

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R M.2003-1**  
(01/2015)

**Sistemas inalámbricos de múltiples gigabits  
en frecuencias en torno a 60 GHz**

**Serie M**

**Servicios móviles, de radiodeterminación,  
de aficionados y otros servicios  
por satélite conexos**



## 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 las Recomendaciones UIT-R

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

Series	Título
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión (sonora)
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	<b>Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos</b>
<b>P</b>	Propagación de las ondas radioeléctricas
<b>RA</b>	Radioastronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	Vocabulario y cuestiones afines

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2016

© 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.

RECOMENDACIÓN UIT-R M.2003-1

**Sistemas inalámbricos de múltiples gigabits  
en frecuencias en torno a 60 GHz**

(Cuestión UIT-R 212-3/5)

(2012-2015)

**Cometido**

En esta Recomendación se recogen las características generales y las normas de la interfaz radioeléctrica para los sistemas inalámbricos de múltiples gigabits en frecuencias en torno a 60 GHz.

**Palabras clave**

Sistema inalámbrico de múltiples gigabits (MGWS), red de área local inalámbrica (WLAN), red radioeléctrica de área local (RLAN)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que los sistemas inalámbricos de múltiples gigabits (MGWS) se utilizan ampliamente en los equipos informáticos fijos, semifijos (transportables) y portátiles para diversas aplicaciones de banda ancha;
- b) que es previsible que los sistemas MGWS incluyan aplicaciones para vídeo, audio y aplicaciones de control digital inalámbricas, así como redes de área local inalámbricas de múltiples gigabits (WLAN);
- c) que las normas sobre MGWS se han elaborado para el funcionamiento en la gama de frecuencias de 60 GHz;
- d) que los MGWS deben implementarse teniendo muy presente la compatibilidad con otras aplicaciones radioeléctricas;
- e) que muchas administraciones permiten los sistemas MGWS, incluidos dispositivos de redes radioeléctricas de área local (RLAN), que funcionan en el rango de frecuencias de 60 GHz en régimen exento de licencias;
- f) que las frecuencias armonizadas en la gama de frecuencias de 60 GHz para el servicio móvil facilitarían la introducción de los MGWS, incluyendo las RLAN,

*reconociendo*

- a) que tanto consumidores como fabricantes se beneficiarán de la armonización mundial del espectro en torno a 60 GHz para los MGWS;
- b) que aunque los MGWS se han utilizado sobre todo para aplicaciones en interiores, hay administraciones que permiten el uso de estos sistemas en exteriores,

*observando*

- a) que existen varias normas con opciones para la implementación de sistemas MGWS,

*recomienda*

1 que se utilicen las normas sobre los MGWS y sus sistemas característicos que figuran en el Anexo 1.

## **Anexo 1**

### **Características generales de los sistemas inalámbricos de múltiples gigabits en 60 GHz**

#### **1 Generalidades**

Las redes de radiocomunicaciones basadas en sistemas inalámbricos de múltiples gigabits (MGWS) pueden utilizarse para aplicaciones de corto alcance y en situaciones de visibilidad directa y de no visibilidad directa. La cobertura y la calidad de funcionamiento de la comunicación varían en función del entorno, pero la calidad de funcionamiento esperada de los sistemas de múltiples gigabits responde a usos con un alcance de unos 10 m y limitado al recinto de una habitación. Estas redes pueden desplegarse con un punto de acceso, como en los despliegues de WLAN existentes, o sin dicha infraestructura, como las WLAN en modo ad hoc y las redes inalámbricas de área personal (WPAN).

Cuando se utilizan puntos de acceso, se instalan en interiores con cobertura del hogar o de una oficina con un terminal de usuario nomádico típicamente también en interior, es decir, todo el sistema WLAN se utiliza en un entorno de interior.

Cuando no se utilizan puntos de acceso, los dispositivos MGWS pueden comunicarse mediante enlaces directos para intercambiar datos entre dispositivos/equipos. Las aplicaciones típicas incluyen comunicaciones de equipo a equipo (por ejemplo, de un PC a un proyector) y entre dispositivos de electrónica de consumo y un quiosco<sup>1</sup>, y puede asumirse que dicho uso será predominantemente en interiores.

#### **2 Características técnicas de los MGWS**

##### **2.1 Espectro**

Se necesita un mínimo de 7 GHz de espectro continuo en el rango de 57-66 GHz para satisfacer los requisitos<sup>2</sup> de las aplicaciones que se prevén utilizar en ese espectro de frecuencias, tales como vídeo no comprimido (por ejemplo, a través de la interfaz multimedia de alta definición (HDMI) a 3 Gbit/s), acoplamiento inalámbrico y carga/descarga de alta velocidad. Ello permitiría disponer de al menos tres canales que ofrecen flexibilidad y una conectividad mejorada. Además, un ancho de banda de canal de 2 160 MHz permite utilizar esquemas de modulación más sencillos para conseguir velocidades de datos de varios Gbit/s, que son adecuadas para dispositivos de baja potencia, como teléfonos inteligentes, tabletas y ordenadores en red de baja capacidad.

---

<sup>1</sup> En este contexto, un quiosco en una cabina que ofrece la distribución y acceso a contenidos electrónicos tales como películas, música, vídeos, libros electrónicos, etc.

<sup>2</sup> Los requerimientos del sistema los proporcionan las normas incluidas en el Anexo 1.

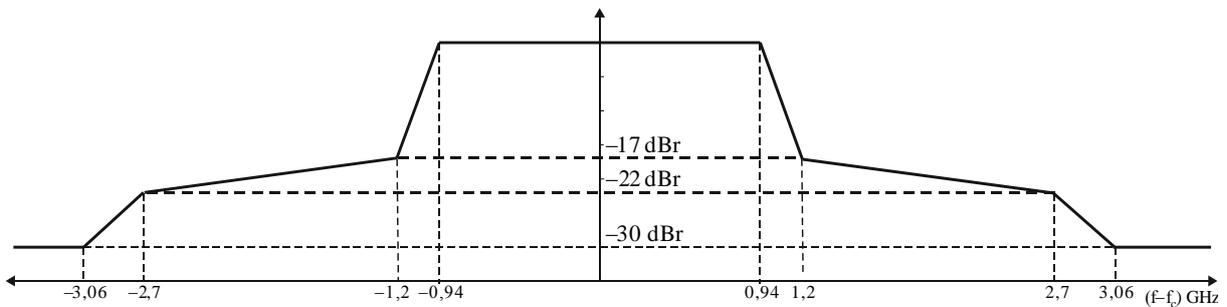
**2.2 Ancho de banda del canal y frecuencias centrales**

Se necesita un ancho de banda del canal de 2 160 MHz. Es importante que todas las normas sobre MGWS utilicen la misma canalización con el fin de promover la coexistencia. Se recomienda que las cuatro frecuencias centrales sean 58,32; 60,48; 62,64 y 64,80 GHz.

**2.3 Máscara de transmisión**

La máscara siguiente es aplicable al funcionamiento con un único canal.

FIGURA 1  
Máscara de espectro para el funcionamiento de un único canal

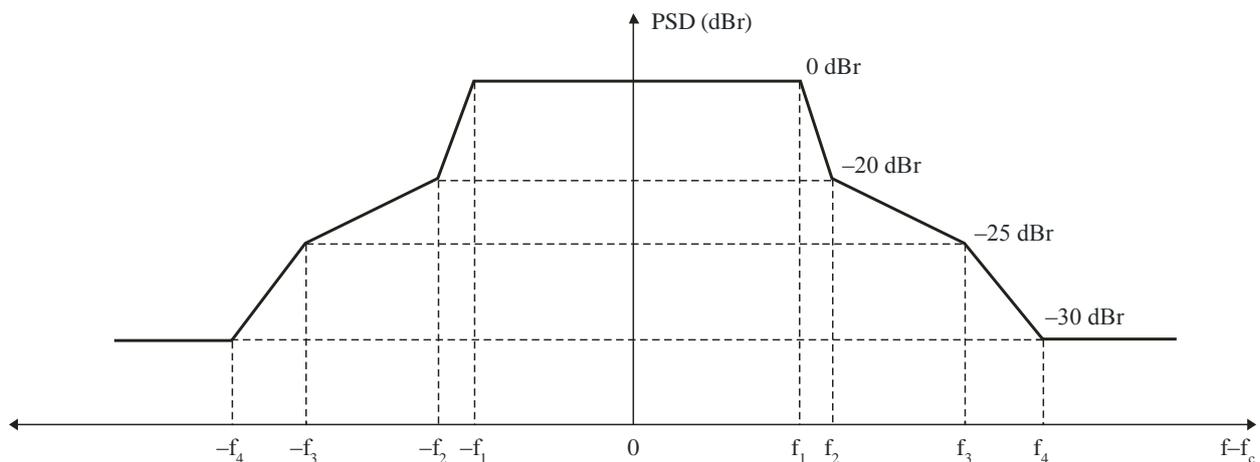


M.200301

En la Figura 1 anterior,  $f_c$  es la frecuencia central portadora.

La máscara siguiente (Figura 2 y Cuadro 1) es aplicable cuando se utiliza una agrupación de canales con más de un canal contiguo.

FIGURA 2  
Máscara de espectro para más de un canal contiguo en una agrupación de canales



M.2003-02

CUADRO 1

**Parámetros de la máscara espectral de transmisión**

<b>Agrupación de canales</b>	<b><math>f_1</math> (GHz)</b>	<b><math>f_2</math> (GHz)</b>	<b><math>f_3</math> (GHz)</b>	<b><math>f_4</math> (GHz)</b>
Transmisión de dos canales agrupados	2,100	2,160	3,000	4,000
Transmisión de tres canales agrupados	3,150	32,40	4,500	6,000
Transmisión de cuatro canales agrupados	4,200	4,320	6,000	8,000

**2.4 Características comunes****2.4.1 Rango de la temperatura de funcionamiento de transmisión y recepción**

El rango de temperaturas de funcionamiento es conforme con IEEE Std 802.11-2012.

**2.4.2 Tolerancia de la frecuencia central**

La tolerancia de la frecuencia central del transmisor debe ser como máximo de  $\pm 20$  ppm en la banda de 60 GHz.

**2.4.3 Tolerancia del reloj de símbolos**

La tolerancia de la frecuencia del reloj de símbolos debe ser como máximo de  $\pm 20$  ppm para la banda de 60 GHz. La frecuencia central del transmisor y la frecuencia del reloj de símbolos se obtienen del mismo oscilador de referencia.

**2.4.4 Pérdida a la frecuencia central de transmisión**

La pérdida a la frecuencia central del transmisor no debe superar  $-23$  dB en relación con la potencia transmitida total o, de forma equivalente,  $2,5$  dB en relación con la energía media del resto de las subportadoras (en caso de multiplexación por división de frecuencias ortogonales, OFDM).

**2.4.5 Flanco ascendente y descendente de transmisión**

El flanco de encendido del transmisor se define como el tiempo que tarda un transmisor en pasar de menos del 10% a más del 90% de la potencia media de transmisión de la trama.

El flanco de encendido del transmisor debe de ser de unos 10 ns.

El flanco de apagado del transmisor se define como el tiempo que tarda un transmisor en pasar de más del 90% a menos del 10% de la potencia máxima de transmisión de la trama.

El flanco de apagado del transmisor debe de ser de unos 10 ns.

**2.4.6 Nivel de entrada máximo**

El máximo nivel de entrada del receptor es el nivel de potencia máximo de la señal de entrada, en dBm, presente a la entrada del receptor para la cual se cumple el criterio de la tasa de error (definido en la cláusula sobre sensibilidad del receptor). Un receptor que lo cumpla tiene un nivel de entrada máximo de al menos  $-33$  dBm para cada uno de los esquemas de modulación que soporte el receptor.

**2.4.7 Características del sistema**

Para explotar todo el potencial que ofrecen los MGWS, incluido el soporte de aplicaciones y servicios aquí descritos, el sistema debe cumplir determinadas características:

- 1) **Caudal:** todos los dispositivos MGWS deben permitir un caudal máximo, medido en la capa superior de control de acceso al medio, de una velocidad mínima de 1 Gbit/s.

- 2) **Alcance:** el sistema debe ofrecer un alcance de al menos 10 m a 1 Gbit/s, medido en la parte superior de la capa de control de acceso al medio en condiciones de canal físico (PHY) sin visibilidad directa.

Además de las características mencionadas, cuando el sistema soporte flujos de vídeo no comprimido, deben cumplirse las características adicionales descritas en el Cuadro 2.

**CUADRO 2**  
**Características del sistema**

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
Velocidad	3 Gbit/s	Vídeo no comprimido, 1 080 p (RGB): 1 920 × 1 080 píxeles, 24 bits/píxeles, 60 tramas/s
Tasa de pérdida de paquetes (carga útil de 8 Kbyte)	1e-8	
Retardo <sup>3</sup>	10 ms	

#### 2.4.8 Esquemas de acceso al canal

El esquema básico de acceso al canal es el acceso múltiple por división de tiempo (AMDT), que resulta necesario a la vista del reto que supone el funcionamiento a 60 GHz, la naturaleza direccional de la comunicación y las aplicaciones utilizadas, como la transmisión inalámbrica de vídeo. El acceso AMDT permite garantizar el ancho de banda necesario para aplicaciones sensibles a la calidad de servicio, dado que permite reserva de capacidad al tiempo que es energéticamente eficiente, ya que los dispositivos no precisan estar activos mientras no están en comunicación.

Además, dado que el sistema AMDT tiene una secuencia de utilización del recurso preestablecida, las estaciones saben exactamente con qué estación se comunican y en qué momento, y por tanto pueden dirigir el lóbulo principal hacia el destino deseado y evitar tener que utilizar comunicaciones omnidireccionales para el acceso con contención.

El acceso con contención, como el que existe en redes Wi-Fi, también debería ser soportado para otros usos como la navegación web y la transferencia de ficheros. Sin embargo, en lugar de ser el esquema básico de acceso, el acceso con contención debería utilizarse en los periodos de tiempo asignados en la infraestructura de acceso al canal AMDT.

#### 2.5 Parámetros para la coexistencia

Para una coexistencia mejorada, es importante que todos los MGWS utilicen la misma canalización.

Ejemplos de canalización:

- 1) IEEE:
  - a) IEEE Std 802.11ad-2012<sup>4</sup> define un ancho de banda del canal de 2 160 MHz.

<sup>3</sup> Representa el retardo desde la parte superior de la capa MAC en un extremo hasta la parte superior de la capa MAC en el otro extremo.

<sup>4</sup> IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 3: Enhancements for Very High Throughput in the 60 GHz Band, Diciembre de 2012.

- b) IEEE Std 802.15.3c-2009<sup>5</sup> define un ancho de banda del canal de 2 160 MHz.

Ante de empezar a utilizar un canal, el MGWS debe explorar dicho canal para garantizar que su funcionamiento no causará interferencia en otro MGWS que esté utilizando dicho canal.

Los siguientes son ejemplos de técnicas para la mitigación de interferencias:

- 1) IEEE:
  - a) El punto de acceso IEEE Std 802.11ad-2012 no debe iniciar el funcionamiento de una red en un canal cuyo nivel de señal sea igual o superior a  $-48$  dBm o cuando detecte un preámbulo válido de señalización en modo común (CMS) IEEE Std 802.15.3c-2009 con un nivel de recepción igual o mayor que  $-60$  dBm. Se han definido otras técnicas de mitigación tales como la conmutación de canal, el control de la potencia de transmisión y la conformación de haces, por nombrar algunas de ellas.
  - b) IEEE Std 802.15.3c-2009 no permite que un controlador de picored inicie una nueva picored en un canal ocupado por otro controlador de picored. Se ha definido un método de señalización en modo común (CMS) para permitir que varios controladores de picoredes compartan el acceso a un canal utilizando intervalos de tiempo AMDT asignados a picoredes bástagos.

## 2.6 Niveles de sensibilidad de recepción

Los niveles de sensibilidad de recepción están comprendidos típicamente entre  $-48$  y  $-78$  dBm.

Ejemplos de niveles de sensibilidad de recepción:

- 1) IEEE: En la norma IEEE Std 802.11ad-2012, la PER es menor del 1% (5% para el esquema de modulación y codificación MCS0) para una longitud de PSDU de 4 096 octetos (256 octetos para el MCS0).

NOTA – En las mediciones de la potencia de radiofrecuencia basadas en la densidad de potencia recibida, el nivel de entrada se corrige para compensar la ganancia real de la antena. Esta ganancia de la antena es la ganancia máxima estimada por el fabricante. En caso de una antena con matriz de elementos en fase, la ganancia de dicha antena es la suma máxima de la ganancia estimada de los elementos a  $-3$  dB de pérdidas de implementación.

## 2.7 Reglas de evaluación de canal despejado (CCA)

Los MGWS pueden aplicar las reglas de evaluación de canal despejado (CCA, *clear channel assessment*) para mitigar la interferencia causada por otros MGWS.

Por ejemplo, en el caso de IEEE Std 802.11ad-2012 existen tres conjuntos definidos de esquema de modulación y codificación (MCS) con reglas específicas de CCA para cada conjunto de MCS. Los tres conjuntos de MCS son:

- a) MCS0: conocido como MCS de control, que se basa en modulación de portadora única (SC).
- b) MCS1 a MCS12, y MCS25 a MCS31: el conjunto de MCS con portadora única (SC).
- c) MCS13 a MCS24: conjunto de MCS con multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM).

---

<sup>5</sup> IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) – Amendment 2: Millimeter-wave-based Alternative Physical Layer Extension.

La norma IEEE Std 802.11ad-2012 define reglas de CCA aplicables a cada conjunto de MCS, de la forma siguiente:

- a) MCS de control: el comienzo de una transmisión válida de un MCS de control con un nivel de recepción mayor que la sensibilidad mínima del MCS de control ( $-78$  dBm) hará que la CCA indique ocupado con una probabilidad  $> 90\%$  en  $3 \mu\text{s}$ .
- b) Conjunto MCS con SC: el comienzo de una transmisión válida de un MCS con SC con un nivel de recepción mayor que la sensibilidad mínima del MCS1 ( $-68$  dBm) hará que la CCA indique ocupado con una probabilidad  $> 90\%$  en  $1 \mu\text{s}$ . El receptor mantendrá en modo ocupado la señal de detección de portadora para cualquier señal con un nivel  $20$  dB superior a la sensibilidad mínima de MCS1.
- c) Conjunto MCS con OFDM: el comienzo de una transmisión válida de un MCS con OFDM o de un MCS con SC con un nivel de recepción mayor que la sensibilidad mínima de MCS13 ( $-66$  dBm) hará que CCA indique ocupado con una probabilidad  $> 90\%$  en  $1 \mu\text{s}$ .

### 3 Normas aplicables a los sistemas inalámbricos de múltiples gigabits

A continuación se presenta una lista de normas que incluyen especificaciones de MGWS:

- 1) IEEE Std 802.11ad-2012, IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications – Amendment 3: Enhancements for Very High Throughput in the 60 GHz Band. Diciembre 2012.
- 2) IEEE Std 802.15.3c<sup>TM</sup>-2009, IEEE Standard for Information Technology – Telecommunications and Information Exchange Between Systems – Local and Metropolitan Area Networks – Specific Requirements – Part 15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) – Amendment 2: Millimeter-wave-based Alternative Physical Layer Extension.
- 3) ETSI EN 302 567 v1.2.1 (2012-01), Broadband Radio Access Networks (BRAN); 60 GHz Multiple-Gigabit WAS/RLAN Systems; EN armonizada que incluye los requisitos esenciales del artículo 3.2 de la Directiva R&TTE.
- 4) Wireless Gigabit Alliance (WGA): WiGig MAC and PHY Specification v1.2, Marzo 2012.
- 5) ISO/IEC 13156, Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High rate 60 GHz PHY, MAC and PALs.

### 4 Acrónimos y abreviaturas

CCA	Evaluación de canal despejado ( <i>clear channel assessment</i> )
CE	Electrónica de consumo ( <i>consumer electronics</i> )
HDMI	Interfaz multimedios de alta definición ( <i>high definition multimedia interface</i> )
MGWS	Sistemas inalámbricos de múltiples gigabits ( <i>multiple gigabit wireless systems</i> )
MCS	Esquema de modulación y codificación ( <i>modulation and coding scheme</i> )
OFDM	Multiplexación por división de frecuencias ortogonales ( <i>orthogonal frequency division multiplexing</i> )
PER	Tasa de errores en los paquetes ( <i>packet error rate</i> )
RLAN	Red de área local radioeléctrica ( <i>radio local area network</i> )

SC	Portadora única ( <i>single carrier</i> )
AMDT	Acceso múltiple por división en el tiempo ( <i>time division multiple access</i> )
WLAN	Red de área local inalámbrica ( <i>wireless local area network</i> )
WPAN	Red de área personal inalámbrica ( <i>wireless personal area network</i> )

---