

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.8265.1/Y.1365.1

Corrigendum 1
(04/2016)

**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

Perfil de telecomunicaciones del protocolo de
tiempo de precisión para la sincronización de
frecuencia

Corrigendum 1

Recomendación UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014) –
Corrigendum 1

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.8265.1/Y.1365.1

Perfil de telecomunicaciones del protocolo de tiempo de precisión para la sincronización de frecuencia

Corrigendum 1

Resumen

La Recomendación UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 contiene el perfil de protocolo de tiempo de precisión (PTP) del UIT-T para la distribución de frecuencia sin soporte de temporización de la red (unidifusión). Se presentan los detalles necesarios para utilizar IEEE 1588 de manera coherente con la arquitectura descrita en la Recomendación UIT-T G.8265/Y.1365. En esta edición de la Recomendación se define el perfil PTP sólo para la unidifusión. En futuras ediciones de la Recomendación se incluirá otro perfil para el modo unidifusión/multidifusión mixto.

En este Corrigendum 1 se corrige el formato de especificación del parámetro `logInterMessageInterval`, que especifica el periodo de mensaje mínimo del perfil de telecomunicaciones para frecuencia y se corrige el texto para aclarar que sólo se utiliza el modo unidifusión negociado.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T G.8265.1/Y.1365.1	2010-10-07	15	11.1002/1000/10911
1.1	ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010) Amd. 1	2011-04-13	15	11.1002/1000/11143
1.2	ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010) Amd. 2	2012-10-29	15	11.1002/1000/11821
2.0	ITU-T G.8265.1/Y.1365.1	2014-07-22	15	11.1002/1000/12193
2.1	ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014) Cor. 1	2016-04-13	15	11.1002/1000/12811

* 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 [ha recibido/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 2019

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
3.2 Términos definidos en esta Recomendación	2
4 Abreviaturas y acrónimos	2
5 Convenios	2
6 Uso del PTP para la distribución de frecuencia.....	3
6.1 Requisitos de diseño de alto nivel	3
6.2 Descripción general	5
6.3 Modos PTP	5
6.4 Correspondencia de PTP	7
6.5 Velocidades de transmisión de mensajes	7
6.6 Negociación del mensaje de unidifusión.....	7
6.7 BMCA alternativo, modelo de esclavo de telecomunicaciones y proceso de selección de maestro	10
6.8 Funciones de protección adicionales	15
7 Perfil PTP del UIT-T para la distribución de frecuencia sin soporte de temporización de la red.....	16
8 Aspectos de seguridad	16
Anexo A – Perfil PTP del UIT-T para la distribución de frecuencia sin soporte de temporización de la red (modo unidifusión).....	17
A.1 Identificación del perfil	17
A.2 Valores de los atributos del PTP	17
A.3 Opciones del PTP	21
A.4 Opciones del algoritmo de reloj maestro óptimo	22
A.5 Opción de medición del retardo del trayecto (retardo de petición/retardo de respuesta)	22
A.6 Opciones de gestión de la configuración.....	22
A.7 Formato de la identidad del reloj.....	22
A.8 Banderas utilizadas en este perfil	23
A.9 Campo de control (controlField)	23
Apéndice I – Utilización del modo unidifusión/multidifusión mixto para los mensajes PTP.	24

Recomendación UIT-T G.8265.1/Y.1365.1

Perfil de telecomunicaciones del protocolo de tiempo de precisión para la sincronización de frecuencia

Corrigéndum 1

Nota editorial: Esta publicación contiene la totalidad del texto. Las modificaciones introducidas por este corrigéndum en la Recomendación UIT-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014) se muestran con marcas de revisión.

1 Alcance

Esta Recomendación especifica un perfil para aplicaciones de telecomunicaciones basado en el protocolo de tiempo de precisión (PTP) [IEEE 1588]. El perfil identifica las funciones de [IEEE 1588] que son necesarias a fin de garantizar la interoperabilidad de los elementos de red para la distribución de frecuencia únicamente. El perfil se basa en la arquitectura descrita en [UIT-T G.8275] y en las definiciones incluidas en [UIT-T G.8260]. La primera versión del perfil especifica los requisitos de diseño de alto nivel, los modos de funcionamiento para el intercambio de mensajes PTP, la correspondencia del protocolo PTP, la utilización de la transmisión y la negociación de unidifusión, un algoritmo de reloj maestro óptimo (BMCA, *best master clock algorithm*) alternativo, así como los parámetros de configuración del protocolo PTP. Queda en estudio el soporte de los modos unidifusión/multidifusión mixto y unidifusión estática.

En esta Recomendación también se especifican algunos aspectos que es necesario utilizar en un entorno de telecomunicaciones que están fuera del alcance del perfil PTP, pero que lo complementan.

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

- [UIT-T G.781] Recomendación UIT-T G.781 (2008), *Funciones de la capa de sincronización.*
- [UIT-T G.8260] Recomendación UIT-T G.8260 (2012), *Definiciones y terminología para la sincronización en redes de paquetes.*
- [UIT-T G.8265] Recomendación UIT-T G.8265/Y.1365 (2010), *Arquitectura y requisitos para la entrega de frecuencia basada en paquetes.*
- [IEEE 1588] IEEE 1588-2008, *Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems.*

3 Definiciones

3.1 Términos definidos en otros documentos

La presente Recomendación utilizará 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 G.8260]

3.2 Términos definidos en esta Recomendación

Ninguno.

4 Abreviaturas y acrónimos

En esta Recomendación se utilizan las siguientes abreviaturas y acrónimos:

BMC	Reloj maestro óptimo (<i>best master clock</i>)
BMCA	Algoritmo de reloj maestro óptimo (<i>best master clock algorithm</i>)
EUI	Identificador único ampliado (<i>extended unique identifier</i>)
GM	Maestro principal (<i>grand master</i>)
LSP	Trayecto conmutado por etiquetas (<i>label switched path</i>)
MPLS	Conmutación por etiquetas multiprotocolo (<i>multi-protocol label switching</i>)
NTP	Protocolo de señales horarias de red (<i>network time protocol</i>)
OC	Reloj común (<i>ordinary clock</i>)
ParentDS	Conjunto de datos principal (terminología utilizada en [IEEE 1588]) (<i>parent data set terminology used in [IEEE 1588]</i>)
PDV	Variación del retardo de paquetes (<i>packet delay variation</i>)
PTP	Protocolo de tiempo de precisión (<i>precision time protocol</i>)
PTSF	Fallo de la señal de temporización de paquetes (<i>packet timing signal fail</i>)
QL	Nivel de calidad (<i>quality level</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SOOC	Reloj común sólo esclavo (<i>slave-only ordinary clock</i>)
SSM	Mensaje de estado de señalización (<i>synchronization status message</i>)
SyncE	Ethernet síncrona (<i>synchronous ethernet</i>)
TLV	Valor de la longitud del tipo (<i>type length value</i>)
UDP	Protocolo de datagrama de usuario (<i>user datagram protocol</i>)
VLAN	Red de área local virtual (<i>virtual local area network</i>)

5 Convenios

En la presente Recomendación se utilizan los siguientes convenios: el término PTP hace referencia a la versión 2 del protocolo PTP definido en [IEEE 1588]. Por "esclavo" o "reloj esclavo" se ha de entender un "reloj común sólo esclavo" (SOOC, *slave-only ordinary clock*), definido en la cláusula 9.2.2 de [IEEE 1588]. Un "esclavo de telecomunicaciones" es un dispositivo formado por uno o más SOOC. Por "maestro", "maestro de paquetes" o "reloj maestro de paquetes" se ha de entender un "gran maestro", definido en [IEEE 1588]. Los mensajes PTP utilizados en esta Recomendación se definen en [IEEE 1588] y se identifican mediante texto en letra cursiva.

6 Uso del PTP para la distribución de frecuencia

La norma [IEEE 1588] fue creada por el IEEE en un principio para atender los requisitos de temporización de la automatización industrial. En la norma [IEEE 1588] se presenta el protocolo de tiempo de precisión (PTP) diseñado para permitir la transferencia precisa de tiempo.

Tras la publicación de la primera versión de la norma, se empezó a trabajar en la preparación de una segunda versión con características útiles para el transporte del protocolo sobre una red de área amplia. En esta "Versión 2" de IEEE 1588 se introduce también el concepto de "perfil", en virtud del cual pueden seleccionarse y especificarse aspectos del protocolo para un uso particular distinto del objetivo inicial de la automatización industrial. En esta Recomendación se definen las aplicaciones del "perfil para telecomunicaciones" que da soporte a las arquitecturas específicas descritas en [UIT-T G.8265].

Para declarar el cumplimiento del perfil de telecomunicaciones deben satisfacerse los requisitos de la presente Recomendación así como los requisitos pertinentes de [IEEE 1588] recogidos en el Anexo A.

En las secciones siguientes se presenta información detallada del perfil de telecomunicaciones, si bien el perfil propiamente dicho se incluye en el Anexo A. Se siguen las normas generales para la especificación de un perfil de [IEEE 1588].

El perfil de telecomunicaciones [IEEE 1588] definido en esta Recomendación está diseñado para su utilización por aplicaciones que sólo necesitan la sincronización de frecuencia. No se contemplan las aplicaciones que necesitan la armonización de fase y/o de la hora del día. Este perfil se aplica al caso en que se utilicen maestros y esclavos PTP en redes cuyos nodos intermedios entre el maestro PTP y el esclavo PTP no soporten el protocolo PTP.

