

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

G.8263/Y.1363

(02/2012)

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 Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN

Aspectos del protocolo Internet – Transporte

**Características de temporización de los relojes
de los equipos por paquetes**

Recomendación UIT-T G.8263/Y.1336

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.8263/Y.1363

Características de temporización de los relojes de equipos por paquetes

Resumen

La Recomendación UIT-T G.8263/Y.1363 describe los requisitos para los dispositivos de temporización utilizados en la sincronización de equipos de red en la función de interfuncionamiento (IWF) y otros elementos de red, definidos en la Recomendación UIT-T G.8261/Y.1361. En esta Recomendación se definen los requisitos de los relojes de equipos por paquetes.

Historia

Edición	Recomendación	Aprobación	Comisión de Estudio	ID único*
1.0	ITU-T G.8263/Y.1363	2012-02-13	15	11.1002/1000/11524
1.1	ITU-T G.8263/Y.1363 (2012) Amd. 1	2013-08-29	15	11.1002/1000/12014
1.2	ITU-T G.8263/Y.1363 (2012) Amd. 2	2014-05-14	15	11.1002/1000/12191

Palabras clave

Fluctuación de fase, fluctuación lenta de fase, reloj, sincronización.

* 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 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 2016

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	2
4 Siglas y acrónimos	2
5 Exactitud de frecuencia.....	4
5.1 Reloj de equipo basado en paquetes – esclavo – frecuencia	4
6 Generación de ruido.....	4
6.1 PEC-S-F.....	5
7 Tolerancia al ruido debido a la variación del retardo	6
7.1 PEC-S-F.....	6
8 Respuesta de componentes transitorios de fase a largo plazo (régimen libre)	6
8.1 PEC-S-F.....	7
9 Respuesta de fase a las interrupciones de temporización de paquetes	8
10 Interfaces.....	8
Anexo A – Modelo funcional del reloj basado en paquetes	9
Apéndice I – Tolerancia al ruido debido a la variación del retardo de paquetes – metodología de prueba.....	10
Apéndice II – Consideraciones relativas a la velocidad de paquetes.....	11
Apéndice III – Consideraciones relativas a la constante de tiempo del reloj PEC-S-F.....	12

Recomendación UIT-T G.8263/Y.1363

Características de temporización de los relojes de equipos por paquetes

1 Alcance

En la presente Recomendación se describen los requisitos mínimos para las funciones de temporización de los relojes esclavos por paquetes definidos en [UIT-T G.8265]. Estas funciones dan soporte a la distribución de sincronización de frecuencias cuando se utilizan métodos basados en paquetes.

La presente Recomendación permite el adecuado funcionamiento de red cuando el reloj esclavo de paquetes se sincroniza a partir de un reloj esclavo de paquetes definido en [UIT-T G.8265].

La presente Recomendación se concentra en aplicaciones móviles, en particular en el suministro de sincronización de frecuencia para aplicaciones finales como estaciones de base móviles. Admite la arquitectura definida en [UIT-T G.8265]. Las otras aplicaciones quedan pendientes de estudio.

La presente Recomendación se centra en dos casos de despliegue diferentes para el reloj esclavo de paquetes:

- Reloj esclavo de paquetes integrado en un dispositivo coubicado con la aplicación final, como muestra en la conexión C1 de la Figura 3 de [UIT-T G.8261.1].
- Reloj esclavo de paquetes integrado en un dispositivo coubicado con la aplicación final, como muestra en la conexión C2 de la Figura 3 de [UIT-T G.8261.1]. Este segundo caso se estudiará más adelante para la primera versión de esta Recomendación.

Los demás casos de despliegue del reloj esclavo de paquetes quedan pendientes de estudio.

La presente Recomendación se centra en los tipos de redes correspondientes a HRM-1 y HRM-2 definidos en [UIT-T G.8261.1].

NOTA – En el caso de intervalos de observación largos, cabe esperar que PEC-S-F compense los efectos de variación de la temperatura; por consiguiente, la salida de PEC-S-F convergerá a la pendiente de 1 ppb.

El tipo de red HRM-2 queda pendiente de estudio para la primera versión de la presente Recomendación. Otros tipos de red quedan fuera del alcance de la presente Recomendación.

La presente Recomendación define los requisitos mínimos para los relojes esclavos de paquetes. Estos requisitos se aplican en las condiciones ambientales normales especificadas para los equipos.

En la presente Recomendación se describe la exactitud del reloj, la variación del retardo de paquetes (PDV), la tolerancia al ruido, el rendimiento en régimen libre y la generación de ruido. Las condiciones iniciales (por ejemplo, ancho de banda de filtrado variable al inicio, periodo de estabilización, etc.) quedan pendientes de estudio.

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.810] Recomendación UIT-T G.810 (1996), *Definiciones y terminología para redes de sincronización*.

- [UIT-T G.811] Recomendación UIT-T G.811 (1997), *Características de temporización de los relojes de referencia primarios.*
- [UIT-T G.823] Recomendación UIT-T G.823 (2000), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 2 048 kbit/s.*
- [UIT-T G.824] Recomendación UIT-T G.824 (2000), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 1 544 kbit/s.*
- [UIT-T G.8260] Recomendación UIT-T G.8260 (2012), *Definiciones y terminología para la sincronización en redes de paquetes.*
- [UIT-T G.8261] Recomendación UIT-T G.8261 (2008), *Aspectos de la temporización y la sincronización en las redes de paquetes.*
- [UIT-T G.8261.1] Recomendación UIT-T G.8261.1 (2012), *Límites de la variación del retardo de paquetes en la red aplicables a los métodos por paquetes (sincronización de la frecuencia).*
- [UIT-T G.8265] Recomendación UIT-T G.8265 (2010), *Arquitectura y requisitos para la entrega de frecuencia basada en paquetes.*
- [UIT-T G.8265.1] Recomendación UIT-T G.8265.1 (2010), *Precisión del perfil de protocolo telecom para la sincronización de frecuencias.*

3 Definiciones

Las definiciones relativas a la sincronización figuran en [UIT-T G.810] y [UIT-T G.8260].

4 Siglas y acrónimos

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

ATM	Modo de transferencia asíncrono
BS	Estación de base
CBR	Velocidad binaria constante
CDMA	Acceso múltiple por división de código
CE	Equipos del cliente
CES	Servicio de emulación de circuitos
DUT	Dispositivo sujeto a prueba
EEC	Reloj de equipo de Ethernet síncrona
ESMC	Canal de mensajería de sincronización Ethernet
FDD	Dúplex por división de frecuencia
FE	Fast Ethernet
GE	Gigabit Ethernet
GPS	Sistema de posicionamiento mundial
GSM	Sistema mundial de comunicaciones móviles
HRM	Modelo de referencia hipotético
IP DSLAM	Multiplexor IP de acceso a la línea digital de abonado

IP	Protocolo Internet
IWF	Función de interfuncionamiento
MAC	Control de acceso al medio
M-CMTS	Sistema modular de terminación del modem de cable
METROE	METRO Ethernet
MPEG	Grupo de expertos en imágenes en movimiento
MRTIE	Máximo error relativo en el intervalo de tiempo
MSAN	Nodo de acceso multiservicio
MTIE	Máximo error en el intervalo de tiempo (<i>maximum time interval error</i>)
NE	Elemento de red (<i>network element</i>)
NTP	Protocolo de tiempo de red
OLT	Terminación de línea óptica
OTN	Red óptica de transporte (<i>optical transport network</i>)
PDH	Jerarquía digital pleosíncrona
PDV	Variación de retardo de paquetes (<i>packet delay variation</i>)
PEC	Reloj de equipo basado en paquetes
PEC-S-F	Reloj de equipo basado en paquetes – esclavo – frecuencia
PHY	(Capa) física
PNT	Temporización de red de paquetes
PNT-F	Función PNT
PRC	Reloj de referencia primario (<i>primary reference clock</i>)
PSC-A	Reloj de servicio basado en paquetes – adaptativo
PSC-D	Reloj de servicio basado en paquetes – diferencial
RTPC	Red telefónica pública conmutada
PTP	Protocolo de tiempo de precisión
PTS	Señal de temporización de paquetes
PTSF	Fallo de señal de temporización de paquetes
QL	Nivel de calidad
SASE	Equipo de sincronización autónomo
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SEC	Reloj de equipo de SDH (<i>SDH equipment clock</i>)
SLA	Acuerdo de nivel de servicio (<i>service level agreement</i>)
SNTP	Protocolo simple de tiempo de red
SRTS	Sello de tiempo residual síncrono
SSM	Mensaje de estado de sincronización
SSU	Unidad de suministro de sincronización
STM	Módulo de transporte síncrono (<i>synchronous transport module</i>)

TCP	Protocolo de control de la transmisión
TDD	Dúplex por división en el tiempo
TDEV	Desviación de tiempo (<i>time deviation</i>)
TDM PW	TDM PseudoWire
TDM	Multiplexación por división en el tiempo
ToD	Hora del día
UI	Intervalo unitario (<i>unit interval</i>)
UTC	Tiempo universal coordinado (<i>coordinated universal time</i>)
WCDMA	Acceso múltiple por división en el código de banda ancha

5 Exactitud de frecuencia

5.1 Reloj de equipo basado en paquetes – esclavo – frecuencia

En régimen libre, la exactitud de la frecuencia de salida del reloj del equipo basado en paquetes – esclavo – frecuencia (PEC-S-F) no debe ser mayor que 4,6 ppm con respecto a una referencia trazable a un reloj UIT-T G.811.

NOTA – El intervalo de tiempo para esta exactitud queda en estudio. Se han propuesto valores de un mes y de un año.

6 Generación de ruido

La generación de ruido de un PEC-S representa la cantidad de ruido de fase producido a la salida del PEC-S cuando existe una señal de referencia ideal para la temporización de paquetes. En la Figura 1 se ilustra el procedimiento de prueba:

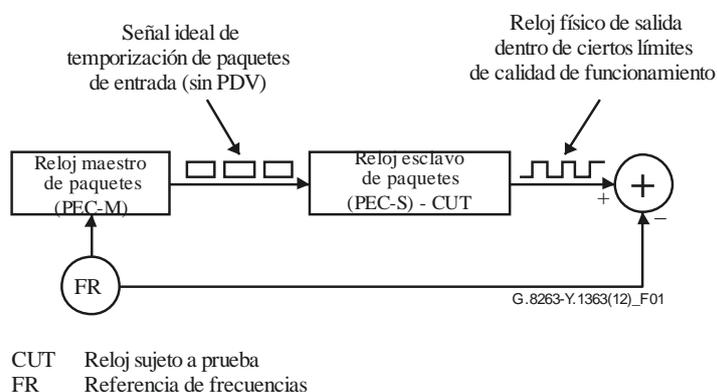


Figura 1 – Procedimiento de prueba de generación de ruido

Cabe observar que los relojes de equipos por paquetes – esclavo – frecuencia que son acordes con la arquitectura definida en [UIT-T G.8265] (véase la Figura 1 de [UIT-T G.8265]) no se colocan en cascada; por consiguiente, no será necesario especificar la generación de ruido producida a la salida del reloj cuando hay una señal de referencia ideal a la entrada. De hecho, el requisito aplicable a la generación de ruido ya está contemplado en las especificaciones de la cláusula 7 de la presente Recomendación. No obstante, esta especificación se facilita para permitir a los operadores de red que midan el ruido producido en PEC-S-F en condiciones ideales, separadamente de los casos en los que se aplica la variación del retardo de paquetes (PDV) (pruebas de tolerancia al ruido PDV).

El error máximo del intervalo de tiempo (MTIE) se mide mediante un filtro de medición de paso bajo de primer orden de 10 Hz equivalente, en un tiempo de muestreo máximo τ_0 de 1/30 segundos.

6.1 PEC-S-F

Cuando el reloj PEC-S-F está en modo de funcionamiento enganchado, sincronizado con una referencia libre de variación de retardo de paquetes, y su salida MTIE se mide utilizando la misma referencia que el reloj principal de paquetes que generó la señal de temporización de paquetes, el MTIE debe cumplir los límites estipulados en el Cuadro 1, suponiendo temperatura constante ($\pm 1^\circ\text{K}$).

Cuadro 1 – Fluctuación lenta de fase (MTIE) para PEC-S-F a temperatura constante

Límite de MTIE (ns)	Intervalo de observación τ (s)
1 000	$0.1 < \tau \leq 1\ 000$
τ	$\tau > 1\ 000$ (Nota)
NOTA – El máximo intervalo de observación aplicable queda pendiente de estudio.	

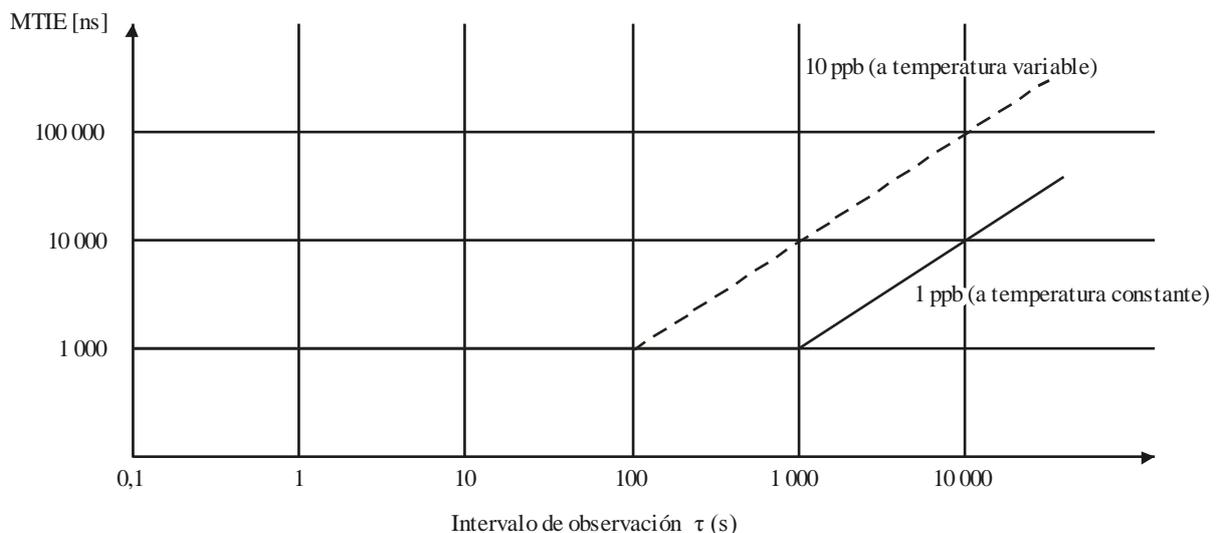
El requisito resultante se muestra mediante la línea continua en la Figura 2.

Cuando se incluyen los efectos de la temperatura, el margen para la contribución total de MTIE de un solo SEC aumenta en los valores indicados en el Cuadro 2.

Cuadro 2 – Fluctuación lenta de fase (MTIE) adicional para PEC-S-F con efectos de temperatura

Margen MTIE adicional (ns)	Intervalo de observación τ (s)
1 000	$0.1 < \tau \leq 100$
$10\ \tau$	$\tau > 100$ (Nota)
NOTA – El máximo intervalo de observación aplicable queda pendiente de estudio.	

Los requisitos resultantes se muestran mediante la línea discontinua en la Figura 2.



G.8263-Y.1363(12)_F02

Figura 2 – Fluctuación lenta de fase (MTIE) para el reloj de equipo basado en paquetes – esclavo – frecuencia (PEC-S-F)

NOTA – En el caso de intervalos de observación a largo plazo cabe esperar que el PEC-S-F compense los efectos de la variación de temperatura; por consiguiente, la salida del PEC-S-F convergerá a la pendiente de 1 ppb.

7 Tolerancia al ruido debido a la variación del retardo

7.1 PEC-S-F

La tolerancia al ruido debido a la variación del retardo de paquetes (PDV) del reloj PEC-S-F indica el mínimo ruido de variación del retardo de paquetes a la entrada del PEC-S-F. Indica el ruido en la señal de temporización de paquetes (PTS) que el PEC-S-F debe tolerar.

El modelo de reloj esclavo de paquetes se muestra en la Figura A.1. Las características de transferencia de PEC-S-F determinan sus propiedades con respecto al filtrado de ruido PDV en la señal de temporización de paquetes y generan una frecuencia de reloj trazable a la señal de temporización de entrada disponible en el reloj maestro de paquetes.

El reloj PEC-S-F debe tolerar los límites de ruido especificados en la cláusula 8 de [UIT-T G.8261.1] (límites de red PDV en el punto C). En estas condiciones, el reloj de salida del PEC-S-F:

- no debe causar un fallo PTSF-señal no utilizable (pendiente de estudio);
- no debe causar que el reloj pase al modo de régimen libre;
- mantener el reloj dentro de los límites de rendimiento que se estipulan a continuación, dependiendo del caso de utilización aplicable:
 - los límites definidos para el Caso 3 en la cláusula 7.2.2 de [UIT-T G.8261.1], indicados en el punto de referencia D de la Figura 3 de [UIT-T G.8261.1], o
 - los límites definidos para el Caso 2 en la cláusula 7.2.2 de [UIT-T G.8261.1], definidos en el punto de referencia D de la Figura 3 de [UIT-T G.8261.1]. Este caso queda pendiente de estudio.

NOTA 1 – Los límites anteriores se aplican al PEC-S-F externo hasta la aplicación final (punto C1 en la Figura 3 de [UIT-T G.8261.1]). Los límites corresponden a la aplicación final en el punto E de la Figura 3 de [UIT-T G.8261.1] para el caso de un reloj PEC-S-F incorporado en la aplicación final (punto C2 de la Figura 3 de [UIT-T G.8261.1]) quedan pendientes de estudio.

NOTA 2 – Para la velocidad de paquetes particular utilizada por una implementación real de PEC-S-F, dentro de la gama especificada en [UIT-T G.8265.1], el reloj debe tolerar la variación PDV generada por la red, como se especifica en [UIT-T G.8261.1]. Más concretamente, para el modelo HRM-1 de [UIT-T G.8261.1], el reloj PEC-S-F también debe cumplir la calidad de funcionamiento de salida especificada para su velocidad de paquetes particular cuando sólo el 1% de los paquetes de temporización enviados por el reloj maestro de paquetes permanece en la gama fija de 150 μ s, comenzado en el umbral de retardo en cada ventana de observación de 200 s.

NOTA 3 – La forma de generar una señal de temporización de paquetes (patrón PDV) que experimente ruido en los límites especificados en cláusula 8 de [UIT-T G.8261.1], queda pendiente de estudio. A los efectos de probar la tolerancia a la entrada PDV, la duración máxima del periodo de pruebas queda pendiente de estudio. Las posibles metodologías de prueba para el modelo HRM-1 de [UIT-T G.8261.1] queda pendiente de estudio (véase el Apéndice I de la presente Recomendación).

8 Respuesta de componentes transitorios de fase a largo plazo (régimen libre)

Cuando el reloj PEC-S pierde todas sus referencias entra en estado de régimen libre. En la presente cláusula se describe el comportamiento requerido del reloj PEC-S durante este estado.

NOTA – Esta especificación del régimen libre se aplica siempre y cuando no haya desplazamiento de frecuencia antes de entrar en régimen libre. Los otros casos quedan pendientes de estudio.

8.1 PEC-S-F

En el caso del reloj PEC-S-F instalada con arreglo a la arquitectura UIT-T G.8265, en general, no existen requisitos para el régimen libre a largo plazo. En este caso, cabe esperar que cuando la calidad a la salida del PEC-S-F es lo suficientemente buena (por ejemplo, se pierde la trazabilidad de PRC), la referencia de temporización a la salida debe silenciarse, de modo que la aplicación final entre en régimen libre.

Sin embargo, en algunos casos quizá no sea posible silenciar la señal de salida de la temporización de referencia (por ejemplo, la señal de temporización de referencia transportada por la señal de tráfico 2 048 kbit/s, relacionada con algunas aplicaciones CES). En este caso, cuando esté disponible, el SSM transportado en la señal 2 048 kbit/s con arreglo a [UIT-T G.704] podría utilizarse para informar al equipo conectado de que la trazabilidad del reloj de referencia primario (PRC) se ha perdido. Otra posibilidad es disparar una alarma de gestión a fin de informar al equipo conectado a través de la capa de gestión.

Cuando ninguna de estas opciones sea posible (por ejemplo, la aplicación final no admite SSM), quizá resulte necesario el régimen libre a largo plazo. En tal caso, se aplica la especificación del régimen libre.

El error de fase, Δx a la salida del reloj PEC-S-F relativo a la entrada en el momento de pérdida de referencia no deberá rebasar, durante cualquier periodo de S segundos, el límite siguiente:

$$|\Delta x(S)| \leq \{(\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2)S + 0,5 \mathbf{b} S^2 + \mathbf{c}\}[\text{ns}]$$

La derivada de $\Delta x(S)$, es decir el desplazamiento de frecuencia fraccional, debe satisfacer, durante cualquier periodo de S segundos, la siguiente relación:

$$|d(\Delta x(S))/dS| \leq \{\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2 + \mathbf{b}S\}[\text{ns/s}]$$

La segunda derivada de $\Delta x(S)$, es decir la deriva de frecuencia fraccional, cumple, durante cualquier periodo de S segundos, la siguiente relación:

$$|d^2(\Delta x(S))/dS^2| \leq \mathbf{d} [\text{ns/s}^2]$$

Al aplicar los requisitos anteriores para la derivada de $\Delta x(S)$ y la segunda derivada de $\Delta x(S)$, el periodo S debe comenzar después que se termine de producir cualquier componente transitorio asociado con la entrada en régimen libre.

NOTA 1 – \mathbf{a}_1 representa el desplazamiento de frecuencia inicial a temperatura constante (± 1 K).

NOTA 2 – \mathbf{a}_2 tiene en cuenta las variaciones de temperatura después de que el reloj entre en régimen libre. Si no hay variaciones de temperatura, el término $\mathbf{a}_2 S$ no debería contribuir al error de fase.

NOTA 3 – \mathbf{b} representa la deriva de frecuencia media causada por el envejecimiento. Este valor se obtiene a partir de las características típicas de envejecimiento después de 60 días de funcionamiento continuo. No se pretende medir este valor cada día porque predominará el efecto de la temperatura.

NOTA 4 – El desplazamiento de fase \mathbf{c} tiene en cuenta cualquier cambio de fase adicional que pudiera surgir durante la transición al entrar en el estado de régimen libre.

NOTA 5 – \mathbf{d} representa la velocidad de la deriva de frecuencia temporal máxima a temperatura constante admisible durante el estado de régimen libre. Sin embargo, no se requiere que \mathbf{d} y \mathbf{b} sean iguales.

Las especificaciones de error de fase admisible se indican en el Cuadro 3.

Cuadro 3 – Especificaciones de respuesta a transitorios durante régimen libre

a₁ (ns/s)	1,0
a₂ (ns/s)	10
b (ns/s ²)	$1,16 \times 10^{-5}$
c (ns)	150
d (ns/s ²)	$1,16 \times 10^{-5}$

9 Respuesta de fase a las interrupciones de temporización de paquetes

La respuesta de fase a las interrupciones de temporización de paquetes queda pendiente de estudio.

10 Interfaces

Los requisitos de esta Recomendación se refieren a los puntos de referencia internos de los elementos de red (NE, *network elements*) en los que está insertado el reloj y, por consiguiente, no están necesariamente disponibles para medición o análisis por el usuario. En consecuencia, el funcionamiento de PEC-S-F no se define en estos puntos de referencia internos, sino en las interfaces externas del equipo.

La interfaz de entrada de sincronización del equipo donde se encuentra el reloj PEC-S-F es Ethernet, y la temporización se transporta en la capa de paquetes.

Las interfaces de salida de sincronización del equipo donde puede figurar el PEC-S-F son:

- Interfaces a 1 544 kbit/s de acuerdo con [UIT-T G.703].
- Interfaces externas a 2 048 kHz de acuerdo con [UIT-T G.703].
- Interfaces a 2 048 kbit/s de acuerdo con [UIT-T G.703].
- Interfaces Ethernet síncronas.

NOTA 1 – El rendimiento de esta interfaz quizá no cumpla [UIT-T G.8262].

No todas las interfaces mencionadas se han de implementar en todos los equipos. Estas interfaces deben cumplir los requisitos definidos en la presente Recomendación. La utilización de otras interfaces queda pendiente de estudio.

NOTA 2 – En el caso de interfaces Ethernet, véase el Apéndice III de [UIT-T G.8262].

Anexo A

Modelo funcional del reloj basado en paquetes

(Este anexo forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En el presente anexo se describe el modelo funcional.

La Figura A.1 ilustra el modelo funcional del reloj del equipo basado en paquetes – esclavo – frecuencia (PEC-S-F). La señal de temporización de paquetes se procesa mediante un algoritmo de selección de paquetes para seleccionar los paquetes que se van a utilizar para recuperar el reloj. La información de tiempo contenida en los paquetes seleccionados se utiliza como entrada al comparador de escala de tiempos para comparar las escalas de tiempo del maestro y el esclavo. La diferencia de tiempo entre los tiempos de llegada y salida puede utilizarse como señal de error para controlar la velocidad del oscilador local que alimenta la escala de tiempo local, de modo que la escala de tiempo local avance a la misma velocidad que la escala de tiempos maestro. La referencia local puede provenir de un oscilador estable o del "reloj de salida". En la Figura A.1 se representa el modelo funcional, que no está concebido para especificar de ninguna implementación en concreto. Toda información específica sobre la implementación queda fuera del alcance de la presente Recomendación.

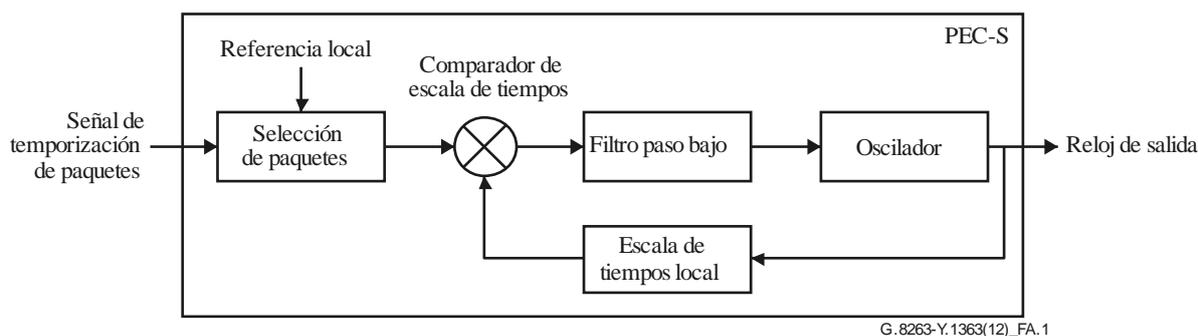


Figura A.1 – Modelo funcional del reloj de equipo basado en paquetes – esclavo – frecuencia (PEC-S-F)

Apéndice I

Tolerancia al ruido debido a la variación del retardo de paquetes – Metodología de prueba

(Este apéndice forma parte integral de la presente Recomendación.)

La metodología de prueba para el modelo HRM-1 de [UIT-T G.8261.1] queda pendiente de estudio.

Apéndice II

Consideraciones relativas a la velocidad de paquetes

(Este apéndice forma parte integrante de la presente Recomendación.)

La presente Recomendación no exige ninguna velocidad de paquetes específica para el reloj basado en paquetes.

Las referencias aplicables al caso del reloj de equipo basado en paquetes – esclavo – frecuencia (PEC-F-S) será [UIT-T G.8265.1] cuando la velocidad de paquetes se haya definido en la gama de un paquete cada 16 segundos a 128 paquetes por segundo. No se espera que la implementación específica PEC-S-F cumpla los requisitos de calidad de funcionamiento en toda esta gama, y el valor real utilizado dependerá de la estabilidad del oscilar, la carga de tráfico y el tipo de red, así como sobre la aplicación del caso.

La experiencia demuestra que para los relojes PEC-S-F como el especificado en la presente Recomendación, las velocidades de paquetes mayores que 1 paquete/segundo suelen utilizarse para cumplir los requisitos especificados en el Caso 3 de la cláusula 7.2.2 de [UIT-T G.8261.1], cuando funcionan por una red similar a la del modelo HRM-1 de [UIT-T G.8261.1].

La velocidad de paquetes que se selecciona afectará considerablemente los requisitos de estabilidad del oscilador.

Obsérvese que la velocidad de paquetes a la que se refiere la presente Recomendación es la correspondiente a condiciones estacionarias (el arranque queda fuera del alcance).

Apéndice III

Consideraciones relativas a la constante de tiempo del reloj PEC-S-F

(Este apéndice forma parte integrante de la presente Recomendación.)

En la presente Recomendación no se requiere ninguna constante de tiempo específica para el reloj basado en paquetes PEC-S-F. Se requiere exclusivamente que se cumplan los objetivos pertinentes de calidad de funcionamiento a la salida especificados en [UIT-T G.8261.1] (por ejemplo, la Figura 4 de [UIT-T G.8261.1]) cuando el ruido PDV a la entrada del reloj PEC-S-F se encuentra dentro de los límites de red PDV especificados en [UIT-T G.8261.1] (por ejemplo, la cláusula 8 de [UIT-T G.8261.1]).

NOTA 1 – La constante de tiempo, τ_c , está relacionado con el ancho de banda a 3 dB del bucle PLL, f_{3db} , mediante la siguiente expresión: $\tau_c = 1/(2\pi f_{3db})$.

Se han realizado estudios sobre un reloj PEC-S-F acorde con el modelo funcional del reloj esclavo basado en paquetes definido en el Anexo A de [UIT-T G.8263], basados en un bucle enganchado en fase de segundo orden, a fin de determinar los valores adecuados de la constante de tiempo. En estos estudios, se tuvieron en cuenta los datos PDV que cumplen el límite de red definido en [UIT-T G.8261.1] para el modelo HRM-1.

Estos estudios demuestran que pudiera resultar necesaria una constante de tiempo considerablemente mayor que en los relojes tradicionales situados en la capa física (por ejemplo, SEC/EEC), del orden de mil segundos o más, a fin de cumplir los requisitos de la Figura 4 de [UIT-T G.8261.1].

NOTA 2 – La constante de tiempo de una determinada implementación PEC-S-F depende también del presupuesto atribuido al ruido de enlace, que está especialmente relacionado con los efectos de la variación de la temperatura. El ruido del oscilador, causado por el envejecimiento y los efectos ambientales, puede limitar en la práctica la calidad de funcionamiento del PEC-S-F y, por ende, se debe tomar en consideración.

El reloj PEC-S-F actúa como un filtro paso bajo para el ruido y, a su vez, como filtro paso alto para el ruido del oscilador. Dada una calidad de funcionamiento de un determinado oscilador, la selección de la constante de tiempo del bucle representa un compromiso entre la atenuación práctica del ruido de entrada y el nivel de admisión de ruido del oscilador.

Si la calidad de funcionamiento deseada del PEC-S-F corresponde con los requisitos de la Figura 4 de [UIT-T G.8261.1], el desplazamiento de frecuencias fraccional a largo plazo de la salida (es decir, medido a intervalos de observación mayores que 1 125 segundos) no debe rebasar los 16 ppb en las condiciones de ruido de entrada y ambientales aplicables a lo largo de la vida útil del oscilador.

A fin de separar la influencia del oscilador de la influencia del ruido de entrada, podrían considerarse dos condiciones de funcionamiento particulares: en primer lugar, para una posible constante de tiempo en el reloj PEC-S-F, la influencia del oscilador podría determinarse utilizando niveles mínimos de ruido de entrada; en tal caso, el objetivo deseado de x ppb desplazamiento de frecuencia fraccional a largo plazo podría emplearse para establecer una calidad de funcionamiento mínima del oscilador. La constante de tiempo del PEC-S-F podría elegirse de modo que el desplazamiento de frecuencia fraccional a largo plazo de la salida permanezca $(16-x)$ ppb por debajo en las condiciones de ruido aplicables dentro de los límites de red PDV cuando se utiliza un oscilador ideal.

Obsérvese que la constante de tiempo a la que se refiere la presente Recomendación, y analizada en este Apéndice, es la correspondiente a condiciones estacionarias (el arranque queda fuera del alcance).

RECOMENDACIONES UIT-T DE LA SERIE Y
**INFRAESTRUCTURA MUNDIAL DE LA INFORMACIÓN, ASPECTOS DEL PROTOCOLO
 INTERNET Y REDES DE LA PRÓXIMA GENERACIÓN**

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
	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

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

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

Serie A	Organización del trabajo del UIT-T
Serie D	Principios generales de tarificación
Serie E	Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
Serie F	Servicios de telecomunicación no telefónicos
Serie G	Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
Serie H	Sistemas audiovisuales y 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	Terminales y métodos de evaluación subjetivos y objetivos
Serie Q	Conmutación y señalización
Serie R	Transmisión telegráfica
Serie S	Equipos terminales para servicios de telegrafía
Serie T	Terminales para servicios de telemática
Serie U	Conmutación telegráfica
Serie V	Comunicación de datos por la red telefónica
Serie X	Redes de datos, comunicaciones de sistemas abiertos y seguridad
Serie Y	Infraestructura mundial de la información, aspectos del protocolo Internet y redes de la próxima generación
Serie Z	Lenguajes y aspectos generales de soporte lógico para sistemas de telecomunicación