

UIT-T

G.8265/Y.1365

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

(10/2010)

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

Aspectos relativos a los protocolos en modo paquete
sobre la capa de transporte – Sincronización, objetivos de
calidad y disponibilidad

**SERIE Y: INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA
INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO
INTERNET, REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN,
INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES
INTELIGENTES**

Aspectos del protocolo Internet – Transporte

**Arquitectura y requisitos para la entrega de
frecuencia basada en paquetes**

Recomendación UIT-T G.8265/Y.1365

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 Y DE LOS SISTEMAS ÓPTICOS	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 MULTIMEDIOS – 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 A LOS PROTOCOLOS EN MODO PAQUETE SOBRE LA CAPA DE TRANSPORTE	G.8000–G.8999
Aspectos relativos al protocolo Ethernet sobre la capa de transporte	G.8000–G.8099
Aspectos relativos al protocolo MPLS sobre la capa de transporte	G.8100–G.8199
Sincronización, objetivos de calidad y disponibilidad	G.8200–G.8299
Gestión de servicios	G.8600–G.8699
REDES DE ACCESO	G.9000–G.9999

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

Recomendación UIT-T G.8265/Y.1365

Arquitectura y requisitos para la entrega de frecuencia basada en paquetes

Resumen

En la Recomendación UIT-T G.8265/Y.1365 se describe la arquitectura y los requisitos para la distribución de frecuencias basada en paquetes en redes de telecomunicaciones. Entre los ejemplos de distribución de frecuencias basada en paquetes puede citarse el protocolo de tiempo de red (NTP, network time protocol) e IEEE-1588-2008, descrito brevemente aquí. En otras Recomendaciones se definen los detalles necesarios para utilizar IEEE-1588-2008 de forma consistente con la arquitectura aquí definida.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T G.8265/Y.1365	2010-10-07	15	11.1002/1000/10910

* Para acceder a la Recomendación, sírvase digitar el URL <http://handle.itu.int/> en el campo de dirección del navegador, seguido por el identificador único de la Recomendación. Por ejemplo, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

PREFACIO

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones y de las tecnologías de la información y la comunicación. El Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) 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 en la dirección <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© UIT 2017

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 Definiciones.....	1
3.1 Términos definidos en otros documentos.....	1
4 Abreviaturas y acrónimos	2
5 Convenios	2
6 Introducción general a la distribución de frecuencias basada en paquetes.....	2
6.1 Requisitos para temporización de paquetes.....	3
7 Arquitectura de distribución de frecuencias basada en paquetes.....	3
7.1 Distribución de frecuencias basada en paquetes	4
7.2 Protección de temporización	4
7.3 Partición de red de paquetes	7
7.4 Combinación de tecnologías.....	8
8 Protocolos basados en paquetes para distribución de frecuencia	8
8.1 Protocolos basados en paquetes.....	8
8.2 Descripción general PTP [IEEE 1588].....	8
8.3 NTP – Descripción general	9
9 Aspectos de seguridad	9
Apéndice I – Bibliografía.....	10

Recomendación UIT-T G.8265/Y.1365

Arquitectura y requisitos para la entrega de frecuencia basada en paquetes

1 Alcance

En la presente Recomendación se describe la arquitectura general de distribución de frecuencias utilizando métodos basados en paquetes. Esta versión de la Recomendación se centra en la entrega de frecuencias utilizando métodos como NTP o el protocolo de tiempo de precisión (PTP) [IEEE 1588]. Los requisitos y la arquitectura constituyen una base para definir la funcionalidad necesaria con la que conseguir una distribución de frecuencias basada en paquetes en un entorno de operador. La arquitectura descrita abarca el caso en que la interacción de protocolo se efectúa exclusivamente en los extremos distantes de la red, entre reloj maestro de paquetes y reloj esclavo de paquetes. Los requisitos detallados para otras arquitecturas en las que intervienen dispositivos entre los relojes maestro y esclavo de paquetes son para estudios posteriores.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones UIT-T y demás referencias contienen disposiciones que, por referencia a las mismas en este texto, constituyen disposiciones de esta Recomendación. En la fecha de publicación, las ediciones citadas estaban en vigor. Todas las Recomendaciones y demás referencias están sujetas a revisión, por lo que se alienta a los usuarios de esta Recomendación a que consideren la posibilidad de aplicar la edición más reciente de las Recomendaciones y demás referencias que se indican a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T vigentes. La referencia a un documento en el marco de esta Recomendación no confiere al mismo, como documento autónomo, el rango de Recomendación.

- [UIT-T G.8260] Recomendación UIT-T G.8260 (2010), *Definiciones y terminología para la sincronización en redes de paquetes*.
- [UIT-T G.8261] Recomendación UIT-T G.8261/Y.1361 (2008), *Aspectos de la temporización y la sincronización en las redes de paquetes*.
- [UIT-T G.8264] Recomendación UIT-T G.8264 (2008), *Distribución de temporización mediante redes de paquetes*, más Enmienda 1 (2010).
- [IEEE 1588] IEEE STD 1588-2008, *Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*.
- [IETF RFC 5905] IETF RFC 5905 (2010), *Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification*.