También es importante señalar que el protocolo PTP por defecto se basa en la multidifusión. Este perfil utiliza únicamente el modo unidifusión negociado. Quedan en estudio el funcionamiento en unidifusión/multidifusión mixto y el modo unidifusión estático.

Este perfil de telecomunicaciones PTP define los parámetros de [IEEE 1588] que deben utilizarse para garantizar la interoperabilidad del protocolo entre distintas implementaciones y especifica características facultativas, valores por defecto de atributos configurables y mecanismos que deben soportarse. Sin embargo, no garantiza que se satisfagan los requisitos de calidad de funcionamiento de una determinada aplicación. Estos aspectos de calidad de funcionamiento están estudiándose e implican elementos adicionales al propio perfil PTP.

6.1 Requisitos de diseño de alto nivel

En la cláusula 19.3.1.1 de [IEEE 1588] se establece:

"El objetivo del perfil PTP es permitir a las organizaciones seleccionar un conjunto específico de valores de atributos y de características facultativas del PTP que interfuncionan y consiguen una calidad de funcionamiento que satisface los requisitos de una aplicación en particular cuando utilizan el mismo protocolo de transporte."

Para el funcionamiento en una red de telecomunicaciones también deben cumplirse algunos criterios adicionales coherentes con prácticas normalizadas de sincronización en el ámbito de las telecomunicaciones. Por lo tanto, el perfil PTP para la distribución de frecuencia debe cumplir los siguientes requisitos de alto nivel:

- 1) Permitir la interoperabilidad entre los relojes maestros PTP y los relojes esclavos PTP conformes con el perfil.

Esto implica que los relojes maestros PTP conformes con el perfil deben tener la capacidad de dar servicio a múltiples relojes esclavos PTP de distintos fabricantes; y que los esclavos han de poder derivar la sincronización de uno o más maestros de distintos fabricantes.

- 2) Permitir el funcionamiento en redes de telecomunicaciones de área amplia por paquetes gestionadas.

Pueden incluirse aquí redes basadas en protocolos como Ethernet, IP y la conmutación por etiquetas multiprotocolo (MPLS, *multi-protocol label switching*) y sus combinaciones.

- 3) Definir velocidades de mensaje y valores paramétricos coherentes con la distribución de frecuencia acorde a la calidad de funcionamiento requerida de las aplicaciones de telecomunicaciones.

Téngase en cuenta que el perfil no garantiza por sí mismo el cumplimiento de los criterios de calidad de funcionamiento, pero debe permitir que se alcance esa calidad de funcionamiento si se utiliza el equipo adecuadamente diseñado en una red de paquetes adecuadamente diseñada y gestionada.

- 4) Permitir la interoperabilidad con las redes de sincronización existentes (como la Ethernet síncrona (SyncE, *synchronous Ethernet*) y la jerarquía digital síncrona (SDH, *synchronous digital hierarchy*).

Concretamente, esto quiere decir que el perfil debe definir el medio que soporte la transmisión de los valores de nivel de calidad (QL, *quality level*) de [UIT-T G.781] desde el reloj maestro de paquetes hasta el reloj esclavo de paquetes con trazabilidad plena hasta la referencia primaria.

Los niveles QL transmitidos deben ser coherentes con la práctica de sincronización existente y la calidad de funcionamiento de los relojes en la cadena de sincronización.

- 5) Permitir que la red de sincronización se diseñe y se configure con una disposición fija determinada.

Los maestros han de ser siempre maestros y los esclavos ser siempre esclavos. Se ha de evitar la reconfiguración autónoma de la red de sincronización (por ejemplo, mediante un proceso automático, como el algoritmo de reloj maestro óptimo descrito en [IEEE 1588]).

- 6) Permitir la creación de esquemas de protección conformes con las prácticas normalizadas en el ámbito de las redes de telecomunicaciones.

Se ha de incluir:

- la protección física con *hardware* redundante y maestro en la misma ubicación;
- la protección geográfica con un maestro distinto en una ubicación diferente. Se han de poder crear esquemas de protección 1:1 y N:1 para los relojes maestros de paquetes.

- 7) Definir los criterios que han de cumplir los esclavos para conmutar de un reloj maestro de paquetes a otro reloj maestro de paquetes.

Estos criterios estarán basados en criterios de telecomunicaciones normalizados, a saber, primero el valor QL y luego los valores prioritarios.

- 8) Permitir el funcionamiento de técnicas normalizadas existentes para garantizar la integridad de la sincronización.

Pueden citarse como ejemplo las técnicas de encriptación y/o autenticación o las técnicas de red para separar el tráfico, como las redes virtuales de área local (VLAN, *virtual local area network*) o los trayectos conmutados por etiquetas (LSP, *label switched path*). Téngase en cuenta que el perfil no tiene que definir esas técnicas, pero nada en él debe impedir su utilización.

- Se ha de evitar que los esclavos se conecten a maestros malignos (mediante un proceso de autenticación o utilizando la separación de red para evitar que los maestros malignos accedan a los esclavos).
- Se ha de evitar que los maestros den servicio a esclavos no autorizados.

Téngase en cuenta que puede ser imposible imponer algunos de estos requisitos sin degradar efectivamente la calidad de funcionamiento global del sistema.

6.2 Descripción general

En [IEEE 1588] se definen varios tipos de relojes con diversos grados de procesamiento del mensaje PTP. En esta Recomendación sólo se contemplan los relojes comunes definidos en [IEEE 1588]. Quedan fuera de esta edición de la Recomendación los relojes de frontera y los relojes transparentes definidos en [IEEE 1588].

La calidad de funcionamiento que pueda alcanzar el reloj esclavo depende de varios factores, siendo los más importantes la variación del retardo de paquetes y la estabilidad del oscilador interno del reloj esclavo. Estos aspectos quedan fuera del alcance de esta edición de la Recomendación.

6.2.1 Dominios

Un dominio consta de una agrupación lógica de relojes que se comunican entre sí utilizando el protocolo PTP.

Los dominios PTP se utilizan para la partición de una red dentro de un dominio administrativo. Los mensajes y conjuntos de datos PTP están asociados a un dominio y, por lo tanto, el protocolo PTP es independiente para distintos dominios.

A efectos de este perfil, los dominios PTP se establecen por mensajería de unidifusión para garantizar el aislamiento de los relojes rectores. Un reloj (esclavo o maestro) no debe tomar información de un dominio PTP y utilizarla para influir en el comportamiento de un reloj de otro dominio PTP.

NOTA – En cada dominio PTP hay un solo reloj maestro de paquete único. Dentro de un dominio PTP, el número de dominio será idéntico para todos los relojes.

Por ejemplo, en la Figura 2 hay N dominios PTP. Cada maestro utiliza el mismo número de dominio PTP. La separación entre dominios se logra con mensajes de unidifusión.

6.2.2 Mensajes

En [IEEE 1588] se definen dos tipos de mensajes: mensajes PTP de evento y generales. La diferencia entre ambos tipos es que los mensajes de evento son mensajes temporizados y necesitan o contienen un sello de tiempo preciso. Los mensajes generales no necesitan sellos de tiempo precisos.

En [IEEE 1588] se definen los siguientes tipos de mensajes: *Sync* (sincronización), *Delay_Req* (solicitud de retardo), *Announce* (anuncio), *Follow_Up* (seguimiento), *Delay_Resp* (respuesta de retardo), *Management* (gestión) y *Signaling* (señalización).

6.3 Modos PTP

En [IEEE 1588] se describen varios modos de funcionamiento entre un maestro y un esclavo. En esta cláusula se describen esos modos con respecto a la funcionalidad necesaria para ajustarse a este perfil.

6.3.1 Funcionamiento unidireccional y bidireccional

PTP es un protocolo diseñado para entregar sincronización de tiempo. Para compensar el retardo de propagación de los mensajes por la red, los mensajes se envían en ambas direcciones para poder medir el retardo de ida y vuelta. Se estima así que el retardo de ida es la mitad del retardo de ida y vuelta. Esto se conoce como funcionamiento bidireccional. Sin embargo, cuando PTP se utiliza para entregar frecuencia únicamente, no es necesario el funcionamiento bidireccional, pues no es necesario compensar el retardo de propagación de los mensajes de sincronización. Para la distribución de frecuencia se puede utilizar el funcionamiento unidireccional.

Sin embargo, algunas implementaciones de recuperación de reloj sí utilizan el modo bidireccional, aun cuando la aplicación sólo exige la distribución de frecuencia. De hecho, el algoritmo de recuperación de reloj puede utilizar el trayecto "inverso" (es decir, los mensajes *Delay_Req*). Por el contrario, se puede utilizar un esquema sólo unidireccional para reducir el ancho de banda consumido por los mensajes PTP.

Un maestro PTP conforme con el perfil debe poder soportar la transferencia de temporización unidireccional y bidireccional. Sin embargo, un esclavo puede funcionar de manera unidireccional o bidireccional, pero no está obligado a soportar ambos modos.

6.3.2 Modo de reloj de un paso y de dos pasos

PTP define dos tipos de comportamiento de reloj: el "reloj de un paso" y el "reloj de dos pasos". En un reloj de un paso, el sello de tiempo preciso se transporta directamente en el mensaje *Sync*. En un reloj de dos pasos se utiliza un mensaje *Follow_Up* para transportar el sello de tiempo preciso del mensaje *Sync* correspondiente. En el protocolo PTP la utilización de mensajes *Follow_Up* es optativa.

Cabe señalar que el modo de reloj de un paso permite reducir notablemente el número de mensajes PTP que envía el maestro y relajar sus capacidades.

Sin embargo, en ocasiones puede ser necesario recurrir al modo de reloj de dos pasos (por ejemplo, cuando se necesitan ciertas funcionalidades de seguridad). Tales casos quedan en estudio.

En este perfil se soportan los relojes de un paso y de dos pasos. Un maestro PTP que sea conforme con el perfil puede usar un reloj de un paso o de dos pasos, o ambos.

NOTA – Queda en estudio la calidad de funcionamiento del flujo de temporización PTP generado por el maestro con esos dos modos.

Para ser conforme con [IEEE 1588] un esclavo debe poder procesar relojes de un paso y de dos pasos, sin ninguna configuración en particular.

De acuerdo con la cláusula 7.3.8.3 de [IEEE 1588], cuando se utiliza un reloj de dos pasos, el valor de la bandera "twoStepFlag" debe ser VERDADERO para indicar que tras el mensaje *Sync* llegará un mensaje *Follow_up* y que el esclavo no debe tener en cuenta el sello de tiempo incorporado en el mensaje *Sync*. Cuando se utiliza un reloj de un paso, el valor de la bandera "twoStepFlag" debe ser FALSO y, en este caso, el esclavo debe considerar el sello de tiempo incorporado en el mensaje *Sync*.

6.3.3 Modo unidifusión y modo multidifusión

PTP permite utilizar los modos unidifusión y multidifusión para transmitir mensajes PTP.

Con el perfil PTP especificado en el Anexo A, se utiliza el modo unidifusión negociado para todos los mensajes PTP.

Queda en estudio la utilización del modo multidifusión para algunos o todos los mensajes PTP. ~~En futuras ediciones de la Recomendación podrá incluirse un perfil PTP distinto para el modo unidifusión/multidifusión mixto.~~

En el Apéndice I puede encontrarse información al respecto.

Un maestro o un esclavo conformes con el perfil PTP especificado en el Anexo A debe soportar el modo unidifusión negociado. ~~Queda en estudio el soporte de los modos unidifusión y multidifusión combinados.~~

~~Un esclavo conforme con el perfil PTP especificado en el Anexo A debe soportar el modo unidifusión.~~ Queda en estudio el soporte de los modos unidifusión/multidifusión mixto y ~~multidifusión combinados~~ unidifusión estático.

6.4 Correspondencia de PTP

Este perfil de telecomunicaciones PTP se basa en la correspondencia de PTP definida en el Anexo D de [IEEE 1588], *Transport of PTP over User Datagram Protocol over Internet Protocol Version 4* y en el Anexo E de [IEEE 1588], *Transport of PTP over User Datagram Protocol over Internet Protocol Version 6*.

Por lo tanto, un maestro o un esclavo conformes con el perfil descrito en esta Recomendación debe ser conforme con el Anexo D de [IEEE 1588] y puede ser conforme con el Anexo E de [IEEE 1588].

~~Queda en estudio, dentro del marco de este perfil de telecomunicaciones PTP, la utilización de la correspondencia de PTP definida en el Anexo E de [IEEE 1588], *Transport of PTP over User Datagram Protocol over Internet Protocol Version 6*.~~

NOTA – La utilización de la correspondencia IP/UDP facilita la utilización del direccionamiento OP. Esto no implica que pueda transportarse un flujo PTP por una red de paquetes no gestionada. Se supone que se utilizará una red de paquetes bien controlada para controlar y minimizar la variación del retardo de paquetes.

6.5 Velocidades de transmisión de mensajes

Los valores de la velocidad de transmisión de mensajes sólo se definen para la interoperabilidad del protocolo. No se prevé que un reloj esclavo tenga que cumplir los requisitos de calidad de funcionamiento objetivo pertinentes a todas las velocidades de paquetes dentro de una horquilla determinada, sobre todo a la velocidad de paquetes más baja. El valor adecuado depende de las características del reloj y de los requisitos de calidad de funcionamiento objetivo. También puede ser necesario aplicar velocidades de paquetes distintas durante el periodo de estabilización.

NOTA – A fin de cumplir sus objetivos de calidad de funcionamiento objetivo, es posible que una implementación de esclavo específica soporte un subconjunto de velocidades de transmisión de mensajes dentro de las gamas indicadas a continuación. Por otra parte un maestro debe soportar toda la gama de velocidades de transmisión de mensajes. A menos que la implementación especifique lo contrario, se supone la utilización de los valores por defecto indicados a continuación.

En el contexto de este perfil, pueden utilizarse los mensajes siguientes y deben respetarse las gamas velocidades indicadas para los mensajes de unidifusión:

- mensajes *Sync* (si se utilizan mensajes *Follow_up*, tendrán la misma velocidad) – velocidad mínima: un paquete cada 16 segundos; velocidad máxima: 128 paquetes por segundo;
- mensajes *Delay_Req/Delay_Resp* – velocidad mínima: un paquete cada 16 segundos; velocidad máxima: 128 paquetes por segundo;
- mensajes *Announce* – velocidad mínima: un paquete cada 16 segundos; velocidad máxima: ocho paquetes por segundo (el valor por defecto es un paquete cada dos segundos);
- mensajes *Signaling* – no se especifica la velocidad.

Queda en estudio la utilización de los mensajes *Management*.

6.6 Negociación del mensaje de unidifusión

Dentro de una red de telecomunicaciones resulta ventajoso permitir que los dispositivos esclavos PTP soliciten el servicio de sincronización a los maestros PTP. En [IEEE 1588] se ofrece un mecanismo para permitir que los esclavos soliciten este servicio en un entorno de unidifusión (véase la cláusula 16.1 de [IEEE 1588]). Este perfil soporta la negociación del mensaje de unidifusión de acuerdo con [IEEE 1588] como se describe a continuación.

Los relojes maestros de paquetes y los relojes sólo esclavos conformes con este perfil deben soportar el mecanismo de negociación de unidifusión de la cláusula 16.1 de [IEEE 1588] que se describe a continuación.

Únicamente los relojes sólo esclavos pueden solicitar el servicio de unidifusión al maestro.

Cuando se utiliza el modo unidifusión, los esclavos PTP solicitan el servicio de sincronización enviando un mensaje *Signaling* PTP por unidifusión con REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION TLV a la dirección IP del maestro PTP seleccionado.

NOTA 1 – En el marco de este perfil de telecomunicaciones queda en estudio el establecimiento de la conexión de unidifusión sin negociación. ~~En este perfil de telecomunicaciones la negociación de unidifusión esta activada por defecto.~~

El mensaje *Signaling* con REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION TLV se renueva periódicamente.

Cuando se inicia la negociación de unidifusión con un maestro, un esclavo puede utilizar todo 1 como valor inicial del campo targetPortIdentity del mensaje *Signaling*. A partir de la respuesta del maestro, el esclavo puede conocer los valores de clockIdentity y portNumber del maestro y utilizarlos en todo mensaje *Signaling* posterior. El esclavo también puede continuar utilizando todo 1. Del mismo modo, el maestro puede conocer y utilizar los valores de clockIdentity y portNumber del esclavo o utilizar todo 1 en el campo targetPortIdentity de los mensajes *Signaling* que envía. Tanto el maestro como el esclavo deben estar preparados para ambas eventualidades en recepción, es decir, recibir mensajes *Signaling* PTP con sus propios valores de clockIdentity y portNumber o con todo 1 en el campo targetPortIdentity.

Puede configurarse el campo logInterMessagePeriod para ajustar la velocidad de transmisión requerida en los mensajes *Sync*, *Announce* y *Delay_Resp*.

En el Anexo A se presenta la gama de valores configurables del campo logInterMessagePeriod para todos los mensajes pertinentes.

El valor durationField de cada REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION TLV tiene un valor de inicialización por defecto de 300 segundos y su gama configurable va de 60 a 1 000 segundos.

En caso de que un maestro PTP no pueda responder a una solicitud de un esclavo, deberá denegar la solicitud por completo, en lugar de ofrecer al esclavo menos de lo que en principio ha solicitado.

En caso de que un maestro le deniegue el servicio o de que no reciba respuesta a la solicitud de servicio:

- Un esclavo deberá esperar como mínimo un segundo (tras la denegación o la no recepción de respuesta) antes de enviar una nueva solicitud de servicio por unidifusión para ese tipo de mensaje al mismo maestro.
- Si un esclavo ha enviado tres solicitudes de servicio para el mismo tipo de mensaje para las que no ha recibido respuesta o ha recibido una respuesta "denegada":
 - cancelará el servicio por unidifusión concedido que haya podido recibir para otros tipos de mensajes y solicitará el servicio a otro maestro; o
 - esperará otros 60 segundos antes de reenviar la solicitud al mismo maestro.

En la Figura 1 se muestra un ejemplo de intercambio de mensajes para iniciar el servicio de sincronización por unidifusión. El diagrama de temporización del ejemplo representa el intercambio de mensajes de unidifusión para un reloj de un paso (es decir, sin mensajes *Follow_up*) utilizando el modo unidireccional (es decir, sin *Delay_Req* ni *Delay_Resp*).

El ejemplo muestra una fase de negociación de unidifusión para un esclavo de paquetes que envía mensajes *Signaling* con solicitudes *Announce* y *Sync*; un maestro de paquetes que concede al esclavo de paquetes las velocidades de transmisión de mensajes solicitadas; un maestro de paquetes que transmite las velocidades de transmisión de mensajes *Announce* y *Sync* solicitadas y la renovación de *Announce* y *Sync* antes de que expire durationField.

Téngase en cuenta que pueden representarse diversos diagramas de temporización en función de los diversos intercambios de tipos de mensajes, la utilización de valores de longitud de tipo (TLV, *type length value*) únicos o concatenados en los mensajes *Signaling*, la utilización de distintos *durationFields* para cada tipo de mensaje, etc. En la Figura 1 se da un ejemplo de interacción de mensajes con fines únicamente ilustrativos, que no representa una implementación concreta.

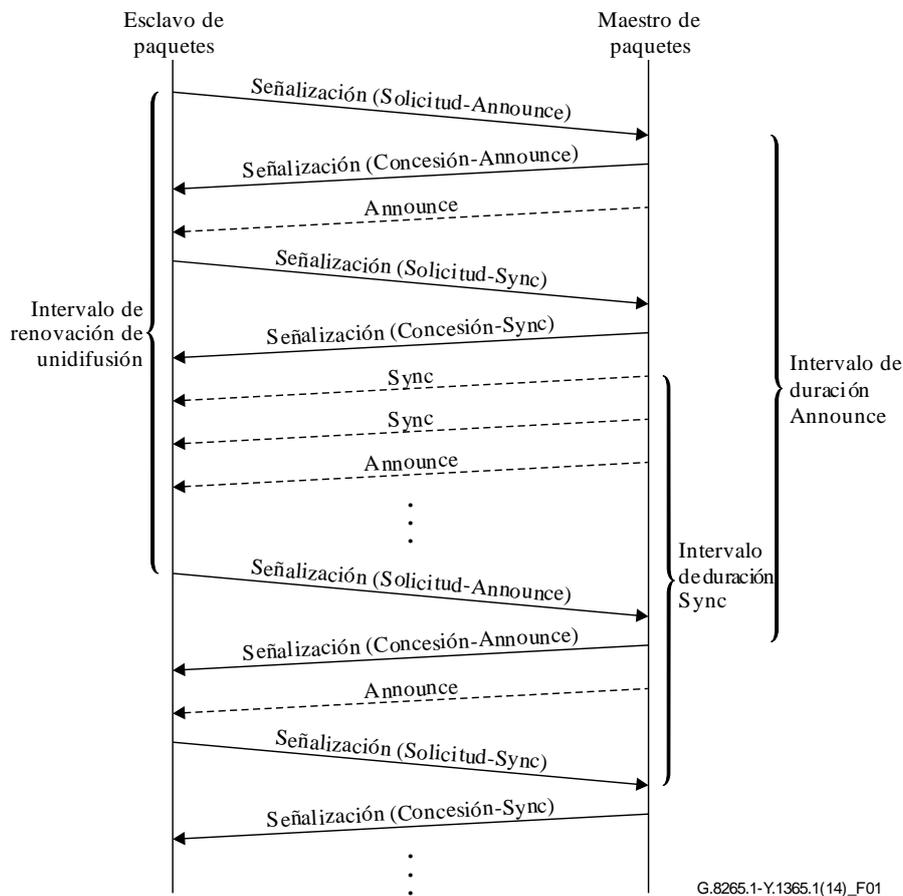


Figura 1 – Ejemplo de negociación de unidifusión

Los esclavos PTP pueden solicitar varios tipos de mensajes PTP de un maestro PTP (por ejemplo, un esclavo en modo bidireccional, que puede solicitar mensajes *Sync* y *Delay_Resp*, o un esclavo que solicita mensajes *Announce* y *Sync* al mismo maestro). Para solicitar la transmisión por unidifusión de distintos tipos de mensajes PTP y responder a dichas solicitudes, en [IEEE 1588] se permite la utilización de un único mensaje *Signaling* con múltiples TLV o la utilización de múltiples mensajes *Signaling*. Los maestros y los esclavos conformes con este perfil deben estar preparados para ambas eventualidades. A continuación se describe el comportamiento previsto durante la negociación inicial y las renovaciones de servicio por unidifusión consecutivas.

Cada solicitud de transmisión por unidifusión de un esclavo específico a un maestro debe empezar por el envío de una solicitud de tipo de servicio *Announce* a ese maestro concreto. Sólo cuando se ha concedido al esclavo el servicio por unidifusión para el mensaje *Announce* y éste ha recibido el primer mensaje *Announce* por unidifusión del maestro especificado, puede solicitarse el resto del tipo de servicio. De este modo se garantiza que los atributos (por ejemplo, QL) y las capacidades del maestro especificado son aceptables desde la perspectiva del esclavo antes de contratar el resto de servicios.

Una vez recibido el primer mensaje *Announce* del maestro, el esclavo incluirá en su primer mensaje *Signaling* con un REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION TLV todos los tipos de servicio que solicita del maestro utilizando múltiples REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION TLV. De este modo se reducen las posibilidades de que el maestro sólo conceda parte de los servicios solicitados en caso de sobrecarga (por solicitudes simultáneas de otros esclavos). El maestro puede responder a esta solicitud con un único mensaje *Signaling* con múltiples TLV o con múltiples mensajes *Signaling* (por ejemplo, uno para cada TLV).

Cuando se renueven los servicios por unidifusión, el esclavo, al enviar los mensajes *Signaling* (para el "mantenimiento"), puede seguir solicitando todos los tipos de servicio con un único mensaje *Signaling* con múltiples TLV o con múltiples mensajes *Signaling* independientes (por ejemplo, uno para cada TLV). El maestro puede responder a las solicitudes con un único mensaje *Signaling* con múltiples TLV o con múltiples mensajes *Signaling* (por ejemplo, uno para cada TLV).

Se ha de respetar la siguiente disposición de la cláusula A.9.4.2 de [IEEE 1588]: "Para recibir servicio continuo, el solicitante deberá reenviar una solicitud antes de que termine el periodo de concesión. El margen recomendado debe ser suficiente para poder reenviar la solicitud al menos dos veces más si no se recibe la concesión".

En caso de que se cancelen las sesiones de transmisión por unidifusión como se indica en la cláusula 16.1.1 de [IEEE 1588], el reloj PTP que cancela varios tipos de mensajes PTP puede utilizar un único mensaje *Signaling* con múltiples TLV o múltiples mensajes *Signaling*. Los maestros y los esclavos conformes con este perfil deben estar preparados para ambas eventualidades.

El reloj PTP que cancela la sesión puede cancelar múltiples tipos de servicio con un único mensaje *Signaling* con múltiples CANCEL_UNICAST_TRANSMISSION TLV o con múltiples mensajes *Signaling* independientes (por ejemplo, uno para cada CANCEL_UNICAST_TRANSMISSION TLV). El reloj PTP que recibe la cancelación puede responder a estas solicitudes con un único mensaje *Signaling* con múltiples ACKNOWLEDGE_CANCEL_UNICAST_TRANSMISSION TLV o con múltiples mensajes *Signaling* independientes (por ejemplo, uno para cada ACKNOWLEDGE_CANCEL_UNICAST_TRANSMISSION TLV).

NOTA 2 – En este perfil no se utiliza la bandera "invitación de renovación" definida en la cláusula 16.1.4.2.6 de [IEEE 1588].

6.7 BMCA alternativo, modelo de esclavo de telecomunicaciones y proceso de selección de maestro

En las siguientes cláusulas se describen el algoritmo de reloj maestro óptimo (BMC, *best master clock*) alternativo, el modelo de esclavo de telecomunicaciones y el proceso de selección de maestro asociado.

6.7.1 BMCA alternativo

Como parte de este perfil de telecomunicaciones se define un algoritmo de reloj maestro óptimo (BMCA) alternativo.

En las siguientes cláusulas se especifica este BMCA alternativo para maestros y para esclavos.

6.7.1.1 BMCA alternativo para reloj maestro de paquetes

En este perfil de telecomunicaciones se define un reloj maestro de paquetes como un reloj común rector conforme con la cláusula 9.4 de [IEEE 1588].

Se ha de considerar que cada uno de los distintos maestros implantados en la red se encuentra en un dominio PTP diferente (se considera que cada maestro está solo en su dominio PTP).

Por consiguiente, para cada reloj maestro de paquetes la salida del BMCA alternativo es estática y facilita un estado recomendado = BMC_MASTER y un código de decisión de estado = M1.

Como se indica en la cláusula 6.2.1 (dominios), en el modo unidifusión esta separación de dominio PTP entre los maestros está garantizada por la red, que aísla a cada maestro en un dominio PTP distinto. Esta separación de dominio PTP no se ha de realizar mediante distintos números de dominio PTP para evitar que los operadores tengan que configurar cada maestro PTP con un número de dominio PTP diferente:

- por tanto, sólo hay un maestro activo en cada dominio y todos los maestros están activos;
- los maestros PTP no intercambian mensajes *Announce* en modo unidifusión.

Queda en estudio la separación de dominio PTP entre maestros en el modo multidifusión.

En la Figura 2 se ilustra la especificación anterior desde el punto de vista del maestro. En este ejemplo hay "N" dominios.

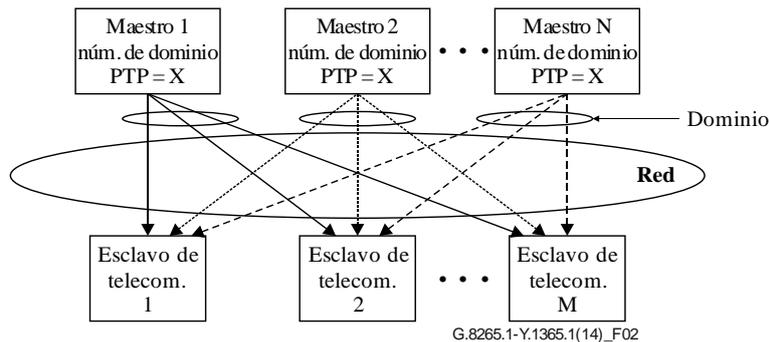


Figura 2 – Cada maestro está activo y se considera aislado en un dominio PTP distinto por la red

6.7.1.2 BMCA alternativo para reloj sólo esclavo

Como se explica en la cláusula anterior, cada maestro se encuentra en un dominio PTP distinto. Por tanto, un esclavo de telecomunicaciones participa en múltiples dominios PTP cuando escucha a varios maestros.

Para poder participar en múltiples dominios PTP un esclavo de telecomunicaciones puede estar compuesto por varias instancias de reloj común sólo esclavo (SOOC, *slave-only ordinary clock*) PTP, como se indica en la cláusula 6.7.2. Dentro del esclavo de telecomunicaciones, todos los SOOC tienen el mismo número de dominio PTP.

Para cada instancia de reloj común sólo esclavo PTP de un esclavo de telecomunicaciones, la salida del BMCA alternativo es estática y ofrece un estado recomendado = BMC_SLAVE y un código de decisión de estado = S1.

6.7.2 Modelo de esclavo de telecomunicaciones para la selección de maestro

El modelo de esclavo de telecomunicaciones contiene funciones que forman parte del reloj esclavo de paquetes necesario para soportar este perfil de telecomunicaciones, incluido el proceso de selección de maestro definido en la cláusula 6.7.3.

NOTA 1 – Quedan en estudio el procesamiento de los sellos de tiempo y la generación de las señales de reloj necesarias.

El modelo de esclavo de telecomunicaciones está formado por varias instancias de reloj común sólo esclavo PTP independientes. Cada reloj común sólo esclavo PTP participa en un único dominio PTP y comunica con un único maestro. El SOOC debe descartar todo mensaje PTP recibido desde otro maestro.

NOTA 2 – El comportamiento del esclavo de telecomunicaciones se describe como un ejemplo de reloj esclavo que implementa varias instancias del protocolo PTP. Puede haber otros modelos, siempre y cuando se conserve el comportamiento general. Estas múltiples instancias de reloj común sólo esclavo PTP son

una "separación lógica" y no implican una implementación específica (por ejemplo, no es necesario que cada instancia de reloj tenga su propio *hardware*). El principal objetivo es mantener varios conjuntos de datos (uno por cada instancia de reloj común (OC, *ordinary clock*)). La mayoría de los atributos de los conjuntos de datos de los distintos OC pueden ser comunes en una implementación, pero hay uno que debe ser distinto, *parentDS*, que da la información sobre el reloj maestro de paquetes.

NOTA 3 – Queda en estudio la utilización de este modelo esclavo de telecomunicaciones en el modo "unidifusión/~~y~~ multidifusión mixto" y en el modo unidifusión estático.

En la Figura 3 se da un ejemplo de reloj esclavo de telecomunicaciones con N instancias del protocolo PTP. De esta figura no deben inferirse los requisitos de la implementación.

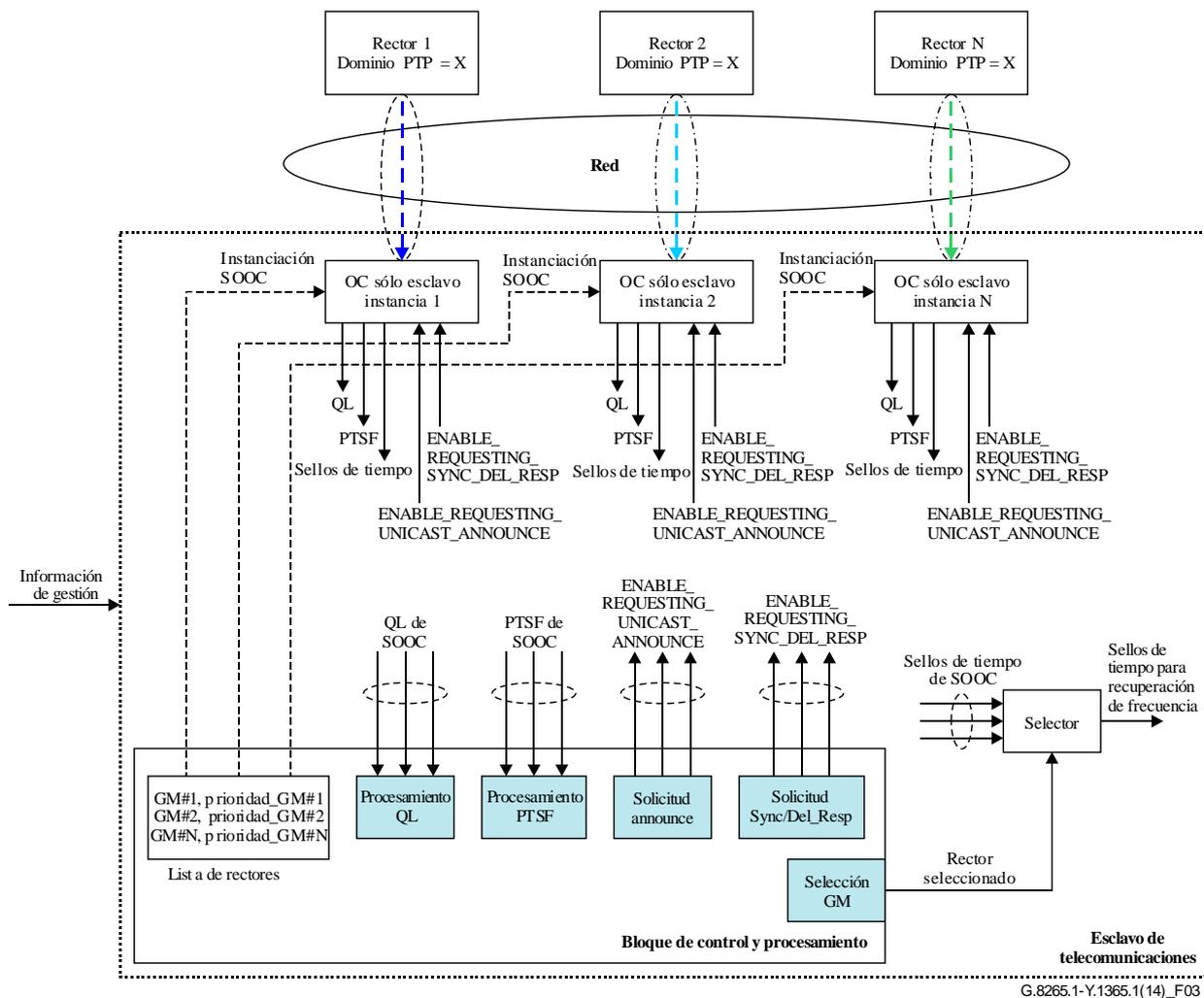


Figura 3 – Modelo de esclavo de telecomunicaciones

El modelo de esclavo de telecomunicaciones consta de las funciones que se describen a continuación. Cabe señalar que las instancias SOOC son las únicas funciones que forman parte del protocolo PTP. Todas las demás funciones no pertenecen al protocolo PTP. Quedan en estudio la gestión de las funciones en este modelo y la gestión PTP global.

Lista de rectores: Lista de los rectores con los que un esclavo de telecomunicaciones está configurado para comunicar. La lista contiene una serie de N entradas que se utilizan para crear las instancias de OC sólo esclavo (cada entrada de la lista corresponde a un SOOC específico). Cada entrada de la lista está asociada a una prioridad local de ese rector. Las prioridades locales se utilizan para la selección del maestro. La configuración de la lista de rectores y sus prioridades se efectúa a través del control de gestión.

Instancia SOOC: Se utiliza una instancia de OC sólo esclavo para comunicar con su rector asociado. El SOOC da el QL, el fallo de señal de temporización de paquetes (PTSF, *packet timing signal fail*) (véase la cláusula 6.7.3.2) para el bloque de control y procesamiento de la selección de maestro y los sellos de tiempo del selector. El SOOC también mantiene el conjunto de datos adecuado (por ejemplo, el parentDS del rector). El SOOC recibe las señales ENABLE_REQUESTING_UNICAST_ANNOUNCE y ENABLE_REQUESTING_UNICAST_SYNC/DEL_RESP del bloque de control y procesamiento. Estas señales se utilizan para permitir el envío de mensajes *Signaling* al rector a fin de solicitar la transmisión por unidifusión de mensajes *Announce* y *Sync/Delay_Resp*.

NOTA 4 – Las señales ENABLE_REQUESTING_UNICAST_ANNOUNCE y ENABLE_REQUESTING_UNICAST_SYNC/DEL_RESP son señales internas utilizadas para explicar el comportamiento del esclavo de telecomunicaciones.

Bloque de control y procesamiento: Este bloque se utiliza para procesar el QL, el PTSF y la prioridad. El bloque también se utiliza para controlar el selector y entregar a las instancias SOOC las señales ENABLE_REQUESTING_UNICAST_ANNOUNCE y ENABLE_REQUESTING_UNICAST_SYNC/DEL_RESP de salida.

El QL, el PTSF y la prioridad de entrada se utilizan para determinar el rector que se utilizará para la recuperación de frecuencia de acuerdo con el proceso de selección de maestro especificado en la cláusula 6.7.3. Se indica al selector el rector seleccionado.

Se envía la señal ENABLE_REQUESTING_UNICAST_ANNOUNCE de salida a las instancias SOOC para poder solicitar mensajes *Announce* a fin de obtener de los rectores el valor QL. Se envía la señal ENABLE_REQUESTING_UNICAST_SYNC/DEL_RESP de salida a las instancias SOOC para poder solicitar mensajes *Sync* (y mensajes *Delay_Resp* en el caso de un esclavo bidireccional). La activación de estas señales depende de la implementación.

Bloque selector: El bloque selector se utiliza para transmitir los sellos de tiempo del "rector" seleccionado para la recuperación de frecuencia.

6.7.3 Proceso de selección de maestro

El proceso de selección de reloj maestro queda fuera del alcance del protocolo PTP de [IEEE 1588]. El maestro se elige a partir de una lista configurada localmente de rectores y sus respectivas prioridades, como se describe en la cláusula 6.7.2.

Los siguientes parámetros forman parte del proceso de selección de maestro:

- nivel de calidad;
- fallo de señal de temporización de paquetes (PTSF-lossSync, PTSF-lossAnnounce, PTSF-unusable);
- prioridad.

El nivel de calidad se transporta en el atributo clockClass de los mensajes *Announce* del maestro candidato (véanse en la cláusula 6.7.3.1 los detalles de la correspondencia entre el nivel de calidad y el atributo clockClass); las condiciones de fallo de la señal de temporización de paquetes se describen en la cláusula 6.7.3.2, y la prioridad se mantiene localmente en el esclavo.

El algoritmo selecciona la referencia con el mayor nivel de calidad que no experimenta las condiciones de fallo de la señal PTSF-lossSync o PTSF-lossAnnounce.

NOTA 1 – Queda en estudio la condición PTSF-unusable, que en algunos casos también puede desencadenar la selección de un nuevo maestro o la conmutación en régimen libre.

Si múltiples entradas tienen el mismo nivel de calidad más alto, se selecciona la entrada con prioridad más alta. En el caso de que múltiples entradas tengan la misma prioridad más alta y el mismo nivel de calidad más alto, se mantiene la referencia seleccionada vigente si pertenece a ese grupo; de no ser así, se selecciona una referencia cualquiera de dicho grupo.

NOTA 2 – El algoritmo de selección anterior describe la selección de señales de temporización de paquetes. La comparación de la frecuencia recuperada con la del reloj de equipo local queda fuera del alcance de esta Recomendación. El reloj de equipo puede no seleccionar una referencia externa y pasar al régimen autónomo (por ejemplo, cuando la calidad del reloj de equipo local es superior al nivel de calidad más alto recibido de los maestros).

NOTA 3 – Si no se puede seleccionar una entrada, por ejemplo, cuando todos los maestros están en condición PTSF, el comportamiento normal de un reloj será pasar al régimen autónomo si se pierde la señal entrante o permanecer en funcionamiento libre si no hay ninguna señal. Estas eventualidades quedan fuera del alcance de esta Recomendación.

El comportamiento por defecto para la conmutación entre maestros (por ejemplo, por pérdida de la señal o reducción temporal del QL) es reversible. Cuando se restauran la señal o el QL, el esclavo de telecomunicaciones debe volver al maestro con prioridad más alta.

6.7.3.1 Correspondencia entre los niveles de calidad SSM y las clases de reloj PTP

En el Cuadro 1 se presentan los valores de correspondencia entre los niveles de calidad del mensaje de estado de sincronización (SSM, *synchronization status message*) y los atributos clockClass PTP. El atributo clockClass se utiliza para transmitir el QL SSM del maestro de paquetes al esclavo de paquetes.

NOTA – En el Cuadro 1 se presentan tres opciones especificadas en [UIT-T G.781]. En una red desplegada los maestros de paquetes y los esclavos de telecomunicaciones deben configurarse para utilizar la misma opción.

Cuadro 1 – Correspondencia entre los niveles de calidad y los valores de clockClass PTP

QL SSM	UIT-T G.781			clockClass PTP
	Opción I	Opción II	Opción III	
0001		QL-PRS		80
0000		QL-STU	QL-UNK	82
0010	QL-PRC			84
0111		QL-ST2		86
0011				88
0100	QL-SSU-A	QL-TNC		90
0101				92
0110				94
1000	QL-SSU-B			96
1001				98
1101		QL-ST3E		100
1010		QL-ST3/ QL-EEC2		102
1011	QL-SEC/ QL-EEC1		QL-SEC	104
1100		QL-SMC		106
1110		QL-PROV		108
1111	QL-DNU	QL-DUS		110

6.7.3.2 Fallo de la señal de temporización de paquetes

En esta cláusula se define la noción de fallo de la señal de temporización de paquetes (PTSF, *packet timing signal fail*), que corresponde a una señal que indica un fallo de la señal de temporización de paquetes PTP recibida por el esclavo.

En una implementación de esclavo pueden surgir tres tipos de PTSF:

- [PTSF-lossSync]: no se reciben mensajes de temporización PTP del maestro (pérdida de la señal de temporización de paquetes). Si el esclavo ya no recibe los mensajes de temporización enviados por un maestro (es decir, mensajes *Sync* y en último término mensajes *Follow_up* y *Delay_Resp*), se dará la condición PTSF-lossSync con respecto a este maestro. Los esclavos han de respetar un periodo de espera (por ejemplo, "syncReceiptTimeout" y "delayRespReceiptTimeout") de estos mensajes de temporización antes de activar PTSF-lossSync (la gama y el valor por defecto de este parámetro de espera quedan en estudio).
- [PTSF-lossAnnounce]: no se reciben mensajes *Announce* PTP del maestro (pérdida del canal que transporta la información de trazabilidad). Si el esclavo ya no recibe los mensajes *Announce* enviados por un maestro, se dará la condición PTSF-lossAnnounce con respecto a este maestro. Los esclavos han de respetar un periodo de espera de estos mensajes *Announce* antes de activar PTSF-lossAnnounce (la gama y el valor por defecto de este parámetro de espera son los definidos en [IEEE 1588]). El periodo de espera corresponde al atributo "announceReceiptTimeout" especificado en la cláusula 7.7.3.1 de [IEEE 1588].
- [PTSF-unusable]: señal de temporización de paquetes PTP recibida por el esclavo inutilizable, que rebasa la tolerancia de entrada del esclavo (señal de temporización de paquetes con ruido). Si el esclavo no puede utilizar la señal de temporización de paquetes PTP para lograr el objetivo de calidad de funcionamiento (por ejemplo, rebasa la tolerancia de entrada del esclavo por un exceso de ruido de variación del retardo de paquetes (PDV, *packet delay variation*)), se dará la condición PTSF-unusable con respecto a este maestro. Quedan en estudio los criterios utilizados para determinar que la señal de temporización de paquetes no puede utilizarse (un posible criterio por estudiar puede estar relacionado con la PDV que experimenta la señal de temporización de paquetes al atravesar la red desde el maestro hasta el esclavo).

Un PTSF dará lugar a lo siguiente:

- En caso de PTSF (PTSF-lossSync, PTSF-lossAnnounce o PTSF-unusable), el maestro asociado a la señal de temporización de paquetes PTP que falla se considera inalcanzable, en fallo o con una calidad deteriorada a causa de, por ejemplo, una PDV excesiva.
- En caso de PTSF-lossSync o PTSF-lossAnnounce, el esclavo debe seleccionar un maestro alternativo como nueva fuente de temporización o, de no ser posible, debe conmutar en régimen autónomo.
- En caso de PTSF-unusable, las acciones consiguientes son propias de cada implementación y quedan en estudio.

6.8 Funciones de protección adicionales

Las siguientes funciones arquitectónicas se especifican en [UIT-T G.8265].

6.8.1 Exclusión temporal de maestro – Función de bloqueo

Los esclavos de telecomunicaciones deben poder excluir temporalmente a un maestro de la lista de rectores (función de bloqueo).

6.8.2 Función de tiempo de espera de restablecimiento de esclavo

Los esclavos de telecomunicaciones deben respetar un tiempo de espera de restablecimiento.

Queda en estudio la gama de valores del tiempo de espera de restablecimiento.

6.8.3 Función de no reversión de esclavo

Como parte del proceso de selección de maestro, los esclavos de telecomunicaciones pueden optar por utilizar un modo no reversible.

6.8.4 Función de trazabilidad forzada del maestro

Debe ser posible forzar el valor de QL SSM en la entrada del reloj rector por configuración.

Cuando la señal de temporización utilizada como referencia por el rector no entrega SSM (por ejemplo, señal de 2 MHz), se puede forzar el valor QL SSM hasta un determinado valor antes de integrarlo en el atributo clockClass y que el rector lo envíe en los mensajes *Announce*.

El operador deberá definir caso por caso estas hipótesis y su materialización en la red, que dependerá en gran medida de la arquitectura del operador.

6.8.5 Función de espera QL de reloj esclavo de paquetes

Cuando la calidad de funcionamiento en régimen autónomo es suficiente en el esclavo de telecomunicaciones, 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 en determinadas materializaciones de red cuando se pierda la trazabilidad al maestro de paquetes.

El operador deberá definir caso por caso estas hipótesis y su materialización en la red, que dependerá en gran medida de la arquitectura del operador.

Queda en estudio la calidad del oscilador de espera.

Queda en estudio el tiempo mantenido.

6.8.6 Función de silenciamiento de salida de esclavo

Si el esclavo de telecomunicaciones proporciona una interfaz de sincronización de salida externa (por ejemplo, 2 MHz), deberá ejecutarse una función de silenciamiento.

Se debe poder configurar el esclavo de telecomunicaciones de manera que, cuando todos los rectores con los que puede comunicar entran en condición de fallo (por ejemplo, los QL recibidos están todos por debajo de un determinado umbral o se comunican condiciones PTSF), se pueda cortar la señal de temporización de salida.

El operador deberá definir caso por caso estas hipótesis y su materialización en la red.

Quedan en estudio todos los aspectos de esta función.

7 Perfil PTP del UIT-T para la distribución de frecuencia sin soporte de temporización de la red

En el Anexo A se incluye el perfil [IEEE 1588] que soporta la distribución de frecuencia en modo unidifusión.

8 Aspectos de seguridad

Quedan en estudio los aspectos de seguridad. Véase también [UIT-T G.8265].

Anexo A

Perfil PTP del UIT-T para la distribución de frecuencia sin soporte de temporización de la red (modo unidifusión)

(Este anexo es parte integrante de esta Recomendación.)

Este anexo contiene el perfil de telecomunicaciones PTP para la distribución de frecuencia como requiere la norma [IEEE 1588]. Para declarar la conformidad con este perfil de telecomunicaciones deben cumplirse los requisitos de este anexo y del cuerpo principal de la presente Recomendación.

A.1 Identificación del perfil

profileName: perfil PTP del UIT-T para la distribución de frecuencia sin soporte de temporización de la red (modo unidifusión)

profileVersion: 1.2

profileIdentifier: 00-19-A7-00-01-02

Este perfil ha sido especificado por el UIT-T.

Puede obtenerse una copia en www.itu.int

A.2 Valores de los atributos del PTP

Los valores por defecto y los rangos de los atributos PTP que pueden utilizarse en este perfil figuran en los Cuadros A.1, A.2, A.3, A.4 y A.5.

Los atributos no especificados en este perfil deben utilizar los valores de inicialización por defecto y los rangos definidos en [IEEE 1588].

Cuadro A.1 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos defaultDS

Cláusula de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj maestro de paquetes		Requisitos del reloj sólo esclavo	
		Valor por defecto	Rango	Valor por defecto	Rango
8.2.1.2.1	defaultDS.twoStepFlag (estático)	Según PTP	{FALSO, VERDADERO}	Según PTP	{FALSO, VERDADERO}
8.2.1.2.2	defaultDS.clockIdentity (estático)	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP
8.2.1.2.3	defaultDS.numberPorts (estático)	1	{1}	1	{1}
8.2.1.3.1.1	defaultDS.clockQuality.clockClass (dinámico)	Nota 2	{80-110}	255	{255}
8.2.1.3.1.2	defaultDS.clockQuality.ClockAccuracy (dinámico)	Según PTP Nota 3	Según PTP Nota 3	Nota 1	Nota 1

Cuadro A.1 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos defaultDS

Cláusula de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj maestro de paquetes		Requisitos del reloj sólo esclavo	
8.2.1.3.1.3	defaultDS.clockQuality.of fsetScaledLogVariance (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.1.4.1	defaultDS.priority1 (configurable)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.1.4.2	defaultDS.priority2 (configurable)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.1.4.3	defaultDS.domain Number (configurable)	4	{4-23}	4	{4-23}
8.2.1.4.4	defaultDS.slaveOnly (configurable)	FALSO	{FALSO}	VERDA-DERO	{VERDA-DERO}

NOTA 1 – Según PTP, no aplicable a este perfil.
 NOTA 2 – El valor por defecto debe corresponder a la calidad autónoma del maestro. La autonomía del maestro queda fuera del alcance de esta Recomendación. Los valores de la clase reloj se encuentran en el Cuadro 1.
 NOTA 3 – Cuando el rector PTP está sintonizado a un PRC para la frecuencia, pero no está sincronizado con una fuente temporal de referencia, el rector debe poner defaultDS.clockQuality.clockAccuracy a 0xFE, "DESCONOCIDO".

Cuadro A.2 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos currentDS

Cláusula de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del maestro		Requisitos del esclavo	
		Valor por defecto	Rango	Valor por defecto	Rango
8.2.2.2	currentDS.stepsRemoved (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.2.3	currentDS.offsetFrom Master (dinámico)	Nota	Nota	Nota	Nota
8.2.2.4	currentDS.meanPathDelay (dinámico)	Nota	Nota	Nota	Nota

NOTA – Según PTP, no aplicable a este perfil.

Cuadro A.3 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos parentDS

Cláusula de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del maestro		Requisitos del esclavo	
		Valor por defecto	Rango	Valor por defecto	Rango
8.2.3.2	parentDS.parentPortIdentity (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.3.3	parentDS.parentStats (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.3.4	parentDS.observedParentOffsetScaledLogVariance (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.3.5	parentDS.observedParentClockPhaseChangeRate (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.3.6	parentDS.grandmasterIdentity (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.3.7	parentDS.grandmasterClockQuality (dinámico)	Según PTP Nota 2	Según PTP Nota 2	Según PTP Nota 2	Según PTP Nota 2
8.2.3.8	parentDS.grandmasterPriority1 (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.3.9	parentDS.grandmasterPriority2 (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1

NOTA 1 – Según PTP, no aplicable a este perfil.

NOTA 2 – En este perfil sólo el atributo clockClass en esta estructura se utiliza para la selección del maestro, de acuerdo con la cláusula 6.7.3.

Cuadro A.4 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos timePropertiesDS

Cláusula de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj maestro		Requisitos del esclavo	
		Valor por defecto	Rango	Valor por defecto	Rango
8.2.4.2	timePropertiesDS.current UtcOffset (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.4.3	timePropertiesDS.current UtcOffsetValid (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.4.4	timePropertiesDS.leap59 (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.4.5	timePropertiesDS.leap61 (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.4.6	timePropertiesDS.time Traceable (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.4.7	timePropertiesDS. frequencyTraceable (dinámico)	FALSO	{FALSO, VERDA- DERO} Nota 2	FALSO	{FALSO, VERDA- DERO} Nota 2
8.2.4.8	timePropertiesDS.ptp Timescale (dinámico)	Según PTP Nota 3	Según PTP Nota 3	Según PTP	Según PTP
8.2.4.9	timePropertiesDS.time Source (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1

NOTA 1 – Según PTP, no aplicable a este perfil.

NOTA 2 – Si el reloj es trazable con respecto a un PRC, este parámetro debe tomar el valor VERDADERO y en cualquier otro caso, debe ser FALSO. El BMCA alternativo no utiliza este parámetro. Esta bandera es sólo informativa, por ejemplo, para su utilización por el operador de red.

NOTA 3 – Cuando el rector PTP está sintonizado a un PRC para la frecuencia, pero no está sincronizado con una fuente temporal de referencia, el rector debe poner timePropertiesDS.ptpTimescale = FALSO. Se indica así que se utiliza la escala temporal ARB.

En el funcionamiento normal, un rector (GM, *grand master*) conforme con esta Recomendación no reinicializará la época ni introducirá discontinuidades en la escala temporal global durante el funcionamiento.

Cuando los rectores no tienen acceso a la entrada de fase para armonizar su hora del día con una referencia común, la utilización de la escala temporal ARB puede hacer que distintos rectores activos tengan valores de sello de tiempo muy diferentes insertados en sus paquetes Sync o Follow_Up packets (T1) y/o Delay_Resp packets (T4). Un único esclavo de telecomunicaciones puede recibir información de esos distintos rectores con valores de sello de tiempo diferentes.

Cuadro A.5 – Especificaciones de los miembros del conjunto de datos portDS

Cláusula de [IEEE 1588]	Miembros del conjunto de datos	Requisitos del reloj maestro		Requisitos del esclavo	
		Valor por defecto	Rango	Valor por defecto	Rango
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.clockIdentity (estático)	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP	Según PTP, basado en el formato EUI-64	Según PTP
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.portNumber (estático)	1	{1}	1	{1}
8.2.5.3.1	portDS.portState (dinámico)	Según PTP	Según PTP	Según PTP	Según PTP
8.2.5.3.2	portDS.logMinDelayReqInterval (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.5.3.3	portDS.peerMeanPathDelay (dinámico)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.5.4.1	portDS.logAnnounceInterval (configurable)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.5.4.2	portDS.announceReceiptTimeout (configurable)	2	{2}	Según PTP	Según PTP
8.2.5.4.3	portDS.logSyncInterval (configurable)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.5.4.4	portDS.delayMechanism (configurable)	01 Nota 2	{01} Nota 2	01 para un esclavo bidireccional y 'FE' para un esclavo unidireccional	{01, FE}
8.2.5.4.5	portDS.logMinPdelayReqInterval (configurable)	Nota 1	Nota 1	Nota 1	Nota 1
8.2.5.4.6	portDS.versionNumber (configurable)	2	{2}	2	{2}
NOTA 1 – Según PTP, no aplicable para este perfil. NOTA 2 – El maestro debe soportar el funcionamiento bidireccional.					

A.3 Opciones del PTP

A.3.1 Tipos de nodos requeridos, permitidos o prohibidos

En este perfil los tipos de nodos requeridos son relojes comunes.

En este perfil, los tipos de nodos prohibidos son relojes frontera y relojes transparentes.

A.3.2 Mecanismos de transporte requeridos, permitidos o prohibidos

En este perfil el mecanismo de transporte requerido es UDP/IPv4 de acuerdo con el Anexo D de [IEEE 1588]. El bit 0 del campo transportSpecific debe ponerse a "0"

En este perfil el mecanismo de transporte permitido es UDP/IPv6 de acuerdo con el Anexo E de [IEEE 1588].

A.3.3 Mensajes unidifusión

Todos los mensajes se envían en modo unidifusión.

NOTA – En este perfil de telecomunicaciones, la negociación de unidifusión está activada por defecto.

El esclavo iniciará la sesión siguiendo el procedimiento de negociación de mensajes de unidifusión definido en la cláusula 16.1 de [IEEE 1588].

A.3.4 REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION TLV

El valor de `logInterMessagePeriod` es el logaritmo en base 2 del periodo medio solicitado entre los mensajes de unidifusión solicitados, en segundos.

Solicitud de mensajes *Announce* de unidifusión: el rango configurable es de un mensaje cada 16 segundos a ocho mensajes por segundo. El valor de inicialización por defecto de `logInterMessagePeriod` es de -1 (un mensaje cada dos segundos).

Solicitud de mensajes *Sync* de unidifusión: el rango configurable es de un mensaje cada 16 segundos a 128 mensajes por segundo. No se especifica un valor por defecto.

Solicitud de mensajes *Delay_Resp* de unidifusión: el rango configurable es de un mensaje cada 16 segundos a 128 mensajes por segundo. No se especifica un valor por defecto.

El valor de `durationField` en cada `REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION TLV` tiene un valor de inicialización por defecto de 300 segundos. El rango configurable es de 60 segundos a 1 000 segundos.

NOTA 1 – Para cumplir sus requisitos de calidad de funcionamiento objetivo, toda implementación de esclavo específica, en funcionamiento normal, podrá soportar un subconjunto de velocidades de mensajes dentro de los rangos definidos. Los maestros, por el contrario, deben soportar todo el rango de velocidades de transmisión de mensajes. A menos que se especifique lo contrario en la implementación, se supone la utilización del valor por defecto indicado.

NOTA 2 – Toda implementación de esclavo específica podrá soportar un subconjunto de valores de `durationField` dentro del rango definido anteriormente. Los maestros, por el contrario, deben soportar todo el rango de valores de `durationField`. A menos que se especifique lo contrario en la implementación, se supone la utilización del valor por defecto indicado.

El mantenimiento y la configuración de estos valores por defecto y rangos configurables dependen de la implementación.

A.3.5 GRANT_UNICAST_TRANSMISSION TLV

Al aplicar el mecanismo `GRANT_UNICAST_TRANSMISSION TLV`, los valores otorgados serán idénticos a los solicitados en el `REQUEST_UNICAST_TRANSMISSION TLV` recibido, siempre y cuando se encuentren dentro del rango configurable.

A.4 Opciones del algoritmo de reloj maestro óptimo

En este perfil no se utiliza el BMCA por defecto descrito en [IEEE 1588]. La selección del reloj se especifica en la cláusula 6.7.

Para un reloj rector, la salida del BMCA alternativo es estática y ofrece un estado recomendado = `BMC_MASTER` y un código de decisión de estado = `M1`.

Para un reloj común sólo esclavo, la salida del BMCA alternativo es estática y ofrece un estado recomendado = `BMC_SLAVE` y un código de decisión de estado = `S1`.

A.5 Opción de medición del retardo del trayecto (retardo de petición/retardo de respuesta)

En este perfil se puede utilizar el mecanismo retardo de petición/retardo de respuesta. En este perfil no debe utilizarse el mecanismo de retardo de par.

A.6 Opciones de gestión de la configuración

Los aspectos de gestión se especificarán en versiones futuras de este perfil.

A.7 Formato de la identidad del reloj

La utilización de EUI-64 del IEEE para generar la identidad del reloj debe realizarse tal como se indica en la cláusula 7.5.2.2.2 de [IEEE 1588]. No se admiten formatos EUI que no sean los del IEEE.

A.8 Banderas utilizadas en este perfil

Las banderas utilizadas en este perfil son las enumeradas en el Cuadro A.6.

Cuadro A.6 – Banderas del PTP

Bandera	Valor
alternateMasterFlag	FALSO
unicastFlag	VERDADERO
Specific 1 del perfil PTP	FALSO
Specific 2 del perfil PTP	FALSO
Reservada	FALSO

NOTA – En este perfil no se utiliza la bandera "renewal invited" descrita en la cláusula 16.1.4.2.6 de [IEEE 1588], por lo que se pone a FALSO.

A.9 Campo de control (controlField)

En este perfil no se utiliza el campo controlField en el encabezamiento PTP común. El receptor debe ignorar este campo.

Apéndice I

Utilización del modo unidifusión/multidifusión mixto para los mensajes PTP

(Este apéndice no forma parte integrante de esta Recomendación.)

El perfil del Anexo A sirve para el funcionamiento en unidifusión para la distribución de frecuencia sin soporte de temporización de la red. PTP se diseñó en un primer momento para el funcionamiento en multidifusión. En este apéndice se presenta información sobre la posible utilización de la multidifusión para PTP en un entorno de telecomunicaciones.

En función de cómo se utilice la multidifusión en una red, puede no ser conveniente emplear el modo multidifusión para los mensajes *Delay_Req* y *Delay_Resp* PTP en un entorno de telecomunicaciones. En algunos casos puede llegarse a la situación en que se dupliquen los mensajes *Delay_Req* y *Delay_Resp* y puedan distribuirse a múltiples nodos, consumiendo recursos de red. En otros casos puede no ser así.

Además, es posible que no siempre se soporte la multidifusión en todas las partes de la red. Además, la multidifusión puede generar PDV adicionales en comparación con la unidifusión.

El modo unidifusión solventa estos problemas, pero tiene otros inconvenientes para los mensajes *Sync*, *Follow_Up* y *Announce*: en lugar de tener un flujo único de mensajes enviado a todos los esclavos, se ha de enviar al maestro un flujo particular para cada esclavo.

Por consiguiente, en función del entorno de red, en ocasiones puede ser mejor utilizar la multidifusión para los mensajes *Sync*, *Follow_Up* y *Announce* a fin de reducir la carga de tráfico del maestro. Sin embargo, la utilización de la multidifusión para los mensajes *Delay_Req* y *Delay_Resp* en un entorno de telecomunicaciones requiere más estudios para evitar los problemas de duplicación mencionados.

Así, si se utiliza el modo multidifusión para los mensajes *Sync*, *Follow_up* y *Announce* que se envían a un esclavo en modo bidireccional, se estará utilizando *de facto* una combinación de los modos unidifusión y multidifusión, pues los mensajes *Delay_Req* y *Delay_Resp* se envían por unidifusión. Esta opción puede ser válida en algunas implementaciones de red para reducir el flujo de tráfico entre el maestro y los esclavos.

La combinación de la multidifusión y la unidifusión suele crear una asimetría del retardo, pero esa asimetría no es perjudicial para la distribución de frecuencia, que es el objetivo del perfil descrito en esta Recomendación. Sólo el posible PDV adicional creado en una dirección por el modo multidifusión puede ser un problema.

Para transportar mensajes de temporización PTP en un entorno de telecomunicaciones pueden utilizarse dos modos:

- modo unidifusión: los mensajes *Sync*, *Follow_Up*, *Delay_Req*, *Delay_Resp*, *Announce* y *Signaling* PTP se envían únicamente por unidifusión;
- modo unidifusión y multidifusión mixto: los mensajes *Sync*, *Follow_Up* y *Announce* se envían por multidifusión y los mensajes *Delay_Req*, *Delay_Resp* y *Signaling* se envían por unidifusión.

NOTA – No siempre se utilizan todos los mensajes de temporización, pues dependen del comportamiento del esclavo (por ejemplo, unidireccional o bidireccional) o del maestro (por ejemplo, reloj de un paso/reloj de dos pasos). Por consiguiente, puede haber casos en que sólo se utilice el modo multidifusión (por ejemplo, cuando haya un esclavo unidireccional y no se utilicen los mensajes *Delay_Req* y *Delay_Resp*).

Queda en estudio la elaboración de un modo multidifusión/unidifusión mixto para su utilización en un entorno de telecomunicaciones.

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
INTERNET DE LAS COSAS Y CIUDADES Y COMUNIDADES INTELIGENTES	
General	Y.4000–Y.4049
Definiciones y terminologías	Y.4050–Y.4099
Requisitos y casos de utilización	Y.4100–Y.4249
Infraestructura, conectividad y redes	Y.4250–Y.4399
Marcos, arquitecturas y protocolos	Y.4400–Y.4549
Servicios, aplicaciones, computación y proceso de datos	Y.4550–Y.4699
Gestión, control y calidad de funcionamiento	Y.4700–Y.4799
Identificación y seguridad	Y.4800–Y.4899
Evaluación y valoración	Y.4900–Y.4999

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