

Frecuencias patrón y señales horarias

1 Introducción

En cualquier lugar del mundo, existe una constante necesidad de disponer de señales normalizadas de referencia de frecuencia y de tiempo, que sean fáciles de recibir y de forma inmediata, no solamente para la vida cotidiana, sino también en la investigación científica, en la industria, en aplicaciones técnicas, en las redes de distribución de energía eléctrica, etc. En particular, disponer de referencias precisas de tiempo y de frecuencia, con una incertidumbre inferior a 1 ms, es esencial para la sincronización horaria de las redes de telecomunicaciones fijas y móviles.

La emisión de señales horarias se puede realizar por cable o por radio. Algunos sistemas diseñados principalmente para otras funciones, como navegación o comunicaciones, terrenales o espaciales, utilizan frecuencias de sus propias bandas para transmitir frecuencias muy estables o señales horarias muy precisas. Sin embargo, existe un servicio singular que dispone de frecuencias específicas destinadas a estos fines. Se trata del servicio de frecuencias patrón y de señales horarias (terrenal y espacial) que es un servicio de radiocomunicación para la transmisión de frecuencias específicas o de señales horarias, de reconocida y elevada precisión, para fines científicos, técnicos u otros, que están destinadas a la recepción general (RR 1.53 y 1.54). El objetivo de este servicio es ofrecer la difusión de frecuencias patrón y señales horarias con amplia cobertura, facilidad y fiabilidad de recepción, alto nivel de precisión en la recepción y disponibilidad de equipos receptores relativamente económicos.

Las administraciones de los países que proporcionan el servicio de frecuencias patrón y de señales horarias se deben coordinar para el establecimiento y la explotación del servicio a nivel mundial y para facilitar una utilización eficaz del espectro radioeléctrico y prestar asistencia a las actividades de carácter técnico y científico (RR 26.1).

Intrínsecamente relacionado con las señales horarias se encuentra el concepto de Tiempo Universal Coordinado (UTC).

2 Tiempo Universal Coordinado (UTC)

La definición de la escala de tiempo de referencia y la difusión de señales horarias a través de sistemas de radiocomunicaciones revisten una importancia particular para las aplicaciones y los equipos que requieren un tiempo trazable con respecto al tiempo de referencia.

El Tiempo Universal Coordinado (UTC) es la escala de tiempo de referencia basada en el segundo del Sistema Internacional de Unidades (SI), mantenida por la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM), y constituye la base de una difusión coordinada de frecuencias patrón y señales horarias (RR 1.14). En la mayoría de los países del mundo, la base de la hora civil es el UTC. El UTC es equivalente a la hora solar media en el meridiano origen (0° de longitud), anteriormente expresada como GMT.

El UTC es la única escala de tiempo para referencia internacional y se utiliza como la principal escala de tiempo para las redes de telecomunicaciones (alámbricas e inalámbricas) y para otras aplicaciones y equipos relacionados con el tiempo. De manera que, salvo que se exprese otra cosa, siempre que se emplee una hora especificada en actividades internacionales de radiocomunicación, se aplica el UTC (RR 2.6).

Todas las emisiones de frecuencias patrón y señales horarias deben ajustarse al Tiempo Universal Coordinado (UTC), las señales horarias no deben diferir del UTC en más de 1 ms, en las frecuencias patrón no puede haber una desviación superior a 1×10^{-10} y las señales horarias emitidas por cada estación transmisora deben tener una relación conocida con la fase de la portadora.

3 Frecuencias patrón

En el cuadro del anexo se muestran, para la Región 1 UIT en la que se encuentra España, las bandas de frecuencias utilizadas, o que se utilizarán en el futuro, por el servicio de frecuencias patrón y de señales horarias (terrenal o por satélite), en su caso, con expresión de la frecuencia patrón y su tolerancia, así como con indicación de las notas pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y las Recomendaciones UIT-R de aplicación.

Algunas de estas bandas están expresamente atribuidas al servicio de frecuencias patrón y de señales horarias, a título primario (con derecho a protección), otras lo están a título secundario (sin derecho a protección). Casi todas las bandas de frecuencias están compartidas con uno o más servicios.

Por lo tanto, como cualquier otro servicio de radiocomunicaciones, las interferencias pueden reducir considerablemente la utilidad de los servicios de frecuencias patrón y de señales horarias. No obstante, las administraciones deben colaborar para reducir las interferencias en las bandas de frecuencias atribuidas al servicio de frecuencias y de señales horarias (RR 26.4).

Las emisiones de frecuencias patrón y de señales horarias en la banda de ondas kilométricas incluyen modulaciones de fase o amplitud que proporcionan información completa de hora y fecha en forma codificada.

Las emisiones de frecuencias patrón y de señales horarias en la banda de ondas decamétricas proporcionan una exactitud escasa (1 s), pero ofrecen ventajas tales como amplia cobertura geográfica, comodidad de utilización y equipo de usuario barato.

Las emisiones de frecuencias patrón y de señales horarias en la banda de ondas métricas presentan características de propagación estable y cobertura a larga distancia, que hacen estas señales útiles para comparaciones de frecuencias al nivel 10^{-11} o mejor.

Las señales horarias o de frecuencia también se obtienen de las señales de otros servicios¹, tales como el servicio de radionavegación por satélite en las bandas de frecuencias 1164-1300 MHz y 1559-1610 MHz (GPS/GLONASS/Galileo), los servicios fijos por satélite en las bandas 4-8 GHz y 10,7-14,5 GHz y el servicio de radionavegación en 100 kHz (Loran-C).

Los sistemas del servicio de radionavegación por satélite permiten al usuario compensar los retardos de propagación y aplicar correcciones para diferencias entre el reloj del satélite local y el UTC. Se alcanzan exactitudes mejores que 500 ns para el tiempo y de 10^{-12} para comparaciones de frecuencia. Las principales ventajas son la disponibilidad universal de receptores comerciales, la cobertura mundial desde múltiples satélites, la explotación automática, la gran exactitud y la utilización de patrones atómicos a bordo.

Los sistemas de satélites de comunicaciones permiten exactitudes que se acercan a 1 ns para el tiempo y de 10^{-15} para comparaciones de frecuencia. Entre las ventajas se cuentan la elevada capacidad de exactitud y la disponibilidad de muchos satélites de comunicación adecuados en todas las regiones del mundo, pero tienen el inconveniente del coste relativamente alto de los equipos de recepción y, además, la necesidad de una calibración fina de los retardos del equipo de estación en tierra.

¹ Las estaciones de RNE emiten seis pitidos breves (tono de 1 kHz) en los cinco segundos anteriores a cada hora, con una duración de una décima de segundo, y el sexto pitido empieza a sonar a la hora exacta, con una duración de cinco décimas de segundo.

Cuadro del espectro atribuido al servicio de frecuencias patrón y señales horarias

Banda frecuencia	Título	Frec patrón	Tolerancia	RR	Modalidad	Compartición	Rec. UIT-R	Estaciones con s. horarias
14,00-19,95 kHz	Primario			5.56	Terrenal	con varios servicios	TF.374	
19,95-20,05 kHz	Primario	20 kHz	+ 0,05 kHz		Terrenal		TF.374	
20,05-70,00 kHz	Primario			5.56	Terrenal	con varios servicios	TF.374	
72,00-84,00 kHz	Primario			5.56	Terrenal	con varios servicios	TF.374	DCF77
86,00-90,00 kHz	Primario			5.56	Terrenal	con varios servicios	TF.374	
2 498-2 502 kHz	Primario	2 500 kHz	+ 2 kHz		Terrenal	Investigación espacial (2 501-2 502 kHz)	TF.374	WWV
4 995-5 005 kHz	Primario	5 000 kHz	+ 5 kHz		Terrenal	Investigación espacial (5 003-5 005 kHz)	TF.374	WWV, LOL, YVTO, IBF, IAM
9 995-10 005 kHz	Primario	10 000 kHz	+ 5 kHz		Terrenal	Investigación espacial (10 003-10 005 kHz)	TF.374	WWV, LOL
14 990-15 010 kHz	Primario	15 000 kHz	+ 10 kHz		Terrenal	Investigación espacial (15 005-15 010 kHz)	TF.374	WWV, LOL
19 990-20 010 kHz	Primario	20 000 kHz	+ 10 kHz		Terrenal	Investigación espacial (19 990-19 995 kHz)	TF.374	WWV
24 990-25 010 kHz	Primario	25 000 kHz	+ 10 kHz		Terrenal	Investigación espacial (25 005-25 010 kHz)	TF.374	
400,05-400,15 MHz	Primario	400,1 MHz	+ 25 kHz	5.261	por satélite		TF.374	
4200-4204 MHz	Secundario	4202 MHz	+ 2 MHz	5.440	por satélite (e-T)	con varios servicios	TF.374	
6425-6429 MHz	Secundario	6427 MHz	+ 2 MHz	5.440	por satélite (T-e)	con varios servicios	TF.374	
13,40-14,00 GHz	Secundario			5.4998	por satélite (T-e)	con varios servicios	TF.374	
20,20-21,20 GHz	Secundario				por satélite (e-T)	con varios servicios	TF.374	
25,25-27,00 GHz	Secundario				por satélite (T-e)	con varios servicios	TF.374	
30,00-31,30 GHz	Secundario				por satélite (T-e)	con varios servicios	TF.374	

5.56 Las estaciones de los servicios que tienen atribuidas estas bandas de frecuencias pueden transmitir frecuencias patrón y señales La estación DCF77, en Mainflingen (Alemania), emite señales horarias en la frecuencia de 77,5 kHz.

Estaciones WWV en Fort Collins (Colorado, Estados Unidos), LOL en Buenos Aires (Argentina) e YVTO en Caracas (Venezuela)

Las estaciones IBF en Turín (Italia) e IAM en Roma (Italia) solo transmiten en días laborables