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otros documentos

En la presente Recomendación se utilizan los siguientes términos definidos en otros documentos:

- 3.1.1 reloj maestro de paquetes** [UIT-T G.8260].
- 3.1.2 reloj esclavo de paquetes** [UIT-T G.8260].
- 3.1.3 señal de temporización de paquetes** [UIT-T G8260].

4 Abreviaturas y acrónimos

En la presente Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas y acrónimos:

CDMA	Acceso múltiple por división de código (<i>code division multiple access</i>)
DSL	Línea de abonado digital (<i>digital subscriber line</i>)
EEC	Reloj de equipo Ethernet (<i>ethernet equipment clock</i>)
GM	Maestro principal (<i>grand master</i>)
GNSS	Sistema mundial de navegación por satélite (<i>global navigation satellite system</i>)
LSP	Trayecto conmutado por etiquetas (<i>label switched path</i>)
LTE	Evolución a Largo Plazo (<i>long term evolution</i>)
MINPOLL	Intervalo de sondeo mínimo (<i>minimum poll interval</i>)
NTP	Protocolo de señales horarias de red (<i>network time protocol</i>)
PDV	Variación del retardo de paquetes (<i>packet delay variation</i>)
PON	Red óptica pasiva (<i>passive optical network</i>)
PRC	Reloj de referencia primario (<i>primary reference clock</i>)
PTP	Protocolo de tiempo de precisión (<i>precision time protocol</i>)
QL	Nivel de calidad (<i>quality level</i>)
RTP	Protocolo en tiempo real (<i>real time protocol</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SEC	Reloj de equipo SDH (<i>sdh equipment clock</i>)
SSM	Mensaje de estado de sincronización (<i>synchronization status message</i>)
TDM	Multiplexación por división de tiempo (<i>time division multiplexing</i>)
VLAN	Red de área local virtual (<i>virtual local area network</i>)
WIMAX	Interoperabilidad Mundial por Acceso por Microondas (<i>worldwide interoperability for microwave access</i>)

5 Convenios

En la presente Recomendación el término PTP se refiere a la versión 2 del protocolo PTP definido en [IEEE 1588]. NTP se refiere al protocolo de señales horarias de red definido en [IETF RFC 5905].

6 Introducción general a la distribución de frecuencias basada en paquetes

La red moderna de telecomunicaciones se basa en la distribución precisa de frecuencias para optimizar la transmisión y la interconexión TDM. Por el contrario, las redes y servicios de paquetes están altamente almacenados por su naturaleza y, como resultado, no necesitan temporización precisa para su operación. La migración a redes de paquetes convergentes en la superficie lleva a creer que no será necesaria una distribución de frecuencias porque la tecnología de redes de paquetes se hace predominante en la red.

Aunque puede que sea cierto en algunos servicios (Internet es un ejemplo), los mecanismos de transporte subyacentes que ofrecen estos servicios independientes de temporización pueden necesitar estrictos requisitos de temporización que deben presentarse en el nuevo paradigma de red convergente. Por ejemplo, en algunos casos el soporte de servicios de emulación de circuitos sobre una infraestructura basada en paquetes requiere la presencia de una referencia de frecuencia estable

para habilitar el servicio. Del mismo modo, en tecnologías de acceso inalámbrico (p.ej. GSM, LTE, WiMAX, CDMA, etc.) los requisitos de interfaz aérea tienen estrictos requisitos de sincronización que hay que respetar, incluso si el servicio al usuario final (p.ej. Internet móvil) puede parecer que no requiere temporización.

Para que haya distribución de temporización en redes basadas en paquetes, el UIT-T ha elaborado una especificación para Ethernet síncrona [UIT-T G.8261], [b-UIT-T G.8262], [UIT-T G.8264] para la distribución de frecuencias de la capa física, que es similar a lo que ofrecía SDH. En la presente Recomendación se describe el uso de mecanismos basados en paquetes que se utilizan para transportar frecuencias por una red de paquetes en ausencia de temporización de capa física.

6.1 Requisitos para temporización de paquetes

Los mecanismos basados en paquetes para la distribución de frecuencias deben cumplir los siguientes requisitos:

- 1) Deben especificarse mecanismos que permitan la interoperabilidad entre los dispositivos (relojes) maestro y esclavo (o subordinado).
- 2) Los mecanismos deben permitir el funcionamiento consistente en redes de telecomunicaciones de área amplia gestionadas.
- 3) Los mecanismos basados en paquetes deben permitir la interoperación con SDH existentes y redes de sincronización de frecuencia basada en Ethernet síncrona.
- 4) Los mecanismos basados en paquetes deben permitir que la red de sincronización se diseñe y se configure con una disposición fija.
- 5) Los esquemas de protección utilizados por los sistemas basados en paquetes deben basarse en una práctica normalizada de funcionamiento de las telecomunicaciones y permitir que relojes subordinados puedan tomar temporización de múltiples relojes maestros separados geográficamente.
- 6) La selección de fuente (reloj) debería ser compatible con las prácticas existentes de sincronización de capa física y permitir la selección de fuente basada en prioridad y QL recibida.
- 7) Los mecanismos basados en paquetes deben permitir la operación de técnicas de seguridad existentes basadas en normas para velar por la integración de la sincronización.

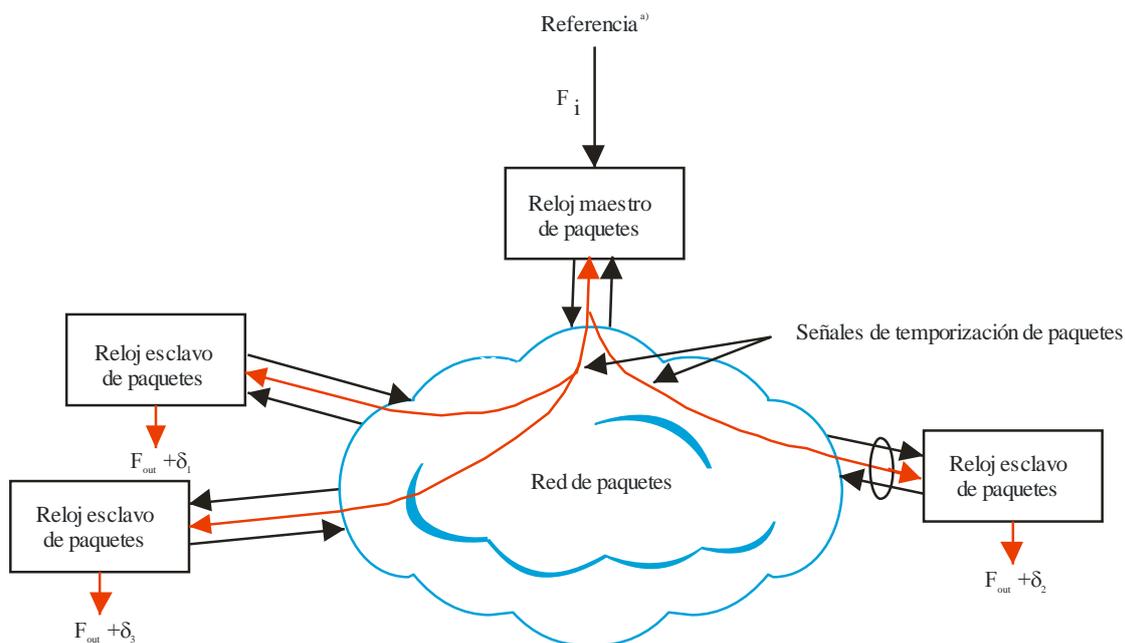
7 Arquitectura de distribución de frecuencias basada en paquetes

En contraste con la sincronización de capa física, donde los bordes significativos de una señal de datos definen el contenido de temporización de la señal, los métodos basados en paquetes se basan en la transmisión de "paquetes de evento" exclusivos. Estos "paquetes de evento" constituyen los instantes significativos de una señal de temporización de paquete. La temporización de estos instantes significativos se mide con precisión respecto de una fuente de tiempo maestra, y esa información se codifica en forma de una indicación de tiempo, que es una representación de una instancia concreta de tiempo que puede leer una máquina¹. La indicación de tiempo se genera en una función de maestro de paquetes y se transporta por una red de paquetes a un reloj esclavo de paquetes. Como el tiempo es la integral de la frecuencia, la indicación de tiempo puede utilizarse por lo tanto para derivar la frecuencia.

¹ En algunos casos la frecuencia puede derivarse de la velocidad de llegada de paquetes entrantes que no contienen una indicación de tiempo, pero que han sido generados a intervalos precisos. En la presente Recomendación se aborda el uso de protocolos basados en tiempo, por lo que los métodos para derivar frecuencias a partir de la velocidad de llegada de paquetes quedan fuera de su alcance.

7.1 Distribución de frecuencias basada en paquetes

Los tres componentes principales son el reloj maestro de paquetes, el reloj esclavo de paquetes y la red de paquetes. El reloj maestro de paquetes genera una señal de temporización de paquetes que se transporta por la red de paquetes para que el reloj esclavo de paquetes pueda generar una frecuencia de reloj rastreada hasta la señal de temporización de entrada disponible en el reloj maestro de paquetes. El reloj maestro de paquetes se presenta con una señal de temporización rastreada hasta un PRC. El reloj producido en el reloj esclavo de paquetes representa el reloj que hace referencia al PRC, más cierta degradación (δ) debido a la red de paquetes. La topología arquitectónica general se muestra en la Figura 1. El flujo de sincronización es de maestro a esclavo. Cuando la referencia al maestro se proporciona a través de una red de distribución de sincronización, puede que haya una degradación adicional de la señal de frecuencia en la entrada al maestro y, por lo tanto, también en la salida del esclavo.



^{a)} La referencia puede provenir directamente de PRC, de un GNSS o a través de la red de sincronización .

G.8265/Y.1365(10)_F01

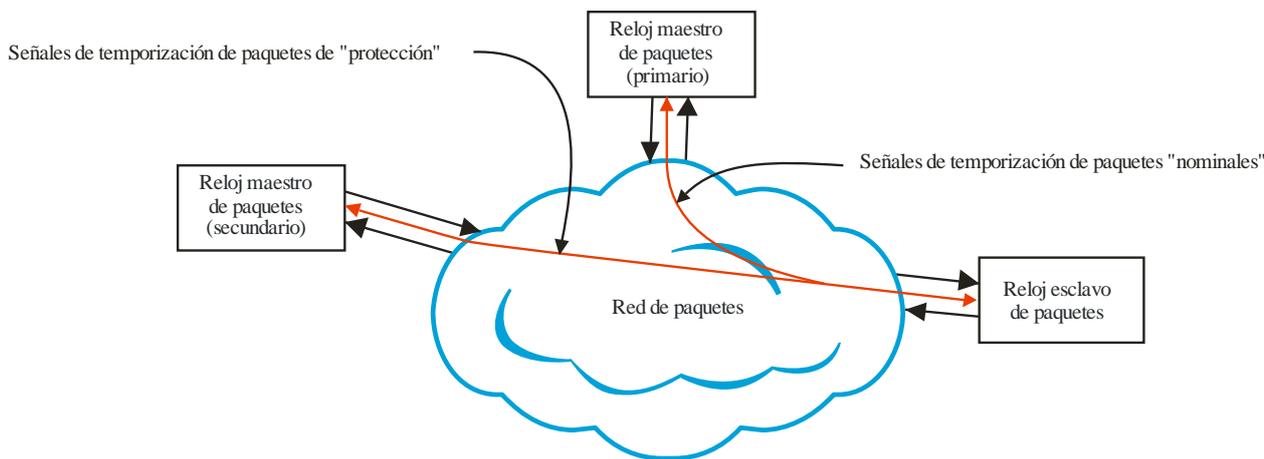
Figura 1 – Arquitectura de temporización de red de paquetes general

7.2 Protección de temporización

7.2.1 Protección de maestro de paquete

En redes tradicionales de sincronización la disponibilidad de temporización se mejora utilizando protección de temporización: la temporización a un reloj subordinado (p.ej. SEC o EEC) puede proporcionarse a través de una o más vías de red alternativas. En el caso de la arquitectura de temporización basada en paquetes, los relojes subordinados pueden tener visibilidad sobre dos o más relojes maestros, como se muestra en la Figura 2.

A diferencia de la temporización de capa física donde la selección del reloj se realiza en el reloj subordinado, la selección de un reloj maestro secundario puede implicar cierta comunicación y negociación entre el maestro y el subordinado, y entre el maestro secundario y el subordinado.



NOTA – En aras de la claridad, no se muestran las señales de referencia de red a los maestros.

G.8265/Y.1365(10)_F02

Figura 2 – Protección de temporización (frecuencia) de red de paquetes

7.2.2 Funciones de selección maestro/esclavo de paquetes

En los siguientes apartados se describen las funciones necesarias para dar soporte a la selección de referencias de paquetes.

7.2.2.1 Exclusión temporal de maestro – Función de bloqueo

Para proteger la arquitectura descendente debe ser posible en los esclavos excluir temporalmente un maestro de una lista de maestros candidatos (función de bloqueo).

7.2.2.2 Función de tiempo de espera de restablecimiento de esclavo

Para proteger la arquitectura descendente debe ejecutarse un tiempo de espera de restablecimiento en el esclavo. Si un maestro falla o es inaccesible, el esclavo conmutará a un maestro de seguridad. Ahora bien, una vez recuperado el maestro primario el esclavo no volverá a conmutar al maestro primario hasta que termine el tiempo de espera de restablecimiento.

7.2.2.3 Función de no reversión de esclavo

Para proteger la arquitectura descendente puede ejecutarse una función de no reversión de esclavo como protección contra cambios de esclavos entre maestros.

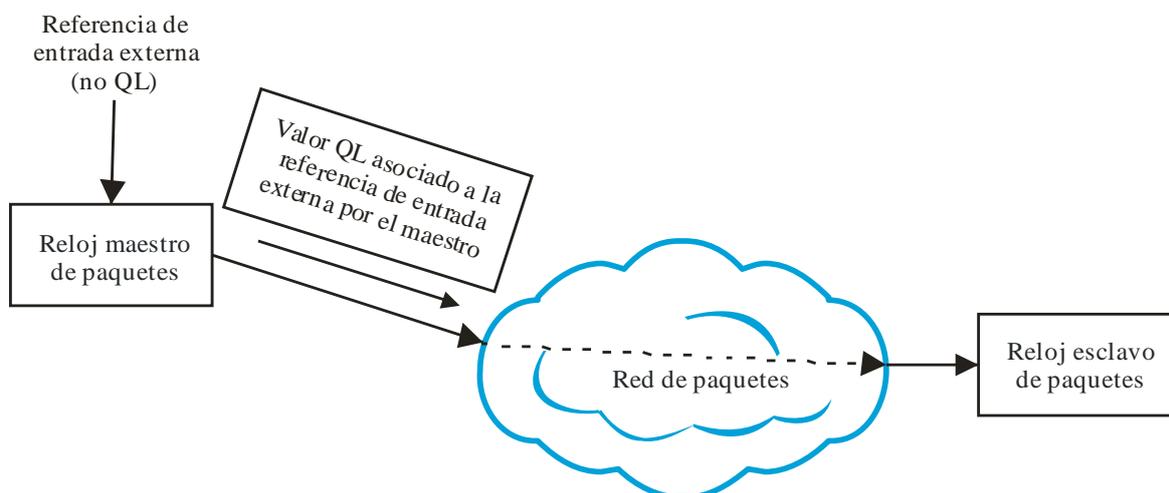
Esto hará que si un maestro falla o es inaccesible, un esclavo conmutará a un maestro de seguridad pero no volverá a conmutar al maestro primario si el modo de no reversión se ha ejecutado y está activado.

7.2.2.4 Rastreabilidad forzada de función de maestro

Debe ser posible forzar el valor de rastreabilidad QL en la entrada del reloj maestro de paquetes.

El operador deberá definir caso por caso los escenarios y ejecuciones de red que utilizan esta funcionalidad, los cuales dependerán de la arquitectura del operador.

Esta función se ilustra en la Figura 3.



G.8265/Y.1365(10)_F03

Figura 3 – Ejemplo de caso en el que se necesita forzar el valor QL en la entrada del maestro PTPv2

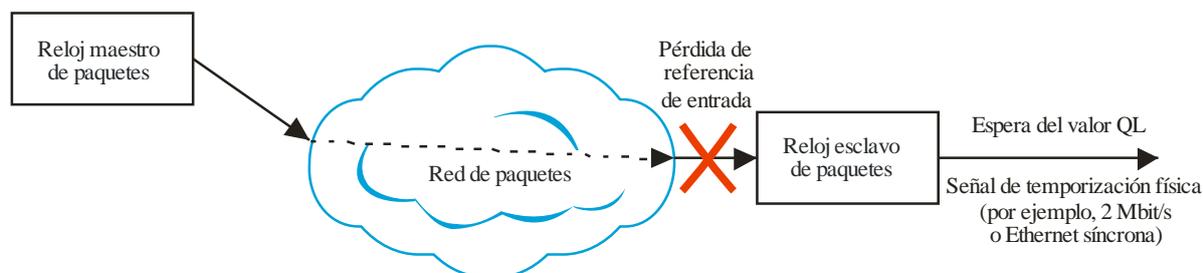
7.2.2.5 Función de espera QL de reloj esclavo de paquetes

Cuando hay suficiente funcionamiento en régimen libre en el reloj esclavo de paquetes debe ser posible retrasar la transición del valor QL en la salida de los esclavos. Esto permitirá al operador limitar la conmutación descendente de la arquitectura bajo ciertas ejecuciones de red cuando se pierda la rastreabilidad al maestro de paquetes.

NOTA – La espera de QL depende altamente de la calidad del reloj ejecutado en el esclavo y es para estudios posteriores.

El operador deberá definir caso por caso estos escenarios y ejecuciones de red.

Esta función se ilustra en la Figura 4.



G.8265/Y.1365(10)_F04

Figura 4 – Ejemplo de caso con espera de QL en la salida del reloj esclavo de paquetes

7.2.2.6 Función de silenciamiento de salida de esclavo

Si el esclavo de paquetes proporciona una interfaz de sincronización de salida externa (p.ej. 2 MHz), deberá ejecutarse una función de silenciamiento para proteger la arquitectura descendente y ciertas aplicaciones finales.

Esta función se utiliza en ciertas condiciones de fallo de señal de temporización de paquetes ascendentes entre el maestro de paquetes y el esclavo de paquetes.

El operador deberá definir caso por caso estos escenarios y ejecuciones de red. Por ejemplo, una aplicación sería un esclavo de paquetes externo al final del equipo, como una estación de base, que puede aplicar condiciones de régimen libre mejores que un esclavo de paquetes. En este caso se recomienda silenciar la señal a la salida del esclavo de paquetes en condiciones de fallo de

temporización de paquetes para que el equipo final conmute a régimen libre en lugar de sincronizarlo con el régimen libre del esclavo de paquetes.

Las ejecuciones arquitectónicas que utilizan esta función son para estudios posteriores. La función se ilustra en la Figura 5.

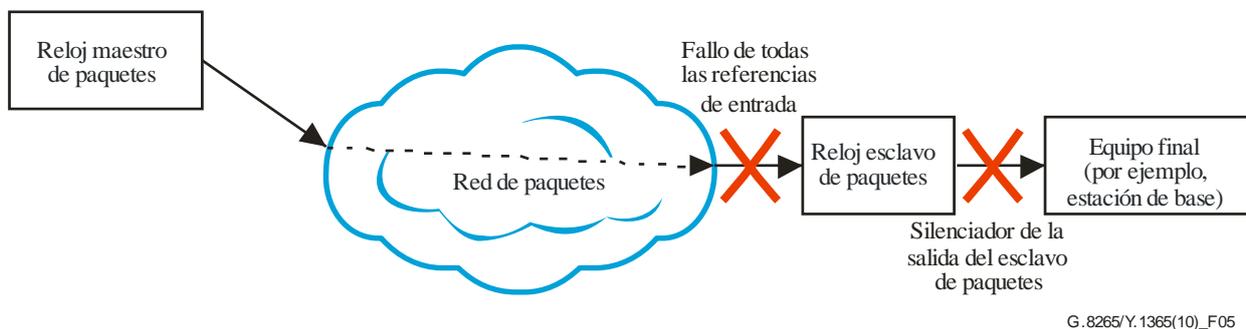


Figura 5 – Silenciamiento en salida de esclavo de paquetes

7.3 Partición de red de paquetes

Las redes de paquetes pueden dividirse en varios dominios administrativos diferentes. En el transporte de temporización por la red de paquetes debe tenerse en cuenta la partición de redes en diferentes dominios de administración, como se ilustra en la Figura 6. Esto podría significar, por ejemplo, que los relojes maestros de paquetes pueden estar en diferentes dominios administrativos. La operación en esta configuración puede estar limitada por las capacidades de protocolo y es para estudios posteriores.

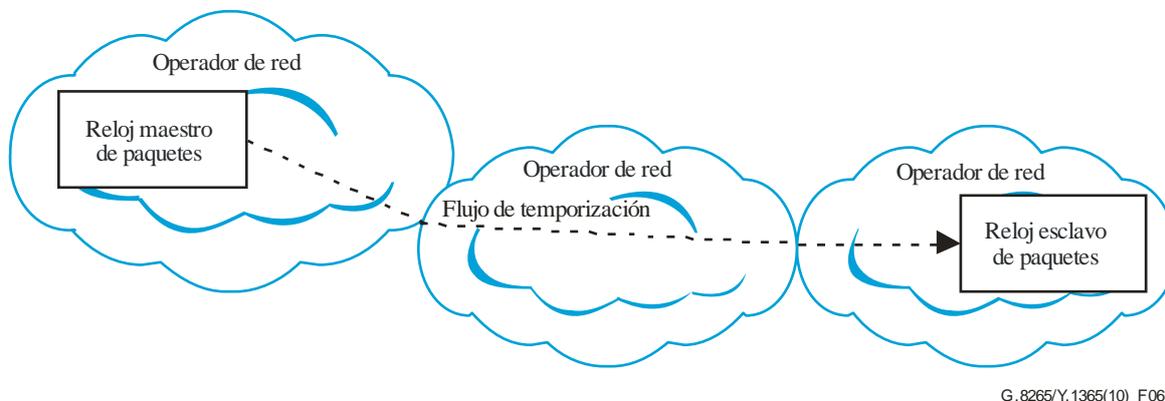


Figura 6 – Flujo de temporización de paquetes por red particionada

El paso de temporización basada en paquete entre dominios administrativos no se especifica en la presente versión de la Recomendación y es para estudios posteriores. Hay problemas relativos a la demarcación del flujo de temporización de paquetes y al funcionamiento transferido entre operadores.

Debido a la operación de redes basadas en paquetes y a su repercusión en la recuperación de temporización basada en paquetes, especialmente en condiciones de estrés, el funcionamiento derivado es difícil de caracterizar. En lo que respecta a la recuperación de extremo a extremo de temporización desde un flujo de temporización de paquetes, pueden darse situaciones en las que sea difícil determinar la ubicación de los problemas de funcionamiento, especialmente si la temporización de paquetes atraviesa múltiples dominios administrativos.

Cuando hay múltiples dominios administrativos pueden aplicarse otros métodos basados en sincronización de capa física (por ejemplo, Ethernet síncrono sobre OTN) para la distribución de

frecuencias. Los detalles al respecto están fuera del alcance de la presente Recomendación. Puede encontrarse más información en el apartado 11 de [UIT-T G.8264].

7.4 Combinación de tecnologías

Los servicios de paquete pueden transportarse por una red de conmutación de paquetes cuando el núcleo y el acceso se llevan por otras tecnologías. Esto puede afectar al funcionamiento de la variación del retardo de paquetes y a la habilidad del reloj subordinado para derivar frecuencia. Por ejemplo, en el núcleo, los paquetes con indicación de tiempo pueden atravesar encaminadores, conmutadores o puentes interconectados por enlaces Ethernet, mientras que la interconexión de porción de acceso puede ser xDSL o PON.

Una conexión a través de una red puede consistir en una concatenación de diferentes tecnologías. El funcionamiento PDV puede ser diferente en función de estas tecnologías. La PDV agregada puede por lo tanto diferir cuando se despliegan combinaciones de diferentes tecnologías. Puede ser necesario el ajuste de reloj subordinado si se utilizan diferentes tecnologías.

La información relativa a las contribuciones PDV de cada tecnología de transporte y el funcionamiento de relojes subordinados son para estudios posteriores.

8 Protocolos basados en paquetes para distribución de frecuencia

8.1 Protocolos basados en paquetes

Como se indica en el apartado 6, la transferencia de frecuencias por redes de paquetes no es inherente a la capa de paquetes. Cuando se requiere una transferencia de frecuencias pueden utilizarse métodos como la emulación de circuitos, que utiliza métodos de recuperación de reloj adaptable o diferencial [UIT-T G.8261].

Existen protocolos de distribución de tiempo, como NTP y PTP [IEEE 1588]. Aunque los protocolos están destinados en primera instancia a la distribución del tiempo, también es posible derivar frecuencias. A continuación se ofrece una descripción general sobre los protocolos y aclaraciones sobre la necesidad de definir más aspectos en cuanto a su uso para la distribución de frecuencias. Nótese que el funcionamiento obtenido puede depender también de factores fuera de las definiciones de protocolo.

8.2 Descripción general PTP [IEEE 1588]

En [IEEE 1588] se describe el "protocolo de tiempo de precisión", conocido como PTP. El protocolo PTP permite la transferencia de tiempo precisa entre dos entidades (relojes) mediante la transmisión de mensajes con indicaciones de tiempo precisas que representan una estimación del tiempo en el que se envía el paquete. La transmisión repetida de mensaje también permite la derivación de frecuencia.

El protocolo PTP soporta operación unidifusión y multidifusión. Además, el protocolo proporciona el soporte a dos modos de reloj, un modo de un paso y un modo de dos pasos, lo que implica la transmisión de un mensaje Follow-up adicional. Los mensajes adicionales también se definen para otros propósitos, como señalización y gestión.

Aunque la primera versión de [IEEE 1588] se elaboró para automatización industrial, la segunda versión se amplió para poder aplicarse a otras aplicaciones como las telecomunicaciones. El protocolo puede adaptarse a aplicaciones especiales creando "perfiles" en los que se indique qué subgrupo de funcionalidades pueden necesitarse, junto con cualquier configuración relacionada, para abarcar una aplicación especial. El UIT-T se ocupa de la aplicación a entornos de telecomunicaciones.

En [IEEE 1588] se definen varios tipos de relojes: común, frontera y transparente. Aunque la norma define relojes, estos son solo construcciones de alto nivel. El funcionamiento que puede conseguirse con el protocolo PTP se basa en factores fuera del alcance de [IEEE 1588].

En [b-UIT-T G.8265.1] figura un perfil PTP aplicable a aplicaciones de telecomunicaciones utilizando relojes comunes en un entorno unidifusión. Los perfiles elaborados por el UIT-T están destinados a cumplir todos los requisitos de alto nivel establecidos en la presente Recomendación.

8.3 NTP – Descripción general

NTPv4 se define en [IETF RFC 5905], que deja en desuso [b-IETF RFC 1305] (NTP v3) y [b-IETF RFC 4330] (SNTP).

En [IETF RFC 5905] se define un protocolo y un algoritmo para distribuir sincronización de tiempo, pero el protocolo en hilo NTP también puede utilizarse para distribuir referencia de frecuencia. En este caso debe desarrollarse un algoritmo concreto para recuperar frecuencias, y solo será necesario tener en cuenta el formato de paquetes y aspectos de protocolo. La ejecución concreta en el cliente para la recuperación de reloj de sincronización de frecuencias puede considerarse similar a una ejecución utilizando otros protocolos de paquete.

Según [IETF RFC 5905], un cliente SNTP no necesita ejecutar algoritmos NTP especificados en [IETF RFC 5905]. En particular, en [IETF RFC 5905] se indica que clientes y servidores primarios que cumplen un subconjunto de NTP, llamado protocolo de señales horarias de red simple (SNTP), no necesitan ejecutar los algoritmos de reducción descritos en las secciones pertinentes de [IETF RFC 5905]. El cliente SNTP puede operar con cualquier subconjunto de protocolo en hilo NTP a través del enfoque más sencillo utilizando únicamente la estimación de tiempo de transmisión del paquete de servidor e ignorando los demás campos.

Uno de los aspectos a tener en cuenta es que en algunas aplicaciones puede que la velocidad de paquetes requerida sea más alta (valor MINPOLL inferior) que el límite propuesto en ese momento para el algoritmo de sincronización de tiempo especificado en [IETF RFC 5905]. Al respecto, en [IETF RFC 5905] se indica que, en lo relativo al parámetro MINPOLL, "Están en formato de enteros de 8 bits con signo en log₂ (log base 2) segundos... [y] los límites propuestos por defecto para intervalos Poll mínimo y máximo son 6 y 10, respectivamente".

NOTA – El modo detallado de uso de NTP para la aplicación en concreto, incluido el método de soporte SSM según los requisitos del apartado 6, es para estudios posteriores.

En el Apéndice XII (Principios básicos de temporización en redes de paquetes) de [UIT-T G.8261] figura más información sobre el uso de paquetes de temporización (como NTP) para la transferencia de frecuencias.

9 Aspectos de seguridad

A diferencia de los trenes de temporización tradicionales donde la frecuencia se transporta sobre la capa física, los trenes de temporización basados en paquetes pueden observarse en diferentes puntos en la red. Puede haber casos en los que paquetes de temporización discurren por múltiples dominios de red, lo que puede introducir requisitos de seguridad concretos. También puede haber aspectos de seguridad relativos a la vez a la red (p.ej. autenticación y/o autorización) y al propio protocolo PTF.

Es importante permitir la operación con técnicas de seguridad existentes basadas en normas para velar por la integración de la sincronización. Algunos ejemplos son las técnicas de encriptación y/o autenticación, o las técnicas de red para separar tráfico, como VLAN o LSP. En particular:

- debe evitarse que esclavos se conecten a maestros maliciosos (mediante un proceso de autenticación o utilizando una separación de redes para evitar que maestros maliciosos accedan a esclavos);
- debe evitarse que maestros presten servicio a esclavos no autorizados.

Puede que no sea posible aplicar algunos de estos requisitos sin degradar el nivel general de funcionamiento de sistema o temporización.

Los aspectos de seguridad son para estudios posteriores.

Apéndice I

Bibliografía

- [b-UIT-T G.8262] Recomendación UIT-T G.8262/Y.1362 (2010), *Características de temporización del reloj subordinado de los equipos síncronos de Ethernet.*
- [b-UIT-T G.8265.1] Recomendación UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010), *Precisión del perfil de protocolo telecom para la sincronización de frecuencias.*
- [b-IETF RFC 1305] IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis.*
- [b-IETF RFC 4330] IETF RFC 4330 (2006), *Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI.*

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y

**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET,
REDES DE PRÓXIMA GENERACIÓN, INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES INTELIGENTES**

INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN	
Generalidades	Y.100–Y.199
Servicios, aplicaciones y programas intermedios	Y.200–Y.299
Aspectos de red	Y.300–Y.399
Interfaces y protocolos	Y.400–Y.499
Numeración, direccionamiento y denominación	Y.500–Y.599
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.600–Y.699
Seguridad	Y.700–Y.799
Características	Y.800–Y.899
ASPECTOS DEL PROTOCOLO INTERNET	
Generalidades	Y.1000–Y.1099
Servicios y aplicaciones	Y.1100–Y.1199
Arquitectura, acceso, capacidades de red y gestión de recursos	Y.1200–Y.1299
Transporte	Y.1300–Y.1399
Interfuncionamiento	Y.1400–Y.1499
Calidad de servicio y características de red	Y.1500–Y.1599
Señalización	Y.1600–Y.1699
Operaciones, administración y mantenimiento	Y.1700–Y.1799
Tasación	Y.1800–Y.1899
Televisión IP sobre redes de próxima generación	Y.1900–Y.1999
REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN	
Marcos y modelos arquitecturales funcionales	Y.2000–Y.2099
Calidad de servicio y calidad de funcionamiento	Y.2100–Y.2199
Aspectos relativos a los servicios: capacidades y arquitectura de servicios	Y.2200–Y.2249
Aspectos relativos a los servicios: interoperabilidad de servicios y redes en las redes de la próxima generación	Y.2250–Y.2299
Mejoras de las NGN	Y.2300–Y.2399
Gestión de red	Y.2400–Y.2499
Arquitecturas y protocolos de control de red	Y.2500–Y.2599
Redes basadas en paquetes	Y.2600–Y.2699
Seguridad	Y.2700–Y.2799
Movilidad generalizada	Y.2800–Y.2899
Entorno abierto con calidad de operador	Y.2900–Y.2999
REDES FUTURAS	Y.3000–Y.3499
COMPUTACIÓN EN LA NUBE	Y.3500–Y.3999

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios de tarificación y contabilidad y cuestiones económicas y políticas de las telecomunicaciones/TIC internacionales
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 multimedia
Serie I	Red digital de servicios integrados
Serie J	Redes de cable y transmisión de programas radiofónicos y televisivos, y de otras señales multimedia
Serie K	Protección contra las interferencias
Serie L	Medio ambiente y TIC, cambio climático, ciberdesechos, eficiencia energética, construcción, instalación y protección de los cables y demás 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 la transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes de líneas locales
Serie Q	Conmutación y señalización, y mediciones y pruebas asociadas
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, redes de próxima generación, Internet de las cosas y ciudades inteligentes
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación