

UIT-R

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

Informe UIT-R SM.2423-0
(06/2018)

Aspectos técnicos y operativos de las redes de área extensa y baja potencia para las comunicaciones entre máquinas y la Internet de las cosas en gamas de frecuencias armonizadas para el funcionamiento de dispositivos de corto alcance

Serie SM
Gestión del espectro



Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en el Anexo 1 a la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

Series de los Informes UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REP/es>)

Series	Título
BO	Distribución por satélite
BR	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
BS	Servicio de radiodifusión sonora
BT	Servicio de radiodifusión (televisión)
F	Servicio fijo
M	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
P	Propagación de las ondas radioeléctricas
RA	Radio astronomía
RS	Sistemas de detección a distancia
S	Servicio fijo por satélite
SA	Aplicaciones espaciales y meteorología
SF	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
SM	Gestión del espectro

Nota: Este Informe UIT-R fue aprobado en inglés por la Comisión de Estudio conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.

Publicación electrónica
Ginebra, 2018

© UIT 2018

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

INFORME UIT-R SM.2423-0

Aspectos técnicos y operativos de las redes de área extensa y baja potencia para las comunicaciones entre máquinas y la Internet de las cosas en gamas de frecuencias armonizadas para el funcionamiento de dispositivos de corto alcance

(2018)

1 Introducción

Se ha desarrollado un nuevo tipo de sistema inalámbrico con el nombre genérico de red de área extensa y baja potencia (*Low-Power Wide-Area Network* o LPWAN), capaz de funcionar con arreglo a las normas aplicables a los dispositivos de corto alcance. Esta innovación complementa la gama de soluciones inalámbricas disponible. Los sistemas LPWAN no dependen de una única tecnología, sino de un grupo de tecnologías de red de área extensa y baja potencia que pueden ser privadas o de estándar abierto.

Estos nuevos sistemas facilitan la superación de los desafíos planteados por la amplia gama de aplicaciones en fase de desarrollo, en cuyo marco numerosos dispositivos solo necesitan transmitir un número reducido de mensajes al día. En el apartado 4 del presente Informe se proporcionan detalles sobre las aplicaciones a las que se dirigen las LPWAN, entre ellas, las relacionadas con las ciudades inteligentes, la fabricación, la domótica, el medioambiente y la agricultura, el transporte y la logística, la energía y los servicios públicos.

Estas soluciones presentan diversas características técnicas y operativas comunes que las hacen aptas para la provisión de comunicaciones masivas entre máquinas (mMTC) y aplicaciones de Internet de las cosas (IoT).

En el subapartado 5.1 del presente Informe se proporcionan detalles sobre los aspectos técnicos, incluidas técnicas comunes de acceso al espectro, una arquitectura de red plana y dimensiones de trama del orden de decenas de bytes transmitidos varias veces al día a velocidades ultrabajas.

En el subapartado 5.2 del presente Informe se proporcionan detalles sobre las capacidades operativas de las LPWAN, que permiten un número masivo de conexiones de equipos radioeléctricos rentables con niveles de potencia de salida relativamente bajos, a fin de proporcionar conectividad a varios kilómetros a la redonda, así como un aumento de la duración de las baterías.

En respuesta a la Resolución UIT-R 66 «Estudios relativos a sistemas y aplicaciones inalámbricos para el desarrollo de la Internet de las cosas», en el presente Informe se describen los aspectos técnicos y operativos de las LPWAN para las comunicaciones entre máquinas y la IoT en gamas de frecuencias armonizadas para el funcionamiento de dispositivos de corto alcance.

2 Resoluciones, Recomendaciones e Informes pertinentes del UIT-R

- Resolución UIT-R 54 «Estudios para lograr la armonización de los dispositivos de corto alcance»
- Resolución UIT-R 66 «Estudios relativos a sistemas y aplicaciones inalámbricos para el desarrollo de la Internet de las cosas»
- Recomendación UIT-R SM.1896 – Gamas de frecuencia para la armonización de los dispositivos de corto alcance
- Informe UIT-R SM.2153 – Parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos

3 Abreviaturas

AFA	Agilidad adaptable de la frecuencia (<i>adaptive frequency agility</i>)
APC	Control adaptable de la potencia (<i>adaptive power control</i>)
APT	Telecomunidad de Asia y el Pacífico (<i>Asia-Pacific Telecommunity</i>)
CEPT	Conferencia Europea de Administraciones de Correos y Telecomunicaciones
CFR	Código de reglamentos federales (Estados Unidos de América)
CSS	Espectro ensanchado de impulso modulado (<i>chirp spread spectrum</i>)
DL	Comunicación de enlace descendente (<i>down-link</i>) de la estación de acceso al dispositivo
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (<i>European Telecommunications Standards Institute</i>)
IETF	Grupo de Tareas sobre Ingeniería de Internet (<i>Internet Engineering Task Force</i>)
ICM	Industrial, científico y médico
IoT	Internet de las cosas (<i>internet of things</i>)
LPD	Dispositivo de baja potencia (<i>low power device</i>)
LIPD	Dispositivo con escasa probabilidad de interferencia (<i>low interference potential device</i>)
LPWAN	Red de área extensa y baja potencia (<i>low power wide area network</i>)
LTN	Red de bajo rendimiento (<i>low throughput network</i>)
M2M	Máquina a máquina (<i>machine-to-machine</i>)
MTC	Comunicación entre máquinas (<i>machine type communications</i>)
mMTC	Comunicación masiva entre máquinas (<i>massive machine type communications</i>)
RFID	Identificación de radiofrecuencias (<i>radio frequency identification</i>)
SDR	Radio definida por software (<i>software defined radio</i>)
SDO	Organización de normalización (<i>standardization development organization</i>)
SRD	Dispositivo de corto alcance (<i>short range device</i>)
UL	Comunicación de enlace ascendente (<i>up-link</i>) del dispositivo a la estación de acceso
UNB	Banda ultraestrecha (<i>ultra-narrow band</i>)
xPON	Conexión de red óptica pasiva (<i>passive optical networking</i>)

4 Aplicaciones IoT basadas en sistemas LPWAN

Las LPWAN pueden dar soporte a los diversos dispositivos físicos conectados a la red IoT, con objeto de optimizar la eficacia de las operaciones y los servicios urbanos y establecer conexiones con los ciudadanos. En cuanto a las aplicaciones sectoriales previstas, se han descrito diversos casos de uso típicos cubiertos por sistemas LPWAN en la norma ETSI TR 103 249 V1.1.1 (2017-10) sobre redes de bajo rendimiento, un subconjunto de sensores LPWAN y redes de control.

A continuación se enumeran varios ejemplos de casos de uso basados en soluciones LPWAN existentes:

– **Gestión del sistema de tráfico y transporte**

Las LPWAN pueden dar soporte a dispositivos estratégicamente ubicados con sensores para detectar el estado operativo de los semáforos 24 horas al día, 7 días a la semana, y reducir al mínimo los atascos o accidentes.

– **Sistema de abastecimiento de agua**

Las LPWAN pueden dar soporte a sensores y/o dispositivos para la resolución de problemas relacionados con infraestructuras defectuosas u obsoletas en entornos urbanos, mediante la detección de fugas y desbordamientos y la notificación a las autoridades.

– **Alumbrado público**

La tecnología LPWAN puede utilizarse tanto para gestionar redes de alumbrado público inteligentes, como para mejorar aspectos relativos a la seguridad, por ejemplo, comunicando información o circunstancias relacionadas con accidentes de tráfico o cortes de carretera a ubicaciones cercanas.

– **Sistema de estacionamiento inteligente**

Las LPWAN pueden utilizarse para optimizar el uso de los aparcamientos y zonas de estacionamiento municipales, informando a los usuarios sobre las plazas disponibles en las inmediaciones.

– **Control de la contaminación**

Frente a una contaminación ambiental en rápido aumento, la tecnología LPWAN puede desempeñar una función particular en el mantenimiento del equilibrio ecológico por medio de sensores ubicados de manera inteligente y capaces de informar a los funcionarios competentes sobre los niveles de contaminación de la localidad. Estos dispositivos también permiten realizar un seguimiento del consumo y/o desperdicio general de energía ambiental en los alrededores de las plantas energéticas y las industrias pesadas.

– **Gestión de contenedores de residuos**

Las LPWAN pueden contribuir a una gestión adecuada de los residuos por medio de sensores inteligentes que permiten detectar si los contenedores están llenos y deben vaciarse. También cabe esperar que estos sensores recopilen datos sobre el tipo de residuos que los ciudadanos eliminan.

– **Gestión de carga e inventario inteligente**

Los sensores habilitados por las LPWAN pueden constituir una herramienta útil en el marco de los sistemas de inventario inteligentes (es decir, en los camiones de carga y los puertos entre los que llevan los inventarios). Los sensores transmitirían periódicamente información actualizada sobre la ubicación de los vehículos de carga y el estado de los inventarios. Además, las LPWAN pueden notificar a los operadores si es necesario efectuar reparaciones y otros trabajos de mantenimiento en los vehículos de carga y, en caso afirmativo, cuándo.

– **Sistemas de detección de incendios**

Los sensores y alarmas contra incendios dotados de tecnología LPWAN pueden utilizarse para enviar rápidamente notificaciones de emergencia a los cuerpos de bomberos locales, con miras a la prestación de socorro y la limitación de los daños.

– **Bocas de incendio conectadas**

Estos dispositivos ayudan a detectar bocas defectuosas y dolos. Además, podrían realizar un seguimiento del modo en que las bocas de incendio utilizan el agua.

– **Gestión de espacios verdes urbanos**

Los sensores de humedad del suelo, temperatura del suelo y temperatura exterior optimizan la gestión de los espacios verdes públicos y reducen el consumo hídrico.

– **Consumo de energía**

Los sistemas de control propician una facturación más precisa y frecuente.

– **Gestión ganadera**

El sistema de localización para explotaciones ganaderas ofrece capacidades de control y rastreabilidad, pues permite detectar anomalías debidas a cambios de temperatura, actividad, comportamiento y parición del ganado, entre otros factores.

– **Irrigación inteligente**

Esta tecnología permite reducir el consumo de recursos hídricos y elaborar estrategias de irrigación para obtener productos comercializables y aminorar las pérdidas materiales.

– **Servicio de recogida de paquetes**

Un botón inteligente situado dentro del buzón puede notificar al cartero que se ha depositado un paquete en su interior y permitir que los clientes envíen paquetes desde casa.

– **Sistema de gestión de activos industriales**

Esta tecnología permite realizar un seguimiento de las piezas de recambio entre las fábricas y los locales de los proveedores.

– **Gestión de las baterías de las barreras de los pasos a nivel**

Esta solución limita los fallos de servicio de activos críticos, notificando instantáneamente al operador de mantenimiento cualquier evento detectado en la fuente de alimentación de reserva.

– **Recuperación de vehículos robados**

Esta tecnología permite localizar y recuperar activos robados a través de un pequeño dispositivo de seguimiento GPS oculto.

5 Aspectos técnicos y operativos de las LPWAN

5.1 Aspectos técnicos

En las secciones que figuran a continuación se enumeran los principales aspectos técnicos comunes de las LPWAN, a fin de abordar casos de uso de IoT masivos. Los siguientes valores típicos dimanar de normas y reglamentos por los que se rige el funcionamiento de los sistemas LPWAN a escala mundial (entre ellos, ETSI EN 300 220, 47 CFR 15.247, etc.).

5.1.1 Parámetros de los transeptores

– **Potencia de salida/potencia radiada de los transmisores**

Los sistemas LPWAN conectan objetos y dispositivos a través de pasarelas y estaciones de acceso. Los sistemas no siempre gozan de equilibrio y las potencias radiadas isotrópicas equivalentes varían en función de la tecnología y el papel de cada transmisor en los sistemas.

Los valores típicos (p.i.r.e.) oscilan entre 200 mW y 4 W en las estaciones de acceso y 5 mW y 500 mW en los puntos extremos.

– **Características de las antenas**

La mayoría de los transmisores utiliza una antena omnidireccional. En este caso, el valor típico oscila entre 0 dBi y 6 dBi.

– **Clases de emisión**

No se utiliza ninguna clase de emisión específica para los sistemas LPWAN. La mayoría de los sistemas emplean modulaciones digitales complejas o combinadas.

– **Ancho de banda de modulación**

Este parámetro depende de la tecnología utilizada. Los anchos de banda de modulación típicos oscilan entre 100 Hz y 500 kHz.

– **Emisiones no deseadas**

Los dispositivos de baja potencia (LPD) deben cumplir los límites de emisiones no deseadas estipulados en los reglamentos y normas pertinentes. En las Regiones de la UIT, los límites típicos se basan en la Recomendación UIT-R SM.329 y se describen con más detalle en el Informe UIT-R SM.2153 sobre parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance. Estos límites deberían definirse de acuerdo con las atribuciones a servicios y sistemas en las bandas adyacentes.

– **Sensibilidad de los receptores**

Los sistemas LPWAN son extremadamente sensibles (en concreto, -140 dBm en 100 Hz), lo que permite a los dispositivos y equipos de baja potencia proporcionar comunicaciones de larga distancia. Esta característica fundamental de los sistemas LPWAN se basa en técnicas tales como:

- las soluciones de banda ultra estrecha (UNB), en cuyo marco el filtrado de alta selectividad combinado con un ancho de banda de señal más estrecho mejora el umbral de sensibilidad (véase la norma ETSI TR 103 435 V1.1.1); y
- las técnicas de espectro ensanchado de directo o espectro ensanchado de impulso modulado (CSS), que reducen el nivel de sensibilidad por debajo del umbral de ruido gracias a la ganancia de codificación en función del factor de dispersión (véase la norma ETSI TR 103 526 V1.1.1).

5.1.2 Técnicas de acceso al espectro

El objetivo principal de los sistemas LPWAN es dar soporte a casos de uso de IoT masivos con requisitos de bajo rendimiento. El acceso de estos sistemas al espectro puede considerarse en virtud de la normativa aplicable a los dispositivos de corto alcance, que suelen estar exentos de licencia y sujetos a condiciones de acceso específicas en función de la aplicación.

Además de las técnicas de gestión del espectro generalmente aplicadas a los dispositivos de corto alcance, los sistemas LPWAN pueden utilizar técnicas de acceso aleatorio con mecanismos de diseño de sistemas para maximizar el intercambio entre sistemas y optimizar la capacidad de tráfico y la calidad de servicio.

Entre los mecanismos o restricciones encaminados a garantizar un intercambio adecuado entre todos los usuarios de LPWAN suelen figurar un límite de «ciclo de trabajo» que oscila entre un 1% y un 10%, sistemas de «agilidad adaptable de la frecuencia» que dependen de la detección de espectro o el principio de «escuchar antes de hablar» y funcionalidades de «salto de frecuencia».

Las capacidades de radio definida por software (SDR) combinadas con la diversidad de tiempo y frecuencia también se utilizan con frecuencia en las estaciones de acceso para mejorar la gestión de la capacidad de tráfico y la calidad de servicio.

5.1.3 Funcionalidades de las estaciones de acceso

Las funcionalidades relacionadas con las pasarelas suelen dividirse entre las estaciones de acceso y las infraestructuras centrales.

Las estaciones de acceso se despliegan entre los dispositivos y las redes de comunicación y pueden utilizar diferentes tecnologías de comunicación (por ejemplo, 3G, 4G, xPON, Wi-Fi y Ethernet) para transferir datos a la red central LPWAN. Dichas estaciones dan soporte a las conexiones en puente de comunicación entre dispositivos y redes de comunicación, así como a múltiples tecnologías de comunicación que permiten la interacción con las redes de comunicación y los SRD.

Esta función principal se complementa con una serie de capacidades adicionales que contribuyen a las características de seguridad e identificación de extremo a extremo del sistema.

5.2 Aspectos operativos

5.2.1 Número masivo de conexiones

La topología característica de los sistemas LPWAN es una topología de estrella, en cuyo marco una cantidad que oscila entre decenas y cientos de miles de dispositivos están conectados a una estación de acceso en una zona de servicio concreta. La densidad de nodo prevista de los sistemas LPWAN es la siguiente:

- dispositivos: hasta 100 000 puntos extremos por kilómetro cuadrado;
- estaciones de acceso: generalmente, 1 por 10 kilómetros cuadrados (o 0,1 por km²).

El objetivo de los sistemas LPWAN es transportar un bajo volumen de tráfico por dispositivo, que suele ascender a un máximo de 1 kbyte de datos de usuario al día en cada sentido: de enlace ascendente desde un dispositivo hasta una estación de acceso y de enlace descendente desde una estación de acceso hasta un dispositivo.

El patrón de flujo de datos depende de la aplicación. En el Cuadro 1 figuran ejemplos extraídos de la norma ETSI TR 103 249 V1.1.1 (2017-10) sobre casos de uso y características de sistema de LTN.

CUADRO 1

Ejemplos de características de tráfico de los sistemas LPWAN

Ámbito comercial	Necesidad específica	Periodo de transmisión	Tamaño de cabida útil	Comunicación
Medición hídrica	Transmisión de índice	4/día 1/día	10 200	Principalmente UL
Ciudades inteligentes	Estacionamiento inteligente	entre minutos y horas	Pocos bytes	UL y DL
	Gestión de aguas residuales	entre 1 y 5 al día	1-15 bytes	Principalmente UL
	Detección de disparos	Ocasionalmente	10-100 bytes	UL
Sector del automóvil	Ayuda a la geolocalización	Ocasionalmente	250-1 000 bytes	UL y DL
	Conducción fuera de horario	Ocasionalmente	100-200 bytes	UL o UL+DL
	Seguimiento de vehículos robados	1/minuto	10-20 bytes	Principalmente UL

CUADRO 1 (*fin*)

Ámbito comercial	Necesidad específica	Periodo de transmisión	Tamaño de cabida útil	Comunicación
Supervisión de la red eléctrica	Supervisión de transformadores	1/hora	10-20 bytes	UL
	Detección de trayecto defectuoso	Una vez al año	3 bytes	Principalmente UL
Sector de la agricultura	Calidad del suelo	Entre 1 y 4 al día	Pocos bytes por sensor	UL

A fin de mitigar los riesgos relacionados con la congestión del espectro o la sobrecarga del tráfico, algunos sistemas LPWAN pueden utilizar estrategias de gestión del espectro para mejorar sus funcionalidades de comunicación.

Las funciones de adaptación del espectro pueden comprender características tales como la programación de la transmisión, el control adaptable de la potencia (APC), la adaptación de la velocidad binaria, la detección de ocupación del espectro o de interferencias y la agilidad adaptable de la frecuencia.

5.2.2 Capacidad de amplia cobertura

La IoT se dirige a una amplia gama de sectores industriales; en consecuencia, cabe prever la posibilidad de que las LPWAN proporcionen cobertura a zonas tanto urbanas como rurales donde los dispositivos requieren conexión a Internet. La tecnología LPWAN utiliza radiocomunicaciones digitales que brindan un balance de enlace elevado, incluso aunque los dispositivos cuenten con un transmisor de baja potencia. Esta característica puede proporcionarse con un nivel de sensibilidad mejorado mediante técnicas de modulación (véanse las técnicas de UNB y CSS) y reforzarse a través de implementaciones de SDR.

5.2.3 Eficiencia energética y duración de la batería

Las grandes flotas de dispositivos dispersos requieren baterías de larga duración, con objeto de reducir el costo operativo y garantizar la prestación de servicios a largo plazo. En origen, la tecnología LPWAN está diseñada para optimizar el consumo de las baterías en términos de conexión de dispositivos alimentados por baterías cuyo ciclo vital asciende a un máximo de 15 años. La optimización del consumo energético de los dispositivos se logra utilizando una potencia de transmisión baja y reduciendo la tara de protocolo en modo de reposo. La reducción de la tara de protocolo en modo de reposo puede obtenerse gracias al protocolo «sin conexión», que permite a los dispositivos transmitir sin necesidad de sincronizarse ni conectarse previamente a la red. Las estaciones de acceso utilizan radios definidas por software para escuchar el espectro operativo de manera continua.

5.2.4 Reducción de la complejidad y rentabilidad

Las LPWAN abordan la conexión masiva de dispositivos IoT. Este tipo de aplicación requiere simplicidad y rentabilidad. La conectividad inmediata, libre de la carga que supone la provisión de dispositivos en el terreno, es un vector fundamental para la adopción de las LPWAN. La gestión de los dispositivos y el registro de conectividad a lo largo del ciclo vital también es obligatoria para las aplicaciones en que el equilibrio económico solo se logra mediante un número elevado de nodos y/o sensores.

6 Consideraciones relativas a los regímenes de autorización de las LPWAN

Las LPWAN están diseñadas para funcionar en un entorno radioeléctrico con múltiples partes interesadas que utilizan las mismas bandas (otras LPWAN, alarmas, RFID, etc.) con escasa probabilidad de interferencia. A ese respecto, los sistemas LPWAN se ajustan a la definición de SRD que figura en el Informe UIT-R SM.2153, ya que proporcionan comunicaciones unidireccionales o bidireccionales y tienen baja capacidad de producir interferencia a otros equipos radioeléctricos.

Las LPWAN no requieren un acceso exclusivo al espectro y funcionan en un entorno espectral compartido a condición de no causar interferencia ni reclamar protección.

El régimen de autorización general, o exención de licencia, suele aplicarse cuando no es necesario proceder a la coordinación geográfica para garantizar la coexistencia de los servicios y sistemas radioeléctricos. En virtud de este régimen, las partes interesadas pueden acceder al espectro siempre que el equipo radioeléctrico cumpla los requisitos de acceso al mismo y las condiciones operativas. El régimen de autorización general permitiría que las aplicaciones LPWAN en el terreno utilizaran el espectro sin necesidad de obtener una licencia individual. En algunos casos, cuando se requiere un proceso de coordinación adicional, puede aplicarse un régimen de licencias ligero.

7 Consideraciones relativas al espectro para permitir el funcionamiento de las LPWAN

7.1 Tipos de espectro necesarios

Los requisitos de espectro de las LPWAN varían en función de la tecnología utilizada y los supuestos de tráfico. En el caso de las LPWAN basadas en sistemas UNB, la norma ETSI TR 103 435 reveló que, en zonas urbanas muy densas, un ancho de banda de unos 600 kHz para comunicaciones de enlace ascendente puede soportar 55 000 mensajes al día por kilómetro cuadrado de aquí a 2023. En este caso, se necesita una segunda banda de 600 kHz para el enlace descendente.

En el sector industrial, los avances comerciales y técnicos han suscitado un apoyo generalizado a la implantación y el funcionamiento de las LPWAN en bandas por debajo de 1 GHz. Estas bandas ofrecen características de propagación que brindan mejores zonas de cobertura y tasas de penetración en edificios que las bandas de frecuencias más altas. Estas características permiten prestar servicios mMTC en zonas con menos densidad de población y dentro de los edificios.

Más concretamente, las soluciones LPWAN, que están diseñadas para funcionar en un entorno espectral compartido en gamas de frecuencias sub-GHz, anticipan su implantación en las bandas destinadas a los SRD. La aplicación de las mismas técnicas de acceso al espectro y los mismos requisitos mínimos que los estipulados para los SRD reviste una importancia particular para dar soporte a un número elevado de dispositivos de baja potencia y bajo rendimiento. De esta forma, las nuevas tecnologías digitales, capaces de proporcionar servicios innovadores y coexistir con otras tecnologías, pueden implantarse en las mismas bandas de frecuencias.

La mayoría de los dispositivos que se conectan a las LPWAN utilizan el mismo ecosistema de microplaquetas y módulos que los SRD existentes en el mercado. Esta característica común, combinada con la armonización regional de las bandas destinadas a los SRD, hace de las LPWAN una herramienta para el desarrollo de economías manufactureras de escala.

7.2 Ejemplos de frecuencias utilizadas para soportar la implantación de las LPWAN

La armonización del espectro puede conllevar numerosas ventajas socioeconómicas, entre ellas:

- un aumento de la fiabilidad y la eficiencia energética de los dispositivos cuando se viaja al extranjero;

- una ampliación de la base de producción y el volumen de equipos (globalización de los mercados), que resultaría en la creación de economías de escala y la mejora de la disponibilidad de los equipos;
- una reducción del coste de los dispositivos para los clientes y proveedores de soluciones; y
- una disminución del riesgo de interferencia perjudicial entre sistemas.

La Recomendación UIT-R SM.1896 contiene gamas de frecuencias para la armonización de los dispositivos de corto alcance.

El Informe UIT-R SM.2153 contiene parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos.

Actualmente, los sistemas LPWAN están implantados en bandas de espectro armonizadas a escala regional para los SRD como sigue:

– **Región 1 de la UIT**

En los países de la CEPT, la mayoría de las infraestructuras LPWAN se explotan en la banda 865-870 MHz, destinada a los SRD. En particular, dependen de las bandas 865-868,6 MHz a 25 mW de potencia radiada aparente (p.r.a.) y 869,4-869,65 MHz a 500 mW de p.r.a., a las que se aplican técnicas de mitigación tales como la restricción del ciclo de trabajo. Los equipos deben ajustarse a la norma ETSI EN 300 220.

Los sistemas LPWAN se explotan con arreglo a las mismas condiciones en algunos países de África y Oriente Medio que han adoptado normativas en materia de SRD en la gama 865-870 MHz.

– **Región 2 de la UIT**

En la gama 902-928 MHz, suele permitirse la utilización sin licencia con una potencia de transmisión de hasta 4 W de p.i.r.e. La norma 47 CFR 15.247 contiene un ejemplo en la materia.

– **Región 3 de la UIT**

Las LPWAN se implantan atendiendo a las condiciones específicas de cada país. Recientemente, varias administraciones de Asia y el Pacífico han autorizado servicios LPWAN en la gama 915-925 MHz utilizando distintas técnicas y normas de acceso al espectro (véase la norma ARIB STD-T-108 en Japón).

La CEPT/Europa ha estudiado el funcionamiento de los SRD en la gama de 900 MHz (917,3-919,4 MHz) y planea concluir una serie de normas al respecto en 2018, a fin de habilitar una banda para los SRD que los sistemas LPWAN también puedan utilizar en países de las tres Regiones de la UIT.

CUADRO 2

Ejemplos de utilización de frecuencias para las LPWAN

Gama de frecuencias	Recomendación e Informe pertinentes	Observaciones	Región 1	Región 2	Región 3
865-870 MHz	Rec. UIT-R SM.1896 Informe UIT-R SM.2153	Toda esta banda puede considerarse una gama de sintonía. Sólo algunas partes de esta gama de sintonía están disponibles para las LPWAN en varios países, debido a su utilización por sistemas móviles comerciales o a restricciones al alcance de las aplicaciones de los SRD. Consúltense los reglamentos nacionales.	Disponible	No disponible	Disponible en algunos países
902-915 MHz	Rec. UIT-R SM.1896 Informe UIT-R SM.2153	La banda 902-928 MHz es ICM en la Región 2 (véase el número 5.150 del RR). Toda esta banda puede considerarse una gama de sintonía. Esta banda no está disponible para las LPWAN en varios países, incluidos países de la Región 2, debido a su utilización por sistemas móviles comerciales.	No disponible	Disponible en algunos países	No disponible

CUADRO 2 (*fin*)

Gama de frecuencias	Recomendación e Informe pertinentes	Observaciones	Región 1	Región 2	Región 3
915-928 MHz	Rec. UIT-R SM.1896 Informe UIT-R SM.2153	La banda 902-928 MHz es ICM en la Región 2 (véase el número 5.150 del RR). Toda esta banda puede considerarse una gama de sintonía. Sólo algunas partes de esta gama de sintonía están disponibles para las LPWAN en varios países, debido a su utilización por sistemas móviles comerciales o a restricciones al alcance de las aplicaciones de los SRD. Consúltense los reglamentos nacionales.	Disponible en algunos países	Disponible	Disponible en algunos países