Reservado	1	Reservado para un uso heredado.
	Reservado	1	Reservado para un uso heredado.
Banderas2 (Flags2)	Límite de paquetes de la ráfaga de tramas	3	0 Sin límite (limitado realmente por el tamaño máximo de la trama de nivel de enlace en la PE más elevada) 1 Esta estación soporta ráfagas de hasta 16 tramas 2 Esta estación soporta ráfagas de hasta 32 tramas 3 Esta estación soporta ráfagas de hasta 64 tramas 4 Esta estación soporta ráfagas de hasta 128 tramas 5 Esta estación soporta ráfagas de hasta 256 tramas
	Límite del tamaño de la ráfaga de tramas	3	0 Sin límite (limitado realmente por el tamaño máximo de la trama de nivel de enlace en la PE más elevada) 1 Esta estación soporta ráfagas de hasta 8K bytes 2 Esta estación soporta ráfagas de hasta 16K bytes 3 Esta estación soporta ráfagas de hasta 32K bytes 4 Esta estación soporta ráfagas de hasta 64K bytes 5 Esta estación soporta ráfagas de hasta 80K bytes Al objeto de limitar el tamaño de la ráfaga, una ráfaga consta la trama completa de la capa de enlace (es decir, toda la trama excluido el preámbulo de la capa física, control de trama, relleno y EOF). Para más información sobre las ráfagas de tramas y la agregación véase 10.13.
	Modo síncrono	1	La estación está funcionando en modo MAC síncrono y está sincronizada con el ciclo MAC del maestro. 0 La estación NO funciona en modo MAC síncrono 1 La estación funciona en modo MAC síncrono.
	Reservado	1	Se transmitirá como 0 y en recepción las estaciones lo ignoran.

Cuadro 10-12/G.9954 – Banderas CSA

Octeto	Campo	Longitud	Descripción
Banderas3 (Flags3)	ConfigG.9951/2	1	Uso obligado del modo G.9951/2 .
	ConfigV1M2	1	Reservado para un uso heredado
	ConfigV1	1	Reservado para un uso heredado
	ConfigG.9954	1	Uso obligado del modo G.9954, posterga el uso de ConfigG.9951/2,
	Reservado	1	Se transmitirá como 0 y en recepción las estaciones lo ignoran.
	Versión más alta	3	Versión PNT más elevada que soporta la estación: 0x000 Reservado 0x001 Reservado para un uso heredado 0x010 G.9951/2 0x011 G.9954 0x0100-0x111 Reservado

Se soportan 32 banderas para anunciar información de estado y de configuración. Las banderas se dividen en tres grupos básicos: banderas de selección de modo, incluyendo información de la versión de PNT, de opciones soportadas, y de anuncios de prioridad de capa de enlace de TX en uso. Estas banderas se añaden al estado general tan pronto como se anuncian, y se suprimen cuando ninguna estación las anuncia, ya sea por supresión explícita o por vencer la temporización de las mismas. Se anunciará la prioridad de capa de enlace de TX en uso durante un periodo de uno o dos minutos después de que se envíe la última trama con la prioridad, hasta que el mecanismo de extinción hace que se elimine de CurrentTxSet.

El **conjunto por defecto** de banderas de estado utilizado para inicializar el **NewTxSet** (definido más adelante) se define como las prioridades 0 y 7, la versión PNT de la estación y cualesquiera opciones soportadas.

10.6.3 Términos y parámetros

10.6.3.1 Periodo de capacidades y estado (periodo CS)

El intervalo de tiempo básico utilizado para que expire la información de estado no persistente es de un minuto. Cada estación tiene un temporizador de repetición fijado a este intervalo. Los temporizadores de las diferentes estaciones no están sincronizados, y en general se debe evitar la sincronización. La descripción que sigue designa el tiempo entre una expiración de este temporizador y la siguiente como un "periodo". El periodo "actual" hace referencia al tiempo transcurrido desde la expiración más reciente del temporizador.

Se envía una trama CSA al final de cada intervalo.

10.6.3.2 Variables, etc.

- DeleteSet: Valor calculado utilizado para detectar información de estado recientemente suprimida.
- NewRxFlags, ReallyNewRxFlags: Valores calculados utilizados para detectar nuevas banderas de estado.

10.6.3.3 Temporizadores

- CSP_Timer: Temporizador de funcionamiento libre con un periodo de 60 segundos.

- RetransmitTimer: Temporizador de una sola acción, que toma un valor comprendido en un intervalo aleatorio comprendido entre 1 ms y 1000 ms, inclusive, después del envío de un CSA en el que CSA_CurrentTxSet y CSA_OldestTxSet son diferentes, o cuando se recibe un CSA con el CSA_Opcode fijado a 1 (petición). Este temporizador se cancela si como resultado de la expiración de CSP_Timer se envía un segundo CSA.

10.6.4 Conjunto de variables de estado de estado y prioridad

Cada estación mantiene cinco conjuntos básicos de información de estado y prioridad. Además, se definen tres conjuntos compuestos adicionales como la unión de dos o más de los conjuntos básicos. (Véase el cuadro 10-13.)

Cuadro 10-13/G.9954 – Conjunto de variables de estado

NewTxSet	Conjunto de banderas anunciado durante el periodo CS actual, actualizado inmediatamente cuando se utiliza una nueva prioridad de capa de enlace o cuando se fija un nuevo estado inestable. Cuando expira el CSP_Timer, se da a CurrentTxSet el valor de NewTxSet, y NewTxSet se reinicia al conjunto por defecto.
PreviousTxSet	Conjunto de banderas que se anunció durante el periodo CS previo (el valor final de NewTxSet a partir del periodo CS previo).
OldestTxSet	Conjunto de banderas procedentes del PreviousTxSet al final del periodo CS previo (el valor de PreviousTxSet del periodo CS previo). Las banderas presentes en OldestTxSet y las que faltan del PreviousTxSet no fueron utilizadas o detectadas activamente (por el emisor) durante un periodo CS completo y serán suprimidas. Este conjunto se envía en tramas CSA como CSA_OldestTxSet.
NewRxSet	Unión de todas las banderas CSA_CurrentTxSet recibidas en los CSA de otras estaciones durante el periodo CS actual. Se recoge en PreviousRxSet al expirar el CSP_Timer, y a continuación se reinicializa al conjunto vacío (0). Una bandera de estado inestable (una de las banderas de prioridad) de este conjunto puede suprimirse ulteriormente si la única estación que anunció previamente dicha bandera deja de utilizarla. Su supresión del CurrentTxSet de esa estación se detecta por diferencia respecto a su OldestTxSet. El hecho de que fuera el único emisor se advierte por la ausencia de la bandera en el CurrentRxSet de esa estación, indicando que no recibió la bandera de ninguna otra estación. Si una bandera se suprime de NewRxSet, debe suprimirse también de PreviousRxSet.
PreviousRxSet	Conjunto de banderas anunciadas recibido durante el periodo CS previo (el valor final de NewRxSet desde el periodo CS previo). Se puede suprimir una bandera de este conjunto, tal como se describe en NewRxSet más arriba.
CurrentTxSet	Conjunto de banderas anunciadas durante el periodo CS más cualesquiera nuevas banderas de estado y de prioridad (o banderas con cambios de configuración/opciones) utilizado durante el periodo CS actual, es decir la unión de PreviousTxSet y NewTxSet. Este conjunto se envía en tramas CSA como CSA_CurrentTxSet.
CurrentRxSet	Unión de NewRxSet y PreviousRxSet. Este conjunto se envía en tramas CSA como CSA_CurrentRxSet.
CurrentInUseSet	Unión de CurrentTxSet y CurrentRxSet. Este conjunto se utiliza para determinar el modo funcional de la estación y para modificar la correspondencia entre la prioridad LL de la trama y la prioridad PHY actual.

10.6.5 Funcionamiento del protocolo de anuncio de capacidades y estado

10.6.5.1 Nueva transmisión de trama – Detección de prioridad

El protocolo CSA no procesa directamente las tramas que se transmiten. Cuando se utiliza el protocolo LARQ, el CSA examina la **prioridad LL** de la trama tal como se envía normalmente al controlador.

- 1) Si la **prioridad LL** no existe aún en NewTxSet, se añade a este último.
- 2) Si la **prioridad LL** no existía aún en NewTxSet y tampoco está en PreviousTxSet, se envía una nueva trama de control CSA con el CSA_Opcode fijado a 0 (anuncio) y se arranca el temporizador de retransmisión. Si el temporizador ya estaba en funcionamiento, se cancela y se reinicializa. Se actualiza la función de correspondencia de prioridad PHY actual para el controlador.

10.6.5.2 Recepción de la trama de control CSA

El receptor puede querer salvar una copia de algunos o todos los CSA más recientes recibidos de cada estación como un modo simple de rastrear las capacidades y estado de otras estaciones.

- 1) Se registran (facultativamente) las banderas de estado y opciones del CSA_CurrentTxSet en un cuadro indexado por la dirección CSA_SA. Las banderas de opciones se utilizan para seleccionar la utilización de funciones facultativas entre pares de estaciones que implementan las mismas opciones.
- 2) Si el CSA_Opcode en la trama es 1 (petición), se arranca el temporizador de retransmisión (RetransmitTimer). Si el temporizador ya está funcionando se recomienda que se deje correr, a pesar de que ello no se requiere y se permite la cancelación seguida del rearranque.
- 3) Si CSA_CurrentTxSet tiene una bandera que ya no existe en NewRxSet, se añade la bandera a NewRxSet, y se verifica si esta bandera no está presente en PreviousRxSet. Las expresiones booleanas correspondientes son como sigue:

$$\text{NewRxFlags} = (\text{CSA_CurrentTxSet} \& \sim \text{NewRxSet})$$
$$\text{NewRxSet} |= \text{NewRxFlags}$$
$$\text{ReallyNewFlags} = \text{NewRxFlags} \& \sim (\text{PreviousRxSet} | \text{CurrentRxSet})$$

- 4) Se compara CSA_OldestTxSet con CSA_CurrentTxSet. Si se ha suprimido una bandera, y si ésta también falta en CSA_CurrentRxSet, se suprime la bandera de NewRxSet y de PreviousRxSet. Las expresiones booleanas correspondientes son las siguientes:

$$\text{DeleteSet} = (\text{CSA_OldestTxSet} \& \sim \text{CSA_CurrentTxSet}) \& \sim \text{CSA_CurrentRxSet}$$
$$\text{NewRxSet} = \text{NewRxSet} \& \sim \text{DeleteSet}$$
$$\text{PreviousRxSet} = \text{PreviousRxSet} \& \sim \text{DeleteSet}$$
$$\text{CurrentRxSet} = \text{NewRxSet} | \text{PreviousRxSet}$$

- 5) Si ReallyNewFlags o DeleteSet son distintos de cero, se actualiza el modo de red y la correspondencia de prioridad, si es necesario.

10.6.5.3 Vencimiento de CSP_Timer

Cuando vence el temporizador CSP_Timer significa que ha comenzado un nuevo periodo CS. Se revisan los diversos conjuntos de estados, se recalculan los conjuntos compuestos, y se envía un CSA. Si es necesario, se fija el RetransmitTimer.

- 1) OldInUseSet = CurrentInUseSet.
- 2) Se pasa NewRxSet a PreviousRxSet.
- 3) Se fija NewRxSet a 0 (conjunto vacío).
- 4) Se pasa PreviousTxSet a OldestTxSet.

- 5) Se pasa NewTxSet a PreviousTxSet.
- 6) Se fija NewTxSet al conjunto por defecto, que consta de la versión más alta que soporta esta estación, banderas de configuración actuales si existen (normalmente ninguna), opciones soportadas actualmente, y el conjunto de prioridad por defecto {0,7}.
- 7) Se actualiza CurrentTxSet, CurrentRxSet, y CurrentInUseSet.

$$\text{CurrentRxSet} = \text{NewRxSet} \mid \text{PreviousRxSet}$$

$$\text{CurrentTxSet} = \text{NewTxSet} \mid \text{PreviousTxSet}$$

$$\text{CurrentInUseSet} = \text{CurrentRxSet} \mid \text{CurrentTxSet}$$
- 8) Se envía una trama CSA con el CSA_Opcode fijado a 0 (anuncio), incluyendo las banderas actualizadas.
- 9) Si los valores de CSA_CurrentTxSet y CSA_OldestTxSet en la trama CSA recién enviadas fueran diferentes, se arranca el RetransmitTimer. Si el temporizador estaba funcionando previamente, entonces se cancela y se rearranca.
- 10) Si se han suprimido una o más banderas de estado, se recalcula el modo de funcionamiento de red y/o la función de correspondencia de prioridad debido a las banderas de estado modificadas. Se debe recalcular modo/correspondencia si CurrentInUseSet no es igual a OldInUseSet.

10.6.5.4 Vencimiento de la temporización de retransmisión

Si expira el RetransmitTimer, se envía una trama CSA actual de dicha estación con el CSA_Opcode fijado a 0 (anuncio). No se rearranca el temporizador.

10.6.6 Selección de modo de red basado en CurrentInUseSet

Las banderas de selección de modo del protocolo CSA (configG.9951/2, configG.9954) están destinadas a ser utilizadas por las entidades de capa superior que toman decisiones sobre la conmutación de modos, tales como interfaces de usuario, o que prueban funciones de control de utilidad.

10.6.7 Prioridades

Si se emplea un esquema de correspondencia por defecto entre las prioridades de la capa de enlace (LL) y las de capa PHY, se reduce ligeramente la máxima anchura de banda alcanzable asociada con las prioridades de capa física (PHY, *physical layer*) inferiores del protocolo MAC PNT. Ello es especialmente perjudicial si en la red sólo se transporta tráfico de baja prioridad. Por consiguiente, el protocolo CSA incluye procedimientos para la volver a establecer la correspondencia (recorrespondencia) entre las prioridades de capa de enlace (LL) inferiores y las prioridades de capa física superiores cuando ninguna estación en la red envía tráfico marcado para esas prioridades elevadas.

La elección de la prioridad de capa física (PHY) para una trama dada se basa en su prioridad de capa de enlace (LL) asignada. La correspondencia por defecto entre la prioridad LL y la prioridad PHY se especifica en 10.6.7.3. La prioridad LL de una trama en el emisor debe transmitirse a la estación receptora a fin de permitir la recuperación apropiada del protocolo de capa de enlace en el receptor. Esto requiere una correspondencia fija, uno a uno, de prioridades LL a PHY, o algún mecanismo para transportar la prioridad LL en cada trama. El protocolo LARQ, definido en 10.7, transporta la prioridad LL asignada desde una estación transmisora a una estación receptora, proporcionando el mecanismo requerido, con lo que es posible aplicar correspondencias de prioridad LL a PHY, que no sean por defecto, lo que a su vez, permite una anchura de banda máxima alcanzable superior. Una estación puede utilizar facultativamente un encabezamiento 802.1q para transmitir la prioridad LL. Sin embargo, puesto que el soporte de encabezamientos 802.1q es opcional, una estación que utilice este método debe intentar determinar si todos los receptores de la trama soportan la utilización de encabezamientos 802.1q. Es

improbable que las estaciones que no soportan encabezamientos 802.1q reciban adecuadamente las tramas que incluyen tales encabezamientos.

10.6.7.1 Transmisión de tramas – Elección de la prioridad física

Cuando se produce la asignación de una prioridad de capa física a la trama, deben haberse realizado previamente los cambios necesarios para la función de recorrespondencia de prioridad PHY debidos a la utilización de una nueva prioridad. La estación debe utilizar la prioridad PHY para la que se ha vuelto a establecer la correspondencia a fin de transmitir la trama (incluyendo la colocación de este valor en el encabezamiento de control de trama), a menos que la trama no tenga encabezamiento LARQ, en cuyo caso se debe utilizar la correspondencia de LL a PHY por defecto.

10.6.7.2 Prioridades de las tramas recibidas

La prioridad LL de las tramas recibidas que la estación controladora indica a los protocolos de capas superiores (antes de cualquier reasignación debida a un encabezamiento LARQ u 802.1Q) se determinará utilizando la correspondencia de prioridad PHY a LL por defecto. El mecanismo que garantiza una prioridad LL correcta para las tramas recibidas es el restablecimiento de la prioridad LL del encabezamiento LARQ (o facultativamente, 802.1q) o de la especificación de flujo. El procesamiento del encabezamiento LARQ se efectúa siempre después de la asignación de la prioridad LL por defecto en el trayecto de recepción. Si una trama recibida puede hacerse corresponder con un canal de flujo, se utilizará la información de prioridad de la especificación de flujo asociada para recuperar la prioridad LL.

10.6.7.3 Correspondencia por defecto de capa de enlace a capa física

La especificación IEEE 802.1p coloca la prioridad por defecto (no asignada/mejor servicio posible) por encima de las prioridades 1 y 2, cuando se utiliza un sistema de prioridad de 8 niveles. Por lo tanto, la prioridad de capa de enlace 0 se situará por encima de ambas LL 1 y LL 2 para la asignación de prioridad de capa física por defecto. El IEEE 802.1p designa el nivel 7 de prioridad para el control de red y el nivel 6 de prioridad para el tráfico que requiere una latencia <10 ms (típicamente caracterizado como tráfico de tipo voz). Sin embargo, en las redes PNT, el nivel 7 de prioridad PHY se reservará para el tráfico que requiere latencia menor de 10 ms, y al tráfico de control de red se asigna el nivel 6 de prioridad PHY en PNT. La prioridad 5 del nivel de enlace se reservará para el tráfico que requiere latencia menor de 100 ms. Así, la correspondencia por defecto entre prioridades LL y PHY intercambia las prioridades 6 y 7.

Para las tramas transmitidas, el conjunto de las prioridades LL [0,1,2,3,4,5,6,7] se hace corresponder por defecto, en el orden dado, con el siguiente conjunto de prioridades PHY [2,0,1,3,4,5,7,6].

Para las tramas recibidas, las prioridades PHY [0,1,2,3,4,5,6,7] se hacen corresponder, por defecto, con las prioridades LL [1,2,0,3,4,5,7,6].

10.6.8 Correspondencia de prioridades y LARQ

La recorrespondencia de la prioridad PHY se efectúa por debajo de LARQ en la pila de protocolos, y no se aplica al campo prioridad del encabezamiento LARQ (o facultativamente, 802.1q). No habrá recorrespondencia de prioridad PHY en las tramas de datos (las que no son tramas de control de enlace) a menos que se haya agregado un encabezamiento LARQ (o facultativamente, 802.1q) con la prioridad LL original. La recorrespondencia de prioridad PHY se efectúa sobre tramas de control de enlace.

10.6.9 Recorrespondencia de prioridades basada en CurrentInUseSet

Sin correspondencia de prioridad, una estación pasaría la **prioridad LL** original a la estación controladora, donde ese valor se utilizaría para seleccionar la prioridad PHY asociada de la correspondencia por defecto. Con la recorrespondencia de prioridad, se incrementan las

prioridades PHY asignadas por defecto para utilizar prioridades PHY más elevadas que de lo contrario no se utilizarían. La función de recorrespondencia es simple. Para cada prioridad PHY **P** que se corresponda con una prioridad LL en uso, la nueva prioridad **P'** a utilizar es esa prioridad incrementada por el número de prioridades más elevadas no utilizadas. Por ejemplo, si se utilizan [1,3,4,7], la prioridad 4 se incrementará entonces en 2 hasta 6, ya que existen dos prioridades superiores no utilizadas (5,6). La figura 10-5 contiene algunos ejemplos para aclarar el procedimiento (incluida la traducción LL a PHY por defecto). Las columnas de las figuras 10-4 y 10-5 representan las **prioridades LL** antes de la correspondencia. La sección de la izquierda ilustra algunos conjuntos de prioridades utilizadas, y la sección de la derecha representa la nueva prioridad PHY que debería utilizar el controlador en cada caso.

								Prioridad LL de TX							
								0	1	2	3	4	5	6	7
Prioridades en uso CurrentInUse (cualesquiera)								Prioridades PHY de TX por defecto							
a	n	y	t	x	s	e	t	2	0	1	3	4	5	7	6

Figura 10-4 /G.9954 – Correspondencia entre prioridad LL y prioridad PHY de TX por defecto

								Prioridad LL de TX							
								0	1	2	3	4	5	6	7
Prioridades en uso CurrentInUse (LL)								Prioridades PHY de TX recorrespondidas							
0							7	6	5	5	6	6	6	7	7
0						6	7	5	4	4	5	5	5	7	6
0	1			4			7	5	4	4	5	6	6	7	7
0			3		5	6	7	3	2	2	4	4	5	7	6

Figura 10-5/G.9954 – Recorrespondencia directa de prioridad LL a prioridad PHY de TX

Los asientos o entradas sombreadas en la figura 10-5 representan correspondencias que ningún transmisor debería estar utilizando. Sin embargo, si existe la posibilidad de que una implementación realice la transmisión con una correspondencia anticuada, o envíe una prioridad que no haya sido incluida en la correspondencia, siempre debe utilizar la prioridad de la siguiente correspondencia válida inferior.

A continuación se proporciona un ejemplo en detalle. Si CurrentInUse, es [0,1,4,7], entonces el conjunto correspondiente de prioridades PHY utilizadas es [2,0,4,6]. A continuación se incrementa cada una por el número de prioridades más elevadas que faltan: 2→5, 0→4, 4→6 y 6→7. Para estar seguros, cualquier prioridad PHY no utilizada también se hace recorresponder al nuevo valor de la siguiente prioridad en uso inferior, quedando así: 1→4, 3→5, 5→6, 7→7.

De esta manera las prioridades LL utilizadas [0,1,4,7] resultan en la transmisión de las prioridades PHY [5,4,6,7]. Una correspondencia completa para todas las prioridades LL añade los valores recorrespondidos restantes a las prioridades por defecto que corresponden a las prioridades LL no utilizadas: LL [0,1,2,3,4,5,6,7] queda PHY [5,4,4,5,6,6,7,7].

10.7 LARQ: Protocolo de petición de repetición automática limitada

La petición de repetición automática limitada (LARQ) es un protocolo que reduce la tasa de errores efectiva cuando ocurren errores de trama. Su principal diferencia respecto a protocolos similares basados en números de secuencia, es que no garantiza una entrega fiable de cada trama, sino que oculta los errores en la capa física mediante la retransmisión rápida de tramas. El objetivo es mejorar significativamente la utilización de las redes que puedan, al menos ocasionalmente, tener tasas de tramas erróneas (FER) de 10^{-2} o peores. Es conocido que protocolos tales como TCP tienen un pobre rendimiento cuando la FER es demasiado alta, y otras aplicaciones, tales como multimedios sobre capas de transporte con flujo continuo, son susceptibles de un rendimiento pobre debido una FER elevada.

El protocolo proporciona un mecanismo de acuse de recibo negativo (NACK) para que los receptores soliciten la retransmisión de las tramas que faltan o se que recibieron con errores. No existe un mecanismo de acuse de recibo positivo. No existe un mecanismo explícito de establecimiento de conexión o de desconexión. Un mecanismo recordatorio da a los receptores una segunda oportunidad para detectar las tramas que faltan cuando hay espaciamentos relativamente largos (en tiempo) entre tramas.

LARQ funciona como una capa de adaptación entre la capa de enlace Ethernet (capa 2) y la capa de red IP (capa 3). Esto se implementa normalmente en el dispositivo controlador.

Las estaciones implementan LARQ por cada "canal LARQ", donde un canal LARQ se identifica mediante el triplete {dirección origen, dirección destino, prioridad}, a la que se hace referencia como canal de prioridad LARQ o mediante la tupla {dirección origen, dirección destino, id de flujo}, a la que se hace referencia como canal de flujo LARQ.

El canal de prioridad LARQ se define (y establece) independientemente de la implementación. Un canal de flujo LARQ se define cuando la política de acuse de recibo (ACK) para el flujo asociado (en la especificación de flujo) se pone a "LARQ" y se establece conjuntamente con el flujo.

Las estaciones pueden habilitar o inhabilitar dinámicamente el procesamiento LARQ en un canal, en función de la información sobre tasas de tramas erróneas en la red. Sin embargo, LARQ debería dejarse habilitado durante todo el tiempo, por ser bastante reducida la tara de procesamiento por paquete, y la complejidad asociada con la habilitación e inhabilitación del protocolo (incluida la determinación de los parámetros apropiados) probablemente no compense la ganancia de calidad de funcionamiento.

Las estaciones deberían implementar el LARQ, y si lo hacen, deben utilizar los formatos de trama de control especificados y emplear los procedimientos que se definen más adelante.

Para un canal sencillo (es decir, un canal lógico definido mediante SA, DA y sin una especificación de flujo asociada) las estaciones que no añadan encabezamientos LARQ (o facultativamente, 802.1q) no establecerán una nueva correspondencia de las prioridades PHY, y tratarán todo el tráfico recibido como "mejor servicio posible", esto es, se asignará a todo el tráfico la prioridad 0 de la capa de enlace. Para un canal de flujo (es decir, canal lógico definido por SA, DA, id de flujo) la recorrespondencia de prioridad PHY y la recuperación de la prioridad LL se realizan utilizando la información de prioridad de la especificación de flujo.

Las estaciones pueden decidir añadir encabezamientos LARQ en las tramas transmitidas con la bandera LARQ_NoRtx fijada a 1. Esta bandera indica que la estación no retransmite tramas para este canal, pero añadir el encabezamiento LARQ permite a la estación utilizar la recorrespondencia

de prioridad PHY ya que la prioridad LL de las tramas recibidas satisfactoriamente será restablecida a partir del encabezamiento LARQ.

Todas las estaciones SUPRIMIRÁN los encabezamientos LARQ de las tramas recibidas (desencapsulando las cabidas útiles originales). Además, si la implementación soporta múltiples prioridades LL en el procesamiento de su protocolo de recepción, restablecerá la prioridad LL a partir del encabezamiento LARQ si alguno está presente. Si una estación no implementa LARQ, descartará las tramas de control LARQ y descartará además las tramas marcadas como retransmisiones en el encabezamiento LARQ.

10.7.1 Formatos de trama – Encabezamiento de encapsulado

El texto siguiente utiliza los términos "insertar" y "suprimir" en relación con los encabezamientos LARQ. La definición formal del formato de trama LARQ proporciona un campo Ethertype siguiente que contiene el valor Ethertype de la trama original. En la práctica, ocurrirá generalmente que las tramas LARQ se crearán insertando los 8 octetos que comienzan con el Ethertype 0x886c en la trama original entre la dirección origen del encabezamiento Ethernet y el Ethertype de la trama original. El Ethertype de la trama original se vuelve a etiquetar como el campo Ethertype siguiente de la trama final.

El encabezamiento LARQ transporta la prioridad LLC a través de la red. Para esta función no se requiere utilizar los encabezamientos 802.1q, ni tampoco se requieren los controladores PNT para permitir la utilización de encabezamientos 802.1q a fin de transmitir prioridad.

Cuadro 10-14/G.9954 – Trama de control de recordatorio LARQ

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_LARQ (4)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. SSLength es 6 para SSVersion 0
SSVersion	1 octeto	= 0
Datos LARQ_hdr	3 octetos	Datos de encabezamiento de control LARQ con el bit LARQ_ctl = 1 y LARQ_NACK = 0
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	38 octetos	
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

Cuadro 10-15/G.9954 – Trama de control NACK LARQ

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_LARQ (4)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. SSLength es 12 para las tramas Nack con SSVersion 0
SSVersion	1 octeto	= 0
Datos LARQ_hdr	3 octetos	Datos de encabezamiento de control LARQ con el bit LARQ_ctl = 1 y LARQ_NACK = 1..7
NACK_DA	6 octetos	Dirección destino original
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	32 octetos	
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

Cuadro 10-16/G.9954 – Trama de encapsulado LARQ

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino (a partir de la PDU Ethernet original)
SA	6 octetos	Dirección origen (a partir de la PDU Ethernet original)
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_LARQ (4)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. SSLength es 6 para SSVersion 0 = 6
SSVersion	1 octeto	= 0
Datos LARQ_hdr	3 octetos	Datos de encabezamiento de encapsulación LARQ (con el bit LARQ_ctl = 0)
Ethertype siguiente	2 octetos	A partir de la PDU Ethernet original
Cabida útil	Mínimo 46 octetos	A partir de la cabida útil de la PDU Ethernet original
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

Cuadro 10-17/G.9954 – Datos de encabezamiento de encapsulado LARQ

Octeto	Campo	Longitud	Significado
Flags0	LARQ_Mult	1 bit	Bandera de retransmisión múltiple. Es 0 en la transmisión original de una trama de datos. Para tramas retransmitidas (LARQ_Rtx = 1), se fija al valor de LARQ_Mult en la trama NACK que provocó la retransmisión. Esta bandera puede ser utilizada por los receptores para medir los tiempos de ida y vuelta asociados con el proceso miss/nack/receive-rtx.
	LARQ_Rtx	1 bit	Es 0 para la primera transmisión de una trama, 1 si la trama se retransmite. Las estaciones que no implementan LARQ descartarán cualquier trama de datos si este bit es 1.
	LARQ_NewSeq	1 bit	Es 1 si se ha reinicializado el espacio de número de secuencia para el canal, a los números de secuencia más antiguos en cuyo caso no se hace acuse de recibo negativo (nack), de lo contrario toma el valor 0.
	LARQ_NoRtx	1 bit	Es 0 si la implementación soporta retransmisión, 1 si solamente la prioridad es significativa. Puede utilizarse por cada canal.
	LARQ_Ctl	1 bit	Es "0" cuando se encuentra en formato de encapsulado
	Prioridad	3 bits	Prioridad de capa de enlace/ID de flujo de esta trama
Flags1_Seq0	Reservado	2 bits	Reservado para uso futuro
	LARQ_seq_high	4 bits	Los 4 bits superiores del número de secuencia
Seq1	LARQ_seq_low	8 bits	Los 8 bits inferiores del número de secuencia

El cuadro 10-18 ofrece una explicación mas detallada de la aplicación exacta de los bits LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq y LARQ_NoRtx.

Cuadro 10-18/G.9954 – Bits LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq y LARQ_NoRtx

LARQ_Rtx	LARQ_NewSeq	LARQ_NoRtx	Interpretación
0	0	0	Transmisión normal por un canal activo. Esta combinación se utiliza para la primera transmisión de una trama por un canal LARQ activo. El receptor de esta trama debe enviar los NACK para los números de secuencia anteriores que se determinaron faltantes cuando se recibió esta trama, o para esta trama, si la misma tiene un error CRC pero el encabezamiento LARQ parece estar en secuencia para el canal.
0	0	1	Utilizado para la primera transmisión de una trama que no será retransmitida en respuesta a un NACK. El emisor debe utilizar esta combinación cuando no salva la trama para retransmisión en respuesta a un NACK recibido. Si un receptor mantiene su estado, debe enviar esta trama cuando ha recibido tramas de todos los números de secuencia previos o ha abandonado los intentos de recibir tramas de todos los números de secuencia previos.
0	1	0	Utilizado para la primera transmisión de una trama con un nuevo espacio de número de secuencia. El emisor utiliza esta combinación cuando no existen tramas salvadas para el canal, exceptuando esta trama. El receptor debe enviar todas las tramas para este canal hasta la siguiente capa, puesto que ya no existe la posibilidad de recibir ninguna otra trama con números de secuencia previos. El receptor de esta trama debe enviar un NACK para esta trama, si la misma tiene un error CRC pero el encabezamiento LARQ parece estar en secuencia para el canal.
0	1	1	Utilizado para la primera transmisión de una trama con un nuevo espacio de número de secuencia que no será retransmitida en respuesta a un NACK. El emisor utiliza esta combinación cuando no existen tramas salvadas para el canal. El receptor debe enviar todas las tramas para este canal hasta la siguiente capa, puesto que ya no existe la posibilidad de recibir ninguna trama con números de secuencia previos.

Cuadro 10-18/G.9954 – Bits LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq y LARQ_NoRtx

LARQ_Rtx	LARQ_NewSeq	LARQ_NoRtx	Interpretación
1	0	0	Retransmisión de una trama para este canal. El emisor utiliza esta combinación para enviar una trama que ha sido transmitida antes, y para la cual un NACK provocará una retransmisión adicional. El receptor aceptará esta trama si no es un duplicado. Si el receptor no está manteniendo el estado para el canal, esta trama debe descartarse entonces porque sería imposible determinar el carácter duplicado de la trama. El receptor de esta trama debe enviar un NACK para esta trama, si la misma tiene un error CRC aunque el encabezamiento LARQ parezca estar en secuencia para el canal.
1	0	1	Retransmisión de una trama para este canal. El emisor utiliza esta combinación para enviar una trama que ha sido transmitida antes, pero no ha sido salvada para su retransmisión en respuesta a la recepción de un NACK. El receptor aceptará esta trama si no es un duplicado. Si el receptor no está manteniendo el estado para el canal, esta trama tiene entonces que descartarse debido a que sería imposible determinar el carácter duplicado de la trama.
1	1	0	Retransmisión de una trama para este canal. El emisor utiliza esta combinación cuando no existen tramas más antiguas salvadas para el canal, exceptuando esta trama. El receptor aceptará esta trama si no es un duplicado. Si el receptor no está manteniendo el estado para el canal, esta trama tiene entonces que descartarse debido a que sería imposible determinar el carácter duplicado de la trama. El receptor debe enviar esta trama y todas las tramas más antiguas para este canal hasta la siguiente capa, puesto que ya no existe la posibilidad de recibir ninguna trama con números de secuencia previos. El receptor de esta trama debe enviar un NACK para esta trama, cuando la misma tiene un error CRC aunque el encabezamiento LARQ parezca estar en secuencia para el canal.

Cuadro 10-18/G.9954 – Bits LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq y LARQ_NoRtx

LARQ_Rtx	LARQ_NewSeq	LARQ_NoRtx	Interpretación
1	1	1	Retransmisión de una trama para este canal. El emisor utiliza esta combinación cuando no existen tramas más antiguas salvadas para el canal. El receptor aceptará esta trama si no es un duplicado. Si el receptor no mantiene el estado para el canal, esta trama debe entonces descartarse debido a que sería imposible determinar el carácter duplicado de la trama. El receptor debe enviar esta trama y todas las tramas más antiguas para este canal hasta la siguiente capa, puesto que ya no existe la posibilidad de recibir ninguna trama con números de secuencia previos.

Cuadro 10-19/G.9954 – Datos de encabezamiento de control LARQ

Octeto	Campo	Longitud	Significado
Flags0	LARQ_Mult	1 bit	Bandera de retransmisión múltiple. 0 en el primer Nack enviado para un número de secuencia dado, 1 en todos los Nack retransmitidos.
	LARQ_NACK	3 bits	Cuenta de los NACK. Si es 0 en una trama de control LARQ, éste es entonces un recordatorio.
	LARQ_Ctl	1 bit	Se fija a 1 para el formato de datos de encabezamiento de control LARQ.
	Prioridad/ID de flujo	3 bits	Prioridad/ID de flujo de capa de enlace de esta trama.
Flags1_Seq0	FlowID	1 bit	Si FSelector = 1, bit de orden superior de FlowID.
	FSelector	1 bit	Interpretación del campo Prioridad/ID de flujo. 0 Interpretación de prioridad 1 Interpretación de ID de flujo
	Reservado	2 bits	Reservado para futuro uso
	LARQ_seq_high	4 bits	Los 4 bits superiores del número de secuencia
Seq1	LARQ_seq_low	8 bits	Los 8 bits inferiores del número de secuencia

10.7.2 Términos y definiciones

10.7.2.1 trama de control: Trama generada por un módulo de protocolo LARQ que solamente contiene un encabezamiento de protocolo LARQ como su cabida útil.

10.7.2.2 número de secuencia actual: Nuevo número de secuencia más recientemente recibido para un canal.

10.7.2.3 trama de datos: Cualquier trama Ethernet normalizada de las capas de protocolo superiores (a LARQ). Una estación habilitada con LARQ encapsula la cabida útil original de una trama Ethernet insertando un encabezamiento LARQ (encabezamiento de control de forma corta

con datos LARQ_hdr) entre la dirección origen y el resto de la trama antes de que la misma pase al controlador para su transmisión por la red.

10.7.2.4 temporizador de olvido: Mecanismo dependiente de la implementación que permite a un receptor reinicializar el espacio de número de secuencia de un canal cuando el número de secuencia recibido no es el siguiente esperado (número de secuencia actual + 1). Se sugiere un segundo como valor por defecto.

10.7.2.5 temporizador de retención, temporizador de pérdida: Mecanismo de temporización que depende de la implementación y que limita el tiempo durante el cual un receptor retendrá una trama recibida mientras espera la retransmisión de una trama faltante. Conceptualmente, existe un temporizador de este tipo por número de secuencia faltante. El intervalo del temporizador es el intervalo de retención máximo.

10.7.2.6 canal lógico, canal: Flujo de tramas desde un emisor a uno o más receptores en un solo segmento de red que consta de todas las tramas con una combinación única de dirección destino, dirección origen y prioridad de capa de enlace.

10.7.2.7 NACK, Nack, nack: Indicación de un receptor a un emisor solicitando la retransmisión de una o más tramas. También, acción de proporcionar tal indicación. Por ejemplo "la asignación de un nack a un número de secuencia" lo que significa enviar una indicación NACK.

10.7.2.8 temporizador NACK: Mecanismo de temporización dependiente de la implementación utilizado por un receptor para retransmitir los NACK para los números de secuencia faltantes. Conceptualmente, existe un temporizador de ese tipo por número de secuencia faltante y por cada canal lógico. El temporizador se rearranca cada vez que se envía un NACK para un número de secuencia. El intervalo del temporizador es el intervalo de retransmisión de NACK.

10.7.2.9 nuevo: Un número de secuencia nuevo es aquel cuya diferencia con el número de secuencia actual para el canal, que modula el tamaño del espacio de número de secuencia y se considera como un entero con signo, es mayor que 0. En particular, los números (actual + 1) a (actual + 2047).

10.7.2.10 antiguo: Un número de secuencia antiguo es aquel cuya diferencia con el número de secuencia actual para el canal, que modula el tamaño del espacio de número de secuencia y se considera como un entero con signo, es menor que o igual a 0. En particular, los números (actual - 2048) a (actual) son antiguos. Obsérvese, sin embargo, que la mayoría de los números de secuencia antiguos también están fuera de secuencia.

10.7.2.11 fuera de secuencia: Se considera fuera de secuencia cualquier número de secuencia, antiguo o nuevo, que cae fuera de una gama razonable del número de secuencia actual para un canal lógico. Se recomienda que se utilice más o menos dos veces el valor de MaximumSaveLimit (se define más adelante) como la "gama razonable" cuando se verifica el estado fuera de secuencia.

10.7.2.12 receptor: Estación que recibe tramas enviadas por un canal determinado. Si la dirección de destino es una dirección unidifusión hay al menos un receptor. Si la dirección de destino es una dirección de grupo (incluida la difusión), puede haber entonces muchos receptores.

10.7.2.13 recordatorio: Trama de control enviada por el emisor del canal con el número de secuencia utilizado más recientemente para un canal que ha estado inactivo durante un intervalo de recordatorio después de su trama de datos más reciente.

10.7.2.14 temporizador de recordatorio: Mecanismo de temporización dependiente de la implementación utilizado por un emisor para generar una trama de recordatorio después de un periodo de inactividad de un canal. El temporizador se rearranca cada vez que se transmite una nueva trama de datos. Conceptualmente, existe un temporizador de este tipo por canal. El intervalo del temporizador es el intervalo de recordatorio.

10.7.2.15 temporizador de salvado: Mecanismo de temporización dependiente de la implementación y que limita el tiempo durante el cual un emisor salvará una trama en espera de peticiones de retransmisión. El intervalo del temporizador es el intervalo de salvado máximo.

10.7.2.16 emisor: Estación emisora de un canal, generalmente la estación a la que pertenece la dirección MAC de origen.

10.7.2.17 números de secuencia: Los números de secuencia son mantenidos separadamente para cada canal lógico por el emisor.

10.7.3 Canales

LARQ se define para funcionamiento por canales lógicos simplex. Se define un canal lógico separado para cada combinación de dirección de destino Ethernet, dirección de origen Ethernet y prioridad de capa de enlace. No existe un procedimiento de establecimiento de canal explícito. Se define implícitamente un nuevo canal cuando una estación decide enviar tramas encapsuladas LARQ para una nueva combinación de DA, SA y prioridad de capa de enlace o identificador de flujo. Para un canal de flujo, se puede establecer implícitamente un canal LARQ asociado cuando el flujo se establece en el caso de que la política ACK definida para el flujo sea LARQ.

La estación que envía tales tramas (generalmente el propietario de la SA, excepto en el caso de un puente enmascarado como SA) es el emisor del canal. Cada canal tiene un solo **emisor**. Cualquier estación que recibe las tramas y procesa los encabezamientos LARQ es un **receptor**. Puede haber cualquier número de **receptores**. Los **receptores** operan independientemente.

10.7.4 Funcionamiento del emisor

10.7.4.1 Variables y parámetros

- Número de secuencia de emisión: Número de secuencia de la trama de datos transmitida más recientemente.
- Intervalo del temporizador de recordatorio: Un intervalo fijo. El valor por defecto es 50 ms. Los valores inferiores incrementarán la tara de los recordatorios en la carga de la red, mientras que los valores superiores incrementarán el retardo de las tramas de fin de secuencia que requieren retransmisión. Las implementaciones no deben utilizar valores fuera de la gama 25-75 ms, considerando tiempos de salvado y retención máximos de 150 ms.
- Intervalo de retransmisión mínimo: Intervalo utilizado para evitar retransmisiones demasiado frecuentes de una sola trama. Resulta más importante para canales multidifusión. El valor por defecto es 10 ms.
- Límite de salvado máximo: Número máximo de tramas que serán salvadas para un solo canal lógico. Depende de la implementación y varía con la velocidad de tramas máxima que se espera que soporte el emisor. Valores de 100 o superiores pueden ser útiles para aplicaciones de alta velocidad tales como vídeo.
- Intervalo de salvado máximo: Tiempo máximo para que el emisor salve normalmente una trama para su posible retransmisión. El valor por defecto es 150 ms.

10.7.4.2 Emisor – Nuevo canal

Se seleccionan parámetros dependientes de la implementación, si es necesario.

Se selecciona un valor inicial para el número de secuencia de emisión.

10.7.4.3 Emisor – Transmisión de nueva trama de datos

La prioridad de la capa de enlace para una trama se determina en función de la implementación. Por ejemplo, examinando la prioridad 802.1p transmitida con los paquetes en nuevas implementaciones NDIS.

Se accede a la información de estado de canal lógico para la DA, SA y la prioridad/ID de flujo de capa de enlace de la trama.

Se incrementa el número de secuencia de transmisión, módulo 4096 (tamaño del espacio de número de secuencia).

Se construye el encabezamiento LARQ con el nuevo valor del número de secuencia de emisión, y la bandera de retransmisión múltiple fijada a 0. El campo de prioridad en el encabezamiento LARQ se fija al valor de prioridad de capa de enlace especificado para la trama. Si no se especifica prioridad, la prioridad se fijará entonces a 0. El método de especificación de la prioridad y la elección del valor dependen de la implementación y quedan fuera del alcance de esta Recomendación para canales LARQ-Prioridad. Para canales LARQ-Flujo se fijará la prioridad LL utilizando la prioridad indicada en la especificación del flujo.

Se inserta un encabezamiento LARQ (formato de trama de control de forma corta con datos LARQ_hdr) entre la SA y el campo Ethertype/longitud de la trama original. La nueva trama es ocho bytes más larga que la original.

Se salva una copia de la trama.

Se envía la trama.

Se rearranca el temporizador de recordatorio para el canal.

Se arranca un temporizador de almacenamiento para el número de secuencia. Cuando no se aplican otras limitaciones de recursos, una estación emisora debe salvar normalmente una trama por un intervalo de salvado máximo, el cual corresponde al intervalo de retención máximo utilizado por los receptores LARQ.

10.7.4.4 Emisor – Procesamiento de una trama de control NACK

La prioridad/ID de flujo y la dirección de destino original (NACK_DA) se leen en el encabezamiento NACK LARQ.

Se accede a la información de estado de canal lógico para el canal emisor, donde la DA del canal es la NACK_DA y la SA del canal es la DA Ethernet de la trama de control NACK.

La cuenta de NACK en el encabezamiento LARQ indica la cantidad de números de secuencia solicitados para su retransmisión. El primer número de secuencia indicado es el valor del número de secuencia en el encabezamiento NACK, seguido por los siguientes números de secuencia (cuenta de NACK – 1). Por cada número de secuencia indicado que comience con el primero:

- Si ya no hay disponible una copia de la trama original, se pasa al siguiente número de secuencia.
- Si la retransmisión más reciente de la trama está dentro del intervalo de retransmisión mínimo del tiempo actual, se pasa al siguiente número de secuencia.
- Se prepara una copia de la trama original con su encabezamiento LARQ original para su retransmisión.
- Se copia el valor de la bandera de retransmisión múltiple del encabezamiento NACK en el encabezamiento LARQ de la trama a retransmitir.
- Se fija la bandera LARQ_Rtx a 1.
- Se envía la trama retransmitida.

No se envía una retransmisión cuando una trama de control NACK recibida contiene un error.

10.7.4.5 Emisor – Expiración del temporizador de recordatorio

Si expira el temporizador de recordatorio, se crea una trama de control de recordatorio, con el número de secuencia fijado al valor actual del número de secuencia de emisión para el canal. La prioridad para la trama de control de recordatorio es la misma que la prioridad para el canal.

Se envía la trama.

No se rearranca el temporizador de recordatorio para el canal.

10.7.4.6 Emisor – Expiración del temporizador de salvado

El temporizador de salvado depende de la implementación. Su propósito es fijar un límite superior al tiempo durante el cual el emisor salvará tramas largas para su posible retransmisión. Si el límite fijado es demasiado elevado, pueden malgastarse recursos de anfitrión salvando tramas que nunca serán retransmitidas.

Este temporizador se implementa conceptualmente por número de secuencia. Se liberan cualesquiera recursos asociados con la trama salvada.

10.7.4.7 Emisor – Gestión de recursos

Una implementación de LARQ requiere una gestión cuidadosa de los recursos. Los recursos incluyen las memorias intermedias utilizadas para salvar copias de datos para su retransmisión, las memorias intermedias y otros recursos utilizados para gestionar el reordenamiento de las tramas con objeto de incorporar retransmisiones y los diversos temporizadores utilizados para gobernar el comportamiento apropiado y el funcionamiento eficiente del protocolo. La gestión de recursos depende de la implementación. Sin embargo, se recomiendan las siguientes directrices.

Las copias de tramas salvadas deben guardarse durante el intervalo de salvado máximo (el valor por defecto es 150 ms), a pesar de otras consideraciones.

El límite de salvado máximo, que es el número máximo de tramas salvadas para cualquier canal, debe ser una función de la velocidad máxima a la que pueden ser generadas las nuevas tramas. Los dispositivos muy lentos podrían salvar adecuadamente sólo un par de tramas para su retransmisión. Un dispositivo de alta velocidad dedicado a trenes de vídeo podría salvar 100 o más tramas para un solo canal.

Los emisores que almacenan relativamente pocas tramas son más susceptibles de recibir tramas de control NACK para números de secuencia que ya no pueden ser retransmitidos. Tal comportamiento es ineficiente, pero no provoca otros problemas.

10.7.5 Funcionamiento del receptor

10.7.5.1 Variables y parámetros del canal

La descripción que sigue del correcto funcionamiento del protocolo utiliza las siguientes variables. La implementación real puede variar mientras el comportamiento permanezca sin cambios.

- Número de secuencia actual: Número de secuencia más reciente recibido en un encabezamiento LARQ para el canal, ya sea en una trama de datos o en una trama de control de recordatorio.
- Número de secuencia faltante más antiguo: Número de secuencia más antiguo para una trama aún no recibida que no se ha declarado perdida.

- Intervalo de retención máximo: Intervalo más largo durante el cual será retenida una trama en espera de una trama faltante anterior. El valor por defecto es el mismo que para el intervalo de salvado máximo, que es de 150 ms.
- Límite de recepción máximo: Número máximo de tramas que puede almacenar un receptor mientras espera una trama faltante anterior. El valor por defecto debe ser normalmente el mismo que el del límite de salvado máximo.
- Intervalo de retransmisión NACK: Intervalo después del cual un receptor retransmitirá una trama de control Nack para un número de secuencia faltante, considerando que se perdieron tramas de control Nack o retransmisiones de tramas de datos anteriores. El valor por defecto para las implementaciones fijas es 20 ms.

10.7.5.2 Receptor – Nuevo canal

Cuando se recibe una trama de datos con un encabezamiento LARQ o una trama de control de recordatorio LARQ el receptor determinará la identidad del canal LARQ (es decir, {DA, SA, prioridad} o {DA, SA, identificador de flujo}) mediante información en la trama LARQ (es decir, encabezamiento de encapsulado LARQ y control de tramas) y si se trata de un canal nuevo. Por un canal de flujo, se puede establecer el canal LARQ asociado durante el establecimiento del flujo, si el flujo establecido tiene una política ACK = LARQ.

El elemento fundamental de la información de estado es el número de secuencia actual para el canal. El número de secuencia actual se inicializa al número de secuencia inmediatamente anterior al que encuentra en el encabezamiento LARQ de la trama recibida. Esta asignación se lleva a cabo antes del procesamiento de la trama recibida y hace que la trama que aparece sea la siguiente trama de datos esperada o el recordatorio de la siguiente trama de datos esperada.

10.7.5.3 Receptor – Trama de datos LARQ o de recordatorio

Se examina la información de estado del canal basada en las DA y SA Ethernet en la trama recibida más la prioridad/ID de flujo de capa de enlace del encabezamiento LARQ. (Si es necesario, se establece un nuevo canal.)

Si el número de secuencia recibido de la trama recibida está fuera de secuencia, puede reiniciarse el estado del canal. Si el número de secuencia (antes de la reiniciación) es antiguo y si ha expirado el temporizador de olvido, el espacio de secuencia puede fijarse entonces al valor del número de secuencia de la trama recibida.

Si el número de la secuencia recibida es más reciente que el número de la secuencia actual (después de cualquier reiniciación de espacio de número de secuencia) deben ejecutarse entonces los nuevos pasos de procesamiento de número de secuencia indicados a continuación, o en otro caso ejecutarse los antiguos pasos de procesamiento de número de secuencia.

10.7.5.4 Receptor – Tramas LARQ con CRC u otros errores

Para una mejor calidad de funcionamiento, las implementaciones deben permitir que el módulo de protocolo LARQ procese las tramas con error, tales como aquellas con errores CRC de cabida útil. Esto permitirá que las indicaciones Nack se envíen rápidamente ya que el receptor no tendrá necesidad de esperar la siguiente trama para detectar la pérdida. Al mismo tiempo, proporciona una

segunda oportunidad para detectar tramas perdidas al final de una secuencia, cuando un recordatorio posterior sería la única protección.

Si se utilizan tramas con errores, será solamente para detectar un grupo muy pequeño de números de secuencia faltantes para un canal existente (se recomienda una trama faltante solamente). En particular, si la trama con errores parece tener un encabezamiento LARQ válido y la dirección MAC de origen, la dirección MAC de destino, y la prioridad/ID de flujo de encabezamiento LARQ de la trama concuerdan con un canal lógico existente, y si el número de secuencia es (número de secuencia actual + 1), debe tratarse entonces esta trama como una trama de control de recordatorio para propósitos de procesamiento. Obsérvese que las tramas de control de recordatorio siempre se desechan después del procesamiento.

En los demás casos, se desecha la trama con errores sin procesamiento ulterior. No se establecerá un nuevo canal cuando la trama tenga un error. No se enviará una retransmisión cuando una trama de control Nack tenga un error. No se reiniciará un canal (para propósitos de numeración de secuencia) para una trama con errores.

10.7.5.5 Receptor – Número de secuencia nuevo

Si la trama tiene un error indicado por un controlador de capa inferior, tal como un error CRC, y el número de secuencia de la trama no es ningún otro que (número de secuencia actual + 1), se desechará entonces la trama sin procesamiento ulterior. En otro caso, se procesará la trama como una trama de control de recordatorio.

Si la diferencia entre el número de secuencia nuevo de la trama recibida y el número de secuencia faltante más antiguo es mayor que (límite de recepción máximo – 1), se repiten entonces los siguientes pasos hasta que se alcance el límite aceptable.

Se cancelan el temporizador de retransmisión Nack y el temporizador de trama perdida para el número de secuencia faltante más antiguo.

Si existe una trama salvada para el siguiente número de secuencia, en ese caso se entregan las tramas en secuencia a la capa superior siguiente hasta que se alcance el siguiente número de secuencia con una trama faltante (el cual puede ser el siguiente número de secuencia esperado para el canal (número de secuencia actual + 1)). El valor del campo prioridad/ID de flujo del encabezamiento LARQ para cada trama se entrega a la siguiente capa junto con cada trama asociada. El método de especificación de prioridad/ID de flujo para la siguiente capa depende de la implementación y queda fuera del alcance de esta Recomendación.

Si el número de secuencia es el siguiente número de secuencia esperado (número de secuencia actual + 1) y la trama es una buena trama de datos y no existen números de secuencia faltantes más antiguos, se envía entonces la trama hasta la siguiente capa.

Si el número de secuencia es más reciente que (número de secuencia actual + 1), o si es un recordatorio para (número de secuencia actual + 1), se envían entonces una o más tramas de control Nack solicitando la retransmisión de la trama o tramas faltantes.

La dirección destino para el Nack es la dirección origen de la trama recibida. La dirección origen es la dirección MAC de esta estación. La dirección destino de la trama recibida se coloca en el campo dirección destino original (NACK_DA) en el encabezamiento de la trama de control Nack LARQ. La bandera de retransmisión múltiple se fija a 0. El [primer] número de secuencia faltante se coloca en el campo número de secuencia. La prioridad para la trama de control NACK es la misma que la prioridad para el canal.

Si hay que enviar múltiples tramas de control Nack, se enviará primero el número de secuencia más reciente.

Por cada número de secuencia faltante se arranca un temporizador de retransmisión Nack y se fija para que expire en el tiempo actual más el intervalo de retransmisión Nack.

Por cada número de secuencia faltante, se arranca un temporizador de trama perdida y se fija para que expire en el tiempo actual más el intervalo de retención máximo.

Si la trama es una buena trama de datos y no se entregó a la siguiente capa, se salva.

Si la trama es una trama de recordatorio (o una trama de datos con errores), se desecha.

Se adelanta el número de secuencia actual al número de secuencia en la trama recibida.

10.7.5.6 Receptor – Número de secuencia antiguo

Si el número de secuencia es el mismo o más antiguo que el número de secuencia actual, no generará entonces tramas de control, aunque puede desecharse, retenerse o enviarse hasta la siguiente capa superior, provocando posiblemente que también se envíen otras tramas retenidas. Esto puede provocar la cancelación de un temporizador de retransmisión Nack o temporizador de trama perdida asociado con ese número de secuencia.

Si la trama no es una buena trama de datos (por ejemplo una CRC mala) o su número de secuencia es más antiguo que la trama faltante más antigua, o si ya se ha recibido (se trata de una retransmisión duplicada), o si es una trama de recordatorio, se desecha entonces la trama y se evita el procesamiento ulterior para esta trama.

Se cancela el temporizador de retransmisión Nack y el temporizador de trama perdida para el número de secuencia.

Si la secuencia no es el número de secuencia faltante más antiguo, se salva entonces la trama.

Si el número de secuencia es el número de secuencia faltante más antiguo, se entrega entonces la trama hasta la siguiente capa superior. Si existe una trama salvada para el siguiente número de secuencia, se entregan entonces las tramas en secuencia a la capa superior hasta que se alcance el siguiente número de secuencia con una trama faltante (que puede ser el siguiente número de secuencia esperado para el canal). El valor del campo prioridad/ID de flujo del encabezamiento LARQ para cada trama se entrega a la siguiente capa junto con cada trama asociada. El método de especificación de prioridad/ID de flujo a la siguiente capa depende de la implementación y queda fuera del alcance de esta Recomendación.

10.7.5.7 Receptor – Expiración del temporizador de retransmisión Nack

Si expira un temporizador de retransmisión Nack, se envía entonces otra trama de control Nack para el número de secuencia asociado. La prioridad para la trama de control Nack es la misma que la prioridad para el canal. A múltiples números de secuencia se les puede asignar Nack al mismo tiempo, si sus temporizadores expiran en tiempos similares.

La bandera de retransmisión múltiple se fija a 1 para las tramas de control Nack enviadas como resultado de la expiración del temporizador de retransmisión.

Aunque no existe un límite explícito en el número de tramas de control Nack enviadas para un determinado número de secuencia, se debe cancelar el temporizador Nack si la trama se recibe o si el número de secuencia se declara perdido.

10.7.5.8 Receptor – Expiración del temporizador de trama perdida

El temporizador de trama perdida depende de la implementación. Su propósito es establecer un límite superior para determinar cuánto tiempo se retendrán las tramas antes de que se reenvíen cuando una trama está realmente perdida. Si el límite fijado es demasiado alto, los recursos de red pueden malgastarse enviando tramas de control NACK que el emisor no retransmitirá nunca en el canal. Además, pueden también verse involucrados temporizadores de transporte de capas superiores. Se recomienda firmemente el valor por defecto de 150 ms como límite superior.

A la expiración, el número de secuencia se declarará perdido, produciéndose la cancelación del temporizador de retransmisión Nack y del temporizador de trama perdida para el número de

secuencia. Si existe una trama salvada para el siguiente número de secuencia, se envían entonces tramas en secuencia hasta que se alcance el siguiente número de secuencia con una trama faltante (que puede ser el siguiente número de secuencia esperado para el canal).

Si los temporizadores de trama perdida para múltiples números de secuencia expiran al mismo tiempo, los temporizadores se procesan entonces secuencialmente de los más antiguos a los más nuevos.

10.7.5.9 Receptor – Temporizador de olvido

El temporizador de olvido es un mecanismo que depende de la implementación y que permite a un receptor reiniciar el espacio de número de secuencia de un canal cuando un número de secuencia recibido no es el siguiente esperado (número de secuencia actual + 1) y ha expirado un intervalo relativamente largo desde la última trama recibida por el canal. Una vez expirado, un receptor debería aceptar cualquier número de secuencia inusual como siguiente número de secuencia esperado, permitiendo reiniciaciones no detectadas de otras estaciones, desconexión de la red, etc. La definición de "número de secuencia inusual" depende de la implementación, pero generalmente significa cualquier número de secuencia antiguo o cualquier número de secuencia nuevo que no esté cercano al número de secuencia actual, donde "cercano" es 1 o algún otro entero pequeño. Se sugiere un valor por defecto de un segundo.

10.7.5.10 Receptor – Gestión de recursos

En general, el receptor debería establecer límites superiores para el número de tramas retenidas por canal y el número de tramas retenidas a través de los canales. Los límites pueden variar según la prioridad/ID de flujo del canal.

Los intervalos de temporizador pueden variar según factores tales como la prioridad o el ID de flujo del canal, o intervalos medidos para retransmisiones satisfactorias.

La descripción anterior sugiere temporizadores de número por secuencia. Esto es solamente para propósitos descriptivos y no implica ningún mecanismo de implementación.

10.8 Formatos específicos de suministrador

Los siguientes dos tipos de trama permiten ampliaciones específicas de suministrador (véanse los cuadros 10-20 y 10-21). El subtipo específico de suministrador de formato corto permite mensajes de control cortos y encabezamientos de encapsulado, mientras que el subtipo de formato largo permite ampliaciones que requieren mensajes más largos.

Cuadro 10-20/G.9954 – Trama corta específica de suministrador

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_VENDOR_SHORT (5)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. SSLength será ≥ 6 para SSVersion 0.
SSVersion	1 octeto	= 0
OUI de proveedor	3 octetos	Identificador único asignado por IEEE.
Datos de control	0-249 octetos	Datos de control específicos del suministrador
Ethertype siguiente	2 octetos	= Ethertype siguiente si se trata de un formato de encapsulado, o 0 si no se trata de una trama encapsulada
Relleno	0-38 octetos	Octeto de cualquier valor
FCS	4 octetos	
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

Cuadro 10-21/G.9954 – Trama larga específica de suministrador

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (Trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_VENDOR_SHORT (32769)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength será > 6 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
OUI de proveedor	3 octetos	Identificador único asignado por IEEE
Datos de control	1-65531 octetos	Datos específicos de suministrador
Ethertype siguiente	2 octetos	= Ethertype siguiente si se trata de un formato de encapsulado, o 0 si no se trata de una trama encapsulada
Relleno	40-0 octetos	Si se necesita para formar una trama de tamaño mínimo. Debe ser 0
FCS	4 octetos	
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

10.9 Protocolo de certificación y diagnóstico PNT

10.9.1 Alcance

Se requiere este protocolo para todos los nodos que cumplen G.9954 y que se sometan a pruebas de certificación. Se requiere la utilización de este protocolo para nodos G.9954.

Los dispositivos sometidos a pruebas de certificación PNT solo precisan implementar la porción de servidor del protocolo. Se debe utilizar la misma implementación del controlador para los dispositivos de pruebas de certificación y los de producción. Sin embargo, para dispositivos que tengan limitaciones severas de recursos, el protocolo de certificación y diagnóstico puede implementarse en un controlador especial que se utilice únicamente para las pruebas de certificación.

10.9.2 Visión general

El protocolo de certificación y diagnóstico PNT está diseñado para proporcionar el marco necesario para comprobar sistemas que disponen de interfaces PNT. En particular, pretende proporcionar un conjunto común de funcionalidades requeridas (equivalentes a `cert_tool.exe` y la funcionalidad UDP de `epi_tcp`) para pruebas de certificación, limitando al mismo tiempo las repercusiones en el diseño del sistema. Este protocolo es parte de una solución que debe proporcionar una interfaz de control y pruebas que permita la ejecución y documentación de una serie completa de casos de prueba de certificación, que no dependa de la implementación del DUT.

La presente Recomendación especifica el propio protocolo y no considera detalles sobre la utilización del protocolo para una determinada prueba o función de diagnóstico. Esos detalles dependen de la propia prueba o de las pruebas específicas que se estén realizando (por ejemplo, pruebas de certificación PNT respecto al diagnóstico de red) y por ello se encuentran fuera del ámbito de esta Recomendación.

El protocolo está diseñado para ser independiente del sistema de operación y de la plataforma, y pretende soportar las pruebas de certificación, con posibles ampliaciones para soportar el diagnóstico en toda la red, el desarrollo del sistema, así como la fabricación y las pruebas de QA.

Por brevedad, se utilizará el término "cert" para referirse al protocolo de certificación y diagnóstico G.9954.

Toda la actividad del protocolo cert (tramas de control y datos) se restringe al segmento físico bajo prueba. No está previsto utilizar cert con otra interfaz. Todas las tramas de control recibidas en una interfaz solo conciernen a dicha interfaz.

10.9.3 Control

Uno de los nodos en la red es el controlador de protocolo, al que se hará referencia como el "cliente". El cliente inicia y coordina todas las actividades de certificación y diagnóstico. En una red, la porción cliente del protocolo se admitirá únicamente en un nodo en cada instante.

Los demás nodos de la red son "servidores". Distribuyen peticiones del cliente adaptando su configuración a la del cliente, o generando y suprimiendo tramas de datos cert a petición del cliente. Los nodos cliente también proporcionan toda la funcionalidad de un servidor. Generalmente, el servidor estará implementado en el controlador del dispositivo para nodos PNT, pero puede estar implementado a un nivel superior por encima de cualquier dispositivo de red, siempre que las tramas (LCF) de trama de control de enlace PNT puedan ser trasladadas por el servidor hacia y desde el controlador del dispositivo. Para limitar los efectos en los recursos del sistema, la funcionalidad de servidor del protocolo cert pretende ser lo más reducida y directa posible. Las tramas cert están agrupadas en dos categorías: tramas de control y tramas de datos. Las tramas de control se utilizan para configurar nodos y recoger información de dichos nodos. Las tramas de datos se utilizan para comprobar la capacidad de transmisión y de recepción de los nodos. Las tramas de petición de control solo las genera el cliente. Los servidores generan respuestas a las peticiones de control y generan tramas de datos siguiendo las directrices del cliente.

Los servidores deben responder a las peticiones de control en 5 segundos. Los servidores completarán cualesquiera modificaciones de configuración (por ejemplo, cambios del modo PNT) iniciadas por la petición de control en los 5 segundos siguientes a la recepción de la petición de control.

Los dispositivos sometidos a pruebas de certificación PNT mediante este protocolo deben incorporar la porción de servidor del protocolo. No se requiere la implantación de la porción de cliente del protocolo. Las tramas cert no deben ser puenteadas por ningún nodo.

Las tramas de control se enviarán con prioridad 7 de la capa de enlace (LL). Las tramas de datos se enviarán con la prioridad de LL/ID de flujo especificada por el cliente cuando se inicie la transmisión de los datos. Si algún protocolo de encapsulado (por ejemplo, LARQ) está activado en un nodo, las tramas de datos se enviarán con el encapsulado o encapsulados autorizados para facilitar la comprobación de la implementación o implementaciones del protocolo. Las tramas de control se pueden encapsular. Los clientes y servidores cert deberán ser capaces de desencapsular las tramas de control cert de la misma forma que se requiere que puedan desencapsular tramas de datos. Los nodos PNT serán capaces de suprimir un encabezamiento de trama de control de enlace de formato corto para su encapsulado a partir de las tramas de control cert.

10.9.4 Formato de trama

Las tramas cert utilizan el formato básico de las tramas de control de capa de enlace (LCF) PNT definido en la "especificación de interfaz para protocolos de capa de enlace con tecnología PNT". Se define un único formato de trama de subtipo largo con una estructura de encabezamiento común que se utiliza en todas las tramas cert y un número variable de segmentos de instrucción o de datos (véase el cuadro 10-22).

Cuadro 10-22/G.9954 – Formato de la trama de certificación y diagnóstico

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_CERT (32770)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. El valor mínimo es 6 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
OpCode	1 octeto	Conjunto de segmentos de instrucción utilizado en esta trama
Reserved	4 octetos	
Cert_Seq	2 octetos	Número de secuencia de trama
CommandData	0-1486 octetos	Datos de instrucción, puede estar vacío, o contener uno o mas segmentos de instrucción, o un segmento de datos
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Pad	40-0 octetos	Debe ser 0
FCS	4 octetos	
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

Los segmentos de instrucción utilizan el formato que se muestra en el cuadro 10-23.

Cuadro 10-23/G.9954 – Formato de los segmentos de instrucción

Campo	Longitud	Significado
CSType	2 octetos	Tipo de segmento de instrucción
CSLength	2 octetos	Número de octetos en el campo CSPayload. Los valores válidos son nominalmente 0-1482. No obstante, para algunos valores CSType el campo CSLength es fijo. Los 3 bits superiores están reservados en la versión 0; se enviarán como 0 y se ignorarán en recepción.
CSPayload	0-1482 octetos	Información específica de las instrucciones. Puede estar vacío.
CSPad	0-3 octetos	Si está presente, se enviará como 0 y se ignorará en recepción. Alinea los segmentos de instrucción subsiguientes con límites de 32 bits. Debe estar presente cuando CSLength no es un múltiplo de 4.

Los segmentos de datos utilizan el formato que se muestra en el cuadro 10-24.

Cuadro 10-24/G.9954 – Formato de los segmentos de datos

Campo	Longitud	Significado
DSType	2 octetos	Tipo de segmento de datos
DSLength	2 octetos	Número de octetos en el campo DSPayload. Los valores válidos son nominalmente 1-1482. Los 3 bits superiores están reservados en la versión 0; se enviarán como 0 y se ignorarán en recepción.
DSPayload	0-1482 octetos	Datos.

Las respuestas de un servidor pueden cubrir múltiples tramas, aunque los segmentos de instrucción individuales no deben superar los límites de la trama.

Cuando están presentes múltiples segmentos de instrucción en una trama, se enviarán en orden ascendente del valor del marcador.

Todos los segmentos de instrucción se alinearán con límites de 4 bytes. Todos los segmentos de instrucción se rellenarán hasta un múltiplo de 4 bytes. Los segmentos de datos no se deben rellenar ni se deben combinar con segmentos de instrucción.

10.9.5 Opcódigos

Los nodos servidores generan los códigos de funcionamiento (opcódigos) en el cuadro 10-25.

Cuadro 10-25/G.9954 – Opcódigos del nodo servidor

Recordatorio	Opcódigo
OK	0x00
ERROR	0x01
TESTDATA	0x02
SAMPLEDATA	0x03

Los nodos de cliente generan los opcódigos en el cuadro 10-26.

Cuadro 10-26/G.9954 – Opcódigos del nodo del cliente

Recordatorio	Opcódigo
ENABLECERT	0x08
DISABLECERT	0x09
CONFIGNODE	0x10
CONFIGSEND	0x11
STARTSEND	0x12
STOPSEND	0x13
ECHOREQUEST	0x14
CONFIGRECV	0x15
STOPRECV	0x16
REPORTSTATS	0x17
REPORTCONFIG	0x18
RESETSTATS	0x19
REPORTNODE	0x20
STARTSAMPLE	0x30
VENDOR	0x40

10.9.6 Segmentos de instrucción

Los segmentos de instrucción se enumeran en grupos (véase el cuadro 10-27), precediendo cada grupo los opcódigos que los utilizan.

Cuadro 10-27/G.9954 – Grupos de segmentos de instrucción

Recordatorio	CSType	CSLen	Valores de CSPayload	Descripción
Opcódigo: ERROR				
ERRORCODE	0x0001	1	1-8	Índice que indica el error a partir de la lista: 1 UNK 2 UNSUP_OP 3 INVALID_PARAM 4 UNSUP_CMDSEG 5 UNSUP_DGEN 6 INVALID_SEQ 7 INVALID_FRAME 8 INVALID_OP
Opcódigos: OK(REPORTCONFIG) OK(REPORTSTATS) OK(REPORTNODE)				
INFOREPLY	0x0002	2	Dos valores de 8 bits	Número de tramas de respuesta – 1, más índice de la trama actual (empieza por 0).

Cuadro 10-27/G.9954 – Grupos de segmentos de instrucción

Recordatorio	CSType	CSLen	Valores de CSPayload	Descripción
Opcódigos: STARTSEND STOPSEND STOPRECV				
REFSEQ	0x0005	2	Cualquiera	Valor REFSEQ que incluye el valor Cert_Seq de la instrucción anterior.
Opcódigo: VENDOR				
OUI	0x0023	3	IEEE OUI	Las instrucciones de vendedor se envían con este segmento de instrucción en primer lugar.
Opcódigos: CONFIG_NODE OK (en respuesta a REPORTCONFIG)				
TXPE	0x0010	1	1-7 9-15 (opcional) 255 (por defecto)	PE fijo, negociación de velocidad inhabilitada. PE fijo, negociación de velocidad inhabilitada. Negociación de velocidad habilitada.
TXPRI	0x0011	1	0-7 255 (por defecto)	Prioridad PHY transmitida fija. Uso de la prioridad de LL, negociación de la correspondencia de prioridad vía CSA.
LINKINT	0x0012	1	0 1 (por defecto)	Integridad de enlace inhabilitada. Integridad de enlace habilitada.
TXMODE	0x0013	1	0 1 (por defecto) 2	Inhabilitación de todas las transmisiones Habilita todas las transmisiones. Habilita solo las transmisiones de trama de control de enlace PNT.

Cuadro 10-27/G.9954 – Grupos de segmentos de instrucción

Recordatorio	CSType	CSLen	Valores de CSPayload	Descripción
HPNAMODE	0x0016	1	0 (por defecto) 1 2 3 (opcional) 4 5 (opcional) 6 7	Conmutación automática entre modos. Reservado para aplicaciones heredadas. Obliga al modo G.9951/2 (máscara espectral #1). Reservado para aplicaciones heredadas Reservado para aplicaciones heredadas Reservado para aplicaciones heredadas Obliga al modo de máscara espectral #2 Obliga al modo de máscara espectral #3
LARQ (opcional)	0x0020	1	0 1	LARQ inhabilitado (sin encabezamientos). LARQ habilitado
CSA (opcional)	0x0021	1	0 1	CSA inhabilitado. CSA habilitado.
CSAHPNAMODE (opcional)	0x0022	1	0 (por defecto) 1 2 3	No se incluye ningún modo de banderas de configuración en los mensajes CSA. Reservado para aplicaciones heredadas Incluye la bandera ConfigG.9951/2 en los mensajes CSA. Reservado para aplicaciones heredadas
Opcódigos: STARTSAMPLE				
SAMPLE	0x0030	14	Dirección MAC	Octetos 0-5: SA del canal
			Dirección MAC	Octetos 6-11: DA del canal
			0 = ninguno 1 = GAP 2 = PREAMBLE	Octeto 12: tipo de prueba
			0	Octeto13: Reservado – El transmisor lo fijará a cero y el receptor lo ignorará.
Opcódigos: CONFIGSEND CONFIGRECV				

Cuadro 10-27/G.9954 – Grupos de segmentos de instrucción

Recordatorio	CSType	CSLen	Valores de CSPayload	Descripción
DGEN_TYPE	0x0084	1	1,2	Generador de datos para el segmento de datos de las tramas. Véase 10.9.17.
DGEN_DATA	0x0085	4	Cualquiera	Valor de inicialización para el generador de datos. Véase 10.9.17.
LENGTH	0x0086	2	1-1482	Longitud del segmento de datos de la trama a enviar.
SA	0x0081	6	Dirección de unidifusión MAC	Dirección MAC del nodo origen de las tramas de datos (generalmente, dirección MAC del receptor de la petición CONFIGSEND).
DA	0x0083	6	Cualquier dirección MAC	Dirección MAC de los nodos receptores de las tramas de datos. Pueden estar presentes un total de diez segmentos DA y deben ser soportados.
Opcódigo: CONFIGSEND				
NPKTS	0x0087	4	Cualquiera (por defecto = 0)	Número total de paquetes a enviar. 0 significa el envío de tramas continuamente hasta que se reciba una petición STOPSSEND.
BURST_INT	0x0088	2	Cualquiera (por defecto = 0)	Intervalo entre el inicio de las ráfagas en milisegundos. 0 significa el envío de tramas sin ningún espacio.
BURST_NPKTS	0x0089	2	!=0 (por defecto = 1)	Número de paquetes a enviar por ráfaga.
NUMACKS	0x008a	1	!=0 (por defecto = 1)	Número de tramas ACK y EOT a enviar. (Véase 10.9.10.2)
TXPE_TEST	0x008b	1	1-7 9-15 (opcional) 255 (por defecto)	PE fijo, negociación de velocidad inhabilitada. PE fijo, negociación de velocidad inhabilitada. Negociación de velocidad habilitada. Solo aplica a tramas de prueba que esté generando el servidor.
TXPRI_TEST	0x008c	1	0-7 255 (por defecto)	Prioridad fija PHY de transmisión. Utilización de la prioridad de LL, negociación de la correspondencia de prioridad a través de CSA. Sólo aplica a tramas de prueba que esté generando el servidor.

Cuadro 10-27/G.9954 – Grupos de segmentos de instrucción

Recordatorio	CSType	CSLen	Valores de CSPayload	Descripción
Op código: OK (en respuesta a REPORT_STATS)				
RECV_NPKTS	0x0105	4	Cualquiera	Número total de tramas de datos recibidas sin errores, sin incluir tramas EOT.
RECV_NBYTES	0x0106	4	Cualquiera	Número total de bytes de datos recibidos sin errores.
RECV_SEQ_MISS	0x0107	4	Cualquiera	Número de tramas de datos perdidas, detectadas mediante espacios en los números de secuencia.
RECV_SEQ_ERR	0x0108	4	Cualquiera	Número de tramas de datos recibidas con números de secuencia inesperados.
RECV_DATA_ERR	0x0109	4	Cualquiera	Número de tramas de datos recibidas con corrupción de datos.
RECV_FCS_ERR	0x010c	4	Cualquiera	Número de tramas recibidas con errores FCS.
RECV_HDR_ERR		4	Cualquiera	Número de tramas recibidas con errores de encabezamiento.
RECV_ERR	0x010a	4	Cualquiera	Número de tramas con otros errores de recepción.
RECV_ELAPSED_TIME	0x010b	4	Cualquiera	Tiempo transcurrido en las pruebas de recepción en ms.
XMT_NPKTS	0x0101	4	Cualquiera	Número total de tramas de datos enviadas sin errores indicadas en capas inferiores (por ejemplo, colisiones excesivas), sin incluir tramas EOT.
XMT_NBYTES	0x0102	4	Cualquiera	Número total de bytes de datos enviados sin errores.
XMT_NERRS	0x0103	4	Cualquiera	Número de errores transmitidos indicados por capas inferiores que produjeron pérdida de trama (por ejemplo, colisiones excesivas).
XMT_ELAPSED_TIME	0x0104	4	Cualquiera	Tiempo transcurrido de transmisión en ms.
Op código: OK (en respuesta a REPORTNODE)				
PRIMARY_ID	0x8301	4	Cualquiera	ID de suministrador/dispositivo primario
SUBSYSTEM_ID	0x8302	4	Cualquiera	ID de suministrador de subsistema/dispositivo

Cuadro 10-27/G.9954 – Grupos de segmentos de instrucción

Recordatorio	CSType	CSLen	Valores de CSPayload	Descripción
MAC_ADDRESS	0x8303	6	Cualquiera	Dirección MAC IEEE de 48 bits
SERIAL_NUM	0x8304	≤16	ASCII	
DEVICE_TYPE	0x8305	1	0-24	Índice que indica el tipo de dispositivo: 0 Otro 1 PCI NIC (incluye miniPCI, Cardbus) 2 USB NIC 3 Puente de módem de cable 4 Puente de módem DSL 5 Puente inalámbrico de banda ancha 6 Puente V90 7 Puente único 8 Enrutador de módem de cable 9 Enrutador de módem DSL 10 Enrutador inalámbrico de banda ancha 11 Enrutador V90 12 Enrutador único 13 Dispositivo de audio 14 Dispositivo de vídeo 15 Dispositivo de disco 16 Dispositivo CD/DVD 17 Dispositivo de reserva 18 Equipo de cable digital 19 Equipo de satélite digital 20 Impresora 21 Servidor de impresora 22 Escaner 23 FAX 24 Teléfono
VEND_NAME	0x8306	≤32	ASCII	
VEND_DRIVER	0x8307	≤16	ASCII	
VEND_DATE	0x8308	4	Por definir	
MANUF_DATE	0x8309	4	Por definir	
TIMER_GRAN	0x830a	2	1-1000	Resolución del temporizador en ms

10.9.7 Segmentos de datos

Los segmentos de datos se enumeran en grupos (véase el cuadro 10-28), precediendo cada grupo los opcódigos que lo utilizan.

Cuadro 10-28/G.9954 – Grupos de segmentos de datos

Recordatorio	CSType	CSLen	Valores de CSPayload	Descripción
Opcódigos: TESTDATA ECHOREQUEST OK (en respuesta a ECHOREQUEST)				
DATA	0x8108	1-1482	Cualquiera	Datos
Opcódigo: TESTDATA				
EOT	0x8109	0	N/A	Fin de transmisión: marca el final de la transmisión de datos del servidor.
Opcódigo: SAMPLEDATA				
SAMPLES	0x8133	1-1482	Dirección MAC	Octetos 0-5: dirección de origen del canal
			0-65535	Octetos 6-7: número total de muestras en la prueba
			0-65535	Octetos 8-9: índice de la primera muestra en este segmento
			0 ninguno 1 ESPACIO 2 PREÁMBULO	Octeto 10: tipo de prueba (de CSPayload del segmento de comando)
			0	Octeto 11: reservado para uso futuro. El transmisor lo fijará a cero y será ignorado por el receptor.
			Muestras...	Octetos 12 a (DSLength-13): muestras de 16 bits firmadas.

10.9.8 Utilización del opcódigo servidor

10.9.8.1 OK

Los mensajes con opcódigo OK se generan en respuesta a las peticiones de control que se completan con éxito. Los mensajes OK contienen un número variable de segmentos de instrucción, dependiendo de la petición de control. Los mensajes OK con cero segmentos de instrucción se consideran como mensajes "OK vacío".

El campo Cert_Seq en el mensaje OK se fijará al valor del campo Cert_Seq de la petición de control.

Si se están generando múltiples mensajes OK en respuesta a una única petición de instrucción, el segmento de instrucción INFOREPLY tiene que ser el primer segmento en cada trama de respuesta. Un segmento de instrucción INFOREPLY se puede incluir como primer segmento de instrucción cuando se esté generando un único mensaje OK.

10.9.8.2 ERROR

Los mensajes con opcódigo ERROR se generan en respuesta a peticiones de control que estén malformadas, no se entiendan o que no se puedan completar con éxito. El campo Cert_Seq en el mensaje ERROR se fijará al valor del campo Cert_Seq de la petición de control. Los mensajes con opcódigo ERROR deberán contener uno o dos segmentos de instrucción. El primer segmento tendrá CSType = ERRORCODE. El segundo segmento de instrucción, si está presente, será un segmento

ERRORPOINTER, conteniendo CSPayload los primeros cuatro octetos (CSType y CSLength) del primer segmento de instrucción que produjo el problema, si se puede identificar.

10.9.8.3 TESTDATA

Las tramas con op  digo TESTDATA se utilizan para medir las características de calidad (por ejemplo, la tasa de errores de trama) o de implementación (por ejemplo, la entrega ordenada de las tramas encapsuladas LARQ) de los nodos que se est  n comprobando, y se envían normalmente entre dos servidores. El campo Cert_Seq en los mensajes TESTDATA empieza normalmente en 0 para cada prueba y se incrementa en 1 para cada trama TESTDATA subsiguiente enviada como parte de esa prueba.

Los mensajes con op  digo TESTDATA contendrán un único segmento de datos con DSType = DATA o un segmento de instrucción con CSType = EOT.

10.9.8.4 SAMPLEDATA

Las tramas con op  digo SAMPLEDATA se utilizan para permitir el análisis espectral de un canal PNT entre el servidor A y el servidor B, visto desde el servidor B. Al recibir la instrucción STARTSAMPLE el origen del canal bajo prueba enviará un mensaje de integridad de enlace de la capa de enlace al destino del canal. El destino del canal enviará segmentos de datos SAMPLES al servidor con muestras de 32 símbolos con su velocidad de muestreo original. Si las muestras ocupan más de un segmento de datos entonces los segmentos se enviarán en orden ascendente del índice de muestras.

Cuando el tipo de prueba es PREAMBLE, las muestras representarn   los símbolos 25 a 56 del preámbulo de la trama recibida desde el origen del canal.

Cuando el tipo de prueba es GAP, las muestras representarn   un periodo de tiempo en el intervalo entre tramas que se inicia 8 microsegundos después de la recepción de la trama.

10.9.9 Utilización de op  digos cliente

10.9.9.1 ENABLECERT

Al inicio, o después de la recepción de una petición DISABLECERT, los servidores deben estar en el modo "cert inhabilitado". Mientras est  n en el modo "cert inhabilitado", el nodo ignorará en silencio todas las tramas cert recibidas salvo las peticiones DISABLECERT y ENABLECERT hasta que se reciba una petición ENABLECERT sin errores. Tras la recepción de una petición ENABLECERT, el nodo comprobará el formato de la trama recibida. Si no se detectan errores, el nodo conmutará al modo "cert habilitado" (o se mantendrá en ese modo) y contestar   con un mensaje OK vacío. Si se detecta un error en el formato de la trama, el nodo responderá con un mensaje ERROR y no conmutará modos.

10.9.9.2 DISABLECERT

Tras la recepción de una petición DISABLECERT, los servidores comprobarán el formato de la trama recibida. Si no se detectan errores, el nodo responderá con un mensaje OK vacío, conmutará al modo "cert inhabilitado" (o se mantendrá en ese modo) y, entonces, ignorará todas las tramas cert recibidas posteriormente, salvo las peticiones DISABLECERT y ENABLECERT. Si se detecta un error en el formato de la trama, el nodo responderá con un mensaje ERROR y no conmutará modos.

10.9.9.3 CONFIGNODE

Los mensajes con op  digo CONFIGNODE pueden contener unicamente uno de los siguientes segmentos de instrucción:

- TXPE.
- TXPRI.

- LINKINT.
- TXMODE.
- HPNAMODE.
- LARQ.
- CSA.
- CSAHPNAMODE.

Todos los servidores deben soportar los segmentos de instrucción TXPRI, LINKINT y TXMODE. Todos los segmentos deben soportar las órdenes TXPE 1-7 y 255. Los servidores únicamente no soportarán las órdenes TXPE 9-15 si pueden transmitir cabidas útiles de 4Mbaud. Todos los servidores deben soportar órdenes HPNAMODE 0, 2, 6 y 7. Los servidores soportarán el segmento de instrucción LARQ si, y solo si, implementan el protocolo LARQ. Los servidores deben soportar los segmentos de instrucción CSA y CSAHPNAMODE si, y solo si, implementan el protocolo CSA.

Si un servidor recibe una petición CONFIGNODE con un segmento de instrucción no soportado o inválido, responderá con un mensaje ERROR. En otro caso, responderá con un mensaje OK vacío.

10.9.9.4 CONFIGSEND

Estos segmentos de instrucción se deben proporcionar en una petición CONFIGSEND en el orden indicado:

- DGEN_TYPE.
- DGEN_DATA.
- LENGTH.
- SA.
- DA.

DA es el único CStype en una petición CONFIGSEND que se puede repetir y, si se repite, todos los segmentos DA deben ser contiguos. Las implementaciones soportarán por lo menos 10 segmentos de instrucción DA en una petición CONFIGSEND. Los segmentos de comando CONFIGSEND solo se enviarán a direcciones unidifusión.

El generador de tráfico es responsable de generar los datos en las tramas, los tamaños de las tramas y la distribución de las tramas en el caso de múltiples direcciones DA. El generador más utilizado es el de datos fijos, tramas de longitud fija y distribución secuencial a todas las DA.

En una petición CONFIGSEND están operativos los siguientes segmentos de instrucción pero, si están presentes, todos se deben enviar en el orden indicado:

- NPKTS.
- BURST_INT.
- BURST_NPKTS.
- NUMACKS.
- TXPE_TEST.
- TXPRI_TEST.

Si el servidor no puede proporcionar la resolución exigida por BURST_INT, entonces el valor se redondeará al valor más próximo que pueda proporcionar el servidor.

Si BURST_INT no está especificado o es 0, entonces el nodo emisor de datos generará tramas lo más rápidamente posible sin perder tramas en el extremo transmisor.

Si NPKTS no está especificado o es 0, entonces el nodo emisor de datos generará tramas de datos hasta que se reciba una petición STOPSEND.

El nodo receptor responderá con un mensaje ERROR si cualesquiera parámetros no soportados (o valores no soportados para parámetros soportados) están incluidos en la petición CONFIGSEND, cuando el nodo receptor ya se encuentra en el proceso de enviar tramas de datos cert a partir de un conjunto previo de peticiones CONFIGSEND/STARTSEND, cuando se recibe más de un CONFIGSEND antes de recibir la petición STARTSEND, o cuando la SA en la petición CONFIGSEND no es la dirección MAC del nodo receptor. En otro caso, el nodo receptor reiniciará los contadores de transmisión enumerados en 10.9.11, fijará cualesquiera parámetros opcionales no incluidos en la petición CONFIGSEND a su valor por defecto y contestará con un mensaje OK vacío.

10.9.9.5 STARTSEND

Las peticiones STARTSEND contienen uno o mas segmentos de instrucción CStype = REFSEQ. Cada valor REFSEQ concuerda con el valor Cert_Seq de una petición CONFIGSEND emitida con anterioridad. Los nodos receptores aplicarán el protocolo definido en 10.9.10.2.

10.9.9.6 STOPSEND

Las peticiones STOPSEND incluyen uno o mas segmentos de instrucción CStype = REFSEQ. Cada valor REFSEQ concuerda con el valor Cert_Seq de una petición CONFIGSEND que generó un tren de datos. Cuando un servidor recibe una petición STOPSEND, compara el valor o valores Cert_Seq en la petición con el valor Cert_Seq de la última petición CONFIGSEND que recibió. Si no hay concordancia, el servidor responderá con un único mensaje OK que contenga un segmento de instrucción CStype = REFSEQ con un valor Cert_Seq que concuerde. Si se recibe una petición STOPSEND mientras se están enviando tramas de datos, el nodo transmisor detendrá el envío de tramas de datos. Si no hay concordancia, o si el nodo no ha recibido ninguna petición CONFIGSEND, entonces debe ignorar la petición.

10.9.9.7 ECHOREQUEST

Las tramas ECHOREQUEST contienen un único segmento de datos DStype = DATA. El cliente rellena el campo DSPayload con los datos que desea que sean devueltos (de 1 a 1482 bytes) y fija el campo DSLength. El receptor responderá con un mensaje OK que contenga una copia del segmento de datos proveniente de la instrucción ECHOREQUEST.

10.9.9.8 CONFIGRECV

Estos segmentos de instrucción se proporcionarán en una petición CONFIGRECV en el orden indicado:

- DGEN_TYPE.
- DGEN_DATA.
- LENGTH.
- SA.
- DA.

DA es el único CStype en una petición CONFIGRECV que puede repetirse y, si se repite, todos los segmentos DA deben ser contiguos. Los segmentos de instrucción CONFIGRECV solo se enviarán a direcciones de unidifusión.

El nodo receptor responderá con un único mensaje ERROR cuando cualesquiera parámetros no soportados (o valores no soportados para parámetros soportados) están incluidos en la petición CONFIGRECV, o cuando su dirección MAC no aparece en ninguno de los segmentos de instrucción DA. En otro caso, el nodo receptor reiniciará los contadores de recepción enumerados

en 10.9.11, fijará cualquier parámetro opcional no incluido en la petición CONFIGRECV a su valor por defecto y responderá con un mensaje OK vacío.

10.9.9.9 STOPRECV

Las peticiones STOPRECV incluyen uno o mas segmentos de instrucción CStype = REFSEQ. Cada valor REFSEQ concuerda con el valor Cert_Seq proveniente de la petición CONFIGRECV que creó un tren de datos. Cuando un servidor recibe una petición STOPRECV, compara el valor o valores Cert_Seq de la petición con el valor Cert_Seq provenientes de la última petición CONFIGRECV que recibió. Si no hay concordancia, el servidor calculará inmediatamente el tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba, si no se han recibido tramas de datos, fijará el tiempo transcurrido a 0 y responderá con un único mensaje OK que incluya un segmento de instrucción CStype = REFSEQ con el valor Cert_Seq que concuerde. Cualesquiera tramas de datos subsiguientes recibidas se ignorarán. Si no hay concordancia o si el nodo no ha recibido ninguna petición CONFIGRECV, entonces ignorará la petición.

10.9.9.10 REPORTSTATS

El receptor responderá con un mensaje OK con los contadores enumerados en 10.9.11, en el orden indicado en dicha cláusula. Los contadores no se reiniciarán una vez indicados, cuando se pierda la contestación y el cliente necesite repetir el comando REPORTSTATS. El mensaje de respuesta se iniciará con un segmento de instrucción INFOREPLY, seguido por segmentos de instrucción para cada uno de los contadores requeridos.

10.9.9.11 REPORTCONFIG

El receptor responderá con un mensaje OK con las fijaciones actuales para los parámetros de configuración enumerados en 10.9.9.3. El mensaje de respuesta se iniciará con un segmento de instrucción INFOREPLY seguido por segmentos de instrucción para cada uno de los parámetros requeridos. Los segmentos de instrucción se enviarán en el orden indicado en 10.9.9.3. Se indicarán los cinco primeros parámetros de configuración, mientras que los últimos tres, LARQ, CSA y CSAHPNAMODE, se indicarán únicamente si están soportados.

10.9.9.12 RESETSTATS

El receptor reiniciará todos los contadores enumerados en 10.9.11 y responderá con un mensaje OK vacío.

10.9.9.13 REPORTNODE

El receptor responderá con un mensaje OK con la información fija relativa al nodo, como identificadores, versiones de soporte lógico/soporte físico, etc. Las tramas de respuesta deben cada una de ellas empezar con un segmento de instrucción INFOREPLY, seguido de los segmentos de instrucción de la lista siguiente, enviados en el orden indicado:

- PRIMARY_ID.
- SUBSYSTEM_ID.
- MAC_ADDRESS.
- SERIAL_NUM.
- DEVICE_TYPE.
- VEND_NAME.
- VEND_DRIVER.
- VEND_DATE.
- MANUF_DATE.
- TIMER_GRAN.

10.9.9.14 STARTSAMPLE

El cliente iniciará el muestreo del canal enviando un segmento de instrucción SAMPLE. La DA de la trama de certificación y diagnóstico tiene que ser BROADCAST. El cliente entonces esperará a que lleguen todos los segmentos de datos "SAMPLES". La aplicación debe utilizar un temporizador adecuado en el caso de que el servidor o servidores no contesten.

10.9.9.15 VENDOR

Este opcódiigo permite a los suministradores implementar un conjunto privado de funciones. El primer segmento de instrucción será CStype = OUI con CSPayload fijado al OUI del suministrador. Un nodo que recibe una petición de instrucción específica del suministrador con un OUI que no concuerde con un OUI inteligible devolverá un mensaje de error INVALID_PARAM. El comportamiento de los nodos que reciben una petición de instrucción propia del suministrador con un OUI que concuerde depende del suministrador y se encuentra fuera del ámbito de la presente Recomendación.

10.9.10 Protocolo de petición de control

10.9.10.1 Peticiones generales de control

Todas las peticiones de control que no sean STARTSEND y VENDOR siguen un protocolo sencillo. El cliente envía una petición con una única trama y el servidor contesta con una o más tramas; todas las tramas de control enviadas por el cliente son "reconocidas" explícitamente mediante OK o ERROR o SAMPLEDATA en el caso de STARTSAMPLE. En la mayoría de los casos se genera una única trama. Cada trama de control generada por el cliente debe ser enviada con un valor creciente monótonicamente (que ignora las repeticiones) para Cert_Seq. El campo Cert_Seq en las tramas de acuse de recibo de los nodos del servidor utilizan el valor Cert_Seq de la petición de control para asegurar que el cliente pueda identificar adecuadamente qué petición se está reconociendo. El cliente será responsable de tratar las peticiones de acuse de recibo, por ejemplo, reenviando la petición después de un intervalo, con una separación entre intentos. El fracaso en la recepción de un acuse de recibo puede significar que se perdió la trama de petición original o que se perdió el acuse de recibo. En ninguna de las peticiones definidas vigentes, salvo STARTSEND, hay consecuencias negativas al reenviar una petición. El valor de temporización utilizado por el cliente depende de la propia petición que se está emitiendo. Para instrucciones de configuración, se debería utilizar un intervalo de 50 ms. Si se producen fallos repetidos, el comportamiento del cliente depende de sus propios objetivos (pruebas de certificación frente a diagnóstico de red) y no se especifica aquí.

En el caso de peticiones REPORTSTATS o REPORTCONFIG, el servidor genera algunas (≥ 1) tramas de respuesta. El primer segmento de instrucción de cada una de las tramas de respuesta enviadas en respuesta a las peticiones REPORTSTATS, REPORTCONFIG y REPORTNO será un segmento de instrucción INFOREPLY que indique el número total de tramas a enviar y el número relativo de la trama en servicio.

Los segmentos de instrucción subsiguientes contienen los datos devueltos por el servidor.

Todas las tramas de respuesta se envían con el valor Cert_Seq fijado a Cert_Seq de la petición del cliente. El cliente será responsable de asegurar que todas las tramas se han recibido y de reenviar la petición si se ha perdido alguna trama.

10.9.10.2 Protocolo para peticiones de control STARTSEND

Para suministrar un flujo ininterrumpido de tramas de datos durante una prueba, se utilizará un protocolo algo diferente para las peticiones STARTSEND. Después de emitir las peticiones adecuadas CONFIGRECV y CONFIGSEND para configurar todos los nodos, el cliente envía una petición STARTSEND con una lista de segmentos de control del tipo REFSEQ que contenga cada uno el Cert_Seq de una petición CONFIGSEND previa. Cualquier nodo que esté esperando una

petición STARTSEND (es decir, uno que ha recibido CONFIGSEND pero que todavía no ha recibido una petición STARTSEND) y que reciba la petición STARTSEND busca en la lista de segmentos de control REFSEQ de la petición STARTSEND un valor Cert_Seq que concuerde con el número de secuencia de la petición CONFIGSEND. Si no se encuentra concordancia, el servidor ignora la petición STARTSEND. Si se encuentra una concordancia, el nodo envía respuestas de control OK NUMACKS al cliente con un segmento de control REFSEQ que contiene el valor Cert_Seq de la petición CONFIGSEND. El servidor envía entonces las tramas de datos solicitadas a las direcciones de destino. El campo Cert_Seq de las tramas de datos se inicia en 0 y se incrementa en 1 (módulo 2^{16}) para cada trama de datos enviada. Una vez enviadas todas las tramas de datos, el servidor envía las tramas de datos NUMACKS con el tipo de segmento de instrucción EOT, con CSValue fijado al número de secuencia de la petición CONFIGSEND, a cada una de las direcciones destino. Una vez recibida la trama EOT, el nodo o nodos destino miden el tiempo transcurrido durante el envío de datos y rechaza cualquier trama de datos recibida después de EOT. La trama EOT no se computará en las estadísticas de recepción. En la figura 10-6 se muestra la duración de una prueba de datos típica.

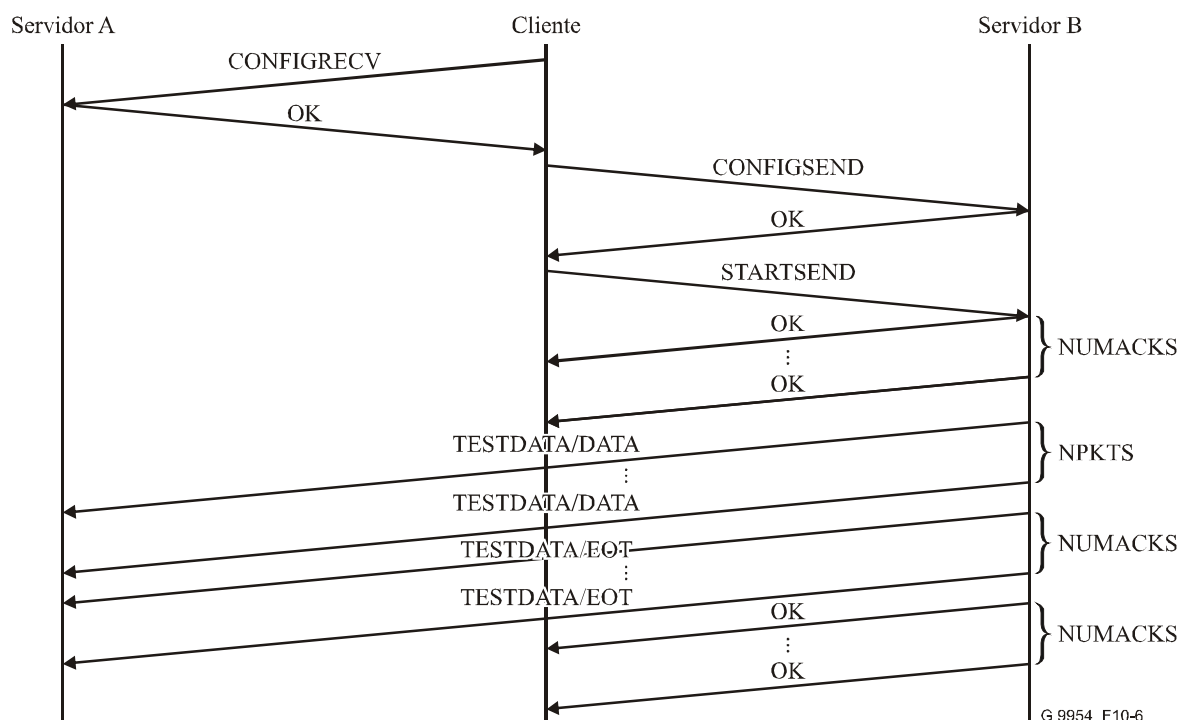


Figura 10-6/G.9954 – Cronograma de protocolo para pruebas de datos

El servidor envía entonces al cliente tramas de respuesta de control OK NUMACKS con tipo de segmento de instrucción EOT, con CSValue fijado al número de secuencia de la petición CONFIGSEND.

Si no se ha configurado ninguna prioridad de transmisión, entonces las tramas de datos se envían por defecto con prioridad 0 de LL, y las tramas de respuesta de control se envían al cliente con prioridad 7 de LL. El servidor debe asegurar que todas las tramas de datos (incluidas las tramas EOT) han sido enviadas antes de enviar al cliente las tramas de respuesta de control.

Si un servidor recibe una petición STARTSEND duplicada para una determinada petición CONFIGSEND (que indique que el cliente no recibió ninguna de las respuestas de control iniciales OK NUMACKS), el servidor devolverá una trama ERROR al cliente. El cliente será el responsable de emitir cualquier petición STOPSEND necesaria, reconfigurando los nodos adecuadamente y reiniciando la prueba.

Para peticiones STARTSEND, la temporización que debería utilizar el cliente al buscar los acuses de recibo iniciales es de 50 ms. La temporización para los acuses de recibo finales (aquellos devueltos al cliente después de enviar las tramas de datos que incluyen segmentos EOT) se calculará en función de la cantidad de datos transmitidos y del caudal más desfavorable para la prueba.

10.9.10.3 Protocolo para peticiones de control VENDOR

El protocolo para peticiones de control VENDOR es propia del vendedor y se encuentra fuera del ámbito de la presente Recomendación.

10.9.11 Estaciones

10.9.11.1 Contadores de recepción

Un servidor que reciba tramas de datos mantendrá los contadores siguientes que deberá indicar en la respuesta a una instrucción REPORTSTATS:

- RECV_NPKTS.
- RECV_NBYTES.
- RECV_SEQ_MISS.
- RECV_SEQ_ERR.
- RECV_DATA_ERR.
- RECV_FCS_ERR.
- RECV_HDR_ERR.
- RECV_ERR.
- RECV_ELAPSED_TIME.

10.9.11.2 Contadores de transmisión

Un servidor que envíe tramas de datos mantendrá los contadores siguientes que deberá indicar en la respuesta a una instrucción REPORTSTATS:

- XMT_NPKTS.
- XMT_NBYTES.
- XMT_NERRS.
- XMT_ELAPSED_TIME.

Todos los contadores se mantendrán e indicarán como de 32 bits.

Se medirá el tiempo transcurrido entre la transmisión o la recepción de la primera trama de datos y la transmisión o recepción de la primera trama EOT.

10.9.12 Procesamiento de tramas de control en el receptor

cert no utiliza tramas con errores HHCS, FCS o CRC-16. Puesto que pueden existir algunas implementaciones con una capa separada superior a la del controlador del dispositivo, no hay garantía entre implementaciones de que las tramas con esos errores alcancen la capa cert. Todas las implementaciones cert deben ignorar cualquier trama recibida con este tipo de errores.

10.9.13 Procesamiento de tramas de datos en el receptor

Para cada trama de datos recibida:

- Si se especificaron DGEN_TYPE y DGEN_DATA en la petición CONFIGRECV, el receptor genera una copia local del paquete utilizando el generador de datos y la compara con los datos recibidos. Si los datos no concuerdan, el receptor incrementa recv_data_err. Si no se detectan errores, el receptor incrementa recv_npkts.

- El receptor observa el número de secuencia de las tramas recibidas e incrementa RECV_SEQ_MISS para cualesquiera tramas que se hayan perdido (que se evidencian por saltos en los números de secuencia) e incrementa RECV_SEQ_ERR para cualesquiera tramas recibidas fuera de secuencia.

Se utilizará la lógica siguiente para incrementar recv_seq_miss y recv_seq_err:

```

if (((received_seq - expected_seq) & 2^15) != 0) recv_seq_err++;
else {
    recv_npkts++;
    if (received_seq == expected_seq) expected_seq = (expected_seq + 1) %
    2^16;
    else {
        if (received_seq > expected_seq) recv_seq_miss += (received_seq -
        expected_seq);
        else recv_seq_miss += (2^16 + received_seq - expected_seq);
        expected_seq = (received_seq + 1) % 2^16;
    }
}

```

Las tramas duplicadas también incrementarán recv_seq_err.

10.9.14 Requisitos generales

Los modos servidores deberían ser capaces de generar y deshacer tramas de datos simultáneamente, aunque no se requiere que lo hagan. Los servidores deben ser capaces de tratar la recepción y el procesamiento de las tramas de control mientras se envían tramas de datos. Esta versión del protocolo no especifica la generación simultánea de múltiples trenes de datos o la recepción o validación simultánea de múltiples trenes de datos.

10.9.15 Temporización

La resolución en cualquier temporización (sellos de tiempo e intervalos de envío) será de 10 ms, y no pueden ser superiores a 50 ms. Los requisitos de fluctuación de fase serán de $\pm 10\%$ de la resolución suministrada.

10.9.16 Códigos de error

En el cuadro 10-29 se han definido los siguientes códigos de error.

Cuadro 10-29/G.9954 – Códigos de error

Recordatorio	Valor
UNK	1
UNSUP_OP	2
INVALID_PARAM	3
UNSUP_CMDSEG	4
UNSUP_DGEN	5
INVALID_SEQ	6
INVALID_FRAME	7
INVALID_OP	8

10.9.17 Generadores de datos

10.9.17.1 DGEN_TYPE = 1

Los 4 bytes de DGEN_DATA especificados en la petición CONFIGSEND se repiten, como grupo, para completar la longitud de la cabida útil. Si la longitud de la cabida útil no es un múltiplo de 4,

los restantes bytes ser rellenan con la porción de DGEN_DATA que quepa. Por ejemplo, si DGEN_DATA = 0x01020304 y la longitud de la cabida útil es 11, entonces la cabida útil debe rellenarse con 0x0102030401020304010203.

Si el número de direcciones de destino es superior a 1, entonces las tramas generadas se multiplexan hacia los nodos de destino en el orden en el que se generaron en la petición CONFIGSEND.

10.9.17.2 DGEN_TYPE = 2

El byte menos significativo de DGEN_DATA se utilizará para inicializar un contador de 8 bits. Los bytes de cabida útil se rellenan secuencialmente con el valor del contador y el contador se incrementará en 1 por byte de la cabida útil. Por ejemplo, si DGEN_DATA = 0xf9 y la longitud de cabida útil es 11, entonces la cabida útil debe rellenarse con 0xf9fafbfcdfeff00010203. Si el número de direcciones destino es superior a 1, entonces las tramas generadas se multiplexan hacia los nodos de destino en el orden en el que se enumeraron en la petición CONFIGSEN. Los tres bytes más significativos se enviarán como cero y se ignorarán en la recepción.

10.10 Ampliaciones del entramado de la capa de enlace

Esta cláusula de la especificación de la capa de enlace describe cómo se consiguen las ampliaciones de los formatos de trama.

Además, se definen dos ampliaciones para las tramas de control CSA que soportan la utilización de características opcionales y/o ampliadas entre estaciones compatibles. La primera ampliación es una lista de subtipos de trama LCP opcionales soportados por la implementación (además de los cuatro tipos PNT de la versión básica). Nuevos tipos de trama, tales como tramas codificadas con Reed Solomon, se anunciarían por las estaciones que las implementan, permitiendo una "negociación" sencilla entre pares para que soporten tipos opcionales. La segunda ampliación es un formato normalizado para parámetros de anuncio asociados con una característica ampliada.

Finalmente, esta cláusula incluye algunas reglas adicionales que rigen el diseño y la utilización de protocolos LCP nuevos o revisados, incluidas algunas directrices más concretas sobre longitudes de encabezamientos LCP y restricciones de alineación.

10.10.1 Definiciones

10.10.1.1 incorporar: Situar datos, normalmente una cabida útil de trama Ethernet/802.3, con la estructura definida para un encabezamiento de subtipo LCP, probablemente codificado, de forma que requiera el entendimiento de la estructura para extraer la cabida útil original. (Es decir, la cabida útil original se convierte en parte del encabezamiento LCP).

10.10.1.2 carga útil incorporada: Datos codificados en un encabezamiento incorporado, comenzando normalmente la cabida útil de una trama Ethernet/802.3 con el campo Type/Length.

10.10.1.3 encabezamiento de incorporación: Encabezamiento que contiene una cabida útil incorporada, para la cual se tiene que comprender la función de encabezamiento para utilizar los datos incorporados.

10.10.1.4 encabezamiento de encapsulado: Encabezamiento que se puede suprimir sin ningún procesamiento (por ejemplo, un encabezamiento LARQ), dejando algo útil, normalmente una cabida útil de trama Ethernet/802.3. Un encabezamiento de encapsulado tiene un campo Ehertype siguiente distinto de cero.

10.10.1.5 encapsular: Insertar un encabezamiento LCP en una trama, antes del campo original Type/Length, sin modificar el resto de la trama. La supresión del encabezamiento restablece la trama con su estado original (es decir, la cabida útil original sigue al encabezamiento LCP).

10.10.1.6 valor de longitud de marcador (TLV, *tag length value*): Tipo de estructura constituida por un identificador asignado, el marcador, seguido de un campo longitud que especifica el tamaño de los datos que siguen, seguido por el propio valor (datos).

10.10.2 Mecanismo de ampliación

Las ampliaciones de los formatos de trama existentes se deben añadir utilizando una codificación del valor longitud de marcador (TLV), con marcadores asignados por el PNT. El formato TLV tiene versiones corta y larga. El formato corto tiene un marcador de 8 bits y un campo longitud de 8 bits, mientras que el formato largo tiene un marcador de 16 bits y un campo longitud de 16 bits. El formato corto utiliza los valores de marcador 1-127 y el formato largo utiliza los valores 32768-65535, distinguiendo ambos formatos el bit más significativo del octeto más significativo del campo marcador.

Los valores de los marcadores se asignan independientemente para cada SStype o LStype LCP entre una amplia gama de valores (es decir, las gamas se solapan). El valor de marcador 0x00 se reserva explícitamente como valor de atenuación, cuyo uso se describe a continuación.

Cuando se añaden bloques TLV deben estar situados antes del campo Ehtype siguiente y después de todos los demás campos TLV no codificados. La definición de una nueva ampliación TLV para un determinado subtipo no obliga automáticamente a asignar una nueva versión para SSVersion (o para LSVersion). Todas las implementaciones ignorarán los bloques TLV desconocidos. Una vez definida la primera ampliación TLV para un determinado subtipo, todas las futuras ampliaciones de dicho subtipo requerirán codificación TLV, incluidas cualesquiera adiciones permanentes de futuras versiones.

El campo SSVersion o LSVersion se incrementará cuando se defina una ampliación permanente para todas las futuras versiones de un subtipo LCP o cuando se defina un campo reservado formalmente en la porción permanente del subtipo a utilizar en el protocolo. El campo versión no debería incrementarse para ampliaciones opcionales.

10.10.3 Limitación del tamaño del encabezamiento y relleno de LCP

Todos los encabezamientos LCP de encapsulado G.9954, de formato corto o largo, deben tener longitudes que sean múltiplos de 4 octetos (32 bits). El valor de marcador reservado 0x00 se utilizará como relleno en la porción TLV de un encabezamiento LCP para asegurar la alineación necesario de los campos (véase el próximo párrafo) y para asegurar que la longitud total del encabezamiento LCP es un múltiplo de 4 octetos. Este requisito reduce el coste del manejo de la trama por protocolos de capas superiores cuando se suprimen encabezamientos.

También se requiere que todos los emisores aseguren el alineamiento natural de valores de 16 bits y de 32 bits, medidos desde el inicio del campo SStype o LStype. Se utilizarán uno, dos o tres octetos para relleno (con valor 0) cada vez que se requiera relleno para alinear el campo siguiente.

10.10.4 Soporte requerido

10.10.4.1 Soporte para ampliaciones LCP opcionales

Las estaciones que soporten G.9954 utilizarán la ampliación CSA de subtipos soportados para indicar el soporte de subtipos LCP opcionales, incluidos los subtipos de encabezamiento de incorporación, nuevos subtipos de encabezamiento de control y subtipos de encapsulado diferentes de LARQ.

Para todos los subtipos recibidos, las estaciones ignorarán ampliaciones desconocidas, cuando estén presentes, y procesarán normalmente todas las ampliaciones conocidas como si no hubiera ninguna ampliación desconocida.

10.10.4.2 Utilización de encabezamientos de encapsulado

Las estaciones deben ser capaces de suprimir un encabezamiento de encapsulado desconocido y procesar el resto de la trama como si el encabezamiento desconocido no estuviera presente. Sin embargo, las estaciones no añadirán ningún encabezamiento de encapsulado salvo para el encabezamiento normalizado LARQ de 8 octetos a menos que se sepa que todos los receptores de la trama soportan longitudes de trama suficientemente largas para acomodar el tamaño del mensaje ampliado que se obtiene cuando está presente el encabezamiento de encapsulado. Además, solo se deberían enviar encabezamientos de encapsulado diferentes del encabezamiento LARQ si se sabe que todos los oyentes activos de la DA de la trama soportan dicho tipo. El oyente activo se define en la especificación de protocolo de capa de enlace G.9954.

Se considera que una estación soporta G.9954 o superior únicamente si la estación ha recibido un mensaje CSA que indique dicho estado en los últimos dos minutos. Las estaciones que están inactivas normalmente no generan mensajes CSA y, por lo tanto, dejarán de ser consideradas como "G.9954 o superior", lo que implica que se deberá enviar tráfico adicional con las limitaciones de capacidad por defecto G.9954 asumidas para los nodos receptores (por ejemplo, el tamaño MTU por defecto) con el fin de asegurar un comportamiento razonable en la activación.

Esto significa que los encabezamientos de encapsulado diferentes de los encabezamientos LARQ de 8 octetos no se deben utilizar para tráfico de difusión o multidifusión, a menos que mensajes CSA provenientes de cada uno de los oyentes activos para el grupo de difusión o multidifusión indiquen el soporte de longitudes MTU suficientemente grandes para acomodar el tamaño del mensaje enviado que se obtiene cuando el encabezamiento de encapsulado está presente. Una "estación en el cable" es una estación PNT que envía tramas de integridad de enlace. La dirección MAC de origen utilizada en las tramas de integridad de enlace identifica la estación. Si no se ha recibido recientemente un mensaje CSA (durante los últimos dos minutos) con la misma dirección MAC de origen, entonces la estación está inactiva y debe ser tratada como G.9954 (véase 10.6.5).

Las estaciones no añadirán un subtipo de encabezamiento de encapsulado LCP diferente de un encabezamiento LARQ de 8 octetos si cualquier oyente activo con soporte de tramas para longitudes MTU no es suficientemente grande para acomodar el tamaño del mensaje ampliado que se obtiene cuando está presente el encabezamiento de encapsulado. Cuando todos los oyentes activos indican tamaños MTU suficientes, ninguna estación debería añadir un subtipo de encabezamiento de encapsulado LCP diferente del LARQ a menos que se sepa que por lo menos un oyente activo soporta el subtipo mediante la ampliación CSA de subtipos soportados.

Las estaciones no deben enviar tramas de control LCP que no se sepa si soportan el subtipo. Si la dirección destino MAC es una dirección de grupo multidifusión/difusión, se entenderá que por lo menos un oyente activo comprende el subtipo.

10.10.4.3 Utilización de encabezamientos de incorporación

Las estaciones no deben enviar tramas LCP con una cabida útil incorporada a menos que sepan que todos los oyentes activos comprenden el subtipo (mediante la recepción proveniente de todos los receptores de una nueva ampliación de los subtipos soportados para tramas de control CSA con el subtipo de incorporación).

10.10.5 Formatos de ampliación TLV

Cuadro 10-30/G.9954 – Ampliación TLV de formato corto

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	1-127. Valor de marcador asignado para la ampliación.
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud. Mínimo 0, máximo 255.
SEData	0-255 octetos ^{a)}	Datos adicionales para ampliación.
^{a)} Limitados por el espacio disponible en el formato de trama de capa física o de enlace.		

No se utilizará SELength como indicador de la versión de la información presente en la porción SEData del TLV.

Cuadro 10-31/G.9954 – Ampliación TLV de formato largo

Campo	Longitud	Significado
LETag	2 octetos	32768-65535. Valor del marcador asignado para ampliación.
LELength	2 octetos	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud. Mínimo 0, máximo 65526.
LEData	0-65526 octetos ^{a)}	Datos adicionales para ampliación.
^{a)} Limitados por el espacio disponible en el formato de trama de capa física o de enlace.		

No se utilizará LELength como indicador de la versión de la información presente en la porción LEData del TLV.

Cuadro 10-32/G.9954 – Relleno, puede utilizarse con todas las ampliaciones TLV

Campo	Longitud	Significado
LCP_Ext_Pad	1 octeto	= 0 (LCP_EXT_PAD). Se puede repetir hasta tres veces seguidas.

Cuadro 10-33/G.9954 – Ejemplo: trama de formato corto con ampliación TLV

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
EtherType	2 octetos	0x886c
SSType	1 octeto	=x
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, empezando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo EtherType siguiente. La longitud total desde SSType a EtherType siguiente debe ser múltiplo de 2 (alineamiento natural de EtherType siguiente) siendo SSLength un entero par, o un múltiplo de 4 (encabezamiento de encapsulado), y SSLength módulo 4 igual a 2.
SSVersion	1 octeto	= x
Datos fijos/conocidos para SSVersion,		
SETag	1 octeto	Valor de relleno asignado para la ampliación.
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de relleno y de longitud. Mínimo 0, máximo 255.
SEData	0-255 octetos ^{a)}	Datos adicionales para ampliación.
[Ampliaciones TLV adicionales]		
[Relleno si es necesario]	0-3 octetos	Debe ser cero.
EtherType siguiente	2 octetos	
^{a)} Limitado por el espacio disponible en el formato de trama de capa física o de enlace.		

10.10.6 Ampliaciones CSA

10.10.6.1 Ampliaciones CSA para subtipos opcionales soportados

Esta ampliación siguiente (en el cuadro 10-34) se define para tramas CSA para permitir a las implementaciones anunciar el soporte de cada subtipo opcional. Los subtipos opcionales se definen como aquellos subtipos que están definidos pero que no son requeridos por alguna versión de la especificación PNT. Inicialmente, esto incluye cualquier nuevo subtipo G.9954 para el que no se requiere soporte en dispositivos G.9954. Antes que intentar mantener un pequeño espacio, todos los tipos de trama se tratan como enteros de 16 bits y se envía en primer lugar el octeto más significativo.

Cuadro 10-34/G.9954 – Ampliación TLV de subtipos soportados para CSA

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	=CSA_SUBTYPES_TAG.
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud. 2 * número de subtipos anunciados.
Subtipo 1	2 octetos	Primer subtipo opcional soportado como entero de 16 bits (puede ser un subtipo corto o largo).
[Subtipo2,...,n]	2 × (n – 1) octetos	Subtipos opcionales adicionales soportados por la implementación.

10.10.6.2 Ampliación CSA para parámetros subtipo

La ampliación siguiente (en el cuadro 10-35) se define para tramas CSA que permiten a las implementaciones anunciar parámetros específicos de la implementación para subtipos LCP individuales. No todos los tipos de trama LCP necesitarán parámetros adicionales. La definición de los parámetros depende del subtipo y se encuentra fuera del ámbito de esta Recomendación.

Cuadro 10-35/G.9954 – Ampliación TLV de parámetros subtipo para CSA

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	= CSA_PARAMS_TAG
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud. Mínimo 3, máximo 255.
Subtype	2 octetos	Subtipo para el cual se están especificando parámetros adicionales.
Datos de parámetro	1+ octetos	Datos específicos de la implementación.

10.10.6.3 Ampliación específica de suministrador, formato corto

La ampliación siguiente (en el cuadro 10-36) se define para todos los subtipos ampliables.

Cuadro 10-36/G.9954 – Ampliación TLV de formato corto específica del suministrador

Campo	Longitud	Valor/Significado
SETag	1 octeto	VENDOR_SHORT_TAG.
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud. Mínimo 4, máximo 255.
SVsOUI	3 octetos	Identificador único IEEE asignado por la organización
SVsData	0-251 octetos ^{a)}	Datos específicos de suministrador para la ampliación.
^{a)} Limitados por el espacio disponible en el formato de trama de capa física o de enlace.		

10.10.6.4 Ampliación específica del suministrador, formato largo

La ampliación siguiente (en el cuadro 10-37) se define para todos los subtipos ampliables.

Cuadro 10-37/G.9954 – Ampliación TLV de formato largo específica del suministrador

Campo	Longitud	Valor/Significado
LETag	2 octetos	VENDOR_LONG_TAG.
LELength	2 octetos	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud. Mínimo 4, máximo 65526.
LVsOUI	3 octetos	Identificador único IEEE asignado por la organización
LVsData	0-65522 octetos ^{a)}	Datos específicos de suministrador para la ampliación.
^{a)} Limitados por el espacio disponible en el formato de trama de capa física o de enlace.		

10.10.7 Asignaciones de subtipo y marcador

Los cuadros 10-38 y 10-39 enumeran la asignación actual (y planificada) de subtipos LCP y los valores de marcador para ampliaciones LCP.

Cuadro 10-38/G.9954 – Asignaciones de subtipo

Nombre de subtipo	Valor	Uso
Reservado	0	Reservado
SUBTYPE_RATE	1	Protocolo de petición de velocidad
SUBTYPE_LINK	2	Protocolo de integridad de enlace
SUBTYPE_CSA	3	Protocolo de anuncio de capacidades y de estado
SUBTYPE_LARQ	4	Protocolo de petición de repetición automática limitada
SUBTYPE_VENDOR_SHORT	5	Encabezamiento de formato corto específico del suministrador
SUBTYPE_FRAME_BURSTING	6	Protocolo de ráfagas de trama
SUBTYPE_master_SELECTION	7	Protocolo de selección dinámica de maestro
SUBTYPE_TIMESTAMP_REPORT	8	Indicación de informe de sello de tiempo
Reservado	9-127	Reservado/no asignado
Reservado	128-255	Reservado para tipo de mensaje largo
Reservado	32768	Reservado
SUBTYPE_VENDOR_LONG	32769	Subtipo de formato largo específico del suministrador
SUBTYPE_CERT	32770	Protocolo de certificación
SUBTYPE_RS	32771	Encabezamiento Reed Solomon
SUBTYPE_MAP	32772	Protocolo de sincronización MAP
SUBTYPE_REGISTRATION	32773	Protocolo de control (registro) de admisión de red
SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING	32774	Protocolo de señalización de flujo
Reservado	32775-65535	Reservado/no asignado

Cuadro 10-39/G.9954 – Asignaciones de marcador

Nombre de marcador	Valor	Uso
LCP_EXT_PAD	0	Octeto único (sin campo de longitud), relleno para alineamiento, todos los subtipos.
VS_SHORT_TAG	1	Ampliación específica del suministrador, formato corto, todos los subtipos.
CSA_SUBTYPES_TAG	2	Lista de subtipos opcionales soportados, solo CSA
CSA_PARAMS_TAG	3	Parámetros para un subtipo, solo CSA
CSS_TAG	4	Secuencia de señalización de colisión (véase 10.12), solo CSA
RRCF_RS_TAG	2	Ampliación Reed-Solomon (véase 10.11.7), solo negociación de velocidad
RRCF_CID_TAG	3	Ampliación del ID de canal lógico (véase 10.4.2) sólo negociación de velocidad
FS_PARAMS_TAG	2	Parámetros de flujo (véase 10.17.1.1), solo señalización de flujo.
FS_CLASSIFIER_TAG	3	Filtro de clasificación de flujos (véase 10.17.1.2), solo señalización de flujo.
VS_LONG_TAG	32769	Ampliación específica del suministrador, formato largo, todos los subtipos.

10.10.8 Reserva de subtipos LCP y marcadores TLV para uso experimental

Se deberían reservar pequeñas gamas de valores de formato corto y largo para subtipos LCP y marcadores de ampliación TLV con fines experimentales. La gama sugerida para valores de formato corto es de 124 a 126 (tres valores). La gama sugerida para valores de formato largo es de 65280 a 65534 (255 valores). Estas gamas aplican tanto a subtipos como a marcadores. Estos valores se reservan exclusivamente para fines de desarrollo y no se deben incluir como parte de una implementación que cumpla PNT.

10.11 Codificación Reed-Solomon con entrelazado intratrama (opcional)

Esta cláusula describe el uso de un código opcional Reed-Solomon y entrelazado de intratrama de los bytes.

10.11.1 Palabras de código Reed-Solomon incorporadas

Los bytes de verificación de palabras de código Reed-Solomon se incorporan en el paquete PNT como encabezamiento de encapsulado del valor de longitud de marcador (TLV); la cabida útil original no se cambiará y seguirá a los bytes de verificación. Así se mantiene la compatibilidad hacia atrás con nodos G.9951/2, y los nodos PNT que no realizan decodificación RS pueden ignorar el encabezamiento de encapsulado y recuperar la cabida útil original (suponiendo que no hay errores de transmisión).

Las ampliaciones TLV permiten implementar la codificación y decodificación Reed-Solomon en un controlador de dispositivo, mientras el receptor siga enviando paquetes que no pasan las comprobaciones FCS y CRC-16 hasta la capa lógica en el controlador para posible corrección de errores.

Si se realiza la decodificación RS en un controlador de dispositivo más allá del demodulador PNT, el demodulador debería (y queremos decir "debería" y no "debe") también pasar los valores FCS y CRC-16 al decodificador RS con el fin de verificar que la corrección resultó satisfactoria. Si los valores FCS y CRC-16 recalculados fracasan después de haber corregido la cabida útil mediante RS, el receptor puede querer marcar el paquete como no corregido y pedir su retransmisión.

10.11.2 Tamaño de los símbolos Reed-Solomon

El tamaño de los símbolos debe ser de 8 bits, dando lugar a un código basado en GF(256). Esto limita el tamaño máximo de las palabras de código a 255 con lo que un paquete PNT puede contener varias palabras de código. El polinomio primitivo y los polinomios generadores son idénticos a los utilizados para la Rec. UIT-T G.992.1.

El cálculo se realiza en el campo Galois GF(256), donde α es un elemento primitivo que satisface el polinomio binario primitivo $x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$. Un byte de datos $(d_7, d_6, \dots, d_1, d_0)$ se identifica mediante el elemento de campo Galois $d_7\alpha^7 + d_6\alpha^6 \dots + d_1\alpha + d_0$.

10.11.3 Polinomio generador

$G(X) = \prod (X + \alpha^i)$, es el polinomio generador del código Reed-Solomon en el que el índice del producto varía entre $i = 0$ y $R - 1$. X es un retardo de byte unitario y R es el número de bytes de comprobación por palabra de código.

10.11.4 Número de bytes de codificación por palabra de código: gama de valores

R puede tomar uno de los valores 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 ó 20. Las implementaciones no necesitan codificar o decodificar todos estos valores permitidos de R . Cuando las estaciones anuncian la capacidad de realizar codificación y decodificación RS, también anuncian el conjunto de valores R que soportan para su codificación y decodificación.

10.11.5 Entrelazado

Debido a que la longitud de los paquetes PNT puede variar entre 64 y 1522 o más, un paquete puede contener varias palabras de código. Estas palabras de código podrían transmitirse secuencialmente en un único paquete, pero es preferible entrelazar las palabras de código ofreciendo protección adicional frente a errores en ráfaga.

El entrelazado solo se debe aplicar en un único paquete y no distribuirlo en múltiples paquetes. El entrelazador se reinicia al principio de cada paquete.

La gama de profundidades de entrelazado D será de 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64; las profundidades del entrelazador varían con un factor de 2. Una profundidad de entrelazado de 64 permite una longitud de paquetes ligeramente superior a los 16 000 bytes, aunque la especificación limita la longitud de los paquetes a $1024 \times N$ octetos, donde N es el número de bits por símbolo (para modulación de 2 Mbaudios).

El método de entrelazado es un sencillo método de entrelazado de escritura por columnas y codificación por filas. No afecta al orden de transmisión de los bytes de cabida útil original y el entrelazado se utiliza conceptualmente para calcular los bytes redundantes.

Ejemplo de entrelazado

En los siguientes párrafos se muestra un ejemplo de entrelazado que utiliza una cabida útil de paquetes de 15 bytes, con $R = 2$ y $D = 4$.

La cabida útil original que contiene 15 bytes S_1 a S_{15} es:

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

A continuación se representa la cabida útil como un conjunto bidimensional en el que el número de filas es igual a la profundidad D del entrelazado.

S_1	S_5	S_9	S_{13}
S_2	S_6	S_{10}	S_{14}
S_3	S_7	S_{11}	S_{15}
S_4	S_8	S_{12}	

Existen ahora 4 ($= D$) palabras de código. Cada palabra de código RS se escribe ahora por filas; la primera palabra de código consiste en los bytes S_1, S_5, S_9 y S_{13} . Cada palabra de código tiene como mucho 4 bytes, lo que es igual a $\text{ceil}(15/4)$ o $\text{ceil}(K/D)$ donde K es igual a la longitud de la cabida útil y $\text{ceil}(x)$ es el número entero mínimo superior a x , la última cabida útil tiene 3 bytes porque K no es un número entero de D .

A continuación se anexan a cada palabra de código los bytes de codificación Reed-Solomon. Estos bytes de codificación están etiquetados como $C_{\text{codeword-index}, \text{checkbyte-index}}$.

S_1	S_5	S_9	S_{13}	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$
S_2	S_6	S_{10}	S_{14}	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$
S_3	S_7	S_{11}	S_{15}	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$
S_4	S_8	S_{12}	$C_{4,1}$	$C_{4,2}$	

Tras calcular los bytes de codificación, se puede transmitir el paquete. Como se ha descrito anteriormente, los bytes de codificación deben ser transmitidos por separado en un encabezamiento de encapsulado que se describirá en detalle más tarde. Cabe destacar que la cabida útil se trasmite en su orden de bytes original.

Orden de transmisión de la cabida útil para este ejemplo:

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Orden de transmisión de los bytes de verificación para este ejemplo:

$C_{1,1}$	$C_{2,1}$	$C_{3,1}$	$C_{4,1}$	$C_{1,2}$	$C_{2,2}$	$C_{3,2}$	$C_{4,2}$
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Orden de transmisión de los bytes de verificación:

En general, los bytes de verificación se deben transmitir en el orden siguiente: C_{ij} donde i es el índice de la palabra de código, j es el índice del byte de verificación, variando mas rápidamente el índice i (palabra de código). Si el número de bytes de verificación ($=R \times D$) no es un múltiplo de 4, entonces se añadirán dos bytes 0 a los bytes de verificación de forma que la cabida útil, o la siguiente ampliación TLV, comience en un conjunto de 4 bytes.

10.11.6 Indicación de los parámetros de redundancia R y D

La longitud de los paquetes puede variar de un paquete a otro y el valor de D también puede variar con el fin de asegurar que una única palabra de código no supere el límite de 255 símbolos. Es más, es aconsejable ofrecer a los implementadores una gran flexibilidad al determinar la cantidad de redundancia necesaria. Las dos consideraciones anteriores motivan un mecanismo que permite a un transmisor variar R y D para cada paquete; en general un transmisor puede variar R y D eligiendo D para limitar la longitud de la palabra de código y R para proporcionar la redundancia deseada.

El mecanismo tiene que transmitir los parámetros R y D de forma robusta, puesto que cualquier error en R o D hará que el paquete sea imposible de corregir en su totalidad. La necesidad de robustez se complica por el hecho de que los parámetros R y D a menudo se transmitirán a una mayor velocidad de cabida útil debido a la mayor SNR de la codificación RS. Por lo tanto, los parámetros R y D se transmitirán de forma redundante. Para evitar forzar una capacidad de decodificación RS mínima en todos los transceptores, estos parámetros, junto con los valores marcador, longitud y longitud de cabida útil, sencillamente se repiten tres veces; los receptores pueden elegir entre los tres conjuntos recibidos.

Formato del encabezamiento de protocolo Reed-Solomon

La longitud del encabezamiento de encapsulado tiene que ser un múltiplo de 4 octetos, medido desde el campo SSType hasta el campo Ethertype siguiente inclusive. El encabezamiento consiste en tres copias de SSType, SSLength, SSVersion y SSParams, seguido a su vez por un conjunto de bytes de verificación y por el campo Ethertype siguiente. El conjunto de bytes de verificación debe estar relleno de ceros, si es necesario, para asegurar que la longitud del encabezamiento sea un múltiplo de 4 bytes.

SSVersion tiene dos campos. Un campo será la versión del codificador RS que se está utilizando (0 en el momento de esta propuesta) y el otro campo será la longitud del paquete módulo 16. La longitud codificada aquí es la suma de todos los bytes que empiezan en el SSType Reed-Solomon y finalizan al final de la cabida útil que incluye la codificación Reed-Solomon, que sería la totalidad del paquete G.9954 excluidos FCS y CRC-16.

RSPParams

El cuadro 10-40 muestra el formato del octeto RSPParams.

Cuadro 10-40/G.9954 – Formato del octeto RSPParams

Bit 7 (MSB)	Bit 4	Bit 3	Bit 0 (LSB)
Campo R		Campo D	

El cuadro 10-41 muestra la codificación del campo R.

Cuadro 10-41/G.9954 – Codificación del campo R

Valor del campo (Bit 7..Bit 4)	R
0000	0
0001	2
0010	4
0011	6
0100	8
0101	10
0110	12
0111	14
1000	16
1001	18
1010	20

El cuadro 10-42 muestra la codificación del campo D.

Cuadro 10-42/G.9954 – Codificación del campo D

Valor del campo (Bit 3..Bit 0)	D
0000	1
0001	2
0010	4
0011	8
0100	16
0101	32
0110	64

Cuadro 10-43/G.9954 – Formato del encabezamiento TLV, forma larga

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino (desde la PDU Ethernet original)
SA	6 octetos	Dirección origen (desde la PDU Ethernet original)
Ethertype	2 octetos	0x886c
LSType	2 octetos	SUBTYPE_RS = 32771. Tipo de encabezamiento de encapsulado Reed-Solomon (provisional)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento RS, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente.
RSVersion	1 octeto	= 0-15, sobrecargando la versión para codificar la longitud de cabida útil módulo 16.
RSParams	1 octeto	Parámetros de redundancia RS (4 bits cada uno para D, R como se ha propuesto) Este campo tiene 2 bytes replicados.
LSType2	2 octetos	Duplicado de LSType
LSLength2	2 octetos	Duplicado de LSLength
RSVersion2	1 octeto	Duplicado de RSVersion
RSParams2	1 octeto	Duplicado de RSParams
LSType3	2 octetos	Duplicado de LSType
LSLength3	2 octetos	Duplicado de LSLength
SSVersion3	1 octeto	Duplicado de RSVersion
RSParams3	1 octeto	Duplicado de RSParams
RSCheckBytes	D*R octetos (posiblemente rellenos hasta un múltiplo de 4)	Conjunto de bytes de verificación computados. Orden de transmisión: (C _{1,1} , C _{2,1} .. C _{D,1} , C _{1,2} , C _{2,2} .. C _{D,2} , ... C _{1,R} .. C _{D,R}) Pueden seguir dos bytes adicionales cero, para rellenar el múltiplo de 4 bytes. La codificación de cabida útil RS comienza con el siguiente campo, normalmente "Next_Ethertype".

Cuadro 10-43/G.9954 – Formato del encabezamiento TLV, forma larga

Campo	Longitud	Significado
Ethertype siguiente	2 octetos	De la PDU Ethernet "original" (podría ser 886c, con un encabezamiento LARQ)
Cabida útil	Mínimo de octetos a determinar	De la cabida útil de PDU Ethernet original
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

10.11.7 Indicación del receptor de la codificación deseada. Ampliación TLV al subtipo LCP SUBTYPE_RATE

Es el receptor el que comprueba la tasa de errores de paquetes y, por lo tanto, es el que está mejor cualificado para determinar la selección de la redundancia Reed-Solomon. A continuación se describe un mecanismo para que el receptor indique la redundancia deseada al transmisor distante. Se trata de una ampliación TLV de la trama de control de velocidad vigente.

En cada banda se incluyen tres parámetros adicionales, uno es una velocidad de cabida útil mejorada ($\text{Band}n_EPR$) y los otros dos parámetros indican una redundancia mínima que permitirá la transmisión a una velocidad de cabida útil mejorada. El formato de $\text{Band}n_EPR$ es el mismo que el de $\text{Band}n_PE$ con un código diferente de RS.

La redundancia mínima se especifica mediante dos octetos. El primer octeto especifica un número deseado de bytes redundantes por palabra de código RS; el transmisor distante codificará todas las cabidas útiles con este número de bytes redundantes. Puesto que el número de bytes redundantes es un múltiplo de 2, este campo debe codificarse como $R/2$.

El segundo octeto que especifica la redundancia deseada es un tamaño máximo de cabida útil por palabra de código. El transmisor distante debe restringir la cabida útil para que nunca exceda esta longitud, aumentando D si fuera necesario.

Cabe destacar que $SSVersion$ es 1 para indicar que tiene un formato diferente del formato RRCF vigente (véase el cuadro 10-44). Solo se enviará si el intercambio de capacidades indica que se soporta la codificación RS.

Cuadro 10-44/G.9954 – Definición de la trama de control de petición de velocidad con ampliación Reed-Solomon

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c
SSType	1 octeto	= 1
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. El valor mínimo de SSLength es 8 para SSVersion 0.
SSVersion	1 octeto	= 0 [1?]
OpCode	1 octeto	Código de funcionamiento para este mensaje de control. Véase el cuadro 10-6 para las definiciones.
NumBands	1 octeto	Número de bandas especificadas en este control. [...]
NumAddr	1 octeto	Número de direcciones especificadas en la cabida útil de este mensaje de control. NumAddr puede ser cero. [...]
Band1_PE	1 octeto	2 Mbaudios, portadora de 7 MHz: Valor PE que debería utilizarse para enviar datos cuando se selecciona la banda de 2 Mbaudios [...]
Band1_rank	1 octeto	Orden de preferencia de ReqDAs para esta banda [...]
Band2_PE	1 octeto	Opcional, solo presente si NumBands ≥ 2 . [...]
Band2_rank	1 octeto	Opcional, solo presente si NumBands ≥ 2 . [...]
RefAddr1	6 octetos	Opcional. Presente si NumAddr ≥ 1 . [...]
RefAddr2	6 octetos	Opcional. Presente si NumAddr ≥ 2 . [...]
...		[Ejemplares adicionales de RefAddr, hasta que el número de campos RefAddr sea igual a NumAddr]
SETag	1 octeto	= 2. Valores RS opcionales para la negociación de velocidad
SELength	1 octeto	Longitud total de la opción, excluidos los octetos de marcador y de longitud, y el relleno. Tiene que ser $2 + 4 \times \text{Numbands}$, el mínimo es 6.
Band1_EPR	1 octeto	Velocidad de cabida útil ampliada cuando se utiliza codificación Reed-Solomon para la redundancia especificada en el campo siguiente.
Band1_RSR	1 octeto	Número de bytes redundantes por palabra de código cuando se utiliza codificación Reed-Solomon
Band1_Kmax	1 octeto	Tamaño de cabida útil máximo por palabra de código
Band1_Pad [Se sugiere Band1_Rdesired]	1 octeto	Para alineamiento y posibles ampliaciones. = 0 si no se utiliza. [Límite superior deseado para el número total de bytes redundantes totales, que permite redundancia reducida por palabra de código para tramas más largas.]
...		[Ejemplares adicionales de parámetros de codificación RS si Numbands ≥ 2]
Relleno	2 octetos	Relleno para hacer que el encabezamiento de encapsulado sea un múltiplo de 4 octetos

Cuadro 10-44/G.9954 – Definición de la trama de control de petición de velocidad con ampliación Reed-Solomon

Campo	Longitud	Significado
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno		Para llegar al tamaño de trama mínimo, si es necesario
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

10.11.8 Anuncio de capacidades

La capacidad de una estación para codificar y decodificar paquetes se transmitirá a la trama CSA en la ampliación de marcador CSA_SUBTYPES mediante campos asociados. En el cuadro 10-45 se muestra un ejemplo de esta ampliación.

Cuadro 10-45/G.9954 – Ejemplo de ampliación TLV para CSA, anuncio de capacidad RS

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	= CSA_SUBTYPES_TAG.
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud. $2 \times$ número de subtipos (n) anunciados.
Subtipo	2 octetos	SUBTYPE_RS_LONG (32771)
Subtipos adicionales	$2 \times (n - 2)$ octetos	Subtipos opcionales adicionales soportados por la implementación.

Además del soporte de anuncios para el subtipo Reed-Solomon, se envían en una ampliación de parámetros CSA las capacidades explícitas de una estación que anuncia su capacidad RS. Esta indicación es una ampliación CSA para los parámetros de subtipo. El formato de esta ampliación se indica en el cuadro 10-46.

Cuadro 10-46/G.9954 – Extensión TLV de parámetros de subtipo RS para CSA

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	= CSA_PARAMS_TAG
SELength	1 octeto	= 6
Subtipo	2 octetos	SUBTYPE_RS (32771)
Soportado Codificación R Máscara de bits de valor	2 octetos	<i>Primer octeto</i> Bit R 0 2 1 4 2 6 3 8 4 10 5 12 6 14 7 16 <i>Segundo octeto</i> Bit R 0 18 1 20 2 a 7, reservados
Soportado Decodificación R Máscara de bits de valor	2 octetos	<i>Primer octeto</i> Bit R 0 2 1 4 2 6 3 8 4 10 5 12 6 14 7 16 <i>Segundo octeto</i> Bit R 0 18 1 20 2 a 7, reservados
Datos de parámetro	1+ octetos	Datos específicos de la implementación.

10.12 Protocolo de gestión de colisiones

El protocolo de gestión de colisiones define un mecanismo para asignar dinámicamente secuencias únicas fijas de valores de franjas de señales de colisión con el fin de controlar la latencia de acceso para dispositivos que utilizan prioridad 7 de PHY para todo el tráfico con baja latencia (como el de voz).

10.12.1 Términos y acrónimos

10.12.1.1 cliente CSS activo: Cliente CSS que tiene una asignación CSS y está utilizando CSS para la transmisión de trama.

10.12.1.2 canal: Flujo lógico, serie transmitida de tramas desde un único ejemplar de una aplicación, por ejemplo, tramas que contienen un tren símplex de voz digitalizada.

10.12.1.3 secuencia de señalización de colisión (CSS, *collision signalling sequence*): Conjunto de asignaciones de franjas de señal DFPQ, cuya gestión puede proporcionar vinculaciones de latencia para tramas con prioridad superior.

10.12.1.4 cliente CSS: Cualquier estación que participa en la asignación de secuencias CSS que utilizan la ampliación TLV CSS. Un cliente CSS elige su propia CSS.

10.12.1.5 ampliación CSS: Estructura TLV añadida a los mensajes CSA que contiene información para soportar la asignación distribuida de valores CSS a las estaciones.

10.12.1.6 protocolo CSS: Protocolo para distribuir valores CSS a estaciones mediante una ampliación CSA.

10.12.1.7 cliente multicanal: Cliente CSS que envía múltiples trenes independientes de tramas con prioridad 7 de PHY. Por ejemplo, un dispositivo de pasarela que soporte múltiples trenes (no agregados) independientes. Algunos valores de CSS pueden proporcionar un servicio mejor para clientes multicanal.

10.12.1.8 cliente unicanal: Cliente CSS que transmite un único tren de tramas con prioridad 7 de PHY. Un teléfono PNT con una única línea es un ejemplo de un dispositivo de unicanal típico.

10.12.2 Secuencia de señalización de colisión

Una secuencia de señalización de colisión (CSS, *collision signalling sequence*) es un conjunto ordenado de valores de 2 bits [s1, s2, ...sN] utilizado para controlar el comportamiento de un MAC DFPQ PNT tras una colisión. Un valor en la gama [0,2] para s<x> indica la franja de señalización específica que se debe utilizar tras la colisión <x>, mientras que el valor 3 indica la utilización de un valor aleatorio elegido por la estación en el momento de la colisión. Solo se puede utilizar un valor de franja de señal en una secuencia como mucho una vez por trama. Si una estación sufre más colisiones que valores enumerados en la secuencia, entonces la selección pasa a una selección de franja aleatoria hasta que la trama sea transmitida o suprimida (comportándose como si la secuencia tuviera detrás una serie de 3s).

El número de clientes CSS activos soportados es de 27, si se utilizan únicamente las tres primeras franjas de señal de colisión, con la cuarta y la última especificadas como 3, indicando la asignación aleatoria. La única porción de un valor CSS asignado debe cubrir tres franjas de señal de colisión, de forma que el valor CSS normalizado tenga s1-s3 en la gama 0-2 y s4-s8 fijados a 3.

El conjunto de valores CSS se enumera y se otorga a cada secuencia un rango explícito basado en el orden de transmisión de las tramas después de las colisiones que se producen entre estaciones con una única asignación CSS. Los valores CSS se asignan de forma que se reduzca al mínimo el número de colisiones. La ordenación de las primeras 27 secuencias se muestra en el cuadro 10-47. Los clientes CSS utilizarán esta ordenación para elegir el siguiente CSS a asignar a partir del conjunto de valores no utilizados. Las primeras tres estaciones multicanal se pueden asignar a las primeras tres secuencias con el fin de reducir la repetición de colisiones para cada uno de los trenes.

Cuadro 10-47/G.9954 – Valores CSS por orden de asignación

Número de secuencia CSS (por orden de asignación)	Secuencia s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7,s8	Rango de transmisión
1 ^{a)}	0,0,0,3,3,3,3,3	1
2 ^{a)}	1,0,0,3,3,3,3,3	10
3 ^{a)}	2,0,0,3,3,3,3,3	19
4	0,1,0,3,3,3,3,3	4
5	0,2,0,3,3,3,3,3	7
6	1,1,0,3,3,3,3,3	13
7	1,2,0,3,3,3,3,3	16
8	2,1,0,3,3,3,3,3	22
9	2,2,0,3,3,3,3,3	25
10	0,0,1,3,3,3,3,3	2
11	0,0,2,3,3,3,3,3	3
12	0,1,1,3,3,3,3,3	5
13	0,1,2,3,3,3,3,3	6
14	0,2,1,3,3,3,3,3	8
15	0,2,2,3,3,3,3,3	9
16	1,0,1,3,3,3,3,3	11
17	1,0,2,3,3,3,3,3	12
18	1,1,1,3,3,3,3,3	14
19	1,1,2,3,3,3,3,3	15
20	1,2,1,3,3,3,3,3	17
21	1,2,2,3,3,3,3,3	18
22	2,0,1,3,3,3,3,3	20
23	2,0,2,3,3,3,3,3	21
24	2,1,1,3,3,3,3,3	23
25	2,1,2,3,3,3,3,3	24
26	2,2,1,3,3,3,3,3	26
27	2,2,2,3,3,3,3,3	27
^{a)} Las estaciones multicanal deberían utilizar estos valores cuando más de una esté operativa.		

10.12.3 Ampliación CSA para soportar la asignación de CSS

El protocolo de asignación de CSS utiliza el protocolo CSA con una ampliación basada en TLV. Todas las estaciones que precisen asignación CSS implementarán el protocolo CSA y soportarán las funciones de correspondencia de prioridades CSA.

10.12.3.1 Asignaciones de banderas CSS

Cada valor CSS tiene asignada una bandera binaria en un campo de bits contiguos, asignando al primer valor CSS el bit menos significativo cuando el campo se considera como un entero no asignado en el orden de bytes de la red (véase el cuadro 10-48).

Cuadro 10-48/G.9954 – Conjunto de banderas CSS, mostrando la asignación de bits a valores de secuencia CSS

Octeto	Campo	Longitud (bits)	Descripción
CSSFlags0	Reservado	5	Para ampliación CSS, versión 0, se envía como 0 y se ignora en recepción.
	CSS_Seq27	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 27.
	CSS_Seq26	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 26.
	CSS_Seq25	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 25.
CSSFlags1	CSS_Seq24	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 24.
	CSS_Seq23	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 23.
	CSS_Seq22	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 22.
	CSS_Seq21	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 21.
	CSS_Seq20	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 20.
	CSS_Seq19	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 19.
	CSS_Seq18	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 18.
	CSS_Seq17	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 17.
CSSFlags2	CSS_Seq16	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 16.
	CSS_Seq15	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 15.
	CSS_Seq14	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 14.
	CSS_Seq13	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 13.
	CSS_Seq12	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 12.
	CSS_Seq11	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 11.
	CSS_Seq10	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 10.
	CSS_Seq9	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 9.

Cuadro 10-48/G.9954 – Conjunto de banderas CSS, mostrando la asignación de bits a valores de secuencia CSS

Octeto	Campo	Longitud (bits)	Descripción
CSSFlags3	CSS_Seq8	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 8.
	CSS_Seq7	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 7.
	CSS_Seq6	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 6.
	CSS_Seq5	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 5.
	CSS_Seq4	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 4.
	CSS_Seq3	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 3.
	CSS_Seq2	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 2.
	CSS_Seq1	1	La estación está (estaba) utilizando el número de secuencia CSS 1.

10.12.3.2 Ampliación de la secuencia de señalización de colisión para CSA

Todos los intercambios de protocolo de secuencia de señalización de colisión utilizan mensajes CSA que contienen la ampliación CSS.

Para el protocolo CSA se define una ampliación del valor de longitud de marcador (TLV, *tag-length-value*), denominada ampliación CSS, que se introduce después de los campos fijos definidos por PNT. La ampliación CSS se utiliza para anunciar valores CSS entre estaciones.

La ampliación CSS se añadirá al mensaje CSA entre el último campo fijo de la trama CSA (CSA_CurrentRxSet) y el campo Ehertype siguiente de la trama CSA. No hay requisito de ordenación para la ampliación CSS respecto de otras ampliaciones CSA, pero la ampliación CSS debe situarse con una separación desde el principio del mensaje CSA que tenga el mismo alineamiento, módulo 4, que tendría si fuera la primera ampliación después de CSA_CurrentRxSet. El requisito de alineación proviene de los campos de números enteros no asignados de 32 bits en su estructura.

El cuadro 10-49 muestra el formato de la ampliación CSS para CSA.

Cuadro 10-49/G.9954 – Ampliación CSS para CSA

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	CSS_TAG indica una ampliación CSS
SELength	1 octeto	14 = Número de octetos adicionales en esta ampliación. SLength es siempre 14 para una ampliación CSS, versión 0.
CSS_Version	1 octeto	0
CSS_NumChannels	1 octeto	Número de canales Tx activos para el dispositivo.
CSS_CurrentTxSet	4 octetos	Indica el valor CSS vigente utilizado por esta estación, si existe. Se fija a todo ceros si la estación no está utilizando ningún valor CSS. No envejece en el sentido habitual de CSA, salvo que este valor sea copiado en CSS_OldestTxSet al final de cada periodo CSA. Los valores de bandera se especifican en 10.12.3.1.
CSS_OldestTxSet	4 octetos	Copia de CSS_CurrentTxSet, realizada al principio del periodo CSA vigente si no se ha producido ningún cambio o cuando se modificó el valor de CSS_CurrentRxSet (salva el valor anterior). Los valores de bandera se especifican en 10.12.3.1.
CSS_CurrentRxSet	4 octetos	Unión de las banderas CSS recibidas desde otras estaciones durante el periodo CSA vigente (CSS_NewRxSet) y de las banderas recibidas durante el periodo anterior (CSS_PrevRxSet). Los valores de bandera se especifican en 10.12.3.1.

10.12.4 Procedimientos de asignación CSS

El protocolo de asignación CSS es una adición directa al protocolo CSA básico. Las estaciones que implementan la asignación CSS deben incluir el TLV CSS en sus mensajes CSA transmitidos a menos que tanto CSS_CurrentTxSet como CSS_OldestTxSet tengan el valor de todo ceros. Los cambios en el valor de CSS_CurrentTxSet se consideran cambios en la información de estado CSA anunciada y, por lo tanto, el primer mensaje CSA enviado con un valor modificado para CSS_CurrentTxSet deberá ser retransmitido, según el funcionamiento del protocolo CSA normalizado.

Las estaciones mantienen un conjunto de banderas CSS que utilizan una lógica similar a la utilizada por las banderas CSA normalizadas. CSS_CurrentInUse se define como la unión de CSS_CurrentTxSet y CSS_CurrentRxSet, e indica el conjunto de valores CSS que están en servicio en la red.

CSS_CurrentTxSet contiene la bandera para el valor CSS que está utilizando la estación transmisora, o es 0 si nadie la utiliza.

CSS_OldestTxSet contiene una copia de CSS_CurrentTxSet desde el principio del periodo CSA vigente (es decir, se realiza una copia por minuto), o el valor previo de CSS_CurrentTxSet si la estación renuncia a su valor CSS o se reasigna a sí misma un nuevo valor.

CSS_CurrentRxSet es la unión de las banderas CSS recibidas desde otras estaciones durante el periodo CSA vigente (CSS_NewRxSet) y de las banderas recibidas durante el periodo anterior (CSS_PrevRxSet).

10.12.4.1 Utilización de la ampliación CSS

Las estaciones que implementan el protocolo de asignación CSS incluyen normalmente la ampliación CSS en cada uno de sus mensajes CSA salientes. La ampliación CSS puede ser excluida de los mensajes CSA transmitidos si tanto CSS_CurrentTxSet como CSS_OldestTxSet fueran cero

en el mensaje saliente. Sin embargo, la información de estado CSS se seguirá manteniendo conforme a las ampliaciones CSS recibidas (o a la falta de ellas), se esté o no transmitiendo la ampliación CSS.

10.12.4.2 Asignación de un nuevo valor CSS

Una estación que no tenga asignado un valor CSS elige el valor CSS enumerado más bajo (es decir, con el número de orden de asignación más bajo) que no tenga su conjunto de banderas y fija la bandera en sus mensajes salientes. Puesto que se trata de un cambio en la información de estado anunciada para la estación, el primer mensaje CSA con una nueva asignación se retransmitirá una vez según las reglas de transmisión CSA.

10.12.4.3 Renuncia a un valor CSS en uso

Cuando una estación renuncia a un valor CSS, enviará un nuevo mensaje CSA (retransmitido una vez), con una ampliación CSS que tenga CSS_OldestTxSet fijado al valor anterior de CSS_CurrentTxSet (indicando el valor abandonado) y CSS_CurrentTxSet fijado a su nuevo valor, que será cero si la estación ya no dispone de un valor CSS o que contenga la bandera para un valor recién seleccionado en el caso de una reasignación. Los receptores de esta información pueden indicar que el propietario anterior del valor CSS está liberando ese valor.

10.12.4.4 Conflictos en la asignación CSS

Es posible que dos (o más) estaciones puedan elegir el mismo valor CSS, ya sea prácticamente al mismo tiempo debido a una coincidencia o debido a la implementación de 10.12.4.6 siguiente, de forma que varias estaciones notifiquen la misma bandera. Si una estación recibe una ampliación CSS con una bandera CSS_CurrentTxSet que indique una asignación duplicada, y el número de canales en la ampliación recibida (CSS_NumChannels) es superior o igual al número de canales anunciados por el receptor, entonces la estación receptora se reasignará un nuevo valor CSS. Si el número de canales en la ampliación CSS recibida es superior al número de canales anunciados por el receptor, entonces el receptor elegirá el nuevo valor CSS disponible. En otro caso, elegirá el nuevo valor de forma aleatoria en el conjunto de valores CSS no utilizados.

10.12.4.5 Utilización de los mejores valores CSS: la regla descendente

Cuando se renuncia a un valor CSS, otras estaciones advertirán, en menos de dos minutos, que está libre. Cuando la estación con el siguiente valor CSS numerado más alto aprecia que el valor CSS precedente está libre, se reasignará el nuevo valor CSS con un número inferior después de un intervalo de tiempo, aleatorio y corto no superior a dos segundos. El objeto de este retardo es evitar malentendidos relativos al conjunto de valores CSS en uso que pueden surgir durante la resolución de un conflicto entre dos estaciones.

Como optimización, si el nuevo valor CSS es uno de un bloque numerado contiguo de valores libres, la estación puede elegir el valor CSS numerado más bajo para su reasignación en lugar de realizar una serie de reasignaciones secuenciales. Esta situación se produce normalmente solo cuando una estación hace una elección aleatoria de un valor CSS libre después de un conflicto.

10.12.4.6 Optimización de clientes multicanal

Una estación multicanal puede elegir uno de los tres primeros valores CSS, incluso si todos están utilizándose, forzando al usuario existente a reasignarse un nuevo valor CSS, pero solo si el usuario existente tiene menos canales en uso.

10.13 Protocolo de ráfaga de tramas

Se requiere el protocolo de ráfaga de tramas. El objeto del protocolo es reducir la tara asociada con el formato de entramado de capa física concatenando tramas que comparten el mismo valor DA/SA con prioridad igual o superior.

El formato de trama es el del cuadro 10-50.

Cuadro 10-50/G.9954 – Formato de ráfaga de tramas

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_FRAMEBURST (6)
SSLength	1 octeto	6
SSVersion	1 octeto	= 0
FLH Pad	1 octeto	Reservado, se enviará como 0 y será ignorado por el receptor
Longitud de paquetes	2 octetos	Longitud en octetos del primer paquete, desde el primer octeto después del campo longitud de paquete hasta el ultimo octeto de los datos anteriores a FCS
Ethertype siguiente	2 octetos	Ethertype de pre-encapsulación del primer paquete de la ráfaga
Datos#1	Variable	Datos de cabida útil de pre-encapsulación de la trama #1 de la ráfaga
FCS#1	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16#1	2 octetos	Secuencia de verificación de trama adicional (incluye el encabezamiento LLC)
Información de control#2	4 ó 24 octetos	Información de control para el segundo paquete según el cuadro 10-51 o el cuadro 10-52
Next EtherType#2	2 octetos	EtherType de pre-encapsulación del segundo paquete de la ráfaga
Datos#2	Variable	Datos de cabida útil de pre-encapsulación del segundo paquete de la ráfaga
FCS#2	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16#2	2 octetos	Secuencia de verificación de trama adicional desde el final del CRC-16 anterior
• • •		Paquetes con más ráfagas
Información de control#N	4-24 octetos	Información de control para el enésimo paquete de conformidad con el cuadro 10-51 o el cuadro 10-52
EtherType siguiente#N	2 octetos	EtherType de pre-encapsulación en la trama #N de la ráfaga
Datos#N	Variable	Datos de cabida útil de pre-encapsulación en la trama #N de la ráfaga
FCS#N	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16#N	2 octetos	Secuencia de verificación de trama adicional
Segmento final de terminación de ráfaga	4 octetos	0xFFFF. Segmento final de terminación de ráfaga, indica el final de la ráfaga
Relleno		Para alcanzar el tamaño de minFrameSize, si es preciso.

Cuadro 10-51/G.9954 – Información de control corta

Campo	Longitud	Significado
FT	1 octeto	FT del paquete original que de la ráfaga
SMAC	1 bit	Indicador MAC síncrono
FS	3 bits	Subtipo de trama del paquete original de la ráfaga
Corto	1 bit	= 1
Rsvd	3 bits	Reservado, se enviará como 0 y será ignorado por el receptor
Prioridad/ID de flujo	4 bits	Prioridad/ID de flujo del paquete original de la ráfaga
Respaldo	4 bits	Bits de respaldo reservados para uso futuro. Se enviarán como 0 y serán ignorados por el receptor
Longitud de paquete	2 octetos	Longitud del paquete original de la ráfaga

Se utiliza el sombreado en el cuadro 10-52 para mostrar la distribución del campo (FT) en campos de bits.

Cuadro 10-52/G.9954 – Información de control larga

Campo	Longitud	Significado
FT	8 bits	FT del paquete original de la ráfaga. La codificación de FT es como se define a continuación:
SMAC	1 bit	Indicador MAC síncrono
FS	3 bits	Subtipo de trama del paquete original de la ráfaga
Corto	1 bit	= 0
Rsvd	3 bits	Reservados, se enviarán como 0 y serán ignorados por el receptor
Prioridad/ID de flujo	4 bits	Prioridad/ID de flujo del paquete original de la ráfaga
SI	4 bits	Índice del aleatorizador del paquete original de la ráfaga
PE	8 bits	Codificación de cabida útil del paquete original de la ráfaga
HCS	8 bits	Secuencia de verificación de encabezamiento del paquete original de la ráfaga
DA	6 octetos	Dirección destino del paquete original de la ráfaga
SA	6 octetos	Dirección origen del paquete original de la ráfaga
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_FRAMEBURST (6)
SSLength	1 octeto	6
SSVersion	1 octeto	= 0
Relleno FLH	1 octeto	Reservado, se enviará como 0 y será ignorado por el receptor
Longitud de paquete	2 octetos	Longitud del paquete original de la ráfaga

En realidad el primer paquete siempre tiene el formato largo de la información de control.

La longitud máxima no excederá el tiempo máximo permitido en el cable. El tamaño máximo de la trama en ráfaga se negociará en mensajes CSA como se describe en 10.10.6. Todas las tramas en una ráfaga tendrán el mismo valor DA/SA. Cuando un transmisor está construyendo una trama con ráfagas, las prioridades de cada subtrama con ráfagas en una red no gestionada serán iguales o

superiores a la prioridad de la primera trama. Si la prioridad de una trama es inferior a la prioridad de la primera subtrama de una trama con ráfagas, no se debe concatenar en una trama con ráfagas, se iniciará una nueva trama de capa física. En una red gestionada no habrá límite en los flujos con ráfagas entre los mismos valores DA/SA.

El segmento final de terminación de ráfaga se utilizará para indicar el final de la ráfaga.

10.14 Sincronización de ciclo MAC

Se realizará la sincronización de ciclo MAC en el modo SMAC utilizando el plan de acceso al medio generado por el maestro (MAP). El MAP indica el principio del ciclo MAC y contiene el plan de acceso al medio para el siguiente ciclo MAC.

En una red controlada por un maestro todas las estaciones G.9954 implementarán la función de sincronización de ciclo MAC para lograr un comportamiento MAC síncrono.

10.14.1 Trama de control MAP

En el cuadro 10-53 se utiliza sombreado en para mostrar la descomposición de un campo (TXOP) en subcampos. La descomposición del subcampo (TXOPID) en campos de bits se muestra mediante la transición entre campos sombreados y no sombreados.

Cuadro 10-53/G.9954 – Trama de control MAP

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino = 0xFF:FF:FF:FF:FF:FF
SA	6 octetos	Dirección origen del dispositivo maestro
EtherType	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_MAP (32772)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo EtherType siguiente. LSLength mínima es 22 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
LSPad	1 octeto	Ignorado en recepción
MAPHeader	12 octetos	Encabezamiento MAP que se describe en el cuadro 10-54.
TXOP[1]	4/6 octetos	Oportunidad de transmisión descrita por los subcampos inmediatamente siguientes. La longitud de TXOP puede ser de 4 ó 6 octetos dependiendo del valor del subcampo TXOPCtl siguiente
TXOPCtl	2 bit	0 cuando el instante de inicio de TXOP está definido implícitamente 1 cuando el instante de inicio de TXOP está especificado explícitamente (véase el subcampo TXOPStart siguiente). 2-3 Reservado para uso futuro
TXOPLength	14 bits	Longitud de TXOP en microsegundos.
TXOPID	16 bits	Identificador de TXOP. Compuesto por los subcampos que se describen a continuación:
SrcDeviceID	6 bits	ID de dispositivo para el dispositivo en el origen del flujo
UniqueFlowID	10 bits	Identificador único del flujo que se origina en el dispositivo identificado por SrcDeviceID.
TXOPStart	16 bits	Instante de inicio TXOP medido desde el inicio del ciclo MAC en microsegundos. Este campo es opcional y se define únicamente si TXOPCtl no es 0.
...		TXOP adicionales
TXOP[N]	4 octetos	
EtherType siguiente	2 octetos	= 0
Relleno		Relleno para conseguir el tamaño minFrameSize, si es preciso.
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama
CRC-16	2 octetos	Secuencia de verificación de trama PNT

En el cuadro 10-54 se utiliza sombreado para mostrar la descomposición del campo de control en campos de bits.

Cuadro 10-54/G.9954 – Encabezamiento de control MAP

Nombre del campo	Tamaño del campo [bits]	Descripción
Campo de control	32	Conjunto de campos de control utilizado para controlar el comportamiento de los nodos punto extremo. La codificación de este campo se describe a continuación:
Modificado	1	Indica que la tabla de TXOP definida en este MAP es diferente de la definida en el MAP "previo", donde "previo" se define como el MAP enviado en el ciclo MAC "previo" con el <i>número de secuencia</i> una unidad inferior que el <i>número de secuencia</i> "actual"(módulo aritmético). 0 MAP es el mismo que en el ciclo "previo" 1 MAP cambiado desde el ciclo "previo" Esta bandera la puede utilizar un punto extremo para optimización local.
CycleLatency RepairMethod	2	Método de reparación de latencia del ciclo utilizado por puntos extremos cuando se retrasa el inicio del ciclo MAC (como se indica en el instante de llegada MAP) en relación con el instante de llegada planificado. Para más detalles véase 7.3.3. 0 Ninguno – No utiliza técnicas de reparación de latencia al principio del ciclo 1 Ajuste de reloj – Ajuste de reloj utilizado para transmisiones SMAC temporales al inicio del ciclo por la diferencia de retardo. 2-3 Reservado para uso futuro
Método de resolución de colisiones	2	Método de resolución de colisiones (CR) que se debe utilizar para resolver colisiones durante las TXOP definidas como periodos de contención. Para más detalles véase la 7.3.7. 0 DFPQ (G.9951/2-estilo CR) 1 DFPQ vinculado 2 Reservado para uso futuro.
SMAC_EXIT	1	Salida del modo MAC síncrono. El maestro detendrá consiguientemente el envío de MAP. Esta bandera se utiliza como una indicación para que los dispositivos G.9954 entren en el modo AMAC. 0 Permanece en el modo SMAC 1 Salida del modo SMAC
AMAC_DETECTED	1	El maestro detecta la existencia de un dispositivo que funciona en el modo AMAC. El método utilizado por el maestro para detectar nodos AMAC depende de la implementación. 0 Dispositivo que funciona en el modo AMAC NO detectado 1 Dispositivo que funciona en el modo AMAC detectado

Cuadro 10-54/G.9954 – Encabezamiento de control MAP

Nombre del campo	Tamaño del campo [bits]	Descripción
Límite de prioridad CP	3	Mayor prioridad utilizada para transmisiones en el periodo de contención (CTXOP). Se puede controlar con el fin de dar prioridad a los TX CF en un entorno (por ejemplo, mixto G.9951/2 y G.9954) en el que pueden colisionar TX de CF y de CP. Los valores definidos son: 0..7 Niveles de prioridad
MAP_IFG_INCR	6	Incremento añadido a CS_IFG (29 µs) con el fin de determinar el tamaño de MAP_IFG (espacio entre tramas) planificado entre las TXOP por el maestro. MAP_IFG se define mediante la relación: $MAP_IFG = CS_IFG + MAP_IFG_INCR$ Cada punto extremo debe garantizar el silencio de MAP_IFG al final de su TXOP. MAP_IFG_OFFSET se mide en unidades de 500 ns.
Reservado	16	Reservado para uso futuro. Se enviará como 0 y será ignorado por el receptor.
Reservado	32	Reservado para uso futuro. Se enviará como 0 y será ignorado por el receptor.
SequenceNumber	16	Número de secuencia MAP. Contador de módulo que se incrementa en cada ciclo MAC.
NumTXOPs	16	Número de asientos en el mapa de atribuciones. El número mínimo de asientos en un MAP es normalmente 2 (un asiento para el MAP y un segundo asiento para TXOP NO ATRIBUIDA). Cuando se fija la bandera SMAC_EXIT, el número de asientos en el MAP puede ser cero. El número máximo de asientos está limitado por el tamaño máximo de la trama de control MAP como se ha descrito anteriormente.

10.14.2 Términos y parámetros

10.14.2.1 Temporizadores

SYNC_Timer – Temporizador de funcionamiento libre con un periodo de 150 ms.

Este temporizador se utiliza para detectar pérdidas de sincronización con el ciclo MAC generado por el maestro. El temporizador se activa al entrar en el modo SMAC y se cancela al abandonar el modo SMAC.

10.14.3 Protocolo de sincronización de ciclo MAC

10.14.3.1 Trama de control MAP en recepción

Si el dispositivo G.9954 está en el modo AMAC, se debe arrancar el temporizador periódico SYNC_Timer y cambiar el estado del sistema al modo SMAC.

Si el dispositivo G.9954 ya está en el modo SMAC, se debe reiniciar el temporizador SYNC_Timer para computar un nuevo periodo de temporización SYNC.

Se debe usar la información de control que figura en el MAP para actualizar las variables de estado del sistema utilizadas por el procesador MAC.

10.14.3.2 Temporización de SYNC_Timer

Cuando se produce una temporización de SYNC_Timer, esto indica que no se recibió un MAP durante el periodo SYNC_Timer y que se ha producido una pérdida de sincronización SYNC_LOSS.

El modo MAC vigente se debería cambiar a un modo AMAC, actualizando las variables de estado del sistema.

10.15 Protocolo de control (registro) de admisión de red

En una red controlada por un maestro, un dispositivo G.9954 que soporta flujos con contratos QoS precisa seguir los procedimientos siguientes para entrar en la red:

- Sincronización – Se espera a las transmisiones MAP periódicas del maestro
- Registro – Se ubican oportunidades de transmisión en el MAP para la transmisión de mensajes de protocolo de registro y se realiza el registro con el maestro.

El procedimiento de sincronización implica esperar a la recepción de una transmisión MAP periódica del maestro asignado en ese momento. Una vez recibido el MAP, un dispositivo G.9954 que desee incorporarse a la red será capaz de ubicar una oportunidad de transmisión disponible y proceder con el procedimiento de registro.

El procedimiento de registro consiste en una secuencia petición-respuesta de transacciones entre el maestro y el dispositivo de registro. El procedimiento de registro se utiliza para autenticar un dispositivo para su entrada en la red, asignarle un único identificador de dispositivo y descargar la información de configuración de red.

10.15.1 Oportunidades de registro

Una vez que un dispositivo está sincronizado con el ciclo MAC, este dispositivo precisa localizar oportunidades de transmisión que le permitan iniciar el proceso de registro. Estas oportunidades de transmisión se identifican en el MAP mediante la anchura de banda (de reserva) no atribuida o con oportunidades de REGISTRO explícitas. Para más información sobre la identidad de las TXOP REGISTRO véase 7.3.3.4.2.

El maestro garantiza el suministro de suficiente anchura de banda libre o la atribución de las TXOP REGISTRO por lo menos una vez cada periodo REG_PERIOD. La oportunidad de transmisión REGISTRO se utiliza para avisar de la intención de registrarse. Esta intención se expresa enviando un mensaje REG_REQUEST al maestro.

Los dispositivos compiten para acceder a las oportunidades de transmisión REGISTRO.

10.15.2 Control de registro y de autorización

El registro es un proceso para permitir a un dispositivo G.9954 solicitar una reserva de anchura de banda. Solo después de que un dispositivo se haya registrado con el maestro puede reservar anchura de banda mediante peticiones explícitas de establecimiento de flujo con el maestro.

El procedimiento de registro implica una secuencia petición-respuesta en la que un dispositivo G.9954 solicita ser registrado con el maestro, enviando un mensaje REG_REQUEST que contiene la dirección MAC del dispositivo así como otras características de identificación, tales como la clave de autenticación y un conjunto de parámetros de capacidad. Al recibir un mensaje REG_REQUEST, el maestro se responsabiliza de autorizar la entrada del dispositivo solicitante y, si la autorización es satisfactoria, de atribuir recursos al dispositivo registrado.

La autorización se hace comprobando que el dispositivo, identificado mediante su dirección MAC y probablemente otra información de identificación (por ejemplo, la clave de autenticación), es válido y que el dispositivo está autorizado a incorporarse a la red controlada por el maestro. Los detalles del procedimiento de autorización dependen de la implementación.

Una vez que un dispositivo está admitido en la red, se le asigna un único ID de dispositivo. Este ID de dispositivo se utiliza posteriormente como parte del esquema de direccionamiento utilizado para atribuir oportunidades de transmisión a los dispositivos y flujos en el plan de acceso al medio.

El maestro responde a la petición REG_REQUEST con una REG_RESPONSE. La respuesta incluye una bandera de situación que indica si el procedimiento de registro tuvo éxito o no. Si el procedimiento tiene éxito, el maestro entrega datos de configuración de red al dispositivo que se está registrando.

Si no se recibe un mensaje REGISTRATION_RESPONSE del maestro en el intervalo de tiempo REG_TIMEOUT (T0), el dispositivo que se está registrando debería reintentarlo después de esperar un periodo de tiempo aleatorio utilizando RetransmitTimer (véase 10.15.6). Si el dispositivo que se está registrando no consigue recibir una respuesta después de MAX_RETRIES, el dispositivo debería ser reinicializado y volver a iniciar la secuencia.

El protocolo de admisión de red se muestra mediante el diagrama secuencial de la figura 10-7.

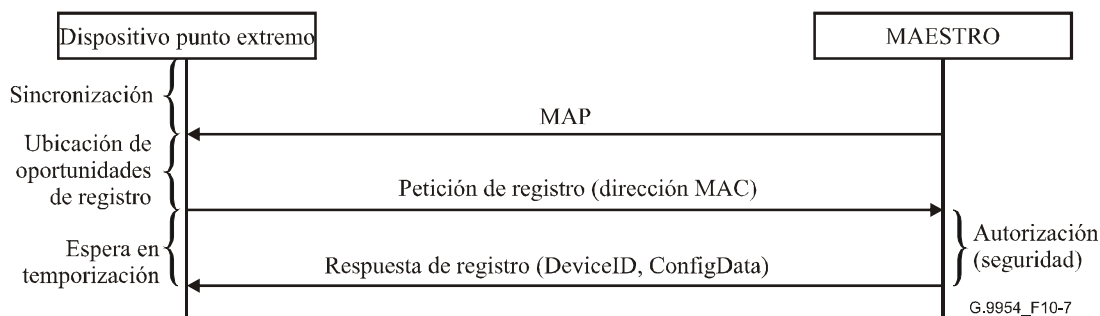


Figura 10-7/G.9954 – Diagrama secuencial del protocolo de admisión de red

10.15.3 Máquina de estados de registro

El diagrama de estados siguiente (figura 10-8) ofrece una visión gráfica de las transiciones de estado en el proceso de registro desde el punto de vista de un dispositivo punto extremo.

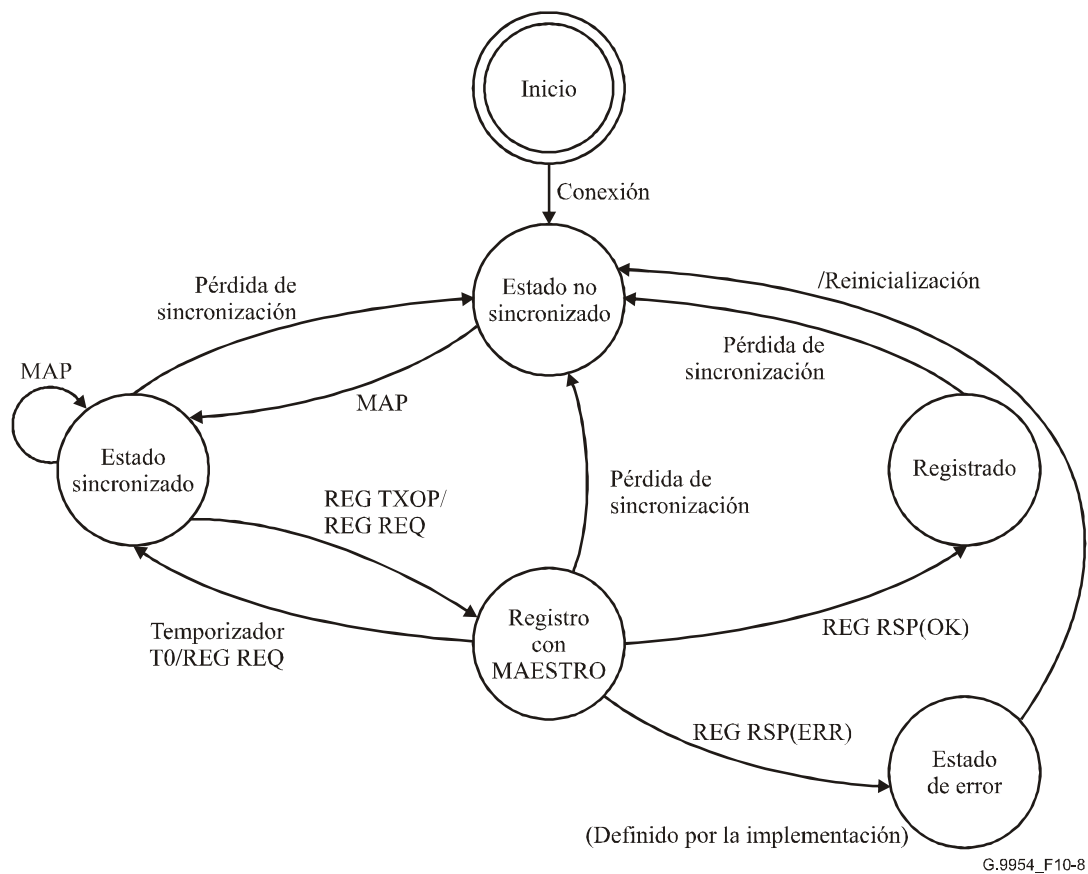
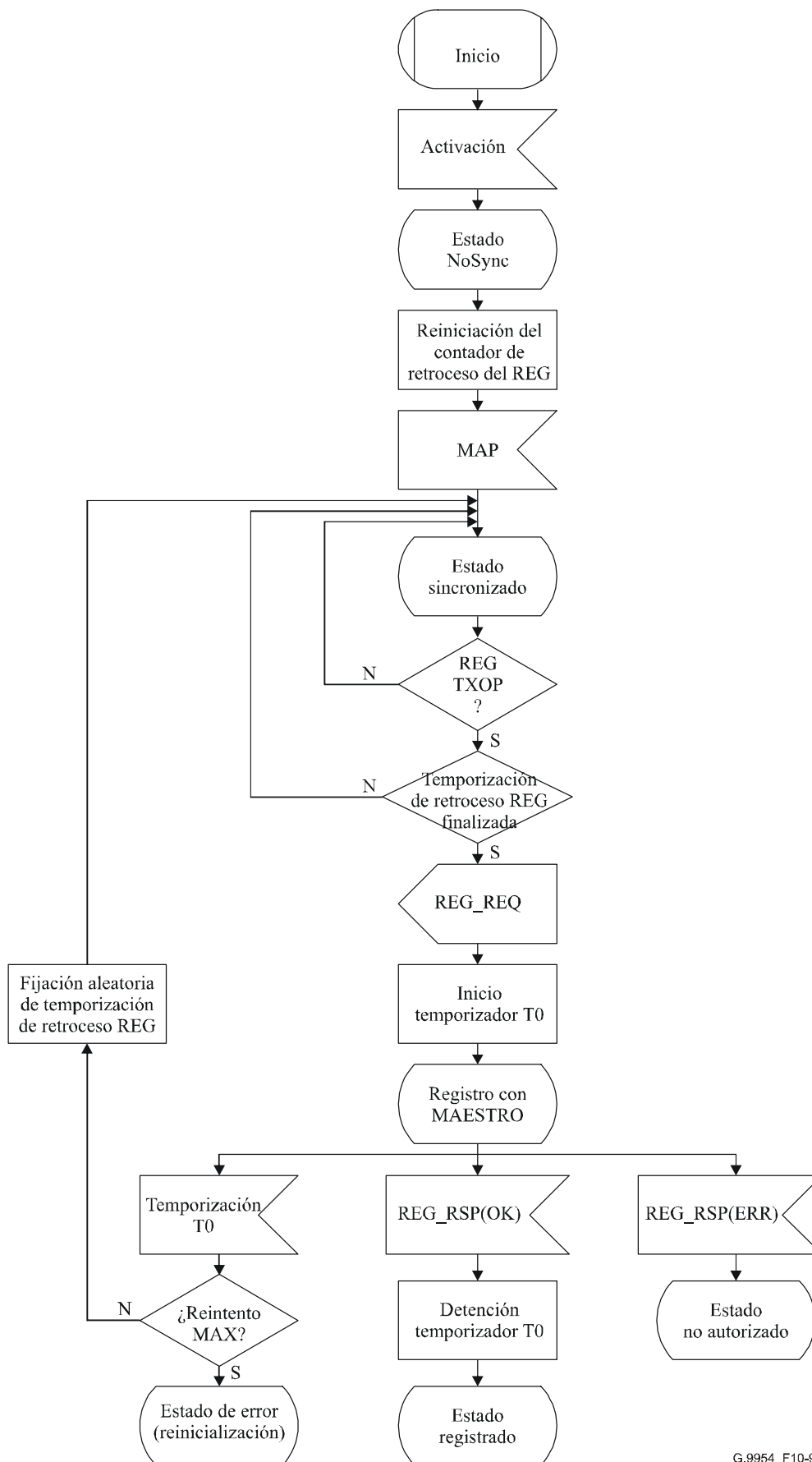


Figura 10-8/G.9954 – Registro en un dispositivo punto extremo

Los diagramas SDL siguientes (figuras 10-9 y 10-10) proporcionan una descripción completa del comportamiento de los dispositivos punto extremo y maestro durante el protocolo de registro.



G.9954_F10-9

Figura 10-9/G.9954 – Secuencia de registro de punto extremo

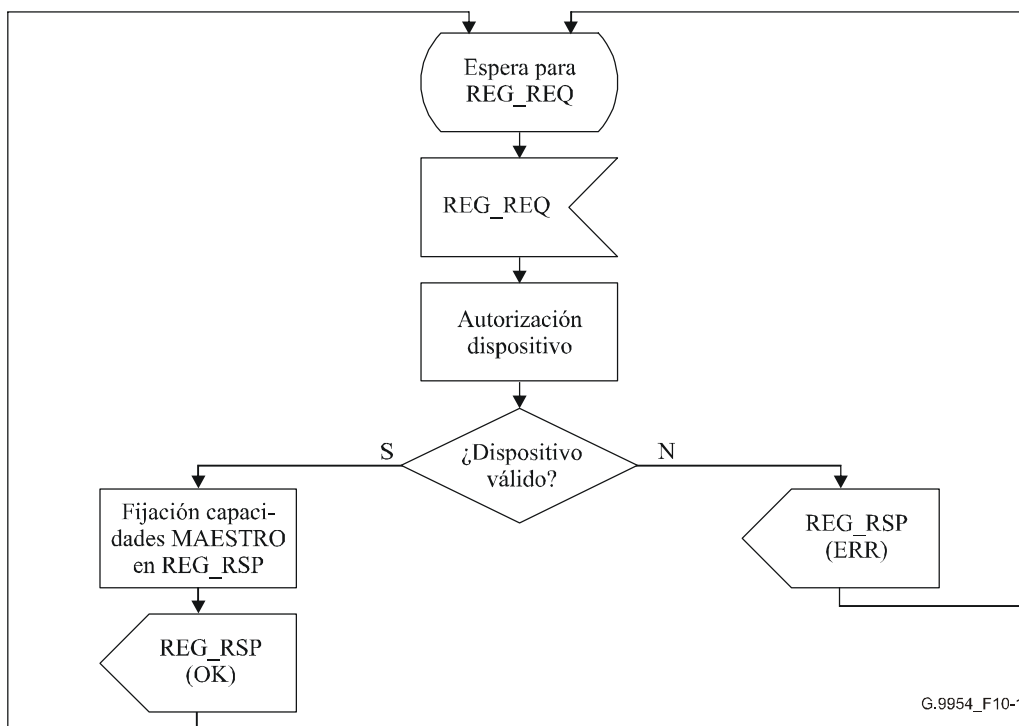


Figura 10-10/G.9954 – Secuencia de registro maestro

10.15.4 Dispositivos registrados caducados

El maestro mantendrá un temporizador de envejecimiento y al final de cada periodo del temporizador de envejecimiento, comprobará que se ha recibido una trama CSA por cada dispositivo registrado. Si no se ha recibido una trama CSA para un dispositivo registrado en el periodo AgeingTimer, el dispositivo se suprimirá del registro y se liberarán todos los recursos asociados.

Para una definición del temporizador de envejecimiento véase 10.15.6.1.

10.15.5 Formatos de trama

Se enviarán tramas de control de registro utilizando la máscara espectral #2, de 2 Mbaudios y 2 bits por símbolo (PE = 33). El formato de las tramas de control de registro se describe en los cuadros 10-55 y 10-57.

Cuadro 10-55/G.9954 – Mensaje de petición de registro

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen del dispositivo que solicita registro
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_REGISTRATION (32773)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength mínima es 4 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para petición de registro (0)
Datos de registro	0-65531 octetos	Información de registro enviada por el dispositivo al maestro. Incluye capacidades del dispositivo, información de identificación, etc. Los datos de registro son opcionales y TLV está codificado.
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno		Relleno para alcanzar el tamaño minFrameSize, si es preciso
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

Un dispositivo que genera un mensaje de registro puede incluir los parámetros siguientes en los datos de registro.

Cuadro 10-56/G.9954 – Parámetros de registro

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	= 2, identidad del dispositivo
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud (84 octetos).
Primary_ID	4 octetos	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
Subsystem_ID	4 octetos	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
Vend_Date	4 octetos	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
Manuf_Date	4 octetos	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
Serial_Num	16 octetos	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
Vend_Name	32 octetos	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
Vend_Driver	16 octetos	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
OUI	3 octetos	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
Device_Type	1 octeto	Véase el protocolo de certificación y diagnóstico, 10.9.6, cuadro 10-27.
Específico del vendedor	1+ octetos	Ampliación TLV codificada específica del suministrador
SETag	1 octeto	= 3, capacidades del dispositivo
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud (3 octetos).
Max_Flows	1 octeto	Número máximo de flujos soportados por un dispositivo punto extremo
Max Classifiers	1 octeto	Número máximo de clasificadores que pueden estar instalados simultáneamente en la capa de convergencia.
Master_Capability	1 octeto	T = dispositivo que tiene capacidad para ser maestro
Prioridad de maestro	1 octeto	Prioridad designada al maestro, si el dispositivo tiene capacidad de maestro
Específica del vendedor	1+ octetos	Ampliación TLV codificada específica del suministrador

El maestro enviará un mensaje de respuesta de registro (cuadro 10-57) al dispositivo en respuesta a una petición de registro.

Cuadro 10-57/G.9954 – Mensaje de respuesta de registro

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_REGISTRATION (32772)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength mínima es 6 para LSVersion 0
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para respuesta de registro (1)
DeviceID	1 octeto	ID de dispositivo asignado al dispositivo por el maestro
Estado	1 octeto	Estado de la petición de registro 0 OK. Dispositivo registrado 1 Error
Datos de configuración	0-65530 octetos	Información de configuración de red devuelta por el maestro una vez registrado con éxito el dispositivo. Esta información es opcional con TLV codificado
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno		Relleno para el alcanzar el tamaño minFrameSize, si es preciso
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

El maestro responde a una petición de registro con una respuesta de registro. En la respuesta de registro se incluirá la información siguiente.

Estado

Código de devolución de estado que indica el éxito o fracaso de la petición de registro.

ID de dispositivo

Identificador de dispositivo asignado por el maestro al dispositivo con la dirección MAC especificada.

Datos de configuración

Los datos de configuración de red son opcionales y pueden ser específicos del suministrador. Se pueden utilizar para comunicar:

- parámetros de configuración en toda la red;
- capacidades de maestro;
- información de seguridad;
- información de prestación de servicio.

El cuadro 10-58 describe los valores que pueden aparecer en el asiento MsgType de la trama de control de registro.

Cuadro 10-58/G.9954 – Valores de MsgType

MsgType	Significado
0	Petición de registro
1	Respuesta de registro
2-255	Reservado

10.15.6 Términos y parámetros

- REG_PERIOD – Periodo de tiempo máximo entre las TXOP que se puede utilizar para enviar peticiones de registro. El valor de REG_PERIOD es de 50 milisegundos.
- MAX_RETRIES – Número de veces que un punto extremo debería reintentar el registro con el maestro antes de reinicializar el dispositivo. El valor de MAX_RETRIES es 5.

10.15.6.1 Temporizadores

- T0 – Temporizador único fijado después de la transmisión de un mensaje REG_REQUEST. Se utiliza para la temporización de la REG_RESPONSE esperada del maestro antes de reintentar la petición. Este temporizador se cancela si se recibe una respuesta REG_RESPONSE.
- Temporizador de retransmisión – Temporizador único fijado a un intervalo aleatorio en la gama de 1 ms a 1000 ms, inclusive. Se utiliza para fijar el periodo de tiempo de espera antes de reenviar REG_REQUEST en el caso de una colisión durante la transmisión en una TXOP REGISTRO. Las colisiones en UTXOP se pueden resolver utilizando los métodos de resolución de colisiones SMAC.
- Temporizador de envejecimiento – Temporizador periódico con un periodo de 180 segundos utilizado para determinar qué dispositivos registrados han estado enviando activamente tramas CSA.

10.16 Protocolo de selección de maestro

Una red G.9954 requiere la existencia de un nodo de red que asuma la función de maestro para coordinar y planificar las transmisiones al medio. Aunque se requiere un maestro para una red que funciona en el modo SMAC, no todos los nodos de red tienen necesariamente la funcionalidad para poder ser maestro. Entre los que *sí* tienen las capacidades requeridas, cualquiera de ellos podría llegar a ser maestro.

Una red de base, que contenga más de un nodo de red que tenga capacidad para ser el maestro, permite una recuperación rápida si falla el maestro y es inherentemente más tolerante a los fallos o averías. Para seleccionar dinámicamente un único maestro en presencia de múltiples maestros potenciales se debe utilizar un protocolo de selección de maestro.

El protocolo utilizado para encontrar y seleccionar un único maestro, conocido como protocolo de selección de maestro, se describe en la sección siguiente.

10.16.1 Detección de una red gestionada

Después de su activación, un dispositivo G.9954 (configurado para el modo G.9954) intenta en primer lugar detectar si está funcionando en una red controlada por maestro, observando las tramas de control MAP y sincronizándose con el ciclo MAC. Si no se detectan tramas MAP tras el intervalo master_DETECTION_TIMEOUT (T0), el dispositivo puede concluir que no hay maestro vigente en la red. Si el dispositivo tiene capacidad de maestro y desea llegar a serlo, puede ofrecer su candidatura como maestro de red. Si se recibe una trama de control MAP, el dispositivo se sincronizará con el ciclo MAC anunciado y procederá como un dispositivo normal de punto extremo.

10.16.2 Procedimiento de selección de maestro

Si se determina que la red no está gestionada y que un dispositivo puede y quiere llegar a ser maestro, puede ofrecer su candidatura difundiendo una trama de control master_SELECTION utilizando el modo de transmisión asíncrono de G.9954. Puesto que pueden estar activos al mismo tiempo varios dispositivos capaces de ser maestros en la red, el procedimiento de selección de maestro incluye un mecanismo que permite a otros potenciales maestros completar la selección como maestro de red.

La selección de maestro se realizará de conformidad con la prioridad relativa del maestro. Se asignará a cada dispositivo con capacidad una prioridad utilizando los parámetros de configuración y gestión. Esta prioridad junto con la dirección MAC del dispositivo se indicará en la trama de control master_SELECTION. Al recibir una trama de control master_SELECTION, los nodos G.9954 que son capaces por sí mismos de llegar a ser maestros, pueden comparar la prioridad de los candidatos potenciales con su propia prioridad asignada con el fin de determinar si es el mejor "candidato". Si es el candidato "mejor" y desea competir para la función de maestro, debe difundir una trama de control master_SELECTION en el intervalo master_SELECTION_TIMEOUT (T1).

Si no se ofrece un candidato alternativo "mejor" durante el intervalo master_SELECTION_TIMEOUT (T1), el candidato a maestro asume esa función y puede iniciar la transmisión de tramas de control MAP. Si se ofrece un candidato alternativo, el maestro con la prioridad más alta asumirá la función de maestro. Si existen varios candidatos con la misma prioridad, el dispositivo con la dirección MAC más baja será seleccionado como maestro.

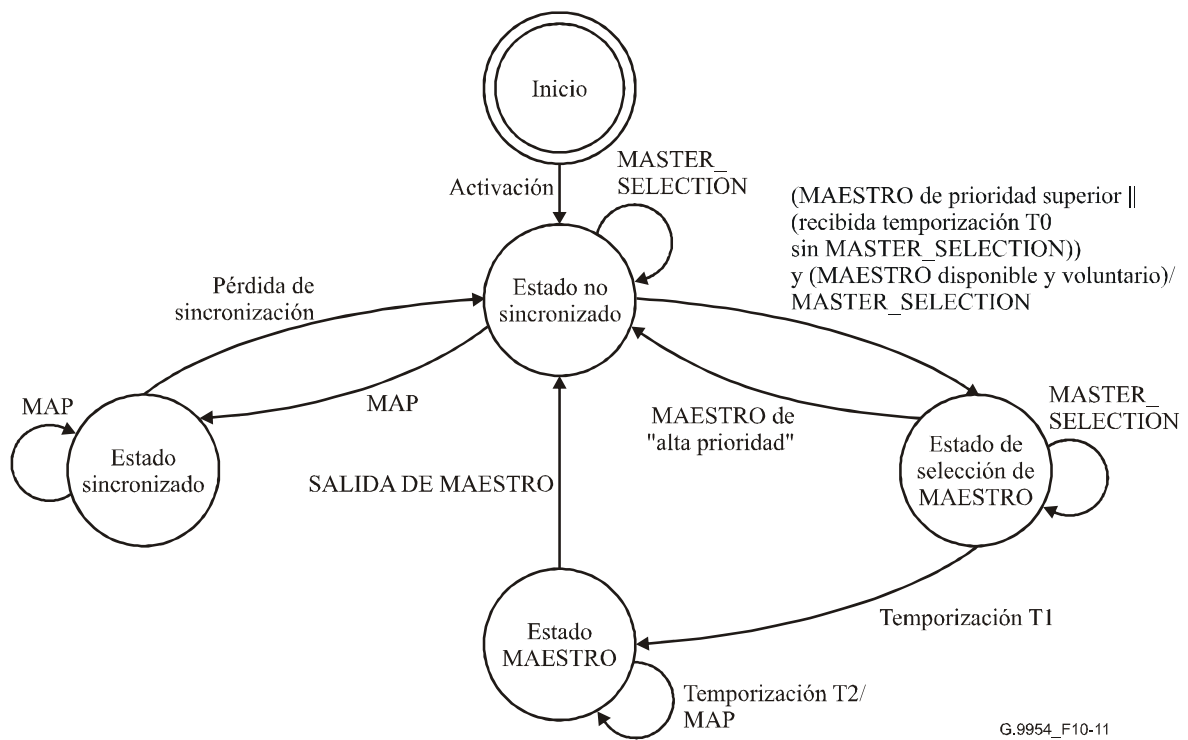
Todas las estaciones que han renunciado a la posibilidad de ser maestros deberían mantenerse en silencio hasta que se reciba la trama de control MAP del maestro seleccionado.

10.16.3 Detección de fallos y recuperación de maestro

Se determina que un maestro ha "fallado" si se pierde la sincronización con el maestro. Se pierde la sincronización cuando no se recibe una trama de control MAP durante el intervalo master_DETECTION_TIMEOUT (T0) que sigue a la última trama de control MAP. Cuando se detecta un fallo de maestro, éste puede realizar una desconexión ordenada invitando a un proceso de selección de maestro mediante el envío de una trama de control master_SELECTION con una prioridad declarada de cero.

10.16.4 Máquina de estados de la selección de maestro

La figura 10-11 ofrece una visión gráfica de las transiciones de estado en la que falta algún detalle, como la omisión de eventos que no producen transiciones de estado (y que no tienen acciones asociadas), la lógica de decisión en un estado que lleva a la generación de un evento y la representación de condiciones complejas como un evento "lógico" de alto nivel.



G.9954_F10-11

Figura 10-11/G.9954 – Diagrama de estados de la selección de maestro

Las figuras 10-12 y 10-13 proporcionan una descripción completa del protocolo de selección de maestro.

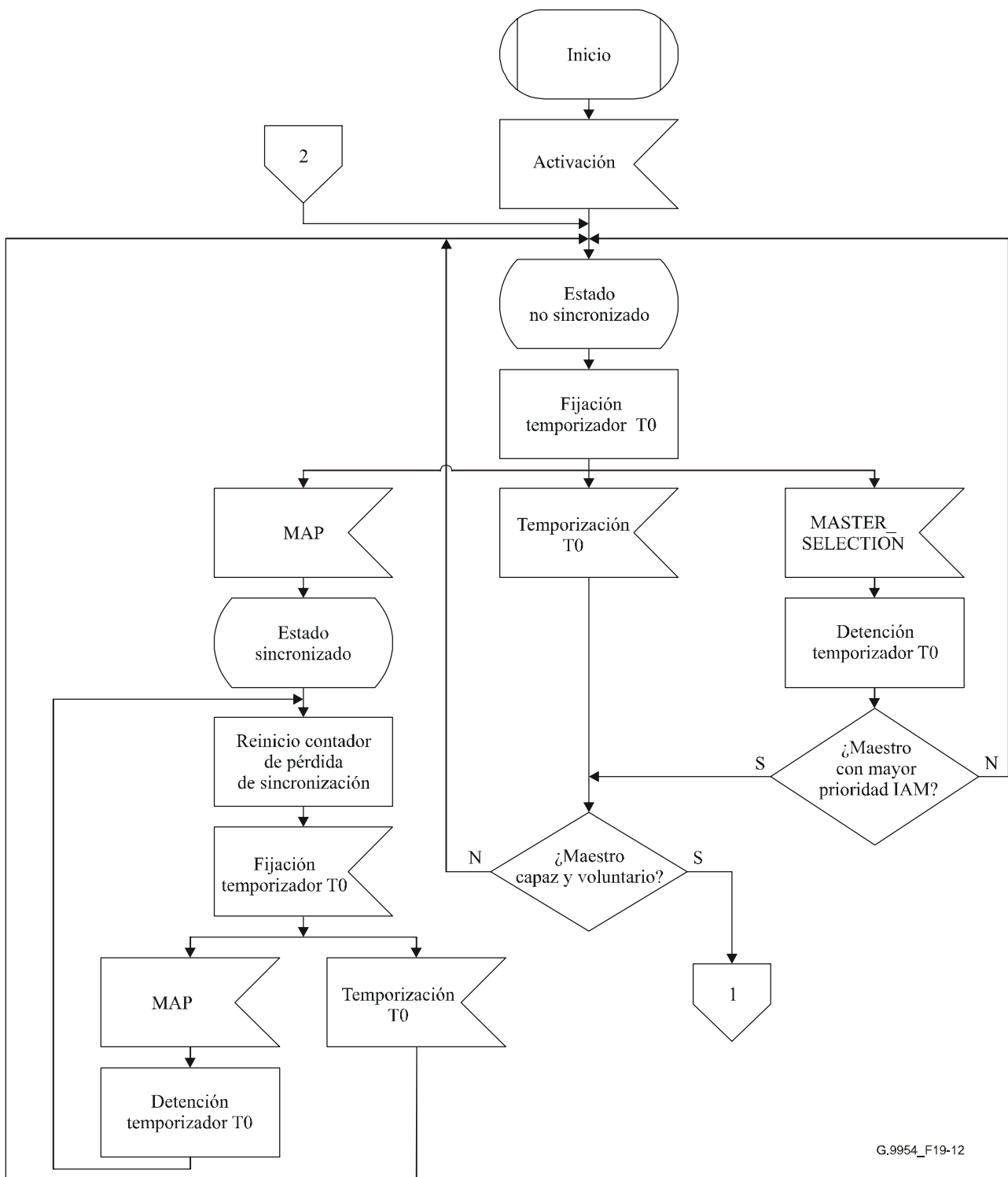


Figura 10-12/G.9954 – SDL para el protocolo de selección de maestro

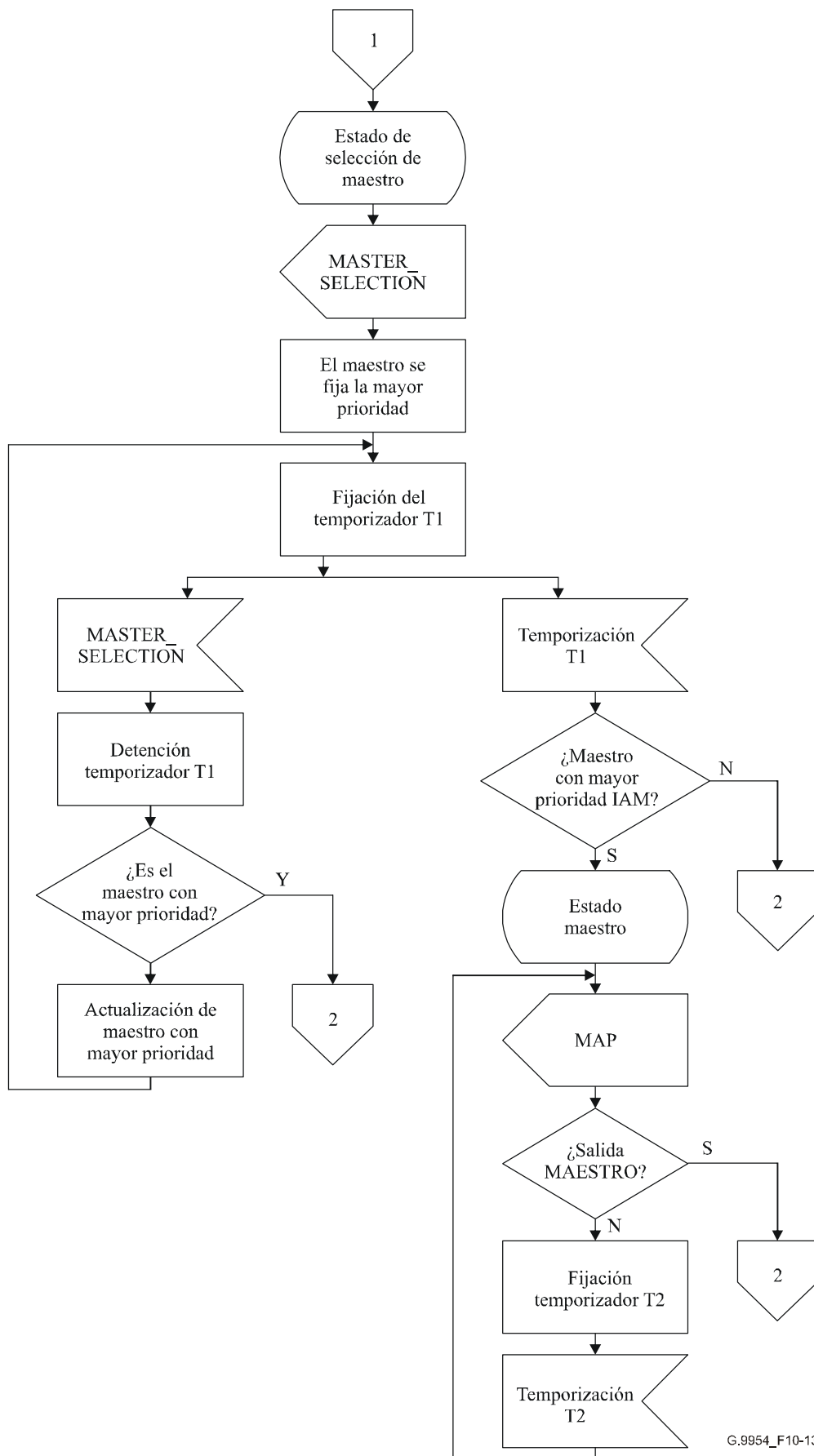


Figura 10-13/G.9954 – SDL para el protocolo de selección de maestro (cont.)

10.16.5 Mensajes del protocolo de selección de maestro

Cuadro 10-59/G.9954 – Trama de control de selección de maestro

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino (dirección de difusión o multidifusión).
SA	6 octetos	Dirección origen del dispositivo que solicita ser maestro.
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_master_SELECTION (8)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength es 4 para LSVersion 0
SSVersion	1 octeto	= 0
Prioridad	1 octeto	Prioridad asignada al maestro. Utilizado para situar posibles MAESTROS en un orden que seleccione por prioridad. Los valores de prioridad varían entre 0 y 255 representando los números altos las prioridades más altas. La prioridad 0 se reserva y puede ser utilizada por un maestro para difundir su intención al control maestro de abandonar la solicitud.
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	40 octetos	
FCS	4 octetos	

10.16.6 Términos y parámetros

10.16.6.1 Temporizadores

- T0 – Temporizador único, fijado al valor de 150 ms y utilizado para detectar la ausencia de un maestro en la red. El temporizador está fijado por un dispositivo con capacidad de maestro al ponerse en el estado *no sincronizado*. Un dispositivo se encuentra en el estado *no sincronizado* cuando primero se activa y después pasa a SYNC_LOSS del ciclo MAC. El temporizador se cancela cuando se recibe una trama de control MAP. (Véase 10.14.) Si el temporizador T0 expira, los dispositivos con capacidad de maestro pueden anunciar su intención de ser maestros.
- T1 – Temporizador único fijado después de la transmisión o la recepción de un mensaje de protocolo maestro SELECCIÓN. Este temporizador se utiliza para iniciar un periodo de tiempo para la negociación entre dispositivos con capacidad para asumir la función de maestro. Cuando el temporizador T1 expira, un dispositivo con capacidad de maestro puede decidir si es el maestro seleccionado basándose en su prioridad y en la dirección MAC. El temporizador T1 se reinicia cuando recibe una trama de control de selección de maestro. El valor del temporizador T1 es de 50 ms.
- T2 – Temporizador único fijado por el maestro para medir la longitud del ciclo MAC. El valor de T2 es variable y depende del organizador. Cuando el temporizador T2 expira se envía el MAP para el siguiente ciclo MAC.

10.17 Protocolo de señalización de flujo

El protocolo de señalización de flujo se utiliza para establecer y gestionar dinámicamente flujos de servicio con parámetros QoS y filtros de clasificación de tráfico definidos por protocolos de capas

superiores. Más concretamente, el protocolo de señalización de flujo se utiliza para realizar las funciones siguientes relacionadas con el flujo:

- Establecimiento de un flujo y de filtros de clasificación de tráfico.
- Modificación de los parámetros del flujo y adición o supresión de filtros de clasificación.
- Supresión de flujos.
- Parámetros QoS para un flujo o una clase de servicio.

El protocolo de señalización de flujo se realizará entre dispositivos G.9954 en el origen y en el destino de un flujo y se utilizará para establecer los parámetros QoS del flujo. En una red controlada por un maestro, la señalización de flujo también se debe realizar entre el dispositivo G.9954 en el origen del flujo y el maestro si se requiere anchura de banda reservada. El protocolo de señalización de flujo puede ser iniciado por los dispositivos origen o destino implicados en un flujo de difusión, por el dispositivo origen en un flujo de multidifusión o por el maestro.

El protocolo de señalización de flujo, generalmente, implica un intercambio a tres bandas. El intercambio permite la negociación de parámetros de flujo entre los dispositivos origen y destino del flujo y entre los dispositivos origen del flujo y maestro.

La señalización de flujo con el maestro se utiliza para reservar anchura de banda en los medios a un flujo con el fin de contratar los parámetros de QoS caudal, latencia/fluctuación de fase y BER. El maestro será responsable de realizar el control de admisión de las peticiones de establecimiento de flujo para validar que existen suficientes recursos de medios y que se puede cumplir la QoS especificada por los parámetros del flujo. Si el flujo es admitido por el maestro, se atribuirán oportunidades de transmisión al medio (TXOP) en el plan de acceso al medio para uso exclusivo del flujo.

En una red sin maestro, la señalización de flujo se puede usar de forma similar para comunicar y negociar parámetros de flujo entre los dispositivos origen y destino. Soporta negociación de velocidad con gránulo fino para flujos con diferentes requisitos de BER/PER. También soporta un esquema de agregación de ráfagas de tramas que tiene en cuenta los requisitos de latencia del flujo y las limitaciones de memoria de los dispositivos origen y destino.

El destino de un flujo puede ser un único dispositivo identificado por una dirección de destino difundida o puede ser un grupo de dispositivos, identificados por una dirección de difusión o multidifusión. El protocolo de señalización de flujo para un grupo de dispositivos no requiere un intercambio a tres bandas como el establecimiento de un flujo unidifundido. Al contrario, se difunden los parámetros de flujo al grupo y no se requiere respuesta. Los miembros del grupo siempre son capaces de iniciar una petición explícita para parámetros de flujo (desde el origen del flujo) para un flujo que estén observando activamente o iniciar independientemente la supresión de un flujo inactivo.

El resto de esta cláusula describe los detalles del protocolo de señalización de flujo y de los formatos de trama de control de señalización de flujo.

10.17.1 Tramas de control de señalización de flujo

La trama de control SETUP/MODIFY_FLOW_REQUEST (véase el cuadro 10-60) se utiliza para solicitar el establecimiento o modificación de un flujo. El flujo que se está activando o modificando se identifica utilizando el duplo { FS_SA, FS_DA, FS_FlowID }. La petición de establecimiento de flujo se utiliza para establecer un flujo con un conjunto definido de parámetros QoS de flujo. Una petición de modificación de flujo se utiliza para modificar un parámetro QoS de flujo para un flujo existente. En ambos casos, los parámetros de flujo se definen siempre para peticiones de establecimiento y de modificación y aparecen en una de las dos formas que se describen en 10.17.1.1. Opcionalmente, se pueden instalar clasificadores de flujo en un origen de flujo utilizando la estructura TLV *FlowClassifier* (véase 10.17.1.2).

Cuadro 10-60/G.9954 – Trama de control de petición de flujo establecimiento / modificación

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino. FS_DA o dirección del maestro
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALING (32774)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y finalizando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength mínima es 58 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para SETUP/MODIFY_FLOW_REQUEST (0,3) como se define en el cuadro 10-66.
Request_Key	2 octetos	Única clave de petición utilizada para relacionar los mensajes de protocolo respuesta/confirmación
FS_SA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el origen del flujo. No se corresponde necesariamente con SA.
FS_DA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el destino del flujo. No se corresponde necesariamente con DA.
FS_FlowID	1 octeto	Identificador único del flujo entre el origen del flujo (FS_SA) y el destino del flujo (FS_DA). El identificador de flujo lo asigna localmente el dispositivo en el origen del flujo. Si la petición de establecimiento de flujo no es iniciada por el origen del flujo, el identificador de flujo se especificará como NULO.
FS_DeviceID	1 octeto	ID de dispositivo que identifica al dispositivo que solicita el establecimiento o modificación de flujo. El ID de dispositivo es el asignado por el maestro durante el proceso de registro.
FlowParameters	50 octetos	Propiedades QoS del flujo que hay que establecer. Las propiedades del flujo las describe la estructura codificada TLV como se indica en el cuadro 10-67.
FlowClassifiers	N octetos	Especificación de clasificadores de flujo utilizada para identificar un paquete perteneciente al flujo. Los clasificadores de flujo son optativos y están descritos por una estructura codificada TLV. Se puede definir mas de un clasificador de flujo.
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	Variable	
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

La trama de control SETUP/MODIFY_FLOW_RESPONSE (véase el cuadro 10-61) se devolverá en respuesta a la petición SETUP/MODIFY_FLOW_REQUEST. La respuesta está asociada con la petición correspondiente utilizando la *clave de petición* única asignada por el peticionario. La respuesta incluye una situación que indica si la petición ha tenido éxito y, si es necesario negociar o modificar los parámetros de flujo respecto de sus valores solicitados, se devuelven los parámetros modificados en una estructura TLV *parámetros de flujo*.

Cuadro 10-61/G.9954 – Trama de control de respuesta de flujo establecimiento/modificación

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALING (32774)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength mínima es 60 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para SETUP/MODIFY_FLOW_RESPONSE (1,4) como se define en el cuadro 10-66.
Request_Key	2 octetos	Clave utilizada para identificar la petición asociada con la respuesta
FS_SA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el origen del flujo. No se corresponde necesariamente con SA.
FS_DA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el destino del flujo. No se corresponde necesariamente con DA.
FS_FlowID	1 octeto	Identificador único del flujo entre el origen del flujo (FS_SA) y el destino del flujo (FS_DA). Si la petición de establecimiento de flujo no es iniciada por el origen del flujo, se devolverá el identificador de flujo en la respuesta de establecimiento de flujo.
Estado	1 octeto	Estado de la petición de establecimiento de flujo.
FS_TXOPID	2 octetos	Identificador utilizado para identificar las TXOP reservadas (atribuidas) por el maestro para las transmisiones de flujo. Este campo lo asigna únicamente el maestro en respuesta a una petición de establecimiento de flujo.
FlowParameters	N octetos	Parámetros de flujo devueltos en la respuesta. Los parámetros de flujo devueltos son aquellos que difieren de los parámetros de la petición correspondiente. Los parámetros de flujo están definidos en el cuadro 10-69.
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	Variable	Relleno para alcanzar el tamaño de minFrameSize, si es preciso
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

La trama de control SETUP/MODIFY_FLOW_CONFIRM (véase el cuadro 10-62) se utilizará para completar el protocolo de establecimiento/modificación de flujos. La secuencia establecimiento/modificación de flujo se identifica mediante la misma *clave de petición* asignada durante la fase de petición del protocolo. El campo *confirmación* se utiliza para indicar la aceptación o rechazo de la transacción de señalización de flujo.

**Cuadro 10-62/G.9954 – Trama de control de confirmación
de flujo establecimiento / modificación**

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino.
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALING (32774)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength mínima es 8 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para SETUP/MODIFY_FLOW_CONFIRM (2,5) como se define en el cuadro 10-66.
Request_Key	2 octetos	Clave utilizada para identificar la confirmación con la secuencia petición-respuesta
FS_SA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el origen del flujo. No se corresponde necesariamente con SA.
FS_DA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el destino del flujo. No se corresponde necesariamente con DA.
FS_FlowID	1 octeto	Identificador único del flujo entre el origen del flujo (FS_SA) y el destino del flujo (FS_DA). Si la petición de establecimiento de flujo no es iniciada por el origen del flujo, se devolverá el identificador de flujo en la respuesta de establecimiento de flujo.
Confirmación	1 octeto	Código de confirmación para la secuencia de protocolo establecimiento de flujo.
FS_TXOPID	2 octetos	Identificador utilizado para identificar las TXOP reservadas (atribuidas) por el maestro para las transmisiones de flujo. Este campo lo asigna únicamente el maestro en respuesta a una petición de establecimiento de flujo.
FlowParameters	N octetos	Parámetros de flujo que se encuentran en la respuesta de flujo establecimiento/modificación y que requieren renegociación. La estructura parámetros de flujo es opcional y TLV se codifica como se indica en el cuadro 10-69.
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	Variable	
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

La trama de control FLOW_TEARDOWN_REQUEST se utilizará para pedir la supresión de un flujo. El flujo se identifica mediante el duplo { FS_SA, FS_DA, FS_FlowID }. La transacción de supresión de flujo finaliza con la recepción de la trama de control FLOW_TEARDOWN_RESPONSE (véanse los cuadros 10-63 y 10-64).

Cuadro 10-63/G.9954 – Trama de control de petición de supresión de flujo

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALING (32774)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength mínima es 20 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para TEARDOWN_FLOW_REQUEST(6) como se define en el cuadro 10-66.
Request_Key	2 octetos	Clave utilizada para identificar la petición de supresión
FS_SA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el origen del flujo.
FS_DA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el destino del flujo.
FS_FlowID	1 octeto	ID del flujo a suprimir
FS_Pad	1 octeto	Ignorado en recepción
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	24 octetos	
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

Cuadro 10-64/G.9954 – Trama de control de respuesta de supresión de flujo

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALING (32774)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength mínima es 8 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para TEARDOWN_FLOW_RESPONSE(7) como se define en el cuadro 10-66.
Request_Key	2 octetos	Clave utilizada para identificar la petición de supresión
FS_SA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el origen del flujo
FS_DA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el destino del flujo
FS_FlowID	1 octeto	ID del flujo a suprimir
Estado	1 octeto	Estado de la petición de supresión
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	36 octetos	
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

La trama de control GET_FLOW_PARAMS_REQUEST se utilizará para solicitar los parámetros de flujo para un determinado flujo identificado por { FS_SA, FS_DA, FS_FlowID }. Los parámetros de flujo se devuelven en la trama de control GET_FLOW_PARAMS_RESPONSE (véanse los cuadros 10-65 y 10-65a).

Cuadro 10-65/G.9954 – Trama de control de petición de parámetros de obtención de flujo

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino. FS_SA o dirección de maestro
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALING (32774)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo EtherType siguiente. LSLength mínima es 18 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para GET_FLOW_PARAMS_REQUEST (8) como se define en el cuadro 10-66.
Request_Key	2 octetos	Clave utilizada para identificar la petición de supresión
FS_SA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el origen del flujo. No se corresponde necesariamente con SA.
FS_DA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el destino del flujo. No se corresponde necesariamente con DA
FS_FlowID	1 octeto	Identidad del flujo entre FS_SA y FS_DA que se está solicitando.
FS_pad	1 octeto	Ignorado en recepción
EtherType siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	0 octetos	
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

**Cuadro 10-65a/G.9954 – Trama de control de respuesta de
parámetros de obtención de flujo**

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino. FS_SA o dirección del maestro
SA	6 octetos	Dirección origen
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
LSType	2 octetos	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALING (32774)
LSLength	2 octetos	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo LSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo Ethertype siguiente. LSLength mínima es 50 para LSVersion 0.
LSVersion	1 octeto	= 0
MsgType	1 octeto	Tipo de mensaje para GET_FLOW_PARAMS_RESPONSE (9) como se define en el cuadro 10-66.
Request_Key	2 octetos	Clave utilizada para identificar la petición de supresión
FS_DA	6 octetos	Dirección MAC de la estación en el destino del flujo. No se corresponde necesariamente con DA
FS_FlowID	1 octeto	Identidad del flujo entre FS_SA y FS_DA que se está solicitando.
Estado	1 octeto	Estado de la petición de parámetros de obtención de flujo.
FlowProperties	32 octetos	Propiedades QoS del flujo especificado en la trama de control de petición correspondiente.
Ethertype siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	Variable	
FCS	4 octetos	Secuencia de verificación de trama

El cuadro 10-66 describe los valores MsgType utilizados en la trama de control de señalización de flujo.

Cuadro 10-66/G.9954 – Tipos de mensajes del protocolo de señalización de flujo

MsgType	Significado
0	SETUP_FLOW_REQUEST
1	SETUP_FLOW_RESPONSE
2	SETUP_FLOW_CONFIRM
3	MODIFY_FLOW_REQUEST
4	MODIFY_FLOW_RESPONSE
5	MODIFY_FLOW_CONFIRM
6	TEARDOWN_FLOW_REQUEST
7	TEARDOWN_FLOW_RESPONSE
8	GET_FLOW_PARAMS_REQUEST
9	GET_FLOW_PARAMS_RESPONSE
10-127	Reservado
128-135	Reservado para notificación por el maestro de los mensajes de petición, respuesta y confirmación de establecimiento, modificación y supresión de flujos.

10.17.1.1 Parámetros de flujo

Los parámetros de flujo se especifican en las tramas de control de señalización de flujo utilizando uno de los dos tipos de estructuras codificadas TLV:

- 1) Estructura de especificación de flujo (véase el cuadro 10-67).
- 2) Estructura de parámetros de flujo (véase el cuadro 10-68).

La primera estructura (véase el cuadro 10-67), "*especificación de flujo*" describe cada parámetro QoS en una especificación de flujo y puede ser utilizada por una estación cuando se establece un flujo o cuando se responde a GET_FLOW_PARAMS_REQUEST.

Cuadro 10-67/G.9954 – Estructura TLV de especificación de flujo

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	=FS_PARAMS_TAG (2)
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud (=30).
Subtype	2 octetos	=Flow Specification(0)
ControlWord#1	2 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 2
ControlWord#2	2 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 3
PacketSize	2 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 4
MaxPacketSize	2 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 5
MaxDataRate	2 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 6
AvgDataRate	2 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 7
MinDataRate	2 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 8
BER	1 octeto	Véase el cuadro 10-69, elemento 9
PE	1 octeto	Véase el cuadro 10-69, elemento 10
PacketTimeout	4 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 11
TXTimeslot	4 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 12
FlowTimeout	4 octetos	Véase el cuadro 10-69, elemento 13

La segunda estructura, la estructura de "*parámetros de flujo*" es una estructura incremental que se puede utilizar para indicar parámetros individuales de flujo QoS o conjuntos de parámetros. Se utilizará para notificar los cambios de parámetros específicos QoS o cambios a un conjunto específico de parámetros QoS.

Cuadro 10-68/G.9954 – Estructura TLV de parámetros de flujo

Campo	Longitud	Significado
SETag	1 octeto	= FS_PARAMS_TAG (2)
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud. La longitud mínima es 3 y la máxima es 49
Subtype	2 octetos	= Flow Parameters(1)
FPTYPE	1 octeto	Véase el cuadro 10-69
FPLength	1 octeto	Véase el cuadro 10-69
FlowParameter	1-4 octetos	Véase el cuadro 10-69
• • •		[Ejemplares adicionales de parámetros de flujo]

El cuadro 10-69 describe los parámetros de flujo utilizados en las tramas de control de señalización de flujo. El sombreado se utiliza para mostrar la descomposición de los campos de bytes y de palabras en campos de bits.

Cuadro 10-69/G.9954 – Propiedades de flujo

N.º	Nombre de parámetro	FPTYPE	FPLength (octetos)	Valores	Comentarios
1	Relleno	00	1	0	
2	Palabra de control #1	0x01	2		La palabra de control se decodifica como se muestra a continuación
	Prioridad		Bits 13:15	0-7	Prioridad asignada al flujo. Se puede utilizar para semántica de prioridad G.9951/2
	Tipo de servicio		Bits 10:12	0-3	Define el tipo de servicio que soporta el flujo: 0 CBR 1 rt-VBR 2 nrt-VBR 3 BE 4~7 Reservado
	Latencia máxima		Bits 5:9	0-16	Retardo máximo tolerable de transmisión y de colas según la tabla definida en el cuadro 10-70. 17~31 Reservado
	Fluctuación de fase máxima		Bits 2:4	0-3	Variación de retardo máxima según la tabla definida en el cuadro 10-71. 5~7 Reservado
	Reservado		Bits 0:1	0	Será fijado a cero por el transmisor e ignorado por el receptor
3	Palabra de control #2	0x02	2		Conjunto de campos de control que controlan la política de comportamiento de flujo. La palabra de control se decodifica como se muestra a continuación:
	Política ACK		Bits 15:15	0-1	0 Ninguno 1 LARQ
	Política FEC		Bits 13:14	0-3	0 Ninguno 1 Reed-Solomon 2~3 Reservado
	Política de agregación		Bits 12:12	0-1	0 Ninguno 1 Agregación de nivel MAC
	Política de manejo de errores de suma de verificación		Bits 11:11	0-1	0 No rechaza los paquetes con errores de suma de verificación. 1 Rechaza los paquetes con errores de suma de verificación Un error de suma de verificación incluye un error en los campos FCS o CRC-16 de la trama de capa de enlace G.9954 o en la ráfaga de tramas

Cuadro 10-69/G.9954 – Propiedades de flujo

N.º	Nombre de parámetro	FPType	FPLength (octetos)	Valores	Comentarios
	Reservado		Bits 0:10	0	Será fijado a cero por el transmisor e ignorado por el receptor
4	Tamaño nominal de paquete	0x03	2	0-64 kbit/s	Tamaño nominal del paquete en octetos para paquetes asociados con el servicio. Un valor 0 indica un valor no especificado o desconocido.
5	Tamaño máximo de paquete	0x04	2	0-64 kbit/s	Tamaño máximo del paquete en octetos para paquetes asociados con el servicio. Un valor 0 indica un valor no especificado o desconocido. NOTA – Utilizado por el programador para asegurar que las TXOP son por lo menos suficientemente grandes para incluir un único paquete.
6	Velocidad de datos máxima	0x05	2	4 kbit/s – 256 Mbit/s	Velocidad de ráfaga de pico en unidades de 4 kbit/s. Tiene en cuenta la velocidad de datos (cabida útil) de la red.
7	Velocidad de datos media	0x06	2	4 kbit/s – 256 Mbit/s	Velocidad binaria media requerida por el servicio en unidades de 4 kbit/s.
8	Velocidad de datos mínima	0x07	2	4 kbit/s – 256 Mbit/s	Velocidad binaria mínima requerida en unidades de 4 kbit/s para que funcione el servicio. Este número se espera que sea diferente de cero solo para tráfico en tiempo real que requiera un retardo mínimo de transmisión ($\min \leq avg \leq \max$).
9	Palabra BER	0x08	1	10^{-10} - 10^{-5}	BER de nivel de servicio en la gama $10^{-10} \leq BER \leq 10^{-5}$. La BER está presente mediante dos campos enteros: mantisa, m, y exponente e, de forma que: $BER = (8 + m) \times 2^{e-43}$ Cuando la política de tratamiento de errores CRC es <i>rechazar paquetes con errores CRC</i> , el valor de la BER es la PER dividida por el número medio de bits por paquete. Por ejemplo, si $PER = 10^{-2}$ y se utilizan paquetes de 1500 bytes, entonces $BER = 10^{-2}/1200 \approx 10^{-6}$.
	Mantisa (m)		Bits 5:7	0-7	
	Exponente (e)		Bits 0:4	7-24	
10	PE	0x09	1	0-255	Codificación de cabida útil utilizada en el canal lógico. El valor de PE debería obtenerse mediante negociación de velocidad a partir de los requisitos de BER.

Cuadro 10-69/G.9954 – Propiedades de flujo

N.º	Nombre de parámetro	FPType	FPLength (octetos)	Valores	Comentarios
11	Temporización de paquetes	0x0A	4	$2^{32} - 1$	Cantidad de tiempo en ms que un paquete permanece en cola antes de ser suprimido de la cola de flujos. Un valor 0 indica que el paquete nunca expira.
12	Intervalo de tiempo TX	0x0B	4	$2^{32} - 1$	Periodo de tiempo de la primera TXOP definida para el flujo. Este campo puede ser fijado por capas superiores durante el establecimiento del flujo con el fin de sincronizar las TXOP atribuidas con una fuente externa. Este es el objetivo para servicios isócronos. El tiempo se mide en unidades de 2^{-13} ms y es relativo a la referencia de reloj maestra. Un valor cero indica el valor "desconocido". NOTA – La utilización de esta característica supone la sincronización del reloj del dispositivo solicitante con la referencia de reloj maestra. Para más información sobre sincronización de relojes, véase 10.18.
13	Temporización de inactividad de flujo	0x0C	4	$2^{32} - 1$	Cantidad de tiempo en milisegundos durante el que un flujo se mantendrá "vivo" en ausencia de tráfico antes de que sea suprimido automáticamente y se liberen los recursos. Un valor cero indica que el flujo nunca se suprime automáticamente.

Los cuadros 10-70 y 10-71 enumeran los valores posibles para la latencia máxima y la fluctuación de fase máxima y su significado.

Cuadro 10-70/G.9954 – Valores de latencia máxima

Latencia	Significado
0	Sin límite
1	5 ms
2	10 ms
3	20 ms
4	30 ms
5	40 ms
6	50 ms
7	60 ms
8	70 ms
9	80 ms
10	90 ms
11	100 ms
12	200 ms
13	300 ms
14	400 ms
15	500 ms

Cuadro 10-71/G.9954 – Valores de fluctuación de fase máxima

Fluctuación de fase	Significado
0	Sin límite
1	5 ms
2	10 ms
3	20 ms

10.17.1.2 Clasificador de flujo

Los clasificadores de flujo son especificaciones de filtro que definen los criterios mediante los que la capa de convergencia G.9954 clasifica paquetes y les hace corresponder con flujos. El cuadro 10-72 describe la estructura TLV de clasificador de flujo utilizada en la trama de control SETUP/MODIFY_FLOW_REQUEST.

Cuadro 10-72/G.9954 – Datos de clasificador de flujo

Campo	Longitud	Comentarios
SETag	1 octeto	= FS_CLASSIFIER_TAG (cuadro 10-39)
SELength	1 octeto	Longitud total de la ampliación TLV, excluidos los octetos de marcador y de longitud.
Prioridad	1 octeto	Prioridad del clasificador. Define el orden en el que los clasificaciones se aplican en una capa de convergencia. Un valor alto indica una prioridad alta.
Opcódigo	1 octeto	Acción del clasificador que se debe aplicar: 0 Añadir clasificador 1 Suprimir clasificador
ClassifierParam		Parámetro de clasificador
ClassifierTag	1 octeto	Identificador de marcador de clasificador. Véase 10-73 para una descripción de los valores de marcador de clasificador. Se reservan los valores 0x0E~0xFF
ClassifierLength	1 octeto	Longitud del parámetro clasificador
ClassifierParameter	Variable	Parámetro de clasificación cuya estructura es específica del marcador de clasificador como se describe en el cuadro 10-73.

Cuadro 10-73/G.9954 – Parámetros de clasificador

Parámetro de clasificador	Marcador de clasificador	Longitud (octetos)	Comentarios
ID de flujo	0x00	2	Identificador del flujo al que capas de protocolo superiores han determinado que pertenece un paquete entrante.
Dirección destino	0x01	N * 6	Lista de (N) direcciones destino Ethernet
Dirección origen	0x02	N * 6	Lista de (N) direcciones origen Ethernet
EtherType	0x03	N * 2	Lista de (N) valores EtherType.
TOS	0x04	3	Tipo IP del campo de servicio: (tos _{low} , tos _{high} , tos _{mask})
Protocolo	0x05	N * 1	Lista de protocolos: protocolo ₁ ..protocolo _n
Dirección origen IP	0x06	N * 8	Lista de duplos (dirección, máscara) de IP de origen.
Dirección destino IP	0x07	N * 8	Lista de (N) duplos (dirección, máscara) de IP de destino.
Gama de puertos de origen	0x08	N * 4	Lista de (N) gamas de número de puerto IP de origen (port _{low} , port _{high})...
Gama de puertos de destino	0x09	N * 4	Lista de (N) gamas de números de puerto IP de destino (port _{low} , port _{high})...
EtherType/802.2 DSAP	0x0A	N * 1	Dirección LLC DSAP
EtherType/802.2 SSAP	0x0B	N * 1	Dirección LLC SSAP
Prioridad de usuario	0x0C	2	Gama de valores de prioridad de usuario 802.1D pri _{low} , pri _{high}
VLAN ID	0x0D	2	Identificador VLAN 802.1Q. Solo son significativos los 12 bits más a la izquierda.

10.17.2 Transacciones de señalización de flujo

Una estación puede iniciar múltiples transacciones de señalización de flujo simultáneamente utilizando una *clave de petición* unívocamente asignada. Todos los mensajes de protocolo que pertenecen a la misma transacción utilizarán la misma *clave de petición*. La *clave de petición* será asignada por el iniciador de la transacción de señalización de flujo.

10.17.3 Secuencias de protocolo de señalización de flujo

10.17.3.1 Secuencia de protocolo de establecimiento de flujo

El establecimiento de flujo se realizará entre puntos extremos origen y destino de un flujo utilizando la *secuencia de protocolo de establecimiento de flujo*. Tanto la estación de destino como la de origen puede iniciar el establecimiento del flujo.

El objeto de la señalización de establecimiento de flujo es determinar un conjunto de parámetros de flujo bien definidos y negociados entre los puntos extremos del flujo.

Si se requiere anchura de banda reservada (contratos QoS) para un flujo y la red está funcionando en el modo SMAC, el origen del flujo informará al maestro de los parámetros de establecimiento de flujo una vez que los parámetros de flujo hayan sido negociados. Se realizará la notificación del establecimiento de flujo al maestro así como la reserva de anchura de banda utilizando la misma interrelación a tres bandas para el establecimiento de flujo que se usa entre dos nodos de punto extremo.

El maestro también puede ser el punto extremo de origen o de destino de un flujo. Este es un caso especial de la secuencia de protocolo de establecimiento de flujo normalizada.

NOTA – Cuando el maestro es un punto extremo de un flujo, no se requiere ninguna notificación de maestro para reservar anchura de banda, salvo la señalización original de establecimiento de flujo.

En las cláusulas siguientes se definen las diferentes secuencias de protocolo de establecimiento de flujo.

10.17.3.1.1 Procedimiento de establecimiento de flujo iniciado en origen

Para establecer un flujo entre dos dispositivos G.9954 en la red en la que el dispositivo que inicia el establecimiento de flujo es el dispositivo origen del flujo, el iniciador enviará un mensaje SETUP FLOW REQUEST al flujo de destino. El mensaje SETUP FLOW REQUEST contendrá una *clave de petición* asignada por el iniciador que identifique la transacción de establecimiento de flujo, la identidad del flujo y los parámetros QoS del flujo. La identidad de flujo debe ser iniciada localmente por el iniciador atribuyendo un identificador de flujo que será único en el contexto de las direcciones *origen* y *destino* del flujo.

Tras enviar la petición SETUP_FLOW_REQUEST, la estación iniciará un temporizador y esperará hasta FLOW_RESPONSE_TIMEOUT (T1) ms para un mensaje SETUP_FLOW_RESPONSE. Si no se recibe respuesta durante el periodo de espera, la petición se volverá a enviar utilizando la misma *clave de petición*. Este proceso se realizará hasta MAX_FLOW_SIGNALING_RETRIES.

Tras recibir una petición SETUP_FLOW_REQUEST, la estación destino establecerá localmente el flujo. Puede ofrecer sugerencias de modificaciones a los parámetros de flujo con el fin de adaptar mejor el flujo a las restricciones de recursos del punto extremo. Cualesquiera parámetros modificados deben devolverse en una respuesta SETUP_FLOW_RESPONSE. Tras enviar SETUP_FLOW_RESPONSE, el punto extremo de destino iniciará un temporizador y esperará hasta FLOW_CONFIRM_TIMEOUT (T2) ms para el mensaje SETUP_FLOW_CONFIRM. Si no se recibe una confirmación SETUP_FLOW_CONFIRM en este periodo de temporización, se retransmitirá un mensaje SETUP_FLOW_RESPONSE. Este procedimiento prosigue MAX_FLOW_SIGNALING_RETRY veces antes de que el destino abandone la operación de establecimiento de flujo y cierre la transacción.

Si se recibe una respuesta SETUP_FLOW_RESPONSE, la estación inhabilitará el temporizador (T1) y comprobará los parámetros de situación y de flujo devueltos. Si los parámetros de flujo fueron modificados por la estación de destino en su respuesta, entonces el origen ajustará sus parámetros de flujo como corresponda. Si la situación devuelta en la respuesta SETUP_FLOW_RESPONSE es OK y los parámetros modificados son aceptables al origen, la estación origen devolverá un mensaje FLOW_SETUP_CONFIRM con una situación OK y se cerrará la transacción de establecimiento de flujo. Si los parámetros de flujo ofertados son rechazados por la estación origen, devolverá un código de confirmación REJECT junto con los parámetros rechazados.

Tras recibir un mensaje SETUP_FLOW_CONFIRM la estación inhabilitará el temporizador (T2). Si el *código de confirmación* en SETUP_FLOW_CONFIRM está OK, entonces la estación de destino puede completar la transacción de establecimiento de flujo. Si el *código de confirmación* es REJECT, la estación de destino puede finalizar la transacción de establecimiento de flujo o puede modificar su oferta utilizando el mismo ciclo FLOW_SETUP_RESPONSE/CONFIRM. Si el flujo no se puede establecer satisfactoriamente, se debería devolver una situación de ERROR en SETUP_FLOW_RESPONSE y se cerrará la transacción de establecimiento de flujo en el origen y en el destino.

Si un flujo no se establece satisfactoriamente entre las estaciones origen y destino, se enviarán los datos de flujo utilizando reglas de transmisión AMAC y utilizando los parámetros de canal definidos para el canal lógico entre las direcciones origen y destino. Si la red está controlada por un maestro, la transmisión se realizará en una TXOP de contención.

Si el flujo se establece satisfactoriamente y la red está controlada por un maestro se puede reservar anchura de banda para el flujo, señalando el establecimiento de flujo con el maestro. Para más información sobre atribuciones de anchura de banda reservada para los flujos véase 10.17.3.1.4.

La figura 10-14 ilustra el *protocolo de señalización de establecimiento de flujo* utilizado para establecer un flujo entre los dispositivos A (el origen) y B (el destino) cuando el iniciador de la transacción del establecimiento de flujo del ejemplo es el dispositivo A. Este ejemplo ilustra los periodos de temporizador (T1, T2) utilizados en el protocolo de señalización de flujo así como la negociación de velocidad (RRCF) realizada en el canal de flujo.

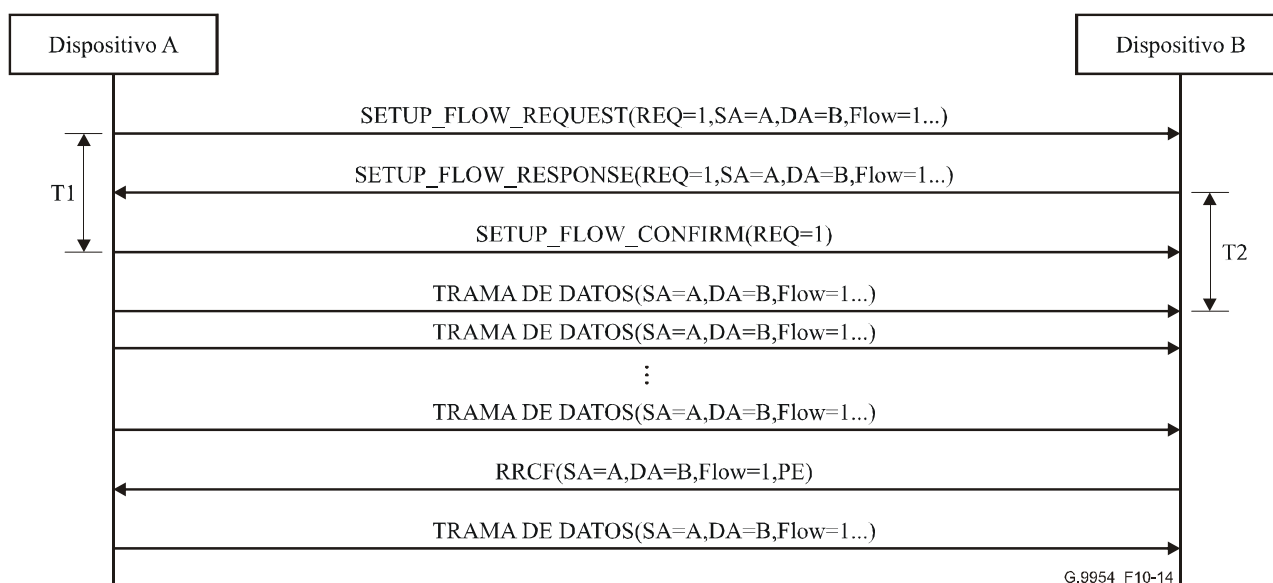


Figura 10-14/G.9954 – Procedimiento de establecimiento de flujo iniciado en origen

10.17.3.1.2 Procedimiento de establecimiento de flujo iniciado en el destino

El establecimiento de flujo, cuando lo inicia el destino del flujo, es similar al procedimiento descrito en 10.17.3.1.1. La diferencia entre las secuencias es la siguiente.

El identificador de flujo Flow_ID especificado en FLOW_SETUP_REQUEST es NULO puesto que Flow_ID debe ser definido por la estación en el origen del flujo. El Flow_ID asignado se devuelve en la respuesta FLOW_SETUP_RESPONSE.

La negociación de parámetros de flujo procede como en el caso del establecimiento de flujo iniciado en el origen.

La figura 10-15 ilustra el *protocolo de señalización de establecimiento de flujo* utilizado para establecer un flujo entre los dispositivos A (el origen) y B (el destino) cuando el iniciador de la transacción de *establecimiento de flujo* es el dispositivo B del ejemplo.

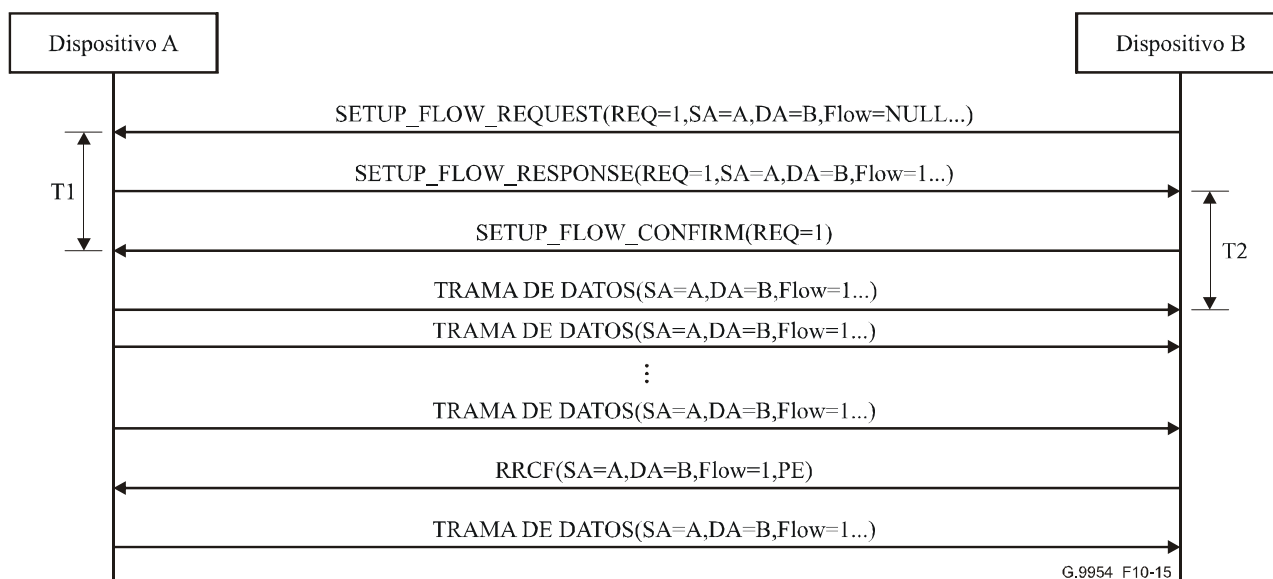


Figura 10-15/G.9954 – Protocolo de establecimiento de flujo iniciado en el destino

10.17.3.1.3 Procedimiento de establecimiento de flujo de difusión/multidifusión

Cuando se establece un flujo de difusión/multidifusión, el *protocolo de señalización de establecimiento de flujo* no utiliza la interrelación normalizada a tres bandas para establecer el flujo puesto que el iniciador del establecimiento de flujo no puede esperar a una respuesta proveniente de todos los miembros del grupo de difusión/multidifusión. En cambio, el establecimiento de flujo se señalará difundiendo la petición SETUP_FLOW_REQUEST sin esperar una respuesta y sin tener que responder con una confirmación. Los parámetros de flujo (salvo para codificación de cabida útil (PE)) no se pueden negociar para flujos de difusión/multidifusión. La codificación de cabida útil se negociará utilizando el mecanismo normalizado de negociación de velocidad para canales de difusión/multidifusión que se describe en 10.4.

Con el fin de permitir a un miembro del grupo de difusión/multidifusión obtener los parámetros de flujo en cualquier momento, en el caso en que no se haya recibido SETUP_FLOW_REQUEST o cuando el miembro del grupo de difusión/multidifusión surge después del establecimiento del flujo, una estación puede hacer la petición de *obtener parámetros de flujo* en cualquier momento utilizando la petición GET_FLOW_PARAMS_REQUEST. La petición se envía a la estación origen del flujo. La estación origen del flujo, tras recibir una petición GET_FLOW_PARAMS_REQUEST devolverá los parámetros para el flujo designado utilizando el mensaje GET_FLOW_PARAMS_RESPONSE.

La secuencia de protocolo de establecimiento de flujo en el caso de flujos de difusión/multidifusión se muestra en la figura 10-16.

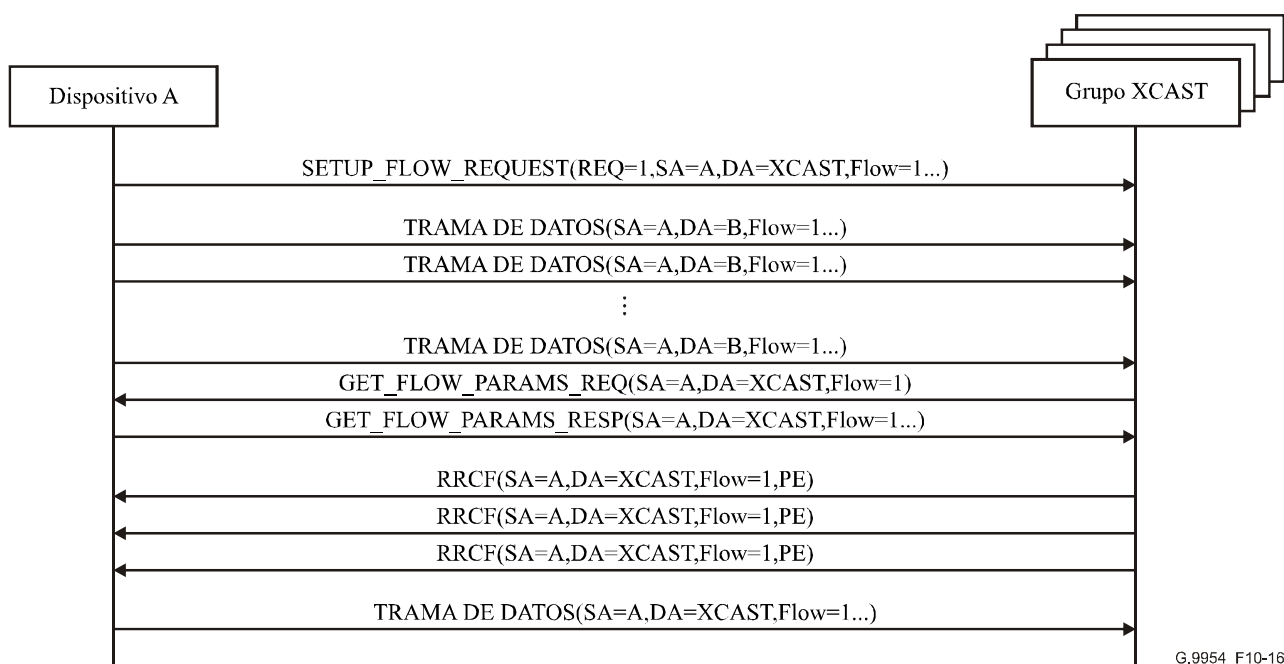


Figura 10-16/G.9954 – Establecimiento de flujo de multidifusión

10.17.3.1.4 Procedimiento de notificación de establecimiento de flujo al maestro

Como se describe en 10.17.3.1.1, 10.17.3.1.2 y 10.17.3.1.3, el protocolo de establecimiento de flujo se realizará entre los dispositivos de flujo origen y destino, independientemente de si la red está controlada o no por un maestro. Esto permite la definición de flujos con unas características de latencia, velocidad y BER definidas. Esta información puede ser utilizada por los dispositivos transmisor y receptor para negociar parámetros de canal apropiados para el flujo (por ejemplo, requisitos de memoria temporal, codificación de cabida útil, etc.).

Si la red está controlada por un maestro, se pueden reservar las TXOP específicas para un flujo establecido indicando al maestro el establecimiento del flujo mediante el protocolo de señalización de establecimiento de flujo ordinario.

Para indicar el establecimiento del flujo al maestro, el protocolo se iniciará en el origen del flujo. Se utilizará el mismo intercambio de protocolos a tres bandas utilizado para las operaciones de establecimiento de flujo ordinarias entre los dispositivos origen y destino. Si el flujo es admitido por el maestro, éste adjudicará TXOP reservadas y se atribuirán en el MAP generado por el maestro. Las TXOP deben ser atribuidas por el planificador maestro de forma y manera que proporcionen suficiente anchura de banda y cumplan los requisitos de latencia y de fluctuación de fase definidos para el flujo en los parámetros de flujo.

Los dispositivos en el origen de un flujo deben ser *registrados* por el maestro para poder solicitar anchura de banda reservada.

La figura 10-17 ilustra la *secuencia de protocolo de establecimiento de flujo* incluida la notificación de establecimiento de flujo al maestro. La secuencia de protocolo de establecimiento de flujo que se encuentra entre el dispositivo A y el dispositivo B (es decir, dentro de la doble flecha) representa la secuencia de protocolo descrita en las figuras 10-14, 10-15 y 10-16. La *secuencia de protocolo de establecimiento de flujo* entre el dispositivo A y el maestro representa la petición de asignación de anchura de banda reservada.

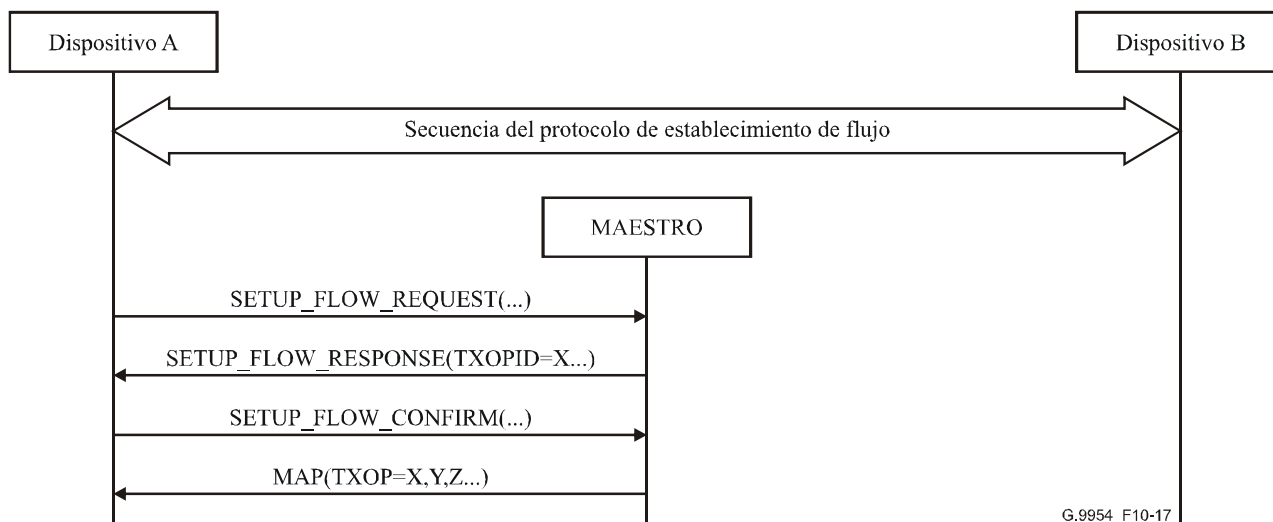


Figura 10-17/G.9954 – Notificación de establecimiento de flujo al maestro

10.17.3.1.5 Procedimiento de establecimiento de flujo iniciado y terminado por el maestro

Si el dispositivo que inicia la secuencia de establecimiento de flujo es el maestro, la secuencia de establecimiento de flujo procede normalmente como en el caso de una estación de punto extremo ordinario (véanse 10.17.3.1.1 y 10.17.3.1.2). En este caso, el maestro puede realizar el control de admisión antes de que se inicie la secuencia del protocolo. Es más, el maestro no necesita ser notificado del establecimiento de flujo para reservar anchura de banda. El maestro lo hará automáticamente para flujos que requieran anchura de banda reservada.

De forma similar, para flujos cuyos puntos extremos terminen en el maestro la *secuencia de protocolo de establecimiento de flujo* procede como para el caso ordinario y la reserva de anchura de banda la realizará automáticamente el maestro como corresponda.

NOTA – El maestro no precisa atribuir inmediatamente anchura de banda a un flujo y puede diferirla hasta que se hayan determinado los parámetros de canal de flujo (por ejemplo, codificación de cabida útil).

10.17.3.2 Secuencia de protocolo de modificación de flujo

La secuencia de protocolo de modificación de flujo es muy similar a la del *protocolo de establecimiento de flujo*. Implica de la misma forma una secuencia de intercambio de protocolo a tres bandas PETICIÓN-RESPUESTA-CONFIRMACIÓN entre los dispositivos destino y origen del flujo y facultativamente entre los dispositivos origen del flujo y el maestro.

La modificación de flujo puede ser iniciada por los dispositivos origen y destino del flujo. De forma similar al protocolo de establecimiento de flujo, el maestro será informado de las modificaciones de los flujos para los cuales se ha reservado explícitamente anchura de banda cuando los parámetros modificados afecten a la reserva de anchura de banda.

Afectan a la reserva de anchura de banda las modificaciones de los parámetros siguientes:

- Velocidad de datos (mínima, media, máxima).
- Latencia/fluctuación de fase máxima.
- Codificación de cabida útil.
- Tamaño de paquete nominal.

10.17.3.2.1 Procedimiento de modificación de flujo

El dispositivo que solicita la modificación de flujo debe abrir una transacción de señalización de flujo y enviar un mensaje MODIFY_FLOW_REQUEST que incluya una especificación de los

parámetros de flujo a modificar y/o, opcionalmente, los filtros de clasificación de tráfico a instalar en el dispositivo en el origen del flujo.

Tras enviar la petición MODIFY_FLOW_REQUEST, el solicitante iniciará un temporizador y esperará hasta FLOW_RESPONSE_TIMEOUT (T1) ms una respuesta MODIFY_FLOW_RESPONSE. Si el temporizador expira antes de recibirse la respuesta, se reenviará MODIFY_FLOW_REQUEST hasta MAX_FLOW_SIGNALING_RETRY veces antes de abandonar la petición de modificación de flujo.

Tras recibir un mensaje MODIFY_FLOW_REQUEST, el dispositivo receptor buscará el flujo especificado en su lista de flujos establecidos y, si lo encuentra, establecerá una nueva transacción de señalización de flujo. Se comprueban los parámetros modificados y, si son aceptables, se actualizan en consecuencia. Se devolverá una respuesta MODIFY_FLOW_RESPONSE con un *estado* OK en (T1)/2 ms contados a partir de la recepción de la petición MODIFY_FLOW_REQUEST. Si los parámetros de flujo modificados resultan inaceptables, se devolverá una respuesta MODIFY_FLOW_RESPONSE con un *estado* REJECT. Los parámetros rechazados se devolverán en el mensaje de respuesta.

El resto de la secuencia del protocolo, incluida la negociación de los parámetros de flujo (si es preciso), y la terminación de la transacción de señalización de flujo prosiguen como en el caso del *establecimiento de flujo* de la figura 10-18.

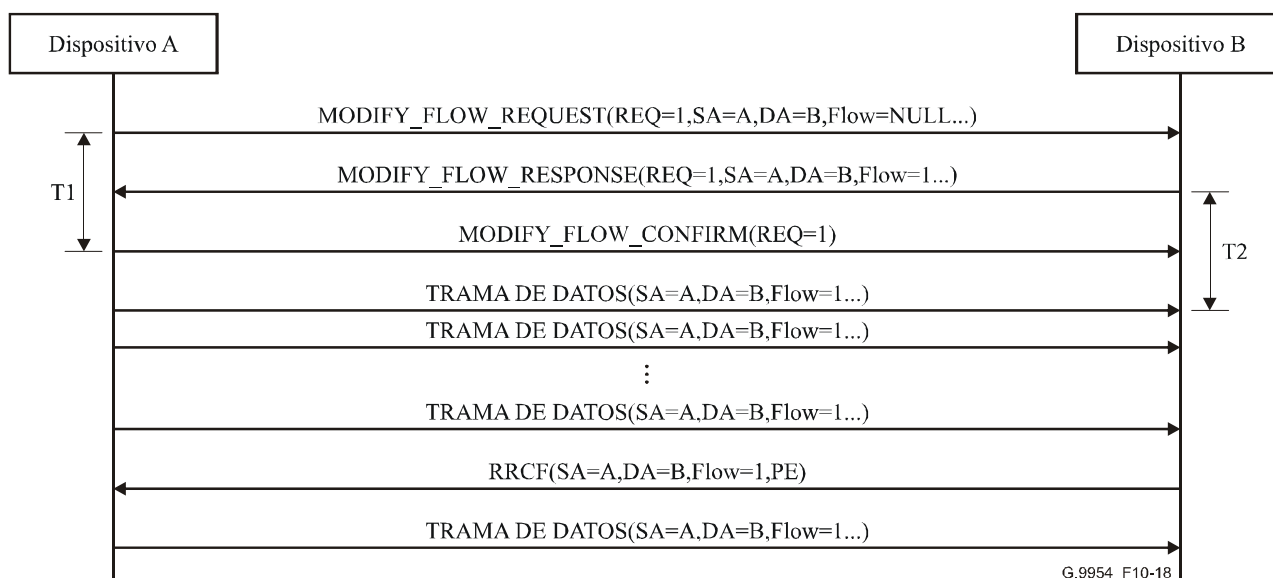


Figura 10-18/G.9954 – Modificación del protocolo de señalización de flujo

10.17.3.2.2 Notificación al maestro y modificación de flujo

Si un flujo que tiene anchura de banda reservada por el maestro es modificado, se debe notificar al maestro cualesquiera modificaciones de los parámetros de flujo que afecten a la asignación de anchura de banda. La notificación se debe realizar utilizando el *protocolo de modificación de señalización de flujo*.

Los parámetros de flujo que se pueden modificar y que afectan a la reserva de anchura de banda se definen en 10.17.3.2.

El *protocolo de modificación de señalización de flujo* entre el dispositivo en el origen del flujo y el maestro es el mismo que el descrito en 10.17.3.2.1.

10.17.3.3 Secuencia del protocolo de supresión de flujo

Los flujos se suprimen utilizando la *secuencia del protocolo de supresión de flujo*. Un flujo puede ser suprimido en respuesta a una petición explícita proveniente de una capa de protocolo superior o después de un periodo de inactividad configurable de los parámetros de flujo (véase el parámetro de flujo *temporización de inactividad de flujo* en la cláusula 10.17.1.1).

La secuencia de supresión de flujo la inicia normalmente el dispositivo en el origen del flujo después de observar un periodo de inactividad del flujo superior o igual a la *temporización de inactividad de flujo*. La supresión del flujo también puede ser iniciada por el dispositivo en el destino del flujo si se observa un periodo de inactividad superior a su parámetro de *temporización de inactividad de flujo*.

La *secuencia del protocolo de supresión de flujo* implica una secuencia de mensajes PETICIÓN-RESPUESTA. El iniciador identificará el flujo mediante la *dirección origen*, la *dirección destino* y el *ID de flujo*. Cuando un flujo es suprimido, se liberan los recursos vinculados.

Si se suprime un flujo que tiene anchura de banda reservada por su maestro, el maestro debe ser notificado por el dispositivo que inicie la *secuencia de supresión de flujo*.

Si un dispositivo registrado deja de detectarse por la ausencia de tramas de control de anuncio de capacidad y de estado (CSA), el maestro borrará del registro el dispositivo y suprimirá todos los flujos asociados al dispositivo. De forma similar los dispositivos en el origen de un flujo detectarán la ausencia (mediante la temporización de CSA) de un dispositivo en el destino del flujo y en consecuencia suprimirán esos flujos.

La *temporización de inactividad de flujo* en el origen de un flujo debe ser superior a la *temporización de inactividad de flujo* en el destino del flujo con el fin de eliminar condiciones de competencia en la supresión de flujos.

NOTA – El iniciador de una secuencia de protocolo de establecimiento de flujo debería garantizar el requisito anterior especificando adecuadamente las temporizaciones de inactividad de flujo deseadas. Esto significa que para un establecimiento de flujo iniciado en el origen del flujo, la temporización de inactividad de flujo especificada en la petición de establecimiento debería obligatoriamente ser superior al parámetro en el origen del flujo. De forma similar, para un establecimiento de flujo iniciado en el destino del flujo, la temporización de inactividad de flujo especificada debería ser inferior al valor utilizado en el destino del flujo.

10.17.3.3.1 Procedimiento de supresión de flujo iniciada por la estación

La señalización de *protocolo de supresión de flujo* se realizará entre dispositivos que se encuentran en los puntos extremos de un flujo o entre el dispositivo en el origen de un flujo y el maestro. En cualquier caso, un dispositivo inicia la secuencia de protocolo de supresión de flujo enviando un mensaje TEARDOWN_FLOW_REQUEST que contiene la identidad del flujo a suprimir y una única clave de petición que identifica la transacción de señalización de flujo. El dispositivo iniciador fijará a continuación un temporizador y esperará hasta FLOW_RESPONSE_TIMEOUT (T1) ms a un mensaje TEARDOWN_FLOW_RESPONSE antes de enviar la petición de supresión. Este procedimiento realizará hasta MAX_FLOW_SIGNALING_RETRY veces antes de finalizar la transacción de supresión del flujo y suprimir localmente el flujo.

Un dispositivo que reciba una petición TEARDOWN_FLOW_REQUEST buscará el flujo identificado en su base de datos de flujos activos y, si lo encuentra, el dispositivo lo suprimirá localmente y liberará los recursos vinculados al mismo. En todos los casos, se devolverá el mensaje TEARDOWN_FLOW_RESPONSE en (T1)/2 ms.

La figura 10-19 muestra la secuencia del *protocolo de supresión de flujo*. El caso descrito muestra una secuencia de supresión de flujo entre dispositivos en los puntos extremos de un flujo y entre el dispositivo en el origen del flujo y el maestro.

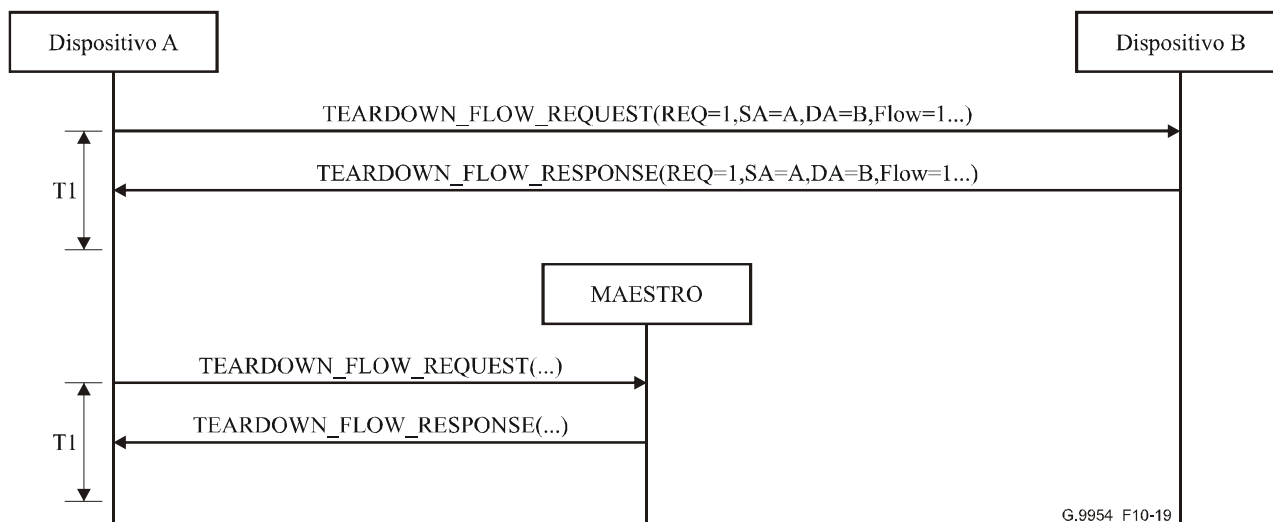


Figura 10-19/G.9954 – Protocolo de supresión de flujo

10.17.3.3.2 Señalización de supresión de flujo con el maestro

Si un flujo tiene anchura de banda reservada por el maestro y el flujo es suprimido, el dispositivo que se encuentre en el origen del flujo debe notificárselo al maestro. Se notificará al maestro utilizando la secuencia de *protocolo de supresión de flujo*, la misma que para los dispositivos que se encuentran en los puntos extremos de un flujo.

10.17.3.3.3 Supresión de flujo de difusión y multidifusión

Para suprimir un flujo de difusión o multidifusión, el dispositivo en el origen del flujo enviará la petición `TEARDOWN_FLOW_REQUEST`. El mensaje `TEARDOWN_FLOW_REQUEST` se enviará utilizando la dirección difusión/multidifusión. El dispositivo iniciador no esperará a una respuesta `TEARDOWN_FLOW_RESPONSE` y podrá finalizar la transacción después de enviar la petición de supresión.

Cuando un miembro del grupo de difusión/multidifusión no recibe `TEARDOWN_FLOW_REQUEST`, cada uno de los dispositivos detendrá el flujo utilizando el mecanismo normalizado *temporización de inactividad de flujo*.

10.18 Mensaje de indicación de informe de indicación de tiempo (opcional)

Algunos dispositivos punto extremo pueden requerir sincronización con una referencia de reloj maestra, con el fin de sincronizar las velocidades de muestreo o la asignación de las TXOP de medios con una fuente externa.

Para lograr la sincronización con un reloj maestro, un dispositivo de referencia de reloj maestra distribuye su señal de reloj a todos los dispositivos de la red.

Cualquier dispositivo de la red puede ser la referencia de reloj maestra para algún grupo de dispositivos servidores. Pueden residir simultáneamente más de un dispositivo de referencia de reloj maestra en una red. Normalmente un dispositivo servidor se sincroniza con una única referencia de reloj maestra. No se requiere que un dispositivo que actúe como maestro en el modo SMAC sea una referencia de reloj maestra.

El mecanismo de información de indicación de tiempo asume la función de referencia de reloj maestra para fijar la indicación de tiempo de transmisión de un mensaje muy conocido (el propio mensaje de información de indicación de tiempo) y para enviar el valor de la indicación de tiempo fijado en el mensaje de indicación de informe de indicación de tiempo subsiguiente. Es más, asume la función de un dispositivo punto extremo para fijar la indicación de tiempo de recepción del

mismo mensaje. La diferencia temporal entre el instante de recepción fijado en el punto extremo y el instante de transmisión fijado en la referencia de reloj maestra se utiliza para ajustar el reloj en el punto extremo y compensar el error de la frecuencia de reloj calculado. Esto se muestra en la figura 10-20.

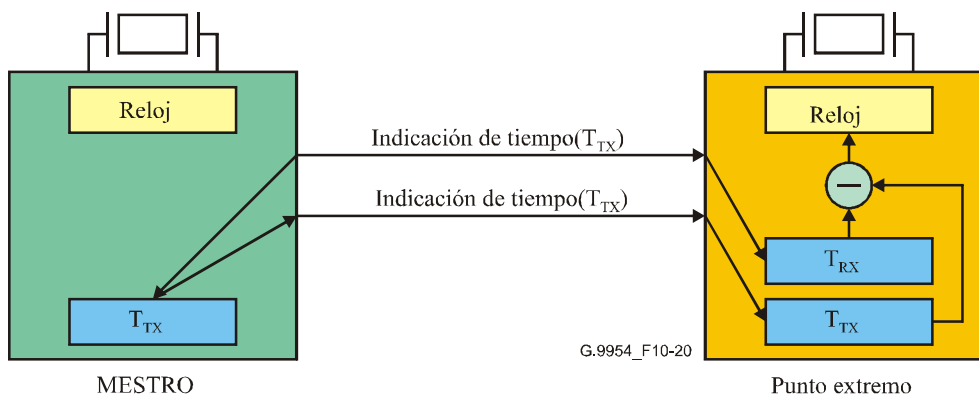


Figura 10-20/G.9954 – Indicación de informe de indicación de tiempo

La referencia de reloj maestra puede transmitir una indicación de informe de indicación de tiempo en cualquier momento. Debería transmitir pares de estas indicaciones en tramas sucesivas. Para cada mensaje de indicación de informe de indicación de tiempo transmitida, la referencia de reloj maestra incrementará el número de secuencia de indicación de tiempo en una unidad. El número de secuencia de indicación de tiempo puede comenzar con cualquier valor arbitrario.

Al medir los instantes de inicio de la transmisión y de la recepción con la referencia de reloj maestra y el punto extremo, respectivamente, las mediciones se definirán con respecto a un punto común en la trama. Este punto es el inmediatamente posterior al campo dirección origen de la capa MAC. Una implementación determinada puede realizar su medición real con respecto a otros puntos en la trama pero, al seguir estos procedimientos, tiene que corregir el valor medido de forma que el tiempo corresponda al punto especificado.

Se recomienda que todos los puntos extremos que precisen sincronización de muestreo de datos reciban la indicación de informe de indicación de tiempo y midan el instante de inicio de recepción para tramas recibidas con ese mensaje. Tras la recepción de una indicación de informe de indicación de tiempo, el punto extremo realizará las acciones siguientes:

- Registra el instante de inicio de recepción de la trama vigente junto con el número de secuencia de la indicación de tiempo y la indicación de tiempo de la indicación de informe de indicación de tiempo recibida.
- Compara el parámetro de número de secuencia de la indicación de tiempo contenido en la trama vigente con el de la indicación de informe de indicación de tiempo más reciente. Si las indicaciones de tiempo tienen una diferencia en módulo de uno, entonces se prosigue. En otro caso, se detiene el tratamiento del mensaje en este punto.
- Calcula el error relativo de frecuencia de su reloj interno mediante la fórmula siguiente:

$$\text{Error de frecuencia} = [(R_{(\text{seqnum}-1)} - R_{(\text{seqnum}-2)}) / (C_{\text{seqnum}} - C_{(\text{seqnum}-1)})] - 1$$

donde:

$R_{(\text{seqnum}-1)}$ es el instante de inicio de recepción de la trama que contiene la indicación de informe de indicación de tiempo con el número de secuencia anterior, medido por el reloj local del punto extremo.

$R_{(seqnum-2)}$ es el instante de inicio de recepción de la trama que contiene la indicación de informe de indicación de tiempo con el número de secuencia inferior en dos unidades (en módulo) al de la trama vigente, medido por el reloj local del punto extremo.

C_{seqnum} es el valor de la indicación de tiempo que figura en la indicación de informe de indicación de tiempo en la trama vigente (que corresponde al instante de inicio de transmisión de la trama que contiene la indicación de tiempo con el número de secuencia anterior, medido por el maestro).

$C_{(seqnum-1)}$ es el valor de la indicación de tiempo que figura en la indicación de informe de indicación de tiempo con el número de secuencia previo (que corresponde al instante de inicio de transmisión de la trama que contiene la indicación de informe de indicación de tiempo con el número de secuencia inferior en dos unidades (en módulo) al de la trama vigente, medido por la referencia de reloj maestra).

- Ajusta el reloj local de conformidad con el error de frecuencia determinado mediante un algoritmo definido localmente.

El mecanismo que utiliza la referencia de reloj maestra y los puntos extremos para medir los instantes de inicio de transmisión y de recepción de trama, respectivamente, se definen localmente.

10.18.1 Formato de trama de indicación de informe de indicación de tiempo

Cuadro 10-74/G.9954 – Formato de trama de indicación de informe de indicación de tiempo

Campo	Longitud	Significado
DA	6 octetos	Dirección destino = FF:FF:FF:FF:FF:FF
SA	6 octetos	La dirección origen es la de la referencia de reloj maestra.
Ethertype	2 octetos	0x886c (trama de control de enlace PNT)
SSType	1 octeto	= SUBTYPE_TIMESTAMP_REPORT (8)
SSLength	1 octeto	Número de octetos adicionales en el encabezamiento de control, comenzando con el campo SSVersion y terminando con el segundo (último) octeto del campo EtherType siguiente. El valor de SSLength es 8 para SSVersion 0
SSVersion	1 octeto	= 0
Reservado	1 octeto	Fijado a cero por el emisor e ignorado por el receptor.
TimestampSequenceNr	2 octetos	Número de secuencia que se incrementa en una unidad cada vez que se transmite una indicación de informe de sello de tiempo.
Timestamp	4 octetos	Tiempo medido por el maestro del inicio de la transmisión para la trama anterior que contiene la indicación de informe de indicación de tiempo. El tiempo se mide mediante señales a la frecuencia definida por ClockFrequency.
ClockFrequency	4 octetos	Frecuencia del reloj utilizado para determinar la referencia de sello de tiempo expresada en KHz. Por ejemplo, 8192 KHz para un reloj de 8,192 MHz con una resolución de 2^{-13} ms.
EtherType siguiente	2 octetos	= 0
Relleno	36 octetos	
FCS	4 octetos	

Anexo A

Interfaz mecánica (MDI)

A.1 Conector MDI

El conector del cable montado en un dispositivo PNT debe ser un conector RJ11 hembra con la asignación de contactos del cuadro A.1.

Cuadro A.1/G.9954 – Asignación de contactos al conector MDI RJ11

Contacto	Señal
1	No utilizado
2	No utilizado
3	TX/RX (+)
4	TX/RX (–)
5	No utilizado
6	No utilizado

La figura A.1 muestra un esquema del conector. Los dos contactos indicados como TX/RX(+) y TX/RX(–) constituyen la interfaz W1 PNT de la red de cable telefónico.

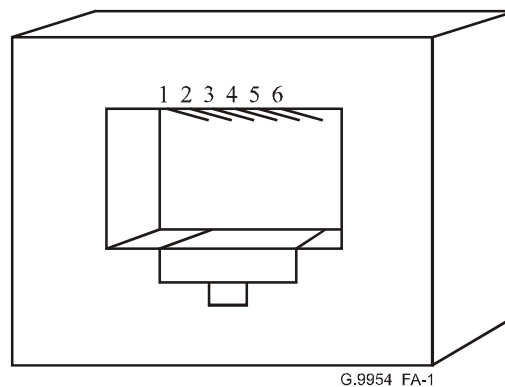


Figura A.1/G.9954 – Conector de cable RJ11 hembra

Anexo B

Bucles de prueba de la red

Para la evaluación de la calidad de funcionamiento de los receptores PNT se definen diez bucles de prueba. Este anexo incluye la especificación de los tipos de hilos y sus topologías.

B.1 Modelo de hilos

Se considera que el conductor "de cuadretes" de los diagramas siguientes es Belden 1242A, o un cable de características similares, y que el conductor "plano" es un cable de cuatro hilos Mouser 26-AWG (número de lote 172-UL4210) o un cable con parámetros primarios similares. Los restantes cables son Belden UTP-5 del calibre especificado.

En las simulaciones, se utiliza el modelo "BT #1" [1] para generar los parámetros primarios R , L , G , y C en función de la frecuencia. Este modelo es:

$$R(f) = \sqrt[4]{r_o^4 + a \cdot f^2}$$

$$L(f) = \frac{l_0 + l_\infty \cdot \left(\frac{f}{f_m}\right)^b}{1 + \left(\frac{f}{f_m}\right)^b}$$

$$G(f) = g_0 \cdot f^{g_e}$$

$$C(f) = c_\infty + \frac{c_0}{f^{c_e}}$$

En el cuadro B.1 se presenta el conjunto de parámetros para cada uno de los tipos de hilos utilizados en la cláusula siguiente. Se supone que $R(f)$ está en unidades de ohmios/mi, $L(f)$ en unidades de mH/mi, $G(f)$ en unidades de μ Mhos/mi y $C(f)$ en unidades de μ F/mi.

Cuadro B.1/G.989.2 – Parámetros modelo de los hilos

Parámetro modelo	Belden 1242A Cable de cuadretes	Cuatro hilos planos	Belden UTP-5 (24AWG)
r_0	406,65	643,4	277,2
A	0,2643	0,757	0,278
l_0	1,229	1,27	0,9863
B	0,794	0,654	0,83
l_∞	0,927	0,953	0,718
f_m	386e3	697e3	500e3
g_0	0,0432	0,519	0,000282
g_e	0,8805	0,7523	0,869
c_0	0,121	0,04	0
c_∞	0,071	0,06875	0,083
c_e	0,245	0,122	0

B.2 Bucles de prueba

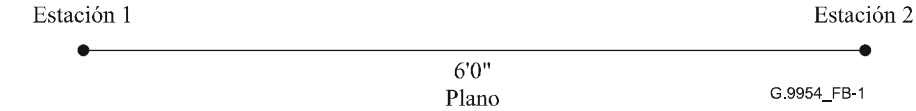


Figura B.1/G.9954 – Bucle de prueba N.º 1

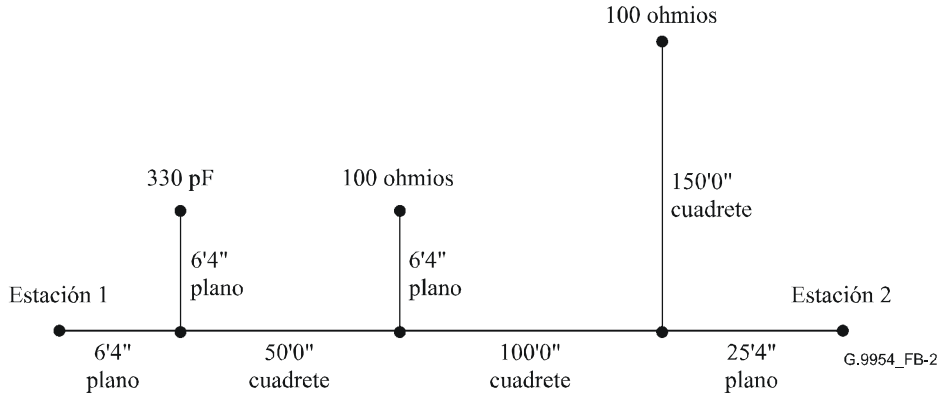


Figura B.2/G.9954 – Bucle de prueba N.º 2

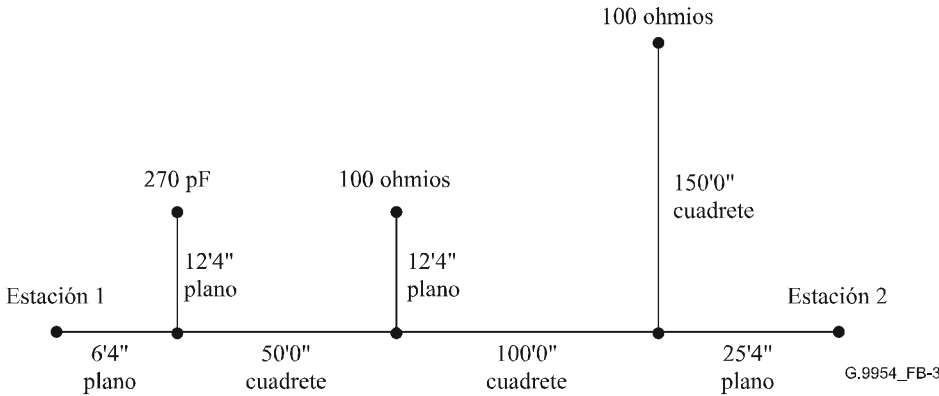


Figura B.3/G.9954 – Bucle de prueba N.º 3

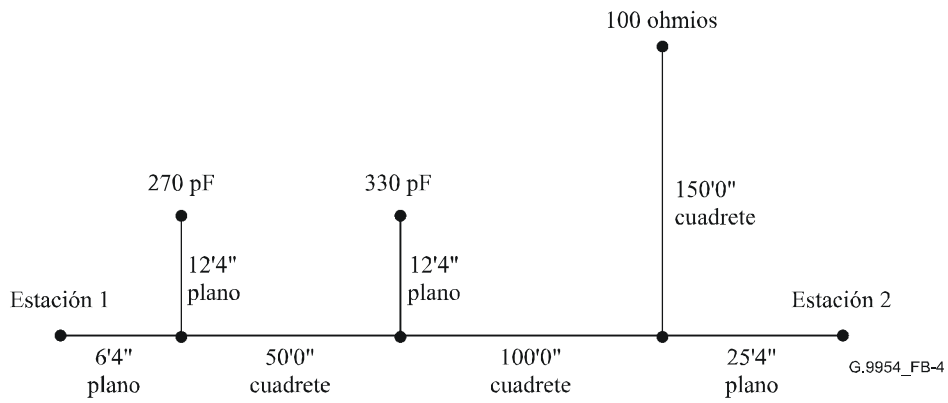


Figura B.4/G.9954 – Bucle de prueba N.º 4

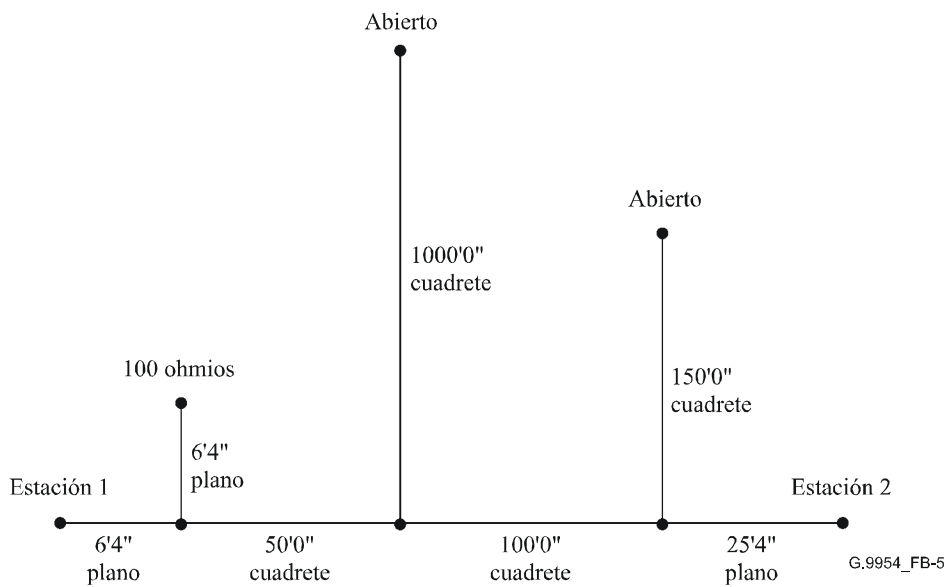


Figura B.5/G.9954 – Bucle de prueba N.º 5

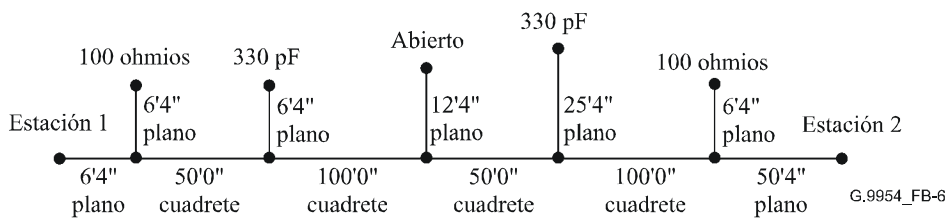


Figura B.6/G.9954 – Bucle de prueba N.º 6

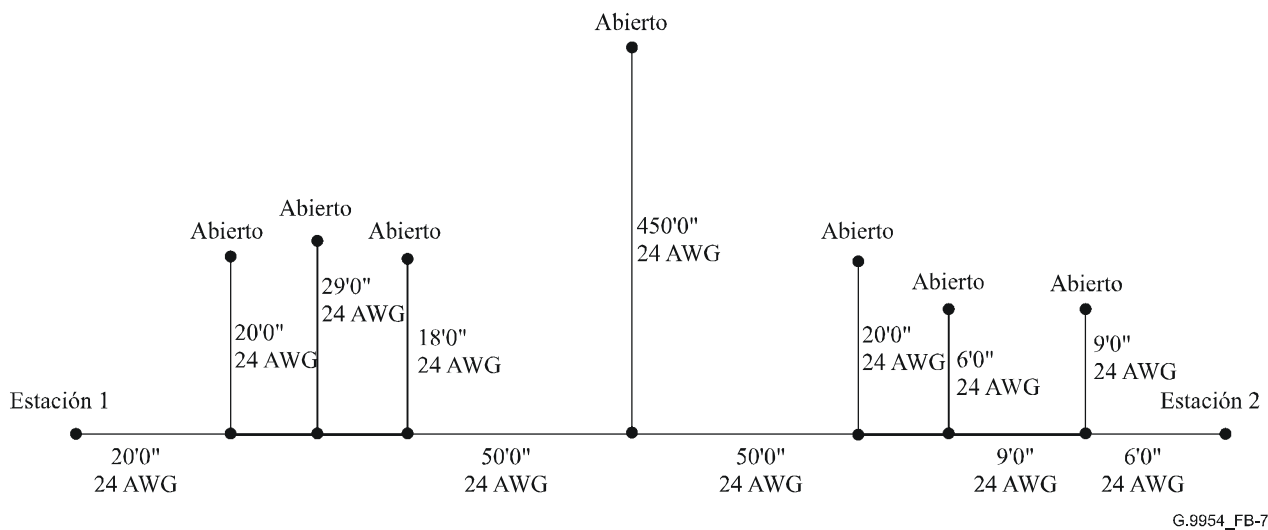


Figura B.7/G.9954 – Bucle de prueba N.º 7

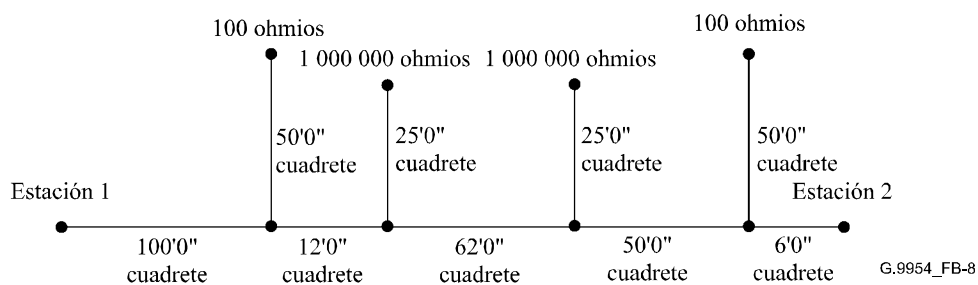


Figura B.8/G.9954 – Bucle de prueba N.º 8

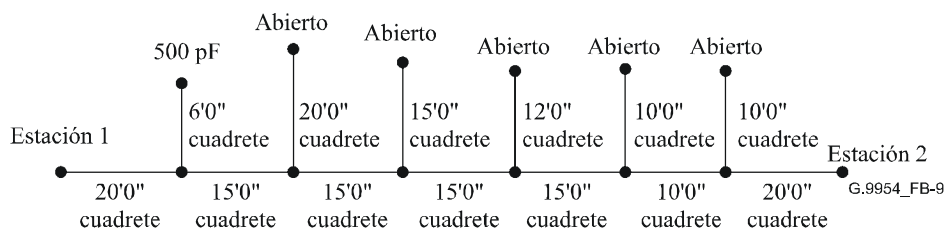


Figura B.9/G.9954 – Bucle de prueba N.º 9

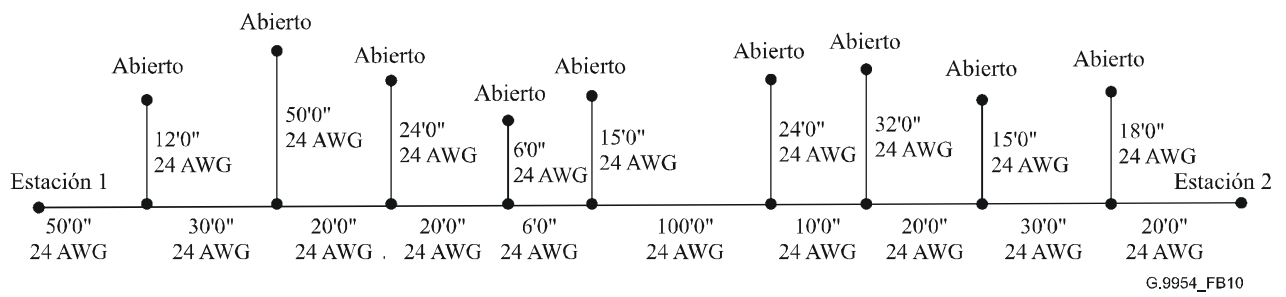


Figura B.10/G.9954 – Bucle de prueba N.º 10

Apéndice I

Capas de convergencia

La capa de convergencia es una subcapa específica del protocolo que establece correspondencias con diversos protocolos de la capa de transporte en las primitivas nativas de la subcapa LLC. La subcapa LLC proporciona una interfaz independiente del protocolo y un marco de calidad de servicio bien definido. Es responsabilidad de la capa de convergencia introducir el protocolo nativo en este marco general.

Este apéndice describe la capa de convergencia G.9954, sus interfaces lógicas y los requisitos generales para capas de convergencia específicas del protocolo. Puesto que la interfaz lógica entre las capas de convergencia de enlace se encuentra entre capas de pilas de protocolos desarrolladas por el mismo suministrador, no existen problemas de interfuncionamiento entre las diferentes soluciones propuestas por el suministrador. Por lo tanto, el contenido de este apéndice se debería considerar como informativo por naturaleza y solo se debería utilizar como directriz para las implementaciones.

I.1 Visión general

La pila de protocolos G.9954 soporta interfaces y comunicaciones con protocolos de red externos a través de la capa de convergencia. Las subcapas de convergencia de protocolo disponibles en un dispositivo G.9954 se anuncian utilizando la capacidad de capa de enlace y el protocolo de anuncio de situación, (véase 10.6). Por defecto se definen las capas de convergencia Ethernet e IP.

Es responsabilidad de la capa de convergencia del protocolo establecer las correspondencias con los paquetes de datos que llegan desde una determinada interfaz con los *flujos* adecuados para el servicio considerado. Los flujos definidos para una determinada capa de convergencia los establece la propia capa de convergencia de una forma que depende de la implementación, probablemente durante la inicialización, al recibir datos de capas superiores, en la admisión de la red o bajo demanda. Los parámetros de tráfico y velocidad del flujo pueden también definirse de una forma que dependa de la implementación, quizá mediante protocolos de capa superior o configurándolos mediante operaciones de gestión o datos de configuración mantenidos en una memoria no volátil.

Las subcapas de convergencia G.9954 consideradas para la pila de protocolos G.9954 incluyen los protocolos IEEE 802.3/Ethernet, IP, USB e IEEE 1394. Además, se consideran interfaces intermedias a protocolos de acceso de banda ancha, tales como protocolos DOCSIS y de acceso inalámbrico, como IEEE 802.11 e IEEE 802.16, o las subcapas de convergencia de nivel de aplicación para aplicaciones de entrega de trenes de transporte MPEG.

La correspondencia y convergencia de los protocolos en un nivel bien definido de la pila de protocolos permite cierta sincronización entre protocolos externos y de base. Es más, dado que la QoS está definida en términos similares a los de la red externa, se justifica la ampliación de QoS de redes externas a la red de base.

La capa de convergencia puede realizar las funciones siguientes:

- Establece la interfaz con protocolos de capas superiores y recibe la PDU de capas superiores.
- Indica el establecimiento de flujos y clasificadores de tráfico en entidades MAC local y par, de capa de enlace y de capa de convergencia.
- Clasifica las PDU de capas superiores a partir del conocimiento de los protocolos y establece correspondencias entre las PDU y flujos subyacentes.
- Realiza las funciones de puente y traducción de direcciones.

- Realiza cualquier procesamiento especial de las PDU antes de transmitir las a las capas de enlace/MAC (por ejemplo, supresión de información de encabezamiento de cabida útil).
- Envía las PDU de capas superiores a capas PNT de enlace/MAC.
- Recibe las PDU transportadas por las capas PNT PHY/MAC y realiza cualquier procesamiento específico del protocolo antes de su entrega a capas de protocolo superiores.
- Realiza la señalización de subcapa de convergencia entre pares.
- Realiza el muestreo y el control de sincronización de los datos.

No se deberían hacer suposiciones sobre la partición sistemática de las funciones de capa de convergencia y de enlace puesto que es posible implementar ambos protocolos, tanto integrados como en controladores anfitrión externos.

I.2 Primitivas de la capa de convergencia

La cláusula siguiente describe la interfaz de la capa de convergencia con capas inferiores de la pila de protocolos G.9954. Puesto que los detalles de la interfaz entre LLC y la capa de convergencia dependen de la implementación, esta interfaz se describe en términos de un conjunto de primitivas soportado por el punto de acceso al servicio para el control de la capa de enlace (LLC_SPA).

Se definen los siguientes tipos de primitiva:

- req (petición) – Primitiva utilizada por la subcapa de convergencia para solicitar un servicio a la subcapa LLC.
- cnf (confirmación) – Primitiva utilizada por la subcapa LLC para confirmar que se ha completado una actividad solicitada.
- ind (indicación) – Primitiva utilizada por la subcapa LLC para notificar a la subcapa de convergencia cualquier actividad relacionada con el propio servicio.
- rsp (respuesta) – Primitiva utilizada por la subcapa de convergencia para el acuse de recibo de una primitiva indicación proveniente de la subcapa LLC.

Las primitivas y sus relaciones se ilustran en la figura I.1.

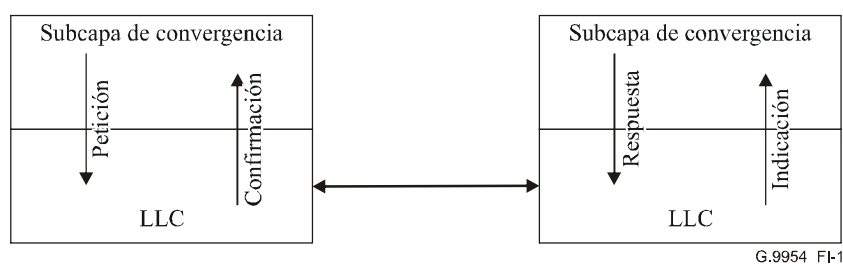


Figura I.1/G.9954 – Primitivas de servicio

La figura I.2 muestra la interfaz entre la capa de convergencia y la capa de enlace.

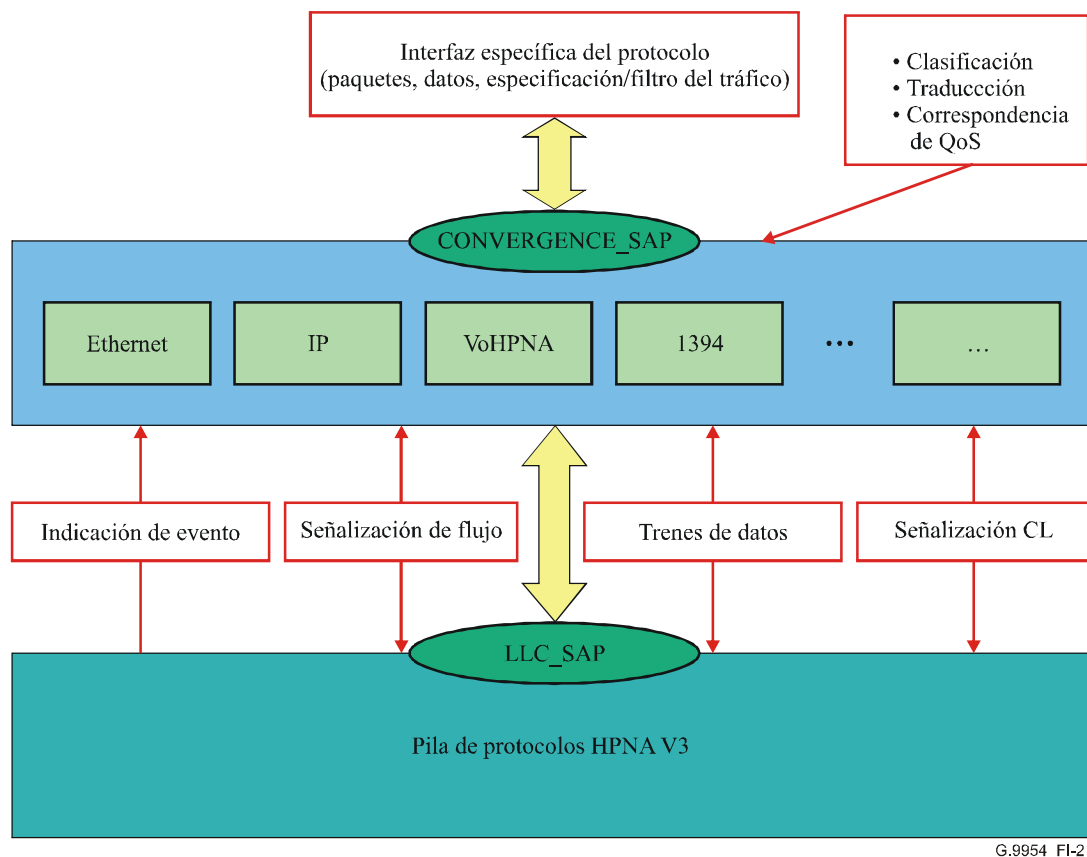


Figura I.2/G.9954 – Primitivas entre la capa de convergencia y la capa de enlace

I.2.1 Primitivas de señalización de flujo

I.2.1.1 LLC_SETUP_FOW { req, cnf, ind, rsp }

Esta primitiva se utiliza para establecer un flujo entre un origen y uno o múltiples destinos en la red. Es específica del protocolo en lo que respecta a qué evento en el protocolo producirá el establecimiento del flujo y cuales son las características del flujo.

La primitiva **petición** la utiliza la capa de convergencia para solicitar el establecimiento de un flujo con unas propiedades de flujo y una especificación de clasificador de tráfico bien definidas (véase 9.2). Si el origen del flujo también es un dispositivo que requiere el establecimiento de flujo, la especificación del clasificador de tráfico solo tiene significado local. La primitiva **petición** normalmente solo se genera en el origen o en el destino del flujo, aunque es posible que pueda ser generada por el maestro.

La primitiva **indicación** se utiliza para notificar a la capa de convergencia el establecimiento de un flujo. Las propiedades del flujo y el clasificador de tráfico se envían a la capa de convergencia. Las propiedades de flujo entregadas a la capa de convergencia se encuentran después del control de admisión y contienen las propiedades QoS ofertadas y el identificador *ID de flujo* asignado. La primitiva **indicación** se puede utilizar para activar operaciones de señalización con los protocolos de capas más altas y para inicializar, instalar o rellenar estructuras de datos específicas del protocolo tales como traducción de direcciones y tablas puente.

La primitiva **respuesta** la utiliza la capa de convergencia para indicar a la capa de enlace la situación de la petición de establecimiento de flujo desde la perspectiva de los protocolos de capas más altas. Proporciona una oportunidad a la capa de protocolo superior para rechazar la petición de establecimiento de flujo u ofrecer propiedades de flujo que sean propias del protocolo.

La primitiva **confirmación** se utiliza para indicar al peticionario el estado de la petición y devolver información relativa al flujo, incluidos el *ID de flujo* y los parámetros de flujo presentados. Los parámetros de flujo (presentados) reales pueden variar con respecto a la petición original debido a las limitaciones de recursos.

En esta primitiva se utilizan los parámetros del cuadro I.1.

Cuadro I.1/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
Propiedades de flujo	√	√	√	√
Especificación de filtro de tráfico	√		√	
Estado		√		√

donde:

- Propiedades de flujo – Propiedades del flujo que se está estableciendo (véase la especificación QoS). La subcapa de convergencia que participa en la interfaz se especifica en el parámetro propiedades de flujo como es el ID de flujo asignado al flujo.
- Especificación de filtro de tráfico – Especificación del filtro definida en la especificación de QoS. La especificación válida para el filtro es ADD.
- Estado – Estado de la petición de establecimiento en el tipo de primitiva confirmación.

Para más información véase 10.17.

I.2.1.2 LLC_MODIFY_FLOW { req, cnf, ind, rsp }

La primitiva **petición** se utiliza para solicitar la modificación de las propiedades de un flujo o de los filtros de clasificador de tráfico asociados. El flujo se identifica mediante el *ID de flujo* en el parámetro propiedades de flujo.

La primitiva **indicación** se utiliza para notificar a la capa de convergencia las modificaciones solicitadas. Las propiedades del flujo se encuentran después del control de admisión. La especificación del filtro de clasificador de tráfico puede indicar una acción de adición, modificación o supresión. Esta primitiva puede activar operaciones en el protocolo de capa superior y puede producir modificaciones en estructuras de datos internas.

La primitiva **respuesta** permite a la subcapa de convergencia aceptar o rechazar la petición de modificación.

La primitiva **confirmación** se utiliza para informar a la capa de convergencia sobre el resultado de la petición.

En esta primitiva se utilizan los parámetros del cuadro I.2.

Cuadro I.2/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
Propiedades de flujo	√	√	√	√
Especificación de filtro de tráfico	√		√	
Estado		√		√

donde:

- Propiedades de flujo – Propiedades del flujo a modificar (véase la cláusula sobre QoS). El ID de flujo del flujo a modificar se codifica en las propiedades de flujo.
- Especificación de filtro de tráfico – Especificación del filtro utilizado para establecer la correspondencia con el flujo. Las acciones definidas por la especificación del filtro incluyen la adición, modificación y supresión de un filtro.
- Estado – Estado de la petición de modificación en el tipo de primitiva confirmación.

Para más información véase 10.17.3.2.

1.2.1.3 LLC_TEARDOWN_FLOW { req, cnf, ind, rsp }

Esta primitiva se utiliza para suprimir un flujo existente identificado mediante su *ID de flujo*.

Esta primitiva utiliza los parámetros del cuadro I.3.

Cuadro I.3/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
Dirección MAC origen	√	√	√	√
Dirección MAC destino	√	√	√	√
ID de flujo	√	√	√	√
Estado		√		√

donde:

- Dirección MAC origen – Dirección del dispositivo en el origen del flujo.
- Dirección MAC destino – Dirección del dispositivo en el destino del flujo.
- Flujo – Identifica el flujo que hay que suprimir.
- Estado – Estado de la petición de modificación en el tipo de primitiva confirmación.

Para más información véase 10.17.3.3.

1.2.2 Primitivas de trenes de datos

1.2.2.1 LLC_DATA { req, cnf, ind }

Esta primitiva se utiliza para enviar datos de paquetes entre entidades pares de la subcapa de convergencia.

La primitiva **petición** se utiliza para solicitar la transferencia de un paquete de la capa de protocolo o de una información de la capa de convergencia a una entidad de capa de convergencia par a través de un determinado flujo (identificado mediante su *ID de flujo*) o utilizando una determinada *prioridad* (si se está funcionando en el modo sin maestro).

La primitiva **indicación** se utiliza para notificar a la subcapa de convergencia la llegada de la información de capa de convergencia. La notificación incluye la indicación de tiempo en el instante de recepción medido, referido a un punto común en la trama de transmisión. El punto definido se encuentra en la trama inmediatamente después de la SA en la que llegó la trama.

La primitiva **confirmación** se utiliza para notificar la finalización de la petición de transferencia de datos. Los parámetros de esta primitiva incluyen el *estado* de la petición y la indicación de tiempo en el que se transmitieron realmente los datos al medio.

Esta primitiva utiliza los parámetros del cuadro I.4.

Cuadro I.4/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
FC	√		√	
DA	√			
SA			√	
EtherType	√		√	
Agregación MAC	√			
Longitud de cabida útil	√		√	
Cabida útil	√		√	
FCS	√		√	
Indicación de tiempo TX		√		
Indicación de tiempo RX			√	
Estado		√	√	

donde:

- FC – Es el control de trama que incluye tipo de trama y subtipo de trama, prioridad/ID de flujo y PE.
- DA – Es la dirección destino de la SDU.
- SA – Es la dirección origen de la SDU.
- EtherTpe – Es el tipo Ethernet definido por la trama.
- Agregación MAC – Indica si el paquete debería agregarse mediante la capa MAC con otros paquetes con la misma prioridad o flujo. Este parámetro se utiliza para indicar que, o bien no se debe realizar agregación (valor 0) o el paquete es candidato a la agregación (valor 1).
- Cabida útil – Son los datos de cabida útil que debe entregar la pila de protocolos. Esta cabida útil puede provenir de la capa de enlace o de las capas de convergencia de protocolo de la pila de protocolos. El formato de trama de cabida útil no es necesariamente una trama Ethernet y puede provenir de cualquier capa de convergencia como se indica mediante el parámetro FT.
- Longitud de cabida útil – Es la longitud de los datos de cabida útil.
- FCS – Es una suma de validación opcional de trama de 32 bits que se puede suministrar con la trama.
- Indicación de tiempo TX – Indicación de tiempo de la transmisión real. El tiempo se especifica en unidades de 2^{-13} ms.
- Indicación de tiempo RX – Indicación de tiempo de la recepción real. El tiempo se especifica en unidades de 2^{-13} ms.
- Estado – Es el estado TX/RX de los datos.

1.2.3 Primitivas de indicación de evento

1.2.3.1 LLC_MAC_CYCLE { ind }

Esta primitiva se utiliza para notificar a la capa de convergencia la información de temporización del ciclo MAC y la planificación de acceso al medio (atribuciones de anchura de banda). La primitiva proporciona información que permite a las capas de convergencia sincronizar las capas de

protocolo superiores con el ciclo MAC G.9954, sincronizar velocidades de muestreo y utilizar información de atribución de recursos al medio para la señalización en el protocolo.

Esta primitiva se destina para su uso en capas de convergencia que tengan interfaces con protocolos de capas superiores, que sean síncronas por naturaleza o soporten servicios isócronos y requieran algún grado de sincronización. Ejemplos de este tipo de protocolos pueden ser IEEE 1394, USB, etc.

Esta primitiva utiliza los parámetros del cuadro I.5.

Cuadro I.5/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
MAP			√	
Instante de inicio del ciclo MAC programado			√	
Instante de inicio del ciclo MAC real			√	
Instante de indicación			√	

donde:

- MAP – Es el control de trama MAP.
- Instante de inicio del ciclo MAC programado – Es el instante en el que se programó que se iniciara el ciclo MAC.
- Instante de inicio del ciclo MAC real – Es el instante en el que el ciclo MAC comenzó realmente. Puede diferir del instante de inicio del ciclo MAC programado si se introduce la fluctuación de fase en el ciclo MAC debido a interferencias AMAC.
- Instante de indicación – Es el instante en el que se entregó realmente la indicación a la capa de convergencia.

Para una descripción más detallada de los parámetros utilizados en la primitiva LLC_MAC_CYCLE, véase la descripción de MAP en 10.14.1.

I.2.3.2 LLC_NETWORK_ENTRY { ind }

Esta primitiva se utiliza para notificar a la capa de convergencia el registro del dispositivo con el maestro y el ID de dispositivo asignado.

Esta primitiva utiliza los parámetros del cuadro I.6.

Cuadro I.6/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
ID de dispositivo			√	√
Dirección MAC 802.3			√	√

donde:

- ID de dispositivo – Es el identificador del dispositivo asignado por el maestro
- Dirección MAC 802.3 – Es la dirección MAC IEEE de 48 bits asignada al nodo.

I.2.3.3 LLC_NETWORK_EXIT { ind }

Esta primitiva se utiliza para notificar a la capa de convergencia la salida del registro de un dispositivo con el maestro.

Esta primitiva utiliza los parámetros del cuadro I.7.

Cuadro I.7/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
ID de dispositivo			√	

donde:

- ID de dispositivo – Es el identificador del dispositivo asignado por el maestro

I.2.3.4 LLC_SYNC_EVENT { ind }

Esta primitiva se utiliza para notificar a la capa de convergencia la sincronización de un dispositivo G.9954 con un ciclo MAC generado por el maestro.

Cuadro I.8/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
Evento de sincronización			√	

I.2.3.5 LLC_SYNC_LOSS_EVENT { ind }

Esta primitiva se utiliza para notificar a la capa de convergencia la pérdida de sincronización con el ciclo MAC generado por el maestro.

Cuadro I.9/G.9954 – Parámetros de primitiva

Parámetro	Petición	Confirmación	Indicación	Respuesta
Evento de pérdida de sincronización			√	

I.3 Arquitectura de la capa de convergencia

La figura I.3 muestra la estructura interna de los componentes de la capa de convergencia según el modelo descrito anteriormente:

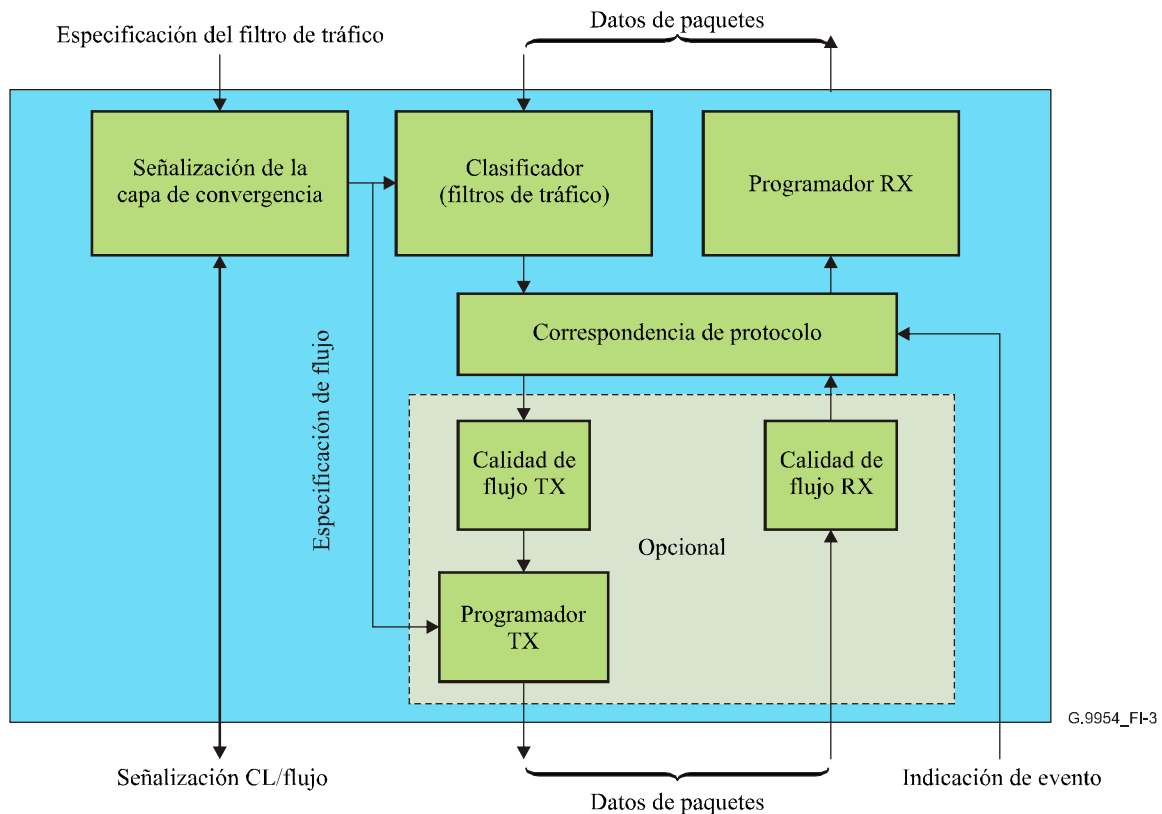


Figura I.3/G.9954 – Arquitectura de la capa de convergencia

Los componentes del bloque de la capa de convergencia asumen las funciones siguientes:

- **Señalización de capa de flujo/convergencia** – Este componente es responsable de establecer la señalización de establecimiento/supresión y la señalización de la subcapa de convergencia par. Responde a las peticiones de establecimiento de flujo, originadas en las capas de protocolos superiores o en la propia capa de convergencia, y gestiona la señalización entre pares de la capa de convergencia. Comunica con el clasificador para definir especificaciones de tráfico o filtros y con el planificador TX para definir las especificaciones de velocidad de tráfico.
- **Clasificador** – El clasificador es responsable de establecer correspondencias entre los datos de paquetes entrantes y el flujo que utiliza la especificación del filtro de tráfico definida por el componente de señalización de la capa de convergencia.
- **Correspondencia de protocolo** – Este componente es una entidad opcional y puede realizar funciones de correspondencia propias del protocolo.
- **Colas de flujos** – Las colas de flujos son estructuras de datos opcionales utilizadas para retener paquetes mientras están esperando ser programados por el componente de programación correspondiente. Las colas de flujos en el extremo TX pueden ser depósitos de tara que se utilizan para la conformación del tráfico.
- **Programador TX** – El programador TX es el responsable de seleccionar paquetes de la cola de flujos TX y entregarlos al dispositivo de red siguiente. Puede realizar funciones de conformación de tráfico. Esta función puede ser sencilla en aquellas implementaciones que no requieran colas de flujos ni conformación en la capa de convergencia.

- **Programador RX** – El programador RX es el responsable de entregar los paquetes recibidos de la interfaz de red a las capas de protocolo superiores. Los paquetes que llegan desde la red pueden transmitirse a través de la correspondencia de protocolo para realizar la función de correspondencia de protocolo inversa.

Puede que las subcapas de convergencia necesiten mantener diversas estructuras de datos con el fin de implementar funciones de subcapa. Como ejemplos de este tipo de estructuras de datos se pueden citar las colas de tráfico, utilizadas para conformar el tráfico de conformidad con los parámetros de velocidad, las memorias intermedias utilizadas para equilibrar las diferencias en las frecuencias de ciclo entre protocolos de nivel superior e inferior, las tablas de correspondencia de direcciones utilizadas para puentes entre redes, etc.

Puesto que puede ser importante la demanda de memoria para ciertas subcapas de convergencia, es posible que se implementen subcapas de convergencia al nivel del controlador huésped y no internamente.

I.4 Activación de establecimiento de flujo

El establecimiento de flujo puede ser provocado por los eventos siguientes:

- Registro de dispositivo con maestro.
- Llegada de una unidad de datos de servicio (SDU) de capa superior.
- A petición de la capa de protocolo superior.
- Operaciones de gestión.

En el primer caso, cuando el establecimiento de flujo se activa mediante el proceso de registro, la operación puede ser iniciada en el maestro o en los puntos extremos. En ambos casos, se asume que el maestro y/o el punto de extremo sabe qué flujos deben ser suministrados después del registro y cuáles son las propiedades de esos flujos. Esta información puede estar incluida en la capa de convergencia o se puede conseguir a partir de los parámetros de configuración.

En el segundo caso, cuando se establece un flujo a la llegada de una SDU, se supone que la capa de convergencia tiene filtros de tráfico instalados que permiten clasificar una SDU a su llegada e identificar las propiedades del flujo que precisa ser establecido para manejar tráfico de ese tipo. Posteriormente debería iniciar el establecimiento de flujo utilizando la especificación de flujo adjunta al filtro. Los filtros y su asociación con el descriptor de propiedades de flujo pueden estar incluidos en la capa de convergencia o pueden estar instalados en datos de configuración.

Los protocolos de capa superior también pueden iniciar el establecimiento de un flujo con propiedades propias. Por ejemplo, algunas aplicaciones pueden iniciar el establecimiento de flujo a partir de mensajes de señalización RSVP o DOCSIS equivalente.

Las operaciones de gestión, iniciadas desde el extremo local o distante del dispositivo, pueden iniciar el establecimiento de un flujo con propiedades de flujo bien definidas.

I.5 Clasificación

La clasificación es el proceso mediante el cual se establecen correspondencias entre las PDU de capa superior y flujos G.9954. El proceso de clasificación es específico del protocolo y puede incluir un conjunto de reglas de clasificación que se procesan en un determinado orden de prioridad.

Las reglas de clasificación que aplican a un flujo forman parte de la descripción del flujo. Este modelo es coherente con el modelo RSVP que define un *descriptor de flujo* como un elemento compuesto de una *especificación de flujo* (el componente relacionado con el tráfico) y una *especificación de filtro*.

Para una descripción de los filtros de clasificación de tráfico, véase 9.3.

I.6 Interfaces de la capa de convergencia con capas de protocolo superiores

Cada subcapa de convergencia proporciona su propia interfaz con la capa superior para cada protocolo. Todas las interfaces suministran una primitiva (o primitivas) para el transporte y recepción de las unidades de datos de protocolo de capa superior. Las primitivas en esta interfaz tienen la forma:

- XXX_CSL_DATA.req – Utilizada para solicitar la transmisión de datos.
- XXX_CSL_DATA.cnf – Utilizada para notificar a la capa superior la situación de la petición de transmisión.
- XXX_CSL_DATA.ind – Utilizada para notificar a la capa superior XXX la llegada de los datos.

I.7 Capas de convergencia específicas del protocolo

I.7.1 Convergencia IP

Para el procesamiento de la capa de convergencia IP se pueden utilizar las reglas de filtrado de paquetes de protocolo RSVP. Estas reglas especifican la clasificación siguiendo los criterios siguientes:

- Campo tipo de servicio (TOS) IP.
- Número de protocolo IP.
- Dirección de origen IP.
- Dirección de destino IP.
- Número de puertos de origen del protocolo IP.
- Número de puertos de destino del protocolo IP.

Para más detalles sobre clasificadores de tráfico IP véase 10.17.

I.7.2 Convergencia Ethernet

Para el procesamiento de la capa de convergencia Ethernet se realiza la clasificación de las PDU basándose en los criterios siguientes:

- Dirección MAC Ethernet de destino.
- Dirección MAC Ethernet de origen.
- Tipo Ethernet y SAP 802.2.
- Prioridad VLAN (802.1P).
- ID VLAN (802.1Q).

La capa de convergencia Ethernet reconoce los tipos Ethernet especiales en el cuadro I.10 y hace que las PDU se encaminen al componente correspondiente de la capa de convergencia.

Cuadro I.10/G.9954 – Tipos Ethernet encaminados

Tipo Ethernet	Descripción
0x0800	Paquete IP encaminado a la capa de convergencia IP
0x0806	Paquete ARP encaminado a la capa de convergencia IP
0x86DD	Paquete Ipv6 encaminado a la capa de convergencia Ipv6

Para más información sobre los filtros de clasificación de tráfico Ethernet véase 10.17.

I.7.3 Convergencia IEEE 1394 (Firewire)

Las primitivas para esta subcapa de convergencia quedan en estudio.

I.7.4 Convergencia de bus universal serie (USB)

Las primitivas para esta subcapa de convergencia quedan en estudio.

Apéndice II

Recomendaciones sobre interfaces independientes del medio (MII)

La interfaz independiente del medio (MII, *media independent interface*) especificada en la norma IEEE 802.3-1998, cláusula 22, es una interfaz común que se encuentra en muchas partes de la red existente de semiconductores. Aunque existen muchas implementaciones posibles para realizar la interfaz entre una capa PHY G.9951/2 y una MAC Ethernet mediante MII, se consideran las directrices siguientes como una referencia para el diseño de una PHY que sea totalmente compatible con dispositivos que cumplan la cláusula 22.

El control del flujo es el problema principal al utilizar la interfaz MII. La especificación MII exige relojes de interfaz con una frecuencia fija de $25 \text{ MHz} \pm 100 \text{ ppm}$, lo que implica una velocidad de transferencia de datos de 100 Mbit/s. Esta Recomendación proporciona una amplia gama de velocidades binarias que varía entre 4 Mbit/s y 128 Mbit/s. En el sentido PHY-MAC (recepción) existe un desajuste entre las capas PHY y MAC en esta interfaz, lo que puede producir la pérdida de algunos paquetes en el improbable caso de que las transmisiones por el hilo se produzcan a la máxima velocidad. En este caso, el receptor debería limitar el tamaño máximo de la memoria intermedia de recepción de trama con el fin de obligar a los transmisores a transmitir tramas más cortas y garantizar que el caudal efectivo no supera el límite de 100 Mbit/s de la MII. En el sentido PHY-MAC (transmisión), la capa PHY necesita algún método para mantener en espera el MAC mientras los datos anteriores se modulan y se envían.

Este control de flujo debería utilizar la señal CRS en un modo de "falsa portadora" para hacer esperar al transmisor MAC mediante el mecanismo de deferencia. A continuación se describen los detalles de esta señalización.

II.1 Visión general de la MII

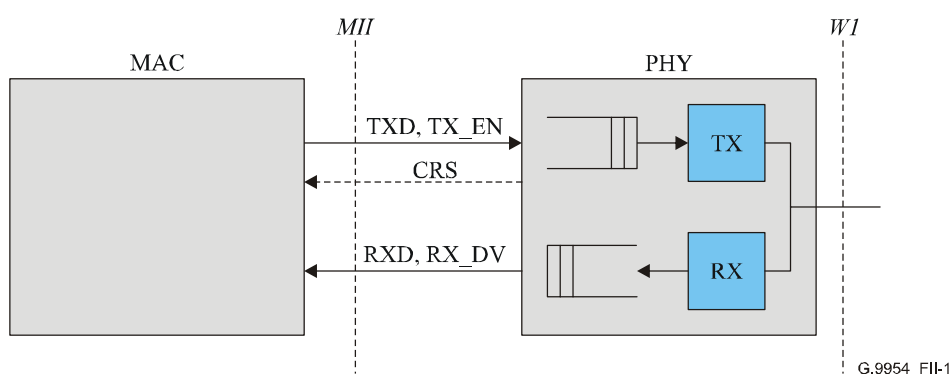


Figura II.1/G.9954 – Interfaz MII

II.1.1 Trayecto de datos MII

La interfaz MAC/PHY está constituida por las 16 señales siguientes:

Cuadro II.1/G.9954 – Señales MAC/PHY

Señal	Sentido respecto de PHY	Descripción
TX_EN	Hacia dentro	Señal de entramado de transmisión
TXD[3:0]	Hacia dentro	Cuatro bits por reloj de datos transmitidos
TX_ER	Hacia dentro	Error de transmisión
TX_CLK	Hacia afuera	Reloj de transmisión (2,5 MHz o 25 MHz)
CRS	Hacia afuera	Sentido de la portadora
RX_DV	Hacia afuera	Datos recibidos válidos
RXD[3:0]	Hacia afuera	Cuatro bits por reloj para datos recibidos
RX_CLK	Hacia afuera	Reloj de recepción
RX_ER	Hacia afuera	Error de recepción
COL	Hacia afuera	Colisión

II.1.2 Transmisión sin colisiones

En la figura II.2 se muestra un ejemplo de transferencia de un paquete de MAC a PHY.

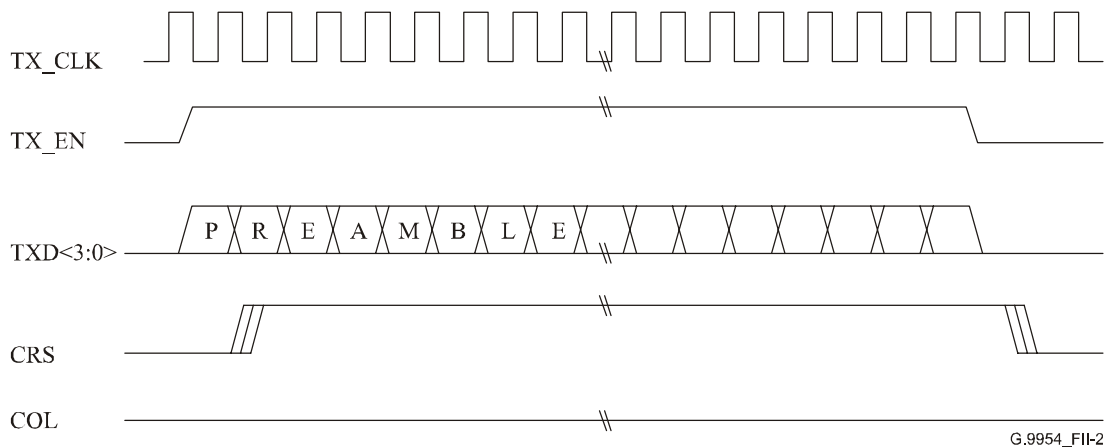


Figura II.2/G.9954 – Transferencia de paquetes de MAC a PHY

II.1.3 Recepción sin errores

En la figura II.3 se muestra un ejemplo de transferencia de un paquete de PHY a MAC.

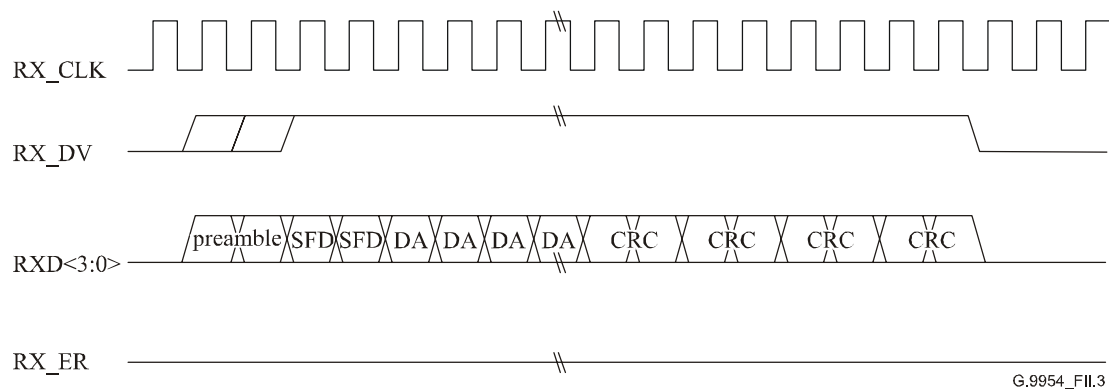


Figura II.3/G.9954 – Transferencia de paquetes de MAC a PHY

II.1.4 Señales de gestión MII

Hay dos señales adicionales especificadas para gestión, MDIO (I/O de datos de gestión) y MDC (reloj de datos de gestión). Muchos, si no todos los MAC existentes, tendrán conectores de interfaz MDIO/MDC pero éstos únicamente son imprescindibles para fines de gestión en el caso de que existan registros en la capa PHY a los que tenga que acceder el anfitrión. Generalmente no existen requisitos para las funciones de gestión basadas en MII y, en consecuencia, no es necesario que los dispositivos PNT implementen la interfaz MDIO/MDC. No obstante, cuando existan registros en la capa PHY se deberían utilizar el protocolo y la señalización definidos mediante MDIO/MDC en la cláusula 22 de la norma IEEE 802.3.

II.2 Recomendaciones sobre señalización G.9951/2

La descripción siguiente se refiere a la cláusula 22, especificación de interfaces independientes del medio, utilizada en el modo semidúplex de 100 Mbit/s. Para tener en cuenta las diferencias de capa física entre G.9951/2 y 100BASE-T Ethernet, se supone que PHY tiene una capa de adaptación o de reconciliación que trata todos los problemas de temporización y de formato de los datos. Se utiliza la MII como un canal de datos que transfiere datos en ambos sentidos por paquetes, controlando el flujo mediante la señal de detección de portadora (CRS).

II.2.1 TX_CLK y RX_CLK

La capa PHY genera una onda cuadrada estable y continua de 25 MHz que se suministra a TX_CLK y RX_CLK. No se utilizan "franjas" u otro método de temporización variable.

Se debe controlar la diferencia de frecuencia del reloj generado para permitir la utilización de todas las implementaciones MAC normalizadas.

II.2.2 TX_ER y RX_ER

TX_ER se utiliza normalmente en situaciones en las que el transmisor situado por encima de PHY ha detectado una condición de error, mientras la transmisión está activa. TX_ER indica a una capa PHY que el paquete vigente tiene errores y debería corromperse en el cable para garantizar que ningún receptor lo acepte como paquete válido. Normalmente, esta condición solo se aplica a repetidores. Los repetidores no realizan verificación de errores en todo el paquete. En el caso de un DTE (referido algunas veces como 'nodo'), el transmisor garantiza normalmente que la trama no tiene errores y que no se precisa la señal TX_ER. Puesto que G.9951/2 se basa en plantas de cableado con topología en bus, no se especifica ningún repetidor y no se prevé la utilización de la señal TX_ER. No obstante, las capas PHY G.9951/2 pueden decidir dar respuesta a la señal TX_ER.

RX_ER se utiliza normalmente en situaciones en las que la capa PHY detecta un error en el tren recibido debido a la decodificación. Las capas PHY G.9951/2 pueden confirmar esta señal cuando se detecta este tipo de errores.

II.2.3 TX_EN

TX_EN del MAC proporciona el entramado para el paquete Ethernet. TX_EN activo indica a la capa PHY que se deben muestrear los datos de TXC[3:0] utilizando TX_CLK.

II.2.4 TXD[3:0]

TXD[3:0] incluye los datos a transmitir y es una transición síncrona con respecto a TX_CLK. TXD[0] es el bit menos significativo. Normalmente se supone que los datos incluyen una trama Ethernet con el formato adecuado. Es decir, los primeros bits de TXD[3:0] corresponden al preámbulo, seguidos por SFD y el resto de la trama Ethernet (DA, SA, longitud/tipo, datos, CRC).

La capa PHY inicia el preámbulo 802.3 en las transferencias de MAC a PHY.

II.2.5 RX_DV

RX_DV es insertado por la capa PHY para indicar que PHY ha decodificado datos de recepción para presentarlos al MAC.

II.2.6 RXD[3:0]

RXD[3:0] incluye los datos recuperados del medio por la capa PHY y establece una transición síncrona con respecto a RX_CLK. RXD[0] es el bit menos significativo. Se supone que PHY ha formateado correctamente la trama de forma que se presentará al MAC con el preámbulo esperado más SFD.

Los trayectos de datos TXD y RXD son dúplex, aunque se utilice la interfaz MII en modo semidúplex. RX_DV nunca se confirma al mismo tiempo que TX_EN.

II.2.7 CRS

En transmisión, la PHY introduce CRS algo después de que surja TX_EN y libera CRS después de que TX_EN se torne falso y cuando la PHY está dispuesta a recibir otro paquete. Cuando falla CRS, el MAC detiene un IFG (.96 microsegundos) y puede introducir de nuevo TX_EN si hay que enviar otro paquete.

Esto difiere el comportamiento nominal de CRS en el hecho de que CRS puede alargar el final del paquete en una cantidad arbitraria de tiempo mientras que PHY está accediendo al canal y transmitiendo el paquete. Véase la figura II.4.

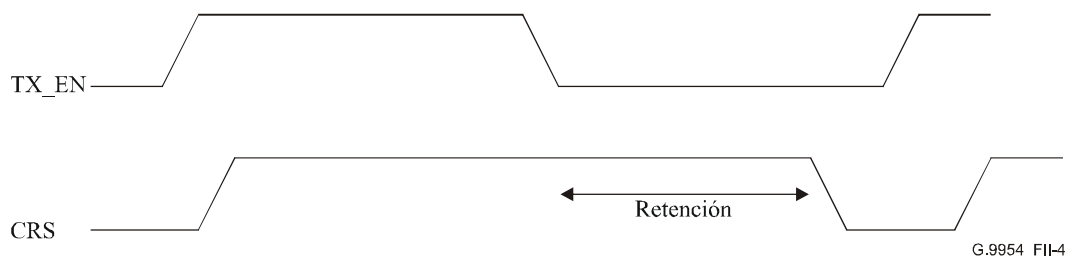


Figura II.4/G.9954 – Sentido TX

El MAC en el modo de 100 Mbit/s no utiliza temporización, por lo que no hay restricción sobre cuanto tiempo se puede retener CRS (que no sean las temporizaciones que pueda implementar la PHY).

Las transmisiones pueden "atravesar" o empezar a ser moduladas en el cable tan pronto como empiece la transferencia, puesto que MII empezará a rellenar la memoria transitoria PHY más rápidamente de lo que precisa el modulador para disponer de los datos. Cuando un paquete llega a la PHY intenta acceder al canal utilizando el algoritmo CSMA/CD de prioridad descrito en la cláusula 7. Esto puede que no se produzca antes de que se transfiera todo el paquete a través de la interfaz MII, de forma que la PHY necesitará retener por lo menos una MTU para realizar la adaptación de velocidad.

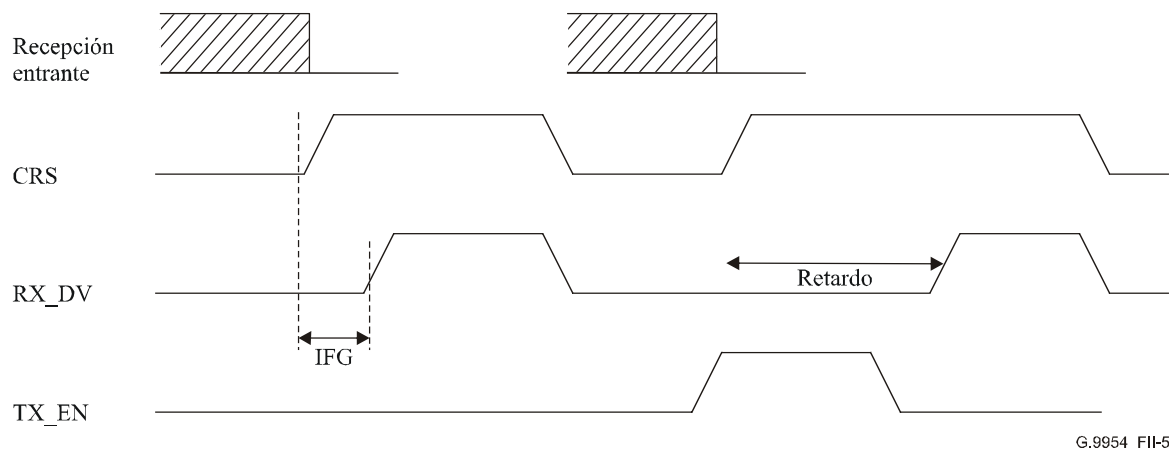


Figura II.5/G.9954 – Sentido RX

En recepción, cuando la PHY prevé que va a recibir un paquete demodulado aumenta CRS para adaptarlo al canal MII semidúplex, espera un corto espacio de tiempo (un IFG), y aplaza probablemente TX_EN (que es posible que se acabe de confirmar) y un IFG, y entonces aumenta RX_DV para transferir el paquete. Al final de la transferencia, libera CRS a menos que esté llena la memoria en transmisión o que se encuentre dispuesto para su transferencia otro paquete en recepción. (Véase la figura II.5 en la que una transferencia en recepción viene seguida de una segunda transferencia que aplaza TX_EN.)

RX_DV no debe introducirse hasta que la PHY esté segura de que todo el paquete está dispuesto para su transferencia a la velocidad de 100 Mbit/s. Esto implica una memoria intermedia en el extremo de recepción para realizar esta adaptación de velocidad. Una vez que se inicia la transferencia en ráfaga MII, nuevos datos pueden empezar a llenar la memoria, puesto que se garantiza que la transferencia MII se mantendrá por delante de los datos que provengan de fuera del cable.

Las transferencias en el sentido de recepción necesitan prioridad sobre el sentido de transmisión para asegurar que la memoria intermedia se vacía mas rápidamente de lo que llegan los paquetes desde fuera del cable. El receptor no necesita esperar mas que la duración de la transferencia de una trama TX, además de una IFG o aproximadamente 134 microsegundos. No obstante, tramas del tamaño mas pequeño pueden llegar con una velocidad máxima de una cada 65 microsegundos, de forma que la memoria intermedia en el extremo receptor tiene que acomodar múltiples tramas (pero solo un poco más de una MDU de datos).

II.2.8 COL

No se utiliza COL. En la forma en la que PHY gestiona la interfaz MII, no se producen colisiones entre transferencias en el sentido de recepción ni en el de transmisión.

II.3 Capa de convergencia G.9954 "externa"

En G.9954 las interfaces MAC externas dependen de la implementación de las capas de convergencia específicas del protocolo. La separación de la capa de convergencia del enlace G.9954 y de la subcapa MAC facilita la adaptación de protocolos externos y las implementaciones de interfaz con G.9954. Es más, tiende a una solución externa en la que la lógica de la capa de convergencia reside en el soporte lógico del controlador anfitrión. En este tipo de entorno en el que los requisitos de memoria pueden ser mas relajados, se puede utilizar la capa de convergencia para ocultar la complejidad de la interfaz entre una MAC externa y el dispositivo G.9954.

Las cláusulas siguientes describen la arquitectura de la capa de convergencia "externa" y cómo se puede incluir de forma transparente en un entorno de controlador de soporte lógico basado en NDIS o en una arquitectura similar. A continuación se tratan los problemas de implementación de la interfaz MII.

En configuraciones en las que la complejidad de la interfaz está limitada o se utilizan controladores de soporte lógico normalizados, las funciones de la capa de convergencia deberían realizarse en un "controlador de soporte lógico intermedio" que funcione en el sistema operativo anfitrión en un nivel situado entre el "controlador de soporte lógico normalizado" del anfitrión y la interfaz de soporte lógico. En esta configuración el "controlador de soporte lógico intermedio" debería responsabilizarse de facilitar el tránsito de los paquetes y la "conformación del tráfico" con el fin de garantizar que los paquetes se entregan a los dispositivos a una velocidad de datos que no supere la especificación del tráfico de los flujos activos.

En la figura II.6 se muestra el modelo arquitectural que tiene la capa de convergencia G.9954 externa en el "controlador de soporte lógico intermedio":

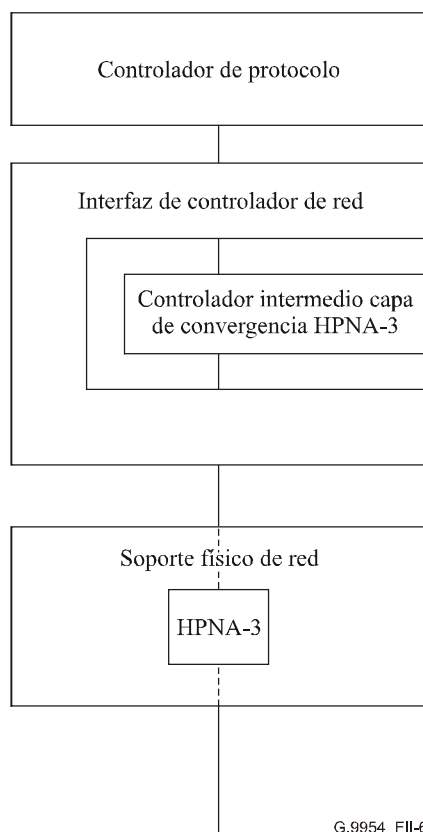


Figura II.6/G.9954 – Capa de convergencia "externa"

Este modelo presupone la existencia de una interfaz de controlador de red que está situada entre el controlador de protocolo (por ejemplo, controlador 802.3) y el soporte físico de red real. También presupone que existe una forma de establecer la interfaz entre el controlador de soporte lógico intermedio y la interfaz del controlador de red de forma transparente para que todos los paquetes que alcanzan la interfaz del controlador de red desde el controlador de protocolo o desde el soporte físico de red se desvíen a través del controlador intermedio.

El modelo de controlador intermedio es conveniente para realizar los siguientes tipos de funciones:

- Traducción de protocolo – Hace corresponder paquetes entre formatos de protocolo. Puede incluir puentes y tablas de traducción de direcciones, etc.
- Filtrado de paquetes – Se puede utilizar un conformador de tráfico y/o un programador para retener paquetes entrantes y reordenar su entrega a los equipos de red siguientes.

Mediante este modelo, la inteligencia del controlador de soporte lógico intermedio permite que la interfaz siguiente del circuito G.9954 sea sencilla y normalizada, como una basada en la interfaz MII. Los paquetes entregados a la interfaz MII pueden bloquearse con seguridad si no existen más recursos de memoria, puesto que los algoritmos de conformación de tráfico garantizan que los datos no se entreguen a una velocidad superior a la velocidad negociada de los flujos activos.

El modelo (especificación de interfaz de controlador de red) del controlador NDIS es conforme a la arquitectura anterior.

Apéndice III

Arquitectura de extremo a extremo

III.1 Pila de protocolos G.9954 a G.9954

La figura III.1 muestra una pila de protocolos de extremo a extremo que implica a dos dispositivos G.9954 interconectados. Cada dispositivo G.9954 tiene una dirección MAC de 48 bits. Cada capa de protocolo intercambia mensajes de protocolo por un enlace virtual entre capas PHY de PNT conectadas físicamente por un cable de teléfono o una red multimedia por cable.

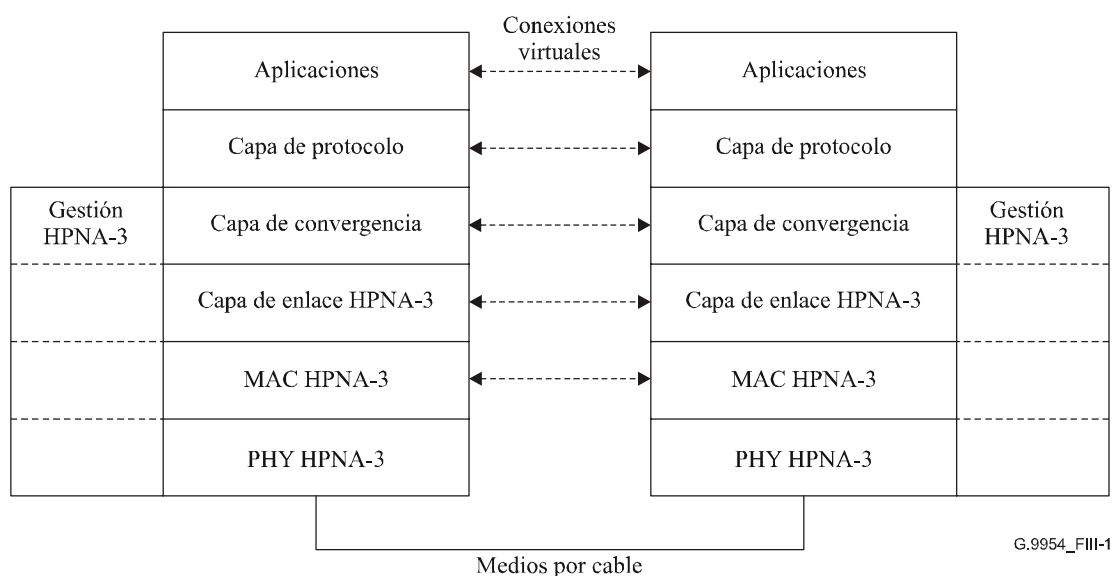


Figura III.1/G.9954 – Pilas de protocolos G.9954 en comunicación

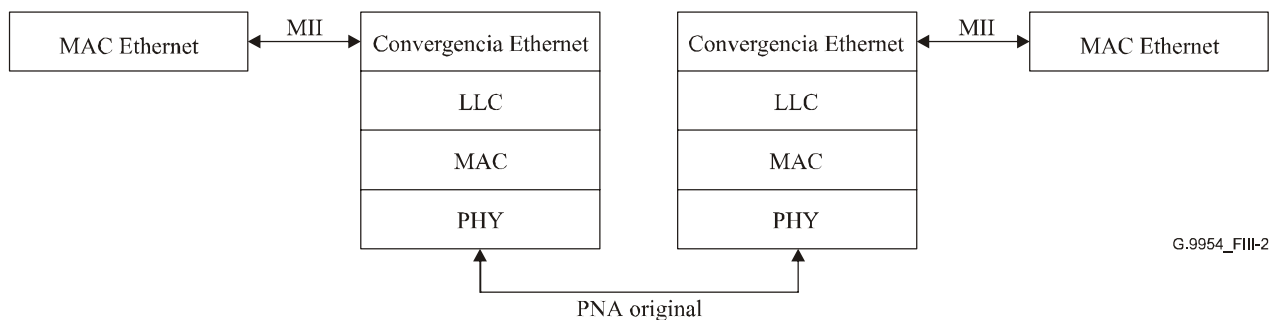
III.2 Interfaz Ethernet – PNT

Ethernet es un protocolo natural para el transporte por una red PNT. El formato de trama PNT es una ampliación del formato de trama Ethernet e incluye toda la trama PDU Ethernet en una trama.

G.9954 puede realizar la interfaz con el protocolo Ethernet en las configuraciones siguientes:

- PHY Ethernet (interfaz MII).
- Puente Ethernet – PNT (interfaz MII).
- MAC-PHY Ethernet integrada (PCI de tarjeta NIC o similar).

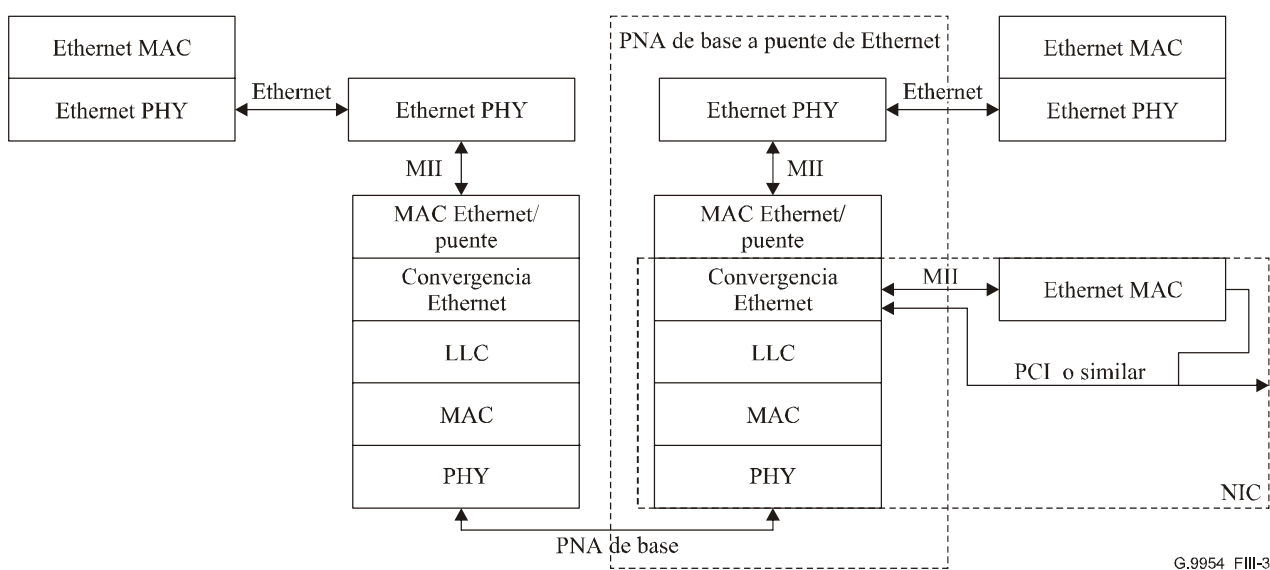
En la primera configuración, G.9954 presenta una interfaz MII y máscaras como una PHY Ethernet, lo que soporta una conexión sin vínculo a un circuito MAC Ethernet externo como se muestra en la figura III.2.



G.9954_FIII-2

Figura III.2/G.9954 – Emulación de PHY Ethernet

En otra configuración, G.9954 proporciona una interfaz MII a un puente MAC Ethernet integrado. Esta interfaz es adecuada para conectar una PHY Ethernet y construir un puente Ethernet PNT como se muestra en la figura III.3.



G.9954_FIII-3

Figura III.3/G.9954 – Puente Ethernet-PNT y aplicaciones NIC

III.3 De USB a pila de protocolos G.9954

Un adaptador de USB a G.9954 es un dispositivo USB que proporciona una conexión G.9954 a un sistema anfitrión. En este sentido, proporciona la misma capacidad que una tarjeta de interfaz de red (NIC, *network interface card*) salvo que el PC huésped conecta la red utilizando un bus serie USB en lugar de un bus PCI.

USB es diferente de los protocolos de red, tales como Ethernet o IEEE 1394, puesto que no es un protocolo de red de extremo a extremo sino más bien un protocolo de bus utilizado para transferir datos y controlar información desde un anfitrión a un dispositivo USB. Las transferencias de datos, en cuanto llegan al dispositivo USB, se liberan de su contenedor USB, se reconstruyen en paquetes y se transportan por la red PNT. Se descartan los propios contenedores USB en el punto extremo del dispositivo USB.

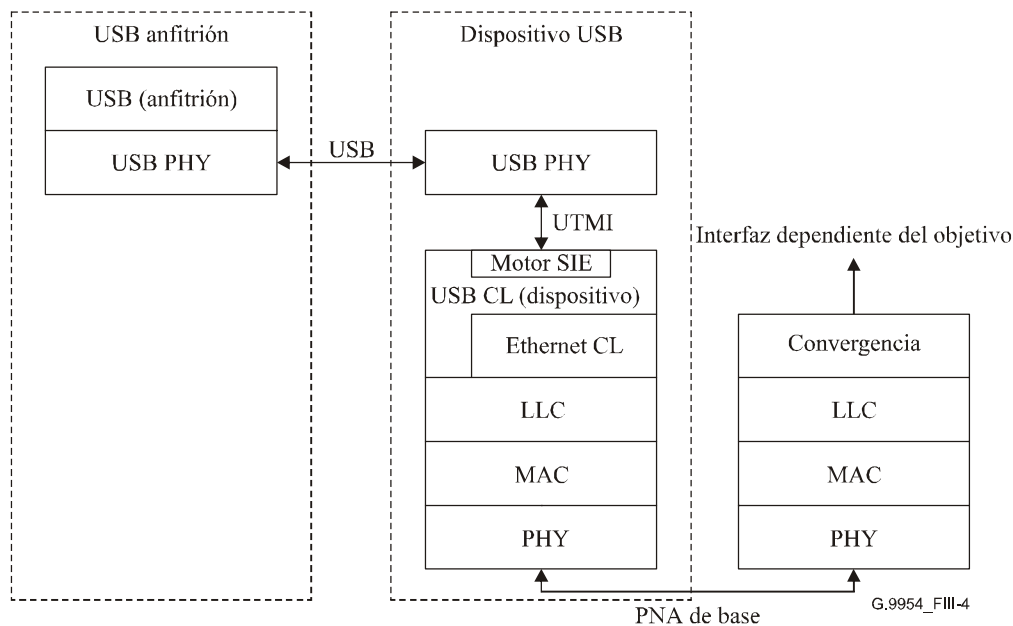


Figura III.4/G.9954 – Adaptador de USB a protocolo G.9954

III.4 De IEEE 1394 a pila de protocolo G.9954

Se consideran dos arquitecturas que incorporan IEEE 1394 y G.9954:

- IEEE 1394 sobre G.9954.
- Puente IEEE 1394 – G.9954.

En la primera arquitectura, el dispositivo G.9954 presenta una interfaz de capa de enlace IEEE 1394 a la pila de protocolo IEEE 1394 que permite que las aplicaciones IEEE 1394 funcionen con G.9954 de forma transparente, como si estuvieran funcionando en un enlace real IEEE 1394 y en una capa PHY. Esto implica que la capa de convergencia 1394 implementa las primitivas de capa de enlace IEEE 1394 normalizadas y hace corresponder estas primitivas con las funciones de capa de enlace, como se muestra en la figura III.5.

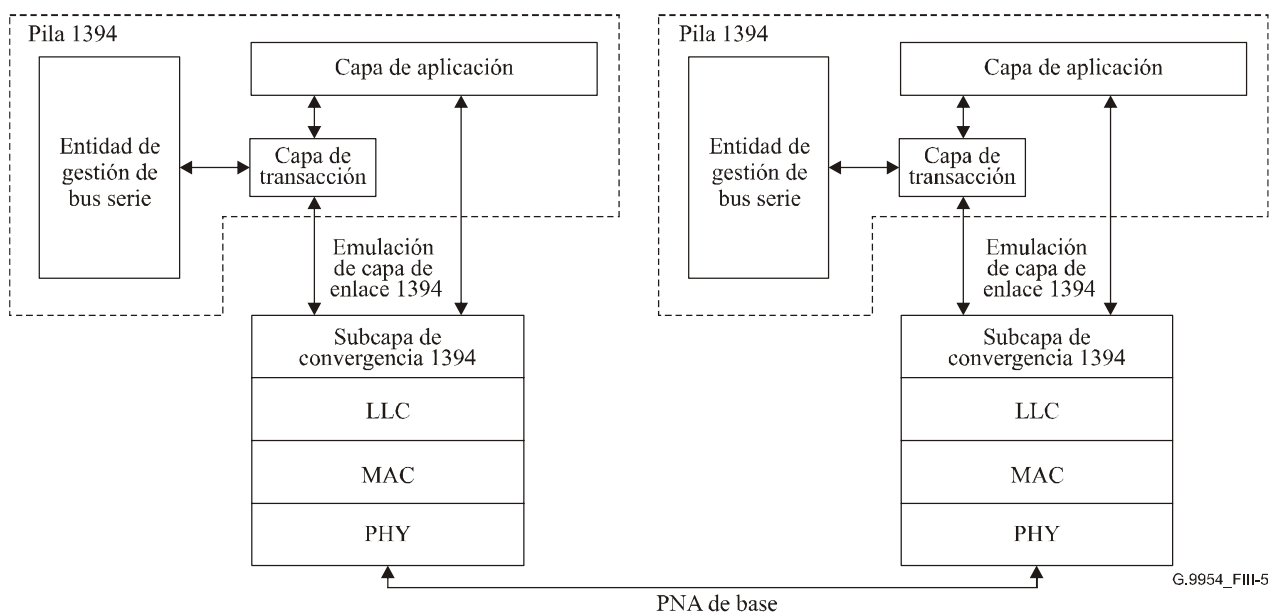


Figura III.5/G.9954 – IEEE 1394 transparente sobre G.9954

La segunda arquitectura se utiliza para interconectar un bus IEEE 1394 con la red G.9954 utilizando la norma P.1394.1 (véase [6]). En esta configuración la capa de convergencia G.9954 incluye las funciones de puente IEEE 1394 para datos asíncronos e isócronos además de la capa de convergencia IEEE 1394 descrita anteriormente, como se muestra en la figura III.6.

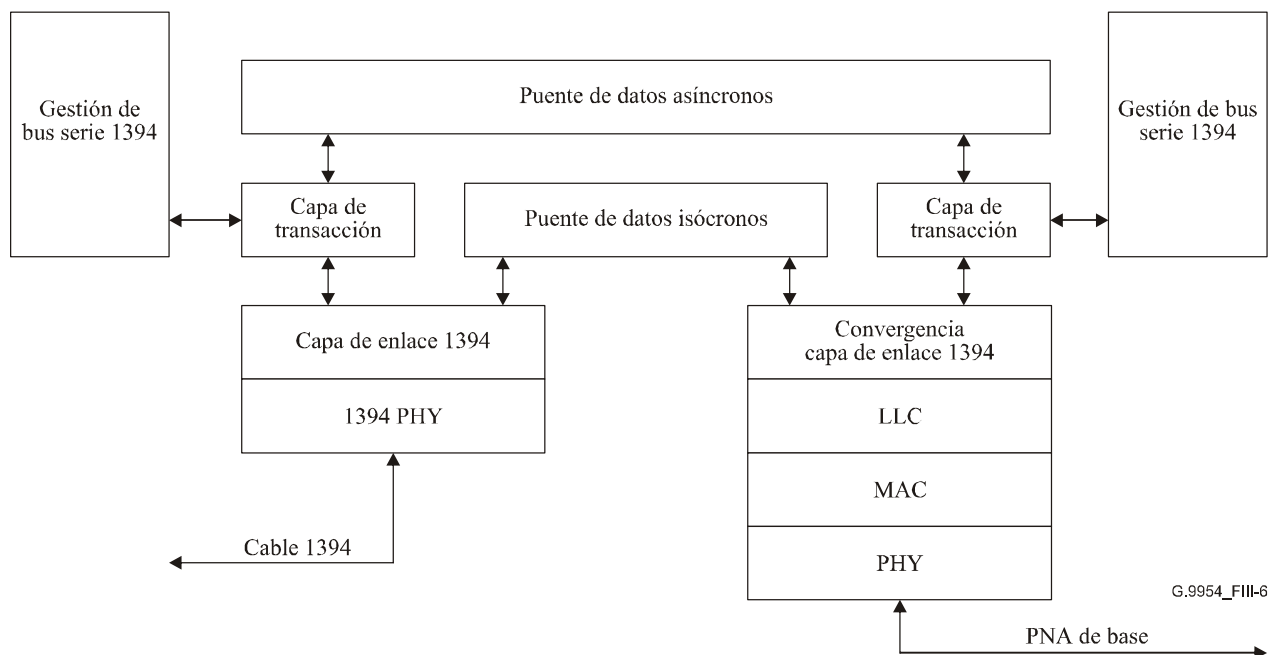


Figura III.6/G.9954 – Puente IEEE 1394-G.9954

Los detalles de este puente de protocolos quedan en estudio.

III.5 De DOCSIS a pila de protocolos G.9954

La pila de protocolos para un puente entre DOCSIS y G.9954 descrita a continuación se basa en la especificación DOCSIS para módems de cable controlados por CPE que se define en [4] y en la especificación de interfaz de radiofrecuencia DOCSIS de [5].

La primera especificación considera un dispositivo de módem de cable conectado a un equipo en las instalaciones de cliente (CPE, *customer premises equipment*) mediante 802.3/Ethernet, USB o PHY de PCI, que se utiliza para transportar de forma transparente tramas MAC 802.3 entre los dispositivos del módem de cable y el CPE. Puesto que DOCSIS se define como un sistema para un transporte transparente de tráfico IP por cable, la interfaz supone que los puentes entre los protocolos DOCSIS y otros, tales como G.9954, se realizan en el nivel de trama Ethernet/802.3, como se muestra figura III.7.

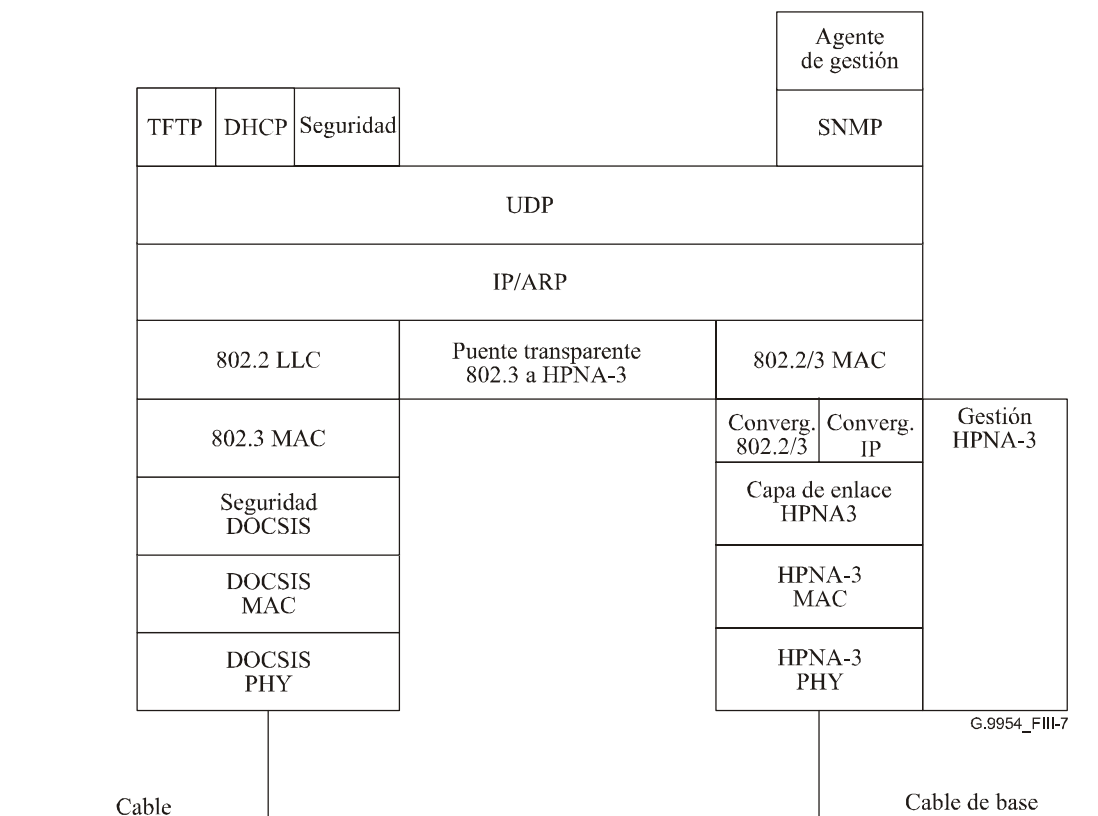


Figura III.7/G.9954 – Pila de protocolos DOCSIS a G.9954

Otra configuración implica una interfaz directa con MAC DOCSIS. Es una interfaz de nivel inferior a la de la interfaz Ethernet/802.3 y proporciona acceso a elementos en la interfaz de servicio de datos MAC de DOCSIS, tales como SINCRONIZACIÓN DE RELOJ MAESTRO o CONCESIÓN SINCRONIZACIÓN HACIA ADELANTE, que se pueden utilizar para sincronizar la red de base G.9954 con la red DOCSIS externa. Esto se muestra en la figura III.8.

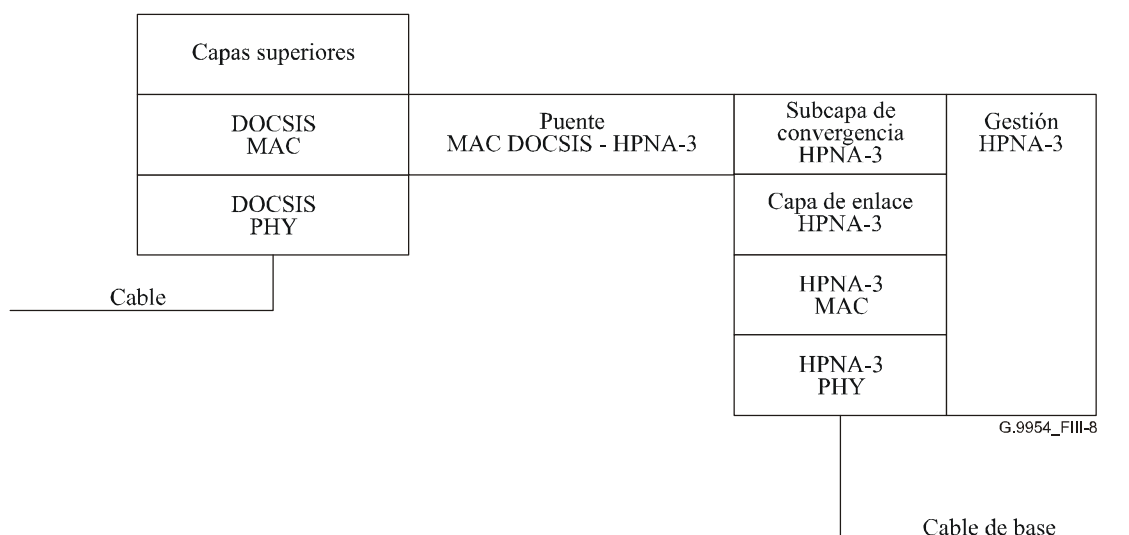


Figura III.8/G.9954 – Puente entre DOCSIS y G.9954

Apéndice IV

Sincronización de red

El requisito para soportar sincronización entre protocolos y redes externas se deriva de los tipos de servicio que se entregan a los domicilios y a la tecnología y protocolos de red utilizados para transportar dichos servicios. Dado que algunos servicios tales como voz, audio y vídeo son isócronos por naturaleza y sensibles a latencias y fluctuaciones de fase introducidas por redes conectadas, así como a diferencias en las frecuencias de reloj entre los elementos de origen y de destino y con el fin de mantener la calidad de un servicio y ampliarla hasta los hogares, una tecnología de red a domicilio debe proporcionar capacidades que permitan la sincronización de las redes doméstica y externa.

El protocolo G.9954 propuesto soporta diversos mecanismos integrados que, cuando se utilizan conjuntamente, soportan sincronización de extremo a extremo de redes domésticas con una red y servicios externos síncronos. Estos mecanismos y la forma en que interfuncionan se describen en las cláusulas siguientes.

IV.1 Requisitos de sincronización

Para sincronizar elementos conectados a la red doméstica con una fuente o servicio externo, se tienen que considerar los requisitos siguientes:

- Sincronización de velocidades de muestreo de datos – Las frecuencias del reloj utilizado para el muestreo de datos en el origen y en el destino de un servicio tienen que estar sincronizadas de forma que impidan el exceso o defecto de datos.
- Sincronización con un reloj de referencia – Puede ser necesaria la sincronización de relojes con una referencia temporal común para relacionar las referencias de las indicaciones de tiempo que se producen en datos muestreados o en los mensajes de gestión de protocolos.
- Sincronización para atribuir concesiones de intervalos de tiempo y de anchuras de banda – Para reducir la latencia y la fluctuación de fase introducida por la red doméstica, es necesario sincronizar la asignación de intervalos de tiempo en la red doméstica con los de la red externa utilizada para dar el servicio. El requisito de sincronización es que los datos entregados a una red solo tengan que esperar una cantidad mínima de tiempo antes de tener acceso a la otra red.
- Calidad de servicio – Se precisan mecanismos de calidad de servicio en la red doméstica para garantizar el acceso adecuado a la red doméstica de conformidad con las limitaciones de QoS del servicio proporcionado.
- Conocimiento del protocolo – Para la sincronización con protocolos externos es necesario tener un conocimiento específico del protocolo de los elementos utilizados para la sincronización. Por ejemplo, el conocimiento de los servicios de sincronización de reloj en IEEE 1394 o la sincronización temporal o la información sobre concesión de intervalos de tiempo en DOCSIS.

IV.2 Modelo de sincronización de red

El mecanismo utilizado para soportar sincronización de extremo a extremo a una red externa se muestra en la figura IV.1.

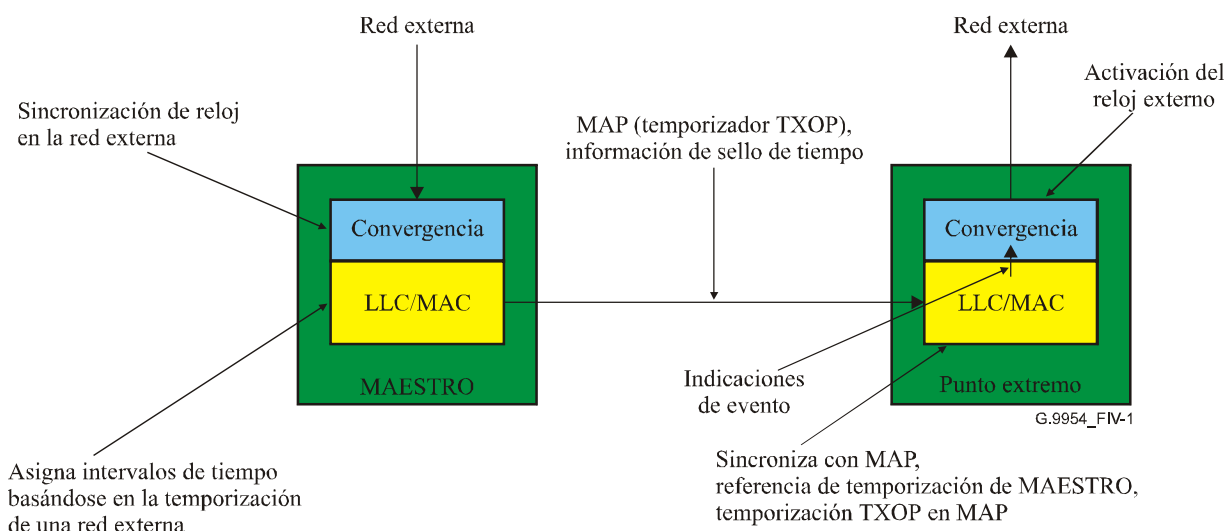


Figura IV.1/G.9954 – Modelo de sincronización de red

El modelo describe una red basada en un maestro conectado a una red externa que ofrece servicios síncronos, tales como servicios de telefonía o de video y uno o más dispositivos de punto extremo (SERVIDORES) conectados al maestro en la red doméstica.

En este modelo, la capa de convergencia en el extremo del maestro tiene conocimiento específico del protocolo de la red externa conectada y utiliza este conocimiento para obtener una referencia de reloj del protocolo externo. Esto puede implicar el tratamiento de mensajes específicos del protocolo, tales como mensajes de sincronización (SYNC) DOCSIS o registros específicos del protocolo de acceso que implementan servicios de sincronización de reloj como se define en IEEE 1394. La información de temporización se puede utilizar para "activar" el reloj del sistema G.9954 y sincronizar su referencia temporal a la de la red externa. Esto permite interpretar con facilidad referencias temporales derivadas de la red externa, tales como información de indicación de tiempo, en el contexto de una red doméstica.

Se requiere además que la capa de convergencia reconozca la existencia y la temporización de concesiones de anchura de banda, intervalos temporales o canales asociados con el transporte de servicio, y establezca la correspondencia de estos servicios con el establecimiento de flujos asociados en la red doméstica. Se pueden utilizar mensajes de protocolo de señalización, derivados de la red externa y asociados con el establecimiento de los servicios ofrecidos, para obtener los parámetros QoS de servicio en la red doméstica. El establecimiento de flujos en la red doméstica por la capa de convergencia, se realizará utilizando información QoS y de temporización derivada directamente de la red externa. En consecuencia, la capa de convergencia dirigirá al gestor de anchura de banda en la pila G.9954 para que asigne las TXOP en un instante en el ciclo MAC síncrono que esté adecuadamente sincronizado con las concesiones de anchura de banda en la red externa. Esto se utiliza para controlar la latencia y la fluctuación de fase del servicio.

Una vez que el maestro está sincronizado con la red externa y que se han sincronizado los intervalos de tiempo (las TXOP) con la llegada de datos de la red externa, la sincronización de dispositivos de punto extremo sigue naturalmente a partir del protocolo síncrono definido para G.9954. Los puntos extremos se pueden sincronizar con la referencia de reloj maestra (sincronizada) mediante la distribución de informes de indicaciones de tiempo periódicos o de la información contenida en el mensaje MAP periódico. Además, los puntos extremos se sincronizan naturalmente a la temporización de las TXOP atribuidas descritas en el MAP. El mecanismo de indicación de eventos se puede utilizar para notificar a la capa de convergencia en el punto extremo la información esperada o concedida por la temporización TXOP asociada con un servicio. Para flujos que tienen sus banderas de indicación de eventos de intervalo temporal habilitadas, el MAC G.9954 notificará

(utilizando mecanismos de interrupción o similares) a la capa de convergencia superior la llegada planificada de concesiones de intervalos de tiempo (TXOP) o de datos de servicio. Esta indicación se puede utilizar para activar un reloj en el punto extremo y/o activar la velocidad de muestreo de datos en el punto extremo.

Sigue siendo posible sincronizarse a una red externa sin sincronizar referencias de reloj o relojes de muestreo. Si los relojes en las redes maestro y externa no están sincronizados, un servicio puede experimentar un RETARDO DE TRANSMISIÓN MÁXIMO que es una función de la longitud del ciclo MAC, teniendo en cuenta el periodo de adquisición más desfavorable y la latencia de acceso de red más desfavorable. Es más, una falta de sincronización del instante de llegada (de muestreo) de los datos y de la TXOP atribuida en una red doméstica puede dar como resultado el conocido comportamiento de latencia/fluctuación de fase en forma de diente de sierra que se muestra en la figura IV.2.

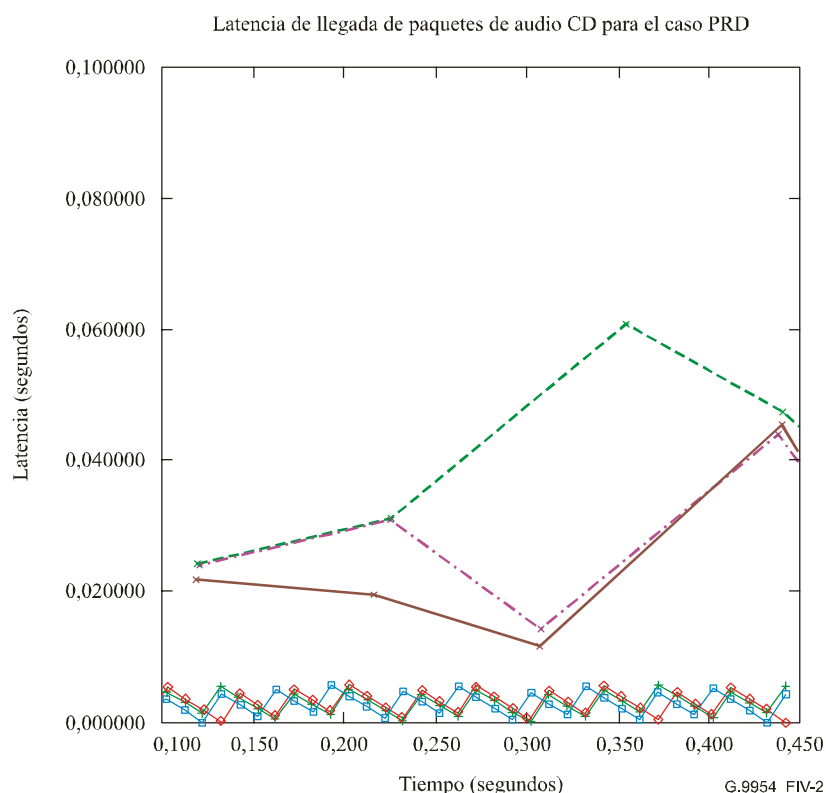


Figura IV.2/G.9954 – Comportamiento en forma de diente de sierra de la latencia y la fluctuación de fase

IV.3 Resumen de los mecanismos de sincronización

El cuadro IV.1 resume el conjunto de mecanismos de sincronización soportado por el protocolo G.9954 propuesto.

Cuadro IV.1/G.9954 – Resumen de los mecanismos de sincronización

Mecanismo de sincronización	Objeto
Protocolo síncrono	Soporta sincronización con otros protocolos síncronos. Sincronización de punto extremo con maestro.
Sincronización de reloj	Sincroniza relojes a una referencia temporal común. Sincroniza velocidades de muestreo.
Indicación de ciclo MAC	Sincroniza redes y protocolos externos con el ciclo MAC.
Indicaciones de evento de intervalo de tiempo	Sincroniza con la temporización TXOP planificada utilizando información en MAP.
Datos de trenes de indicaciones de tiempo	Datos de indicaciones de tiempo que utilizan la referencia de reloj de red.
Control de asignación de intervalos de tiempo	Sincroniza la asignación de intervalos de tiempo en la red doméstica con concesiones de intervalos de tiempo en una red externa.
Capa de convergencia de protocolo	Soporta el manejo específico del protocolo de los métodos de sincronización desde redes externas.

Apéndice V

Soporte de flujos de velocidad binaria variable (VBR)

Los flujos de velocidad binaria variable (VBR) se pueden manejar utilizando las diferentes estrategias de asignación de anchura de banda siguientes:

- Petición de anchura de banda por ciclo.
- UGS + oportunidad de transmisión compartida.
- UGS + peticiones de anchura de banda explícitas.
- Anchura de banda UGS + anchura de banda de reserva.

V.1 Petición de anchura de banda por ciclo

Este método requiere que en cada ciclo se emita una petición RTS explícita. La cantidad de anchura de banda solicitada en cada ciclo es variable en función del comportamiento de la velocidad VBR del flujo de servicio.

El método de asignación de anchura de banda, aunque sencillo, puede requerir algún control en tiempo real preciso para asegurar que un nodo de punto extremo no viola las características de velocidad de tráfico y que se cumplen las restricciones de QoS.

V.2 UGS + oportunidad de transmisión compartida

El método siguiente es adecuado cuando existen varios flujos VBR activos al mismo tiempo. Es más apropiado cuando el origen de todos los flujos VBR es la misma estación, es decir, no hay conflicto entre flujos de servicio VBR, aunque también se puede utilizar cuando los flujos VBR se originan en estaciones diferentes.

Este método supone que un grupo de flujos VBR comparten la misma oportunidad de transmisión. La TXOP está asignada de la misma forma que para tipos de servicio UGS (es decir, no se requiere RTS explícito), sin embargo, la cantidad de anchura de banda asignada se calcula para que sea el valor medio acumulado de velocidades binarias de todos los flujos que comparten la misma TXOP.

El método se basa en la naturaleza variable de los flujos VBR. Supone que los flujos VBR no surgen todos al mismo tiempo, sino que la demanda de anchura de banda de todos los flujos VBR será igual aproximadamente a su valor medio acumulado.

Este método se muestra en la figura V.1.

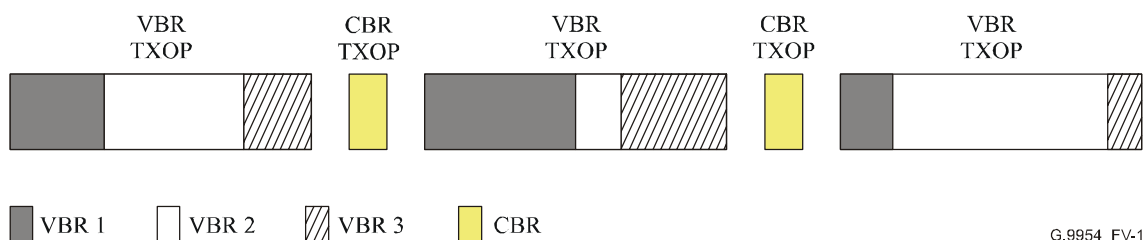


Figura V.1/G.9954 – Asignación de anchura de banda de velocidad binaria variable (VBR)

V.3 UGS + peticiones explícitas de anchura de banda

El método siguiente (ilustrado en la figura V.2) es una combinación de los métodos UGS y de petición de anchura de banda explícita. Un flujo VBR se considera como un flujo CBR que puede ocasionalmente precisar más anchura de banda para manejar la variabilidad del tráfico. La

velocidad de datos básica necesaria para el flujo VBR se basa en la limitación de la velocidad binaria media del flujo.

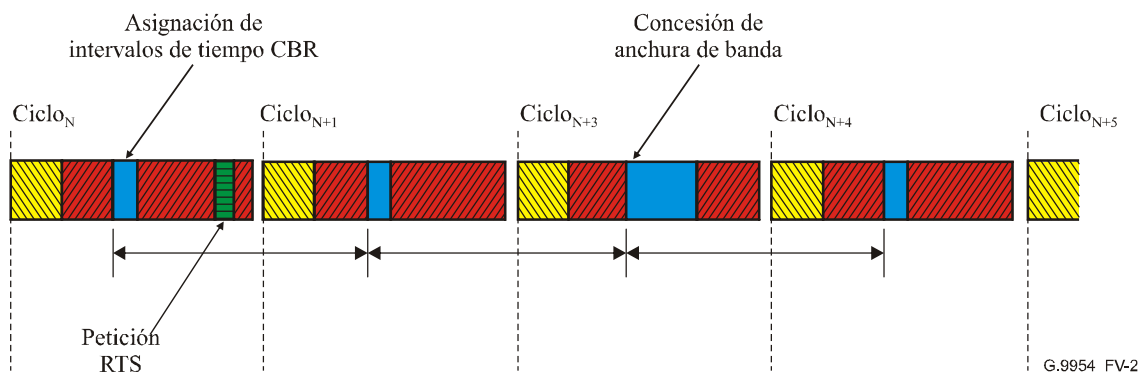


Figura V.2/G.9954 – VBR que utiliza CBR + peticiones de anchura de banda explícitas

La asignación de unas TXOP de tamaño fijo para un flujo VBR conforma efectivamente el tráfico del flujo como velocidad binaria constante (CBR). Si el flujo tiene suficiente memoria intermedia asociada para manejar las variaciones del tráfico, será suficiente para manejar la naturaleza VBR sin peticiones explícitas de anchura de banda. No obstante, si NO dispone de suficiente capacidad de memoria, un nodo de punto extremo puede pedir explícitamente más anchura de banda con el fin de reducir temporalmente el retardo de tráfico.

V.4 UGS + anchura de banda de reserva

Otro método para tratar servicios VBR consiste en utilizar anchura de banda de reserva (no asignada) para manejar variaciones de tráfico que superen la velocidad de tráfico definida por las TXOP de CBR atribuidas al flujo. Esto se muestra en la figura V.3.

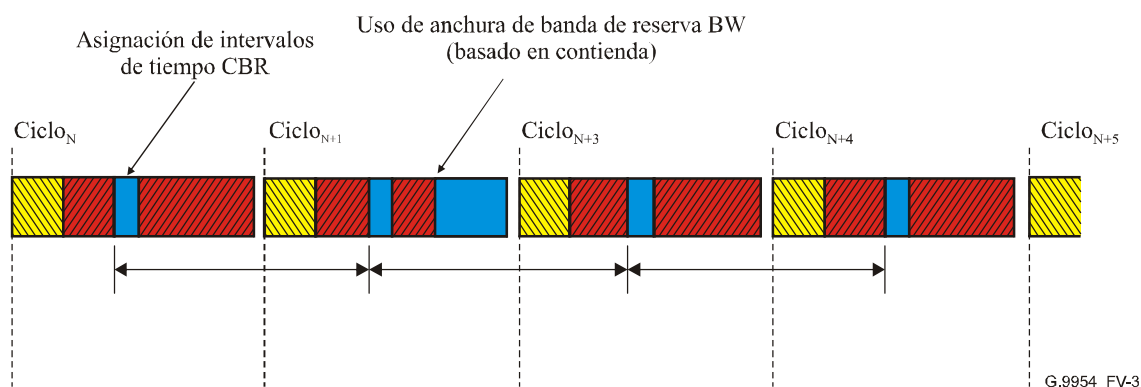


Figura V.3/G.9954 – VBR que utiliza CBR + anchura de banda de reserva

También se puede asignar más anchura de banda a las TXOP de un servicio VBR de forma que tenga tiempo suficiente adicional para la transmisión de por lo menos un paquete (adicional) completo. Al usar este método, el programador maestro debería asignar una cantidad algo superior al requisito de velocidad binaria media, confiando en la anchura de banda adicional que se utiliza ocasionalmente para colas de tráfico vacías.

Apéndice VI

Parámetros de calidad de servicio (QoS)

Esta Recomendación soporta todos los servicios descritos en el cuadro VI.1. Además, esta Recomendación debería soportar simultáneamente todos los servicios del cuadro VI.2.

Cuadro VI.1/G.9954 – Requisitos de QoS de servicios normalizados¹

Servicio	Prioridad relativa	Velocidad de cabida útil MAC (por tren)	Definición de cabida útil	Trenes simultáneos mínimo	Velocidad de errores binarios máxima	Latencia máxima	Fluctuación de fase máxima
Servicios de voz							
Telefonía de voz de banda estrecha de alta calidad	Alta	32-64 kbit/s	Cabida útil de voz ^{a)}	8 ^{b)}	1e-6	5 ms nominal 10 ms máxima	± 5 ms
Telefonía de voz de banda estrecha de calidad inferior	Baja a media	6-16 kbit/s	Cabida útil de voz	8	1e-6	10 ms nominal 30 ms máxima	± 10 ms
Servicio de paquetes crítico en el tiempo (por ejemplo, videoconferencia)	Alta	4-13 kbit/s para voz, 0,032-1,5 Mbit/s para audio/vídeo	Cabida útil de voz para voz, Cabida útil MPEG-TS ^{c)} para audio/vídeo	4 (2 conversaciones; 2 trenes por conversación)	1e-8	5 ms nominal 10 ms máxima para servicios dúplex	± 5 ms
Servicios de datos de alta velocidad							
Servicios de mejor esfuerzo	Baja	Hasta la velocidad máxima de la capa física	Paquetes de datos ^{d)}	N/A	1e-6	500 ms	N/A
Servicio de QoS (SLA ^{e)})	Media a alta	10 Mbit/s	Paquetes de datos	2	1e-8	10 ms nominal 30 ms máxima	± 10 ms
Flujos de medios IP							
Audio normalizado	Baja a media	96-256 kbit/s	MPEG-TS	3	1e-6	200 ms	± 20 ms
Audio de calidad CD	Media	192-256 kbit/s (estéreo)	MPEG-TS	3	1e-8	100 ms	± 10 ms
Vídeo de calidad inferior	Media a alta	64-500 kbit/s	MPEG-TS	3	1e-6	100 ms	± 10 ms
Audio de cine doméstico ^{f)}	Alta	6 Mbit/s	MPEG-TS	1	1e-8	100 ms	± 10 ms
Vídeo de calidad superior	Alta	1,5-10 Mbit/s	MPEG-TS	1	1e-8	50 ms	± 10 ms
Disco de vídeo digital ^{g)}		3,0-20 Mbit/s	MPEG-TS	2	1e-8	100 ms	± 10 ms

¹ Origen: CableLabs "Home Networking Requirements for Cable-Based Services," Vendor Release 1.0 dated June 9, 2000. Copyright Cable Television Laboratories, Inc. 2001. Derechos reservados. Impreso con permiso (salvo lo indicado).

Cuadro VI.1/G.9954 – Requisitos de QoS de servicios normalizados¹

Servicio	Prioridad relativa	Velocidad de cabida útil MAC (por tren)	Definición de cabida útil	Trenes simultáneos mínimo	Velocidad de errores binarios máxima	Latencia máxima	Fluctuación de fase máxima
Vídeo de calidad de difusión							
SDTV	Alta	3-7 Mbit/s		2	1e-8	90 ms nominal	Entrepaquetes ± 10 ms
TVAD	Alta	19,68 Mbit/s		1	1e-8	90 ms nominal	Entrepaquetes ± 10 ms
a) Cabida útil de voz. Tamaño variable dependiente del códec, considerando el balance de latencia de extremo a extremo. Por ejemplo, la codificación de ley μ G.711 especifica tramas de 4 muestras en la que cada muestra de audio se codifica como un valor de 8 bits (es decir, 32 bits). b) El protocolo desarrollado para esta tecnología debe estar disponible para soportar un mínimo de 4 dispositivos concurrentes externos. Con velocidades de conexión de red superiores a o iguales a 10Base-T equivalente, el protocolo deberá soportar 8 dispositivos concurrentes externos. c) MPEG-TS: cabida útil de audio/vídeo que supone un tren de transporte MPEG (TS) de 188 bytes de tamaño. d) Paquete de datos: cabida útil de Ethernet incluidos encabezamientos TCP/IP pero excluidos el encabezamiento Ethernet y CRC Ethernet. e) SLA utilizado en este contexto implica "acuerdo de nivel de servicio" y se refiere a una calidad de servicio mínima que debe cumplir el servicio en recepción. En este contexto el SLA se toma como la "velocidad de información comprometida". f) Audio de cine doméstico implica 5,1 canales de audio simultáneos. Cabe destacar que esto no está incluido en el documento de CableLabs. Se supone que el formato digital Dolby AC-3 está multiplexado en un MPEG-2 TS. g) Disco de vídeo digital implica 2 trenes SDTV. Esto no está incluido en el documento de CableLabs.							

Cuadro VI.2/G.9954 – Requisitos de QoS de servicios normalizados adicionales

Servicio	Prioridad relativa	Velocidad de cabida útil MAC (por tren)	Trenes simultáneos mínimo	Velocidad de errores binarios máxima	Latencia máxima	Fluctuación de fase máxima
Servicios de voz						
Telefonía de voz de banda estrecha y alta calidad	Alta	32-64 kbit/s	6 (3 conversaciones; 2 trenes por conversación)	1e-6	5 ms nominal 10 ms máxima	± 5 ms
Servicio de paquetes crítico en el tiempo (por ejemplo videoconferencia)	Alta	4-13 kbit/s para voz, 0,032-1,5 Mbit/s para audio/vídeo	2 (1 conversación; 2 trenes por conversación)	1e-8	5 ms nominal 10 ms máxima para servicios dúplex	± 5 ms
Servicios de datos de alta velocidad						
Servicio de mejor esfuerzo	Baja	Hasta la velocidad máxima de la capa física	N/A	1e-6	500 ms	N/A
Flujos de medios IP						
Audio de calidad CD	Media	192-256 kbit/s (estéreo)	3	1e-8	100 ms	± 10 ms
<i>Cualquier combinación de 2 trenes de lo siguiente:</i>						
Audio de cine doméstico	Alta	6 Mbit/s	1	1e-8	100 ms	± 10 ms
Disco de vídeo digital		3,0-20 Mbit/s	1	1e-8	100 ms	± 10 ms
Vídeo de calidad de difusión						
SDTV	Alta	3-7 Mbit/s	2	1e-8	90 ms nominal	Entrepaquetes ± 10 ms
TVAD	Alta	19,68 Mbit/s	1	1e-8	90 ms nominal	Entrepaquetes ± 10 ms

Apéndice VII

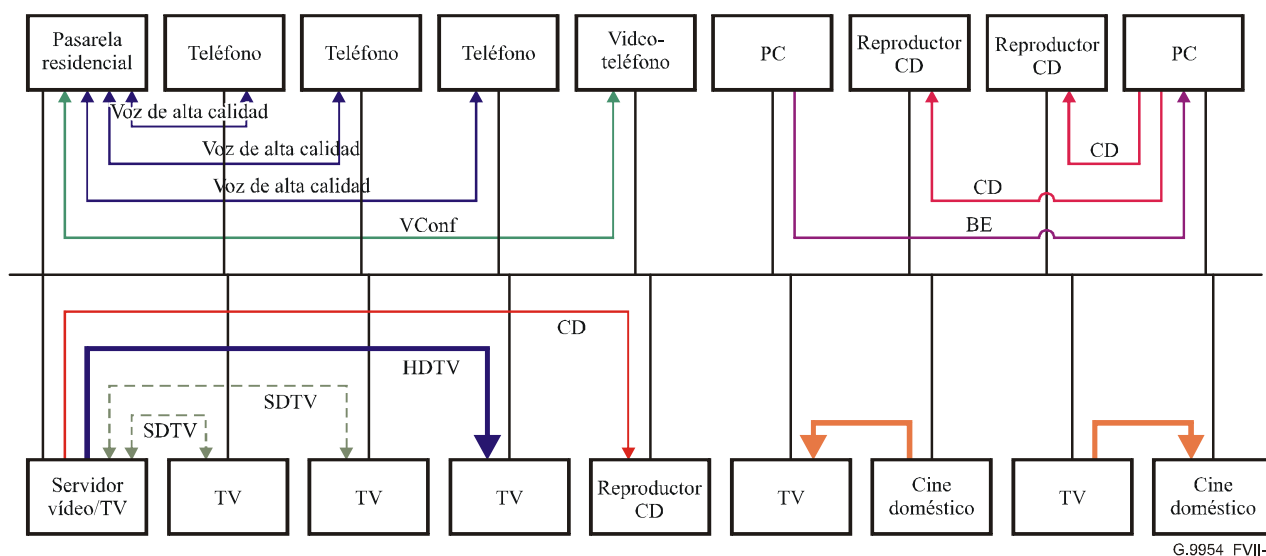
Perfiles de prueba de aplicaciones simultáneas

El perfil de prueba 1 describe una red doméstica constituida por una pasarela residencial (RG, *residential gateway*) que proporciona acceso a servicios de telefonía de Internet y una segunda pasarela o servidor que proporciona acceso a servicios relacionados con el vídeo. La RG y probablemente el servidor de vídeo/TV están conectados a líneas de banda ancha. Es más, el perfil de la red doméstica está constituido por clientes que consumen servicios de banda ancha así como aquellos que interactúan directamente con pares en la misma red doméstica.

Los requisitos de caudal de red para el perfil de prueba 1 se describen en el cuadro VII.1. Se supone que la configuración de red es una red en estrella, con cables de 6 pies conectados a cada una de ellas.

Cuadro VII.4/G.9954 – Requisitos de caudal de red

Servicio	Calidad	Velocidad [Mbit/s]	Requisito de caudal
Voz de alta calidad	6	0,064	0,384
Videoconferencia	2	1,5	3
Lo mejor posible	1	Hasta el límite físico	Hasta el límite físico
CD	3	0,256	0,768
SDTV	2	3	6
TVAD	1	19,68	19,68
Teatro doméstico	2	5,76	11,52
TOTAL			41,352



G.9954_FVII-1

Figura VII.1/G.9954 – Perfil de prueba 1

Apéndice VIII

Directrices de planificación de acceso al medio

La planificación de acceso al medio es una actividad de planificación cuyo objetivo es generar un plan de acceso al medio (MAP) que satisfaga las restricciones de QoS de todos los flujos que comparten la red. El algoritmo de planificación se ejecuta en su totalidad en el nodo maestro y tiene en cuenta la anchura de banda media disponible y las restricciones de QoS de toda la red.

Aunque la especificación de planificación de algoritmos empleada por el maestro G.9954 se encuentra fuera del ámbito de la presente Recomendación, se espera que un planificador maestro G.9954 soporte el siguiente conjunto de capacidades funcionales básicas.

- Gestión de recursos.
- Asignación y atribución de recursos al medio.
- Gestión del tamaño de las ráfagas.
- Gestión de la longitud de los ciclos MAC.
- Política y conformación del tráfico.
- Control de latencia y fluctuación de fase.
- Asignación de estrategias de gestión de colisiones.
- Gestión de peticiones de anchura de banda.
- Generación de MAP.

VIII.1 Gestión de recursos

El maestro debería gestionar información de estado sobre la asignación de recursos al medio en la red doméstica y mantener un mapa de atribuciones que describa los recursos asignados y disponibles y sus tamaños. El mapa de asignaciones es utilizado por la función de atribución de anchura de banda cuando realiza el control de admisión para peticiones de servicio.

VIII.2 Asignación y atribución de recursos al medio

Considerando la disponibilidad de suficientes recursos al medio para dar servicio a una petición de anchura de banda, el maestro debe asignar TXOP al propio flujo. La TXOP asignada se describe posteriormente en el MAP.

VIII.3 Gestión del tamaño de las ráfagas

Para utilizar el medio con mayor eficiencia y reducir los encabezamientos de protocolo, se aconseja agregar paquetes de nivel superior que se originen en una única fuente o flujo en ráfagas (tramas) únicas de la capa PHY. La longitud de las ráfagas depende de una serie de factores incluidos la longitud de la TXOP, los requisitos de latencia de flujo, las características de BER, etc.

El planificador maestro debe intentar concentrar las TXOP asignadas a la misma fuente de forma que un punto extremo pueda optimizar la longitud de las ráfagas mientras sigue cumpliendo las limitaciones de latencia, de fluctuación de fase y de QoS del flujo.

VIII.4 Gestión de la longitud de los ciclos MAC

Cada trama MAP define de forma implícita la amplitud (el tiempo) del plan de acceso al medio. Esto proporciona la infraestructura para soportar ciclos MAC que estén disponibles en longitud y que puedan incluso cambiar de forma dinámica de ciclo en ciclo.

El planificador maestro es responsable de seleccionar el tamaño adecuado del ciclo MAC. Las directrices utilizadas en el proceso de selección requieren que el planificador seleccione una longitud de ciclo en consonancia con los requisitos de periodicidad de los flujos activos con las consideraciones de encabezamiento de protocolos introducidas por la transmisión de la trama MAP.

VIII.5 Política y conformación del tráfico

Para asegurar la conformidad de un tráfico con sus parámetros negociados, el planificador maestro debe establecer políticas y conformar el tráfico de forma que la red no sufra en el caso de que una fuente de tráfico comience a generar tráfico de una forma no acordada. Las políticas y conformación de tráfico se realizan asignando las TXOP de forma que cumplan las especificaciones de tráfico.

Para un nodo de punto extremo G.9954 que asigna paquetes a las TXOP de conformidad con la descripción del MAP, esto conformará el tráfico en los puntos extremos en la forma que pretende el maestro. Tiene el efecto de reducir la posible complejidad de los nodos de punto extremo centralizando los algoritmos de política y conformación de tráfico en el maestro, mientras que también asegura que los nodos de punto extremo no generen un tráfico que viole su acuerdo negociado.

VIII.6 Control de latencia y de fluctuación de fase

El programador maestro es responsable de realizar el control de latencia y de fluctuación de fase garantizando que las TXOP están asignadas a flujos con la frecuencia, tamaño e intervalo requeridos que les permite cumplir los requisitos de latencia y fluctuación de fase del flujo.

Se pueden considerar dos ejemplos de asignación de TXOP en el tiempo (en la figura VIII.1), relativos al instante de llegada de los paquetes desde un origen de entrada. En el ejemplo 1, las TXOP están asignadas de forma que proporcionan una fluctuación de fase 0. En el ejemplo 2, la variación de latencia produce una fluctuación de fase como la que se muestra en el gráfico de latencia/fluctuación de fase como se muestra en la figura VIII.2.

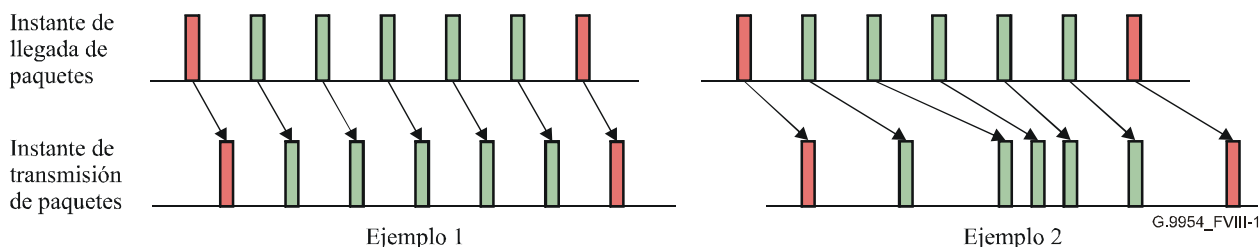


Figura VIII.1/G.9954 – Ejemplos de latencia/fluctuación de fase

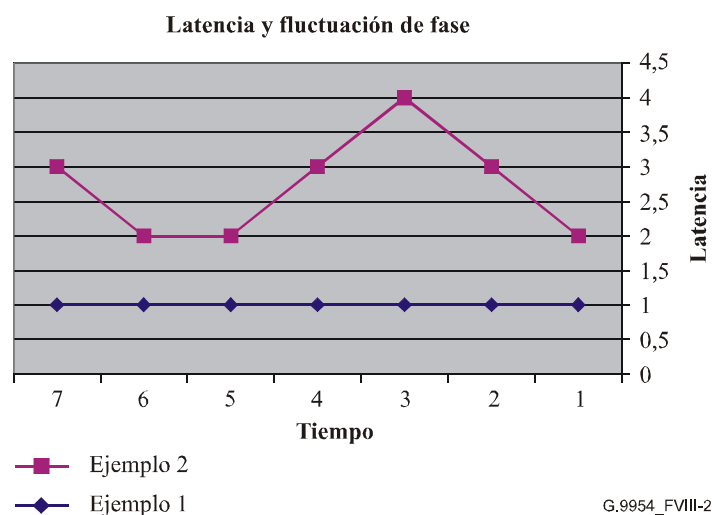


Figura VIII.2/G.9954 – Gráfico de latencia/fluctuación de fase

VIII.7 Generación de MAP

El resultado de la planificación de acceso al medio del maestro es una trama MAP. El maestro es responsable de generar la trama de control MAP periódica que contiene los resultados de los procesos y decisiones descritos anteriormente.

BIBLIOGRAFÍA

- [4] Data-Over-Cable Service Interface Specifications – *Cable Modem to Customer Premise Equipment Interface Specification SP-CMCI-I05-001215*, 14 de julio de 2000.
- [5] Data-Over-Cable Service Interface Specifications – *Radio Frequency Interface Specification, SP-RFv1.1-I06-001215*, 15 de diciembre de 2000.
- [6] P1394.1 *Draft Standard for High Performance Serial Bus Bridges*, 0.16, 29 de marzo de 2001.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y multimedios
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedios
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
Serie M	Gestión de las telecomunicaciones, incluida la RGT y el mantenimiento de redes
Serie N	Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
Serie O	Especificaciones de los aparatos de medida
Serie P	Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y Redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación