

Uso del Espectro Radioelétrico

3.- Uso del Espectro Radioeléctrico.

El espectro radioeléctrico es un recurso natural limitado compuesto por el conjunto de ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin necesidad de guía artificial y utilizado para la prestación de servicios de telecomunicaciones, radiodifusión sonora y televisión, seguridad, defensa, emergencias, transporte e investigación científica, así como para un elevado número de aplicaciones industriales y domésticas. Es, por consiguiente, uno de los elementos sobre los que se basa el sector de la información y las comunicaciones para su desarrollo y, más allá de éste, para el acceso y la adopción de los ciudadanos de la misma sociedad de la información.

En la actualidad, además, existe una demanda creciente de espectro para la consolidación de nuevos servicios inalámbricos como ponen de manifiesto, entre otros, los sistemas de comunicaciones móviles, las redes de difusión de televisión digital terrestre o los diversos sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha.

A esta creciente demanda de espectro hay que añadir que no todas las partes del mismo reúnen las mismas características, lo que se traduce en distintas capacidades de cobertura o en distintas propiedades frente al ruido y las interferencias, amén de las implicaciones tecnológicas o de costes. Asimismo los diferentes tipos de informaciones (voz, audio, datos, vídeo) requieren márgenes de espectro (bandas de frecuencias) específicos. Todas estas características conducen a que hasta ahora se haya considerado que unas determinadas zonas del espectro están especialmente indicadas para proporcionar unos servicios concretos, incluyendo, en ocasiones, inevitables conflictos entre servicios distintos que pugnan por la misma banda de frecuencias.

A nivel nacional, el Gobierno de España se encarga de legislar el uso ordenado del espectro radioeléctrico, en la actualidad, mediante Órdenes Ministeriales. La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, perteneciente al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, se encarga de elaborar el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF). En este documento se especifica el uso que se le puede dar a todo el espectro radioeléctrico en territorio español y se detallan las condiciones en que se puede realizar la explotación de dicho espectro. El CNAF que tiene actual vigencia se promulgó según la ORDEN ITC/3391/2007 de 15 de noviembre.

A nivel europeo, la CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) es el organismo encargado de coordinar la regulación de las telecomunicaciones y correos en todos sus países miembros. Dentro de la CEPT, la regulación en materia de telecomunicaciones recae sobre el ECC (Electronic Communications Committee). El organismo mundial encargado de promulgar las recomendaciones para la regulación de las radiocomunicaciones es la ITU-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones, sector Radiocomunicación). Éstas suelen ser consideradas como normas de obligado cumplimiento en la mayoría de países del mundo, por lo que suelen serlo en toda la Unión Europea y, por supuesto, en España.

3.1.- Bandas de frecuencia.

La tecnología WiMAX está primordialmente concebida para ser utilizada en las bandas del espectro radioeléctrico que van de 2.3 a 2.7 GHz, de 3.3 a 3.8 GHz y de 5.7 a 5.8 GHz, aunque su despliegue se está viendo obstaculizado debido a la falta de armonización de las bandas de frecuencias y de los procedimientos uniformes asociados a las regulaciones específicas de cada país. Así, las bandas de frecuencia WiMAX no han sido aún incorporadas al CNAF, y el Gobierno no procederá con este asunto hasta que no haya una posición común al respecto en la UE o una recomendación en este sentido de la ITU. Esto, sin embargo, no impide que puedan desplegarse redes WiMAX que trabajen en las bandas de frecuencia asignadas por el WiMAX Forum para su funcionamiento, ya que el CNAF contempla para dichas bandas usos generales como los que ofrece WiMAX.

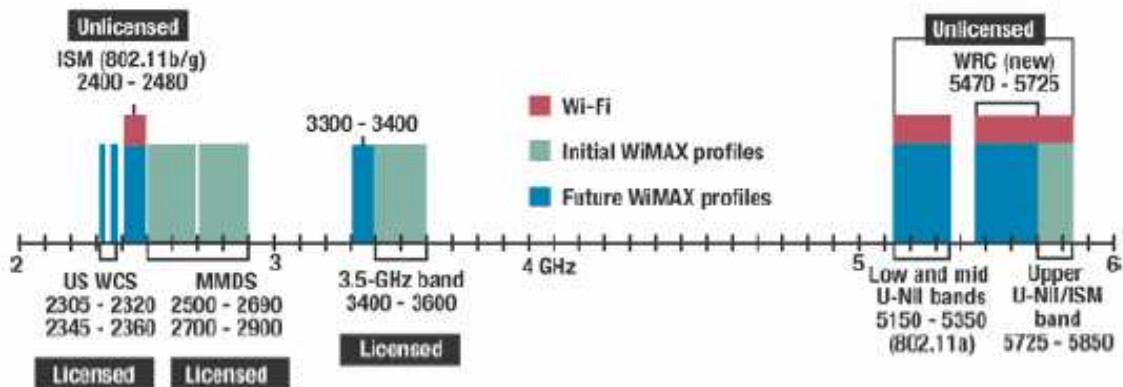


Figura 1: Bandas de frecuencias de 2 a 6 GHz utilizables.

Aún así, la banda del espectro de 3.5 GHz, fue asignada a cuatro operadores de tecnología LMDS, Iberbanda, Clearwire, Neo-Sky y Retevisión, y en ella estos operadores pueden prestar servicios a través de redes WiMAX. Por este motivo, aunque existen bastantes equipos WiMAX que operan en esta banda, sólo se podrá explotar por empresas u organismo que posean la correspondiente licencia administrativa. Estas licencias las asigna el Gobierno de España, a través de los organismos correspondientes, sin que de momento sea previsible la concesión de nuevas licencias, entre otras razones, porque se está a la espera de regular esta tecnología en España a partir de las recomendaciones que realicen los estamentos europeos y mundiales responsables en materia de telecomunicaciones. Por ello, actualmente no hay forma de acceder a esta banda, aunque no se descarta que cuando se decida ordenar el espectro radioeléctrico, se asignen nuevas licencias, a las que pudiera ser que también optaran las Administraciones regionales y locales para usos determinados.

En cualquier caso, se considera que existirá un nivel razonable de armonización global para la tecnología WiMAX en la banda de 5 GHz. Será en esta banda donde comiencen a proliferar los sistemas WiMAX. Puesto que para esta banda, el número de equipos existentes

en el mercado es relativamente amplio, así que si a eso se une que en esta banda las interferencias potenciales son mínimas con respecto a las que pueden encontrarse a 2.4 GHz, parece que a corto plazo, lo más recomendable es optar por la banda de 5 GHz.

Según se puede extraer de la lectura de las notas UN del Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF), existen tres posibles bandas de transmisión para acceso inalámbrico, dos de las cuáles son bandas que no requieren licencia y una de ellas requiere licencia para la emisión en dichas frecuencias.

A continuación se detallan las bandas de frecuencia utilizables para sistemas inalámbricos de banda ancha, en cada una de ellas incluimos la nota UN correspondiente del CNAF.

3.1.1.- Banda mixta de 2.5GHz.

Las bandas entre 2.5 y 2.69 GHz han sido reservadas por EEUU. México, Brasil y algunos países de Asia (principalmente Singapur), donde han sido poco utilizadas para su utilidad original, relacionada con la transmisión de televisión. El WiMAX Forum realiza esfuerzos globales con el objetivo de aumentar la disponibilidad de estas bandas para aplicaciones de banda ancha tanto fijas como móviles. Esta banda usa tanto FDD como TDD, con ancho de banda de los canales de 5 MHz (6 MHz en el caso de EEUU).

También en Asia, en Australia, Corea del Sur y Nueva Zelanda, se utiliza la banda de 2.3 GHz, que se espera que se cubra con los sistemas de 2.5 GHz. Esta banda de 2.3 GHz (llamada WCS) está formada por dos slots de 15 MHz, (2305 – 2320 MHz y 2345 – 2360 MHz), con una separación en medio de 25 MHz, debido a que está reservado para servicios de radio digital (DARS). Se considera que esta banda intermedia puede suponer una fuente de interferencias.

En España, el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias especifica que la banda a utilizar por sistemas inalámbricos de banda ancha es la banda de 2.4 GHz. A continuación, se incluye la nota UN – 85 referente a esta banda de frecuencias.

- **Banda de 2.4 GHz a 2.4835 GHz (UN - 85).**

La banda de frecuencias 2400-2483.5 MHz, designada en el Reglamento de Radiocomunicaciones para aplicaciones ICM, podrá ser utilizada también para los siguientes usos:

- A. Acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas, así como para redes de área local para la interconexión sin hilos entre ordenadores y/o terminales y dispositivos periféricos para aplicaciones en interior de recintos.

Las condiciones técnicas de uso han de ser conforme a la Decisión ERC/DEC/(01)07 y la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, Anexo 3. La potencia isotrópica radiada equivalente total será inferior a 100 mW (p.i.r.e.).

En cuanto al resto de características técnicas de estos equipos, se indica como norma de referencia la ETSI EN 300 328.

Esta utilización se considera de uso común, por tanto, no se requiere licencia.

- B. Dispositivos genéricos de baja potencia en recintos cerrados y exteriores de corto alcance, incluyendo aplicaciones de video.

La potencia isotrópica radiada equivalente máxima será inferior a 10 mW y la norma técnica de referencia es la ETSI EN 300 440. Resto de características de estos dispositivos serán de acuerdo a la Recomendación 70-03 (anexo 1).

Esta utilización se considera de uso común.

3.1.2.- Banda con licencia de 3.5 GHz.

Se trata de la primera banda utilizada para operadores de banda ancha con licencia, que generalmente se localiza entre los 3.4 y 3.6 GHz, aunque hay nuevas posibilidades en el rango de 3.3 y 3.4 GHz (en la actualidad en China, en fase de consultas, y la India, donde ya se ha liberado parte del espectro) y en el rango 3.6 – 3.8 GHz (donde Francia ha sido la primera, seguida por el Reino Unido, y el resto de Europa y Estados Unidos).

Las bandas entre 3.4 y 3.6 GHz han sido reservadas por la mayoría de los países para servicios fijos, móviles y/o por satélite, con la excepción de los Estados Unidos. En estas bandas el enfoque del WiMAX Forum será el de minimizar los requisitos técnicos y reglamentarios no necesarios que puedan inhibir el desarrollo de WiMAX para esta clase de operadores. En ellas se opera tanto con TDD como con FDD, existiendo por lo general canales de 3.5 y 7 MHz.

La nota UN – 107 que se detalla seguidamente especifica las características de esta banda de frecuencias en España.

- **Banda de 3.4 GHz a 3.6 GHz (UN - 107).**

La banda de frecuencias de 3.400 a 3.600 MHz, con excepción de las subbandas que se indican más adelante, está destinada para el establecimiento de sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha.

Las subbandas 3485-3495 MHz y 3585-3595 MHz se destinan para uso prioritario por el Estado en sistemas del Ministerio de Defensa para el servicio de radiolocalización en determinadas localizaciones, donde gozarán de la protección de un servicio primario.

Esta banda de frecuencias requiere de la adjudicación de licencia administrativa por parte de los organismos competentes, y no posee restricciones de potencia emitida. Como se ha comentado con anterioridad, las licencias administrativas para la explotación de esta banda se encuentran actualmente adjudicadas, por lo que la

implantación de sistemas inalámbricos en estas frecuencias estará restringida a los operadores que posean licencia.

3.1.3.- Banda libre de 5 GHz.

El rango de frecuencias de interés incluye las bandas entre 5.25 GHz y 5.75 GHz. La banda entre 5.15 y 5.25 GHz es la más utilizada para aplicaciones interiores de baja potencia, por lo que queda fuera del interés de las aplicaciones WiMAX. Este es el caso de la banda de frecuencia usada en la norma 802.11a (que llega hasta los 5.35 GHz). Además, se caracteriza por disponer de poca potencia en las frecuencias bajas. Para el caso de las bandas inferiores a 5.47 GHz la potencia máxima (PIRE) es de 250 mW.

Ya que en la mayoría de los países se trata de una banda libre, a excepción de algunos países donde hay licencias de uso, para tener constancia de las operaciones, esta banda es estratégica para permitir cubrir mercados remotos o rurales con una baja tasa de población, que pueden quedar fuera del interés de los operadores tradicionales.

En la banda superior (5725 – 5850 MHz) muchos países permiten una mayor potencia de salida (4 W en lugar de 1 W de PIRE) lo que hace que la banda sea más atractiva para aplicaciones WiMAX en larga distancia. Además de que no está tan ocupada, al estar libre de tecnologías WiFi o de la banda WRC. El WiMAX Forum promueve acciones, especialmente en Europa, para que se libere esta banda de manera armónica, que por ahora sólo se ha realizado en el Reino Unido e Irlanda.

Esta banda usará TDD y canales de 10 MHz de ancho.

Para el caso de España, la banda de frecuencias a utilizar por sistemas de banda ancha viene definida en la nota UN – 128, de la que detallan las características a continuación.

- **Banda de 5.470 GHz a 5.725 GHz (UN - 128).**

Acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas, así como para redes de área local de altas prestaciones en la banda de 5 GHz.

Las bandas de frecuencia indicadas seguidamente podrán ser utilizadas por el servicio móvil en sistemas y redes de área local de altas prestaciones, de conformidad con las condiciones que se indican a continuación. Los equipos utilizados deberán disponer del correspondiente certificado de conformidad de cumplimiento con la norma EN 301 893 o especificación técnica equivalente.

Esta banda puede ser utilizada para sistemas de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas, así como para redes de área local en el interior o exterior de recintos, y las características técnicas deben ajustarse a las indicadas en la Decisión de la CEPT ECC/DEC/(04)08. La potencia isotrópica radiada equivalente será inferior o igual a 1 W (p.i.r.e.). Este valor se refiere a la potencia promediada sobre una ráfaga de transmisión ajustada a la máxima potencia.

Adicionalmente, en esta banda de frecuencias el transmisor deberá emplear técnicas de control de potencia (TPC) que permitan como mínimo un factor de reducción de 3 dB de la potencia de salida. En caso de no usar estas técnicas, la potencia isotrópica radiada equivalente máxima (p.i.r.e) deberá ser de 500 mW (p.i.r.e).

Estas instalaciones de redes de área local tienen la consideración de uso común. El uso común no garantiza la protección frente a otros servicios legalmente autorizados ni pueden causar perturbaciones a los mismos.

Los sistemas de acceso sin hilos incluyendo RLAN que funcionen en las bandas 5250-5350 MHz y 5475-5725 MHz deberán disponer de técnicas de reducción de ruido que cumplan con los requisitos de detección, operativos y de respuesta del Anexo 1 de la Recomendación UIT-R M.1652, con el fin de asegurar la compatibilidad con los sistemas de radiodeterminación. Las técnicas de reducción de ruido asegurarán que la probabilidad de seleccionar un determinado canal será la misma para todos los canales disponibles.

3.1.4.- Otras bandas de frecuencia.

En la actualidad, el espectro radioeléctrico está ocupado prácticamente en su totalidad, por lo que se buscan fórmulas novedosas para una reorganización que permita poder destinar determinadas bandas de frecuencia para el uso de nuevas tecnologías que ofrezcan nuevos servicios de comunicaciones. Ante esta situación, se hace muy apetecible la banda de 700 MHz, banda dedicada actualmente a la difusión de TV analógica, gran parte de la cual va a quedar sin uso por la aparición de la TV digital que sustituirá a la analógica en los próximos años. Por este motivo y, porque es una banda de frecuencias muy próxima a las bandas de trabajo de la telefonía móvil actual, hacen de ésta el objetivo de numerosos operadores de telecomunicaciones.

En España, al igual que en otras partes del mundo, el paso de la TV analógica a la TV digital provocará la liberación de gran parte de la banda de 700 MHz, frecuencias en las que se permitirán nuevos usos. Lo que suceda con esta banda será clave para la implantación de nuevas tecnologías inalámbricas de banda ancha, ya que le permitirá imponerse en el mercado como la solución tecnológica más completa para el usuario, puesto que es una banda con unas condiciones muy favorables para la transmisión de datos, ya que está afectada por unas menores pérdidas al situarse en frecuencias bajas.

3.2.- Bandas de uso libre o con licencia.

En este apartado nos centraremos en ver cuáles son las diferencias, dentro de WiMAX, entre la utilización de espectro libre o bandas licenciadas. En general, veremos que en las bandas de licencia se obtiene una mayor calidad de servicio con un mayor coste de entrada

(por la adquisición de licencia), mientras que las bandas libres de licencia presentan una menor calidad, pero tiene un menor coste y una mayor interoperatividad.

3.2.1.- Bandas con licencia.

Para emplear una solución con licencia es preciso que el operador adquiera espectro, que es un proceso muy variable en función del país en el que se quiera operar, teniendo que pasar por subastas, elevados precios y retardos considerables en la adquisición del espectro. Por el contrario, esta barrera de entrada, acompañada del uso exclusivo de una banda, permite conseguir una gran calidad. Puesto que no tenemos unas restricciones de potencia tan exigentes como las de banda de uso libre. Además, debido a la exclusividad en el uso de la banda, existen unas bajas interferencias. Todo esto nos permite conseguir unos niveles de calidad en la transmisión que no son posibles en las bandas sin licencia.

Las frecuencias bajas asociadas a bandas licenciadas permiten conseguir una mejor característica NLOS. Según se incrementa el despliegue de los operadores aparecerán las primeras interferencias dentro de las propias redes, que se deberán reducir con un diseño apropiado de la red.

3.2.2.- Bandas de uso libre.

El elevado coste de adquisición de espectro lleva a muchos operadores inalámbricos a considerar el uso de bandas sin frecuencia para áreas rurales o mercados emergentes. Este tipo de soluciones tiene una serie de ventajas respecto a las soluciones de bandas libres, como es el menor coste, la mayor escalabilidad o la mayor interoperatividad.

Los proveedores de servicio en mercados emergentes, como países en desarrollo o países maduros con áreas subdesarrolladas, pueden reducir el tiempo de llevar al mercado el servicio y los costes iniciales si optan por usar soluciones basadas en uso libre. Además, también es posible usar estas soluciones en el caso de operadores con licencia, como backup de su red habitual.

Las soluciones en bandas de uso libre están limitadas en términos de la potencia de salida transmitida, a pesar de que no sea precisa licencia. Esta limitación en potencia es el único condicionante para los proveedores, que pueden usar el espectro tanto como deseen. Otra limitación es la calidad de servicio, puesto que al ser una banda de uso libre no se tiene regulado el número de redes que trabajan en estas frecuencias. De tal forma que existirán unas mayores interferencias que en las bandas con licencia, empeorando la calidad del servicio.

Hay cuatro desventajas principales relacionadas con el uso del espectro que no requiere licencia.

- **Interferencias:** Debido a que el espectro que no requiere licencia puede ser utilizado por varios sistemas diferentes de RF, hay altas probabilidades de que ocurran interferencias. Los sistemas de RF que no requieren licencia pueden incluir desde las redes rivales de WiMAX o los puntos de acceso de Wi-Fi. Los teléfonos inalámbricos y Bluetooth (sólo 2.4GHz) también usan este espectro. Tanto WiMAX como Wi-Fi soportan la DFS (Dynamic Frequency Selection - Selección Dinámica de Frecuencia) que permite que se utilice un nuevo canal si fuera necesario (por ejemplo, cuando se detectan interferencias). No obstante, DFS también puede introducir una mayor latencia que, a su vez, afecta las aplicaciones en tiempo real como VoIP.
- **Mayor competencia:** Los operadores que utilizan el espectro que no requiere licencia tienen que asumir que otro operador fácilmente podría ingresar en el mercado empleando el mismo espectro. En gran medida, el número relativamente alto de puntos de acceso públicos Wi-Fi se debe a este hecho. No obstante, los gastos de capital relacionados con la instalación de un punto de acceso Wi-Fi de carácter comercial son relativamente triviales (cientos de dólares, cuanto mucho) en comparación con el costo relacionado con desplegar una red WiMAX, que podría ser equivalente al costo de desplegar una red celular. Los costos de despliegue de WiMAX se analizan en otra sección.
- **Potencia limitada:** Otra desventaja del espectro que no requiere licencia es que los entes reguladores del gobierno por lo general limitan la cantidad de potencia que puede transmitirse. Esta limitación es especialmente importante en 5 GHz, donde la mayor potencia podría compensar la pérdida de propagación relacionada con el espectro en frecuencias más altas (más adelante se hablará más a fondo sobre este tema).
- **Disponibilidad:** Mientras el espectro de 2.4 GHz está disponible universalmente, en la actualidad el espectro 5 GHz no se encuentra disponible en varios países.

Dadas estas desventajas, los operadores evaluarán cuidadosamente el uso potencial del espectro que no requiere licencia.