

TEMA

BLOQUE IV – TEMA 11

REDES INALÁMBRICAS. PROTOCOLOS.
CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES Y
TÉCNICAS. SISTEMAS DE EXPANSIÓN DEL
ESPECTRO. SISTEMAS DE ACCESO. MODOS
DE OPERACIÓN. SEGURIDAD. NORMATIVA
REGULADORA.

CUERPO DE GESTIÓN DE SISTEMAS E INFORMÁTICA DE LA ADMINISTRACIÓN DEL ESTADO

OPOSICIONES
TIC.ES

Actualizado en agosto de 2024

CONTENIDO DEL TEMA

1.	REDES INALÁMBRICAS DE ÁMBITO LOCAL (WLAN).....	2
1.1.	PRINCIPALES ESTÁNDARES.....	2
1.2.	REDES WLAN IEEE 802.11 – WIFI (WIRELESS FIDELITY).....	2
1.3.	REDES ETSI HIPERLAN2 (HIGH PERFORMANCE RADIO LAN TYPE 2).	8
1.4.	VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS WLAN.....	9
2.	REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA PERSONAL (WPAN).	9
2.1.	BLUETOOTH.....	9
2.1.1.	CONCEPTOS.....	9
2.1.2.	CARACTERÍSTICAS	10
2.1.3.	VERSIONES	10
2.2.	ZIGBEE.....	12
2.3.	NFC (NEAR FIELD COMMUNICATION	12
3.	REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA (WMAN).....	13
3.1.	INTRODUCCIÓN	13
3.2.	WIMAX (WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS).....	13
3.3.	HIPERMAN (HIGH PERFORMANCE RADIO METROPOLITAN AREA NETWORK).	18
3.4.	WIBRO (WIRELESS BROADBAND).....	18
3.5.	LMDS (LOCAL MULTIPOINT DISTRIBUTION SERVICE).....	19
3.5.1.	CONCEPTOS.....	19
3.5.2.	CARACTERÍSTICAS	19
3.5.3.	ARQUITECTURA.....	21
4.	REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA REGIONAL (WRAN).....	23
5.	REFERENCIAS	23

1. REDES INALÁMBRICAS DE ÁMBITO LOCAL (WLAN)

1.1. PRINCIPALES ESTÁNDARES

Los principales estándares de WLAN son:

- **IEEE 802.11:** Familia de estándares adoptada por la **Wi-Fi Alliance** para los productos Wi-Fi.
- **HiperLan:** estándar europeo definido por el ETSI.
- **Home-RF:** definido por el Home RF Working Group, con velocidades de **1-2-10 Mbps**.
- **Redes IrDA:** basadas en el uso de infrarrojos. Su mayor limitación es que, al trabajar en longitudes de onda lumínicas (del orden de los 900 nanómetros) necesitan visión directa o reflejada, lo que los hace poco adecuados para redes de ordenadores.

1.2. REDES WLAN IEEE 802.11 – WIFI (WIRELESS FIDELITY).

La denominación o certificación **WIFI - Wireless Fidelity** hace referencia al objetivo del IEEE 802.11 de definir redes que, vía radio, mantengan con fidelidad las características de un enlace Ethernet cableado. WIFI es más restrictivo que IEEE 802.11.



INTERFAZ RADIOELÉCTRICO (NIVEL 1).

Usan bandas de frecuencia ICM o **ISM (Industrial, Científica y Médica)**, para las que no se requiere licencia:

- Europa: **2,4 GHz** (igual que Bluetooth y Home RF → interferencias).
- EEUU: **5 GHz**.

En España, las bandas ICM se definen en el **CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias)** en la nota de utilización nacional UN-51, que establece que se debe aceptar la interferencia perjudicial resultante de las aplicaciones.

El **ancho de banda del radiocanal** es de **22 MHz**.

Se distinguen 3 técnicas de modulación para la transmisión por radiofrecuencia, que se describen a continuación.

MODULACIÓN POR ESPECTRO ENSANCHADO (SPREAD SPECTRUM).

Se transmite una señal con un ancho de banda mayor por aplicar una señal adicional conocida como **código de ensanchado o spreading code**

Las principales ventajas son:

- **Empleo de baja densidad de potencia:** la energía transmitida se distribuye en un ancho de banda grande por lo que la energía aplicada a cada frecuencia es muy baja y, por tanto, la señal no interfiere con otros receptores y es difícil de detectar por intrusos.
- **Incorporación de redundancia:** el mensaje está presente sobre diferentes frecuencias de las que se puede recuperar en caso de error. Existe, por tanto, una alta resistencia a interferencias y ruido.

Sin embargo, el principal inconveniente es la **complejidad** añadida en emisores para el ensanchado y desensanchado con incidencia en la velocidad de transmisión.

Hay dos procesos de modulación consecutivos sobre la portadora:

- Proceso ejecutado por el spreading code para generar el ancho de banda ampliado.
- Proceso ejecutado sobre el mensaje.

Según la naturaleza de los dos procesos anteriores, hay dos técnicas.

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum).

- La frecuencia portadora se modifica periódicamente siguiendo una secuencia de frecuencias que constituye el código de ensanchado.
- La duración de cada salto está en el rango de los 100 ms.
- El mensaje se modula con **FSK**. Es muy lento, por lo que ya no se usa.

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).

- La señal a transmitir usa todo el ancho de banda del canal asignado.
- La portadora se modula con **PSK** siguiendo una secuencia de bits específica conocida como **chip**. Esto permite el uso concurrente del mismo canal por varios usuarios si cada uno utiliza un chip altamente diferenciable. A este fenómeno se le denomina **ortogonalidad** y a la técnica de acceso múltiple al medio que la utiliza se la conoce como **CDMA (Code Division Multiple Access)**.
- Para usar CDMA se necesita un chip de **15 bits**. Como en 802.11 se tienen **11 bits**, no es posible utilizar CDMA.

OFDM (ORTOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING).

- El ancho de banda se divide en canales y la señal a enviar se divide en tramas, siendo cada una modulada por la frecuencia de subportadora de cada canal.
- Optimiza el canal y refuerza los canales más débiles (ruidosos o atenuados).

INFRARROJOS.

No se ha desarrollado por la necesidad de línea de visión directa.

CAPA DE ACCESO AL MEDIO (NIVEL 2).

En las redes cableadas basadas en 802.3, los terminales usan el método de acceso al medio CSMA/CD. Sin embargo, por el aire no se pueden realizar escuchas simultáneas a la transmisión, por lo que IEEE 802.11 adopta el **PROTOCOLO DCF (Distributed Control Function)** que define una variante del CSMA llamada **CSMA/CA (CARRIER SENSE MEDIUM ACCESS/COLLISION AVOIDANCE)** con ACK.

CSMA/CA tiene dos modos de operación:

Detección de canal físico.

El emisor verifica el canal y, si está inactivo, transmite inmediatamente. Si no, espera y transmite cuando detecta que está libre. Requiere confirmación expresa ACK del receptor indicando que ha llegado bien.

Si hay colisión, ambas estaciones esperan un tiempo aleatorio para volver a transmitir.

Problema: **nodo oculto**. No todas las estaciones están al alcance del resto así que las transmisiones de una parte de la red pueden no ser detectadas por el resto de nodos.

Detección de canal virtual o RTS/CTS.

Cuando A quiere transmitir, envía una **trama RTS (Request To Send)** con información sobre la identidad del emisor y la longitud de datos que quiere enviar. Si B está preparada para recibir, responde con una trama **CTS (Clear To Send)**, especificando que le concede el canal y la longitud de datos que espera recibir. Esto se llama **Network Allocation Vector (NAV)**.

A transmite y queda a la espera del ACK de B.

Soluciona el problema del nodo oculto, porque aunque C no haya escuchado a A sí escucha el CTS de B, detectando la ocupación de un canal virtual y hasta que no escuche el ACK final de B no intentará transmitir.

Inconvenientes: la cantidad de información de control que se intercambia disminuye el volumen efectivo de intercambio de datos de usuario.

El modo de operación DCF otorga un control distribuido de la red a todos los nodos. Sin embargo, IEEE 802.11 permite también un **control centralizado** a través del **PROTOCOLO PCF (Point Coordination Function)**, cuya implementación es opcional.

En el modo PCF, una estación base consulta a las demás si tienen tramas que emitir mediante un **sistema de sondeo o polling**. El mecanismo para establecer el sondeo se basa en la transmisión de una trama baliza (**beacon frame**) de manera periódica, entre 10 y 100 veces por segundo.

En la beacon frame se indican las características del servicio de polling e invita a nuevas estaciones a conectarse al mismo. Una vez que una estación se conecta, se le garantiza una fracción del ancho de banda total de la estación base.

El modo PCF **es la base para implementar calidad de servicio, y se desarrolla en 802.11e.**

DCF y PCF pueden convivir en la misma red: algunas estaciones recibirían QoS y el resto competiría por el medio. Actualmente, el QoS no está extendido porque hay equipos WiFi que no soportan PCF.

ARQUITECTURA DE RED.

Se pueden establecer WLAN de dos modos distintos:

- **Red Ad-Hoc o Peer-to-Peer:** grupo de ordenadores que se comunican directamente con señales de radio sin usar un punto de acceso.
- **Red Modo Infraestructura:** se compone de los siguientes elementos:
 - **Terminales de usuario (clientes):** NIC y transceptor de radio.
 - **Punto de Acceso (AP):** es el controlador central de la red inalámbrica. Coordina la transmisión y recepción de dispositivos inalámbricos dentro de la extensión (la extensión y número de dispositivos depende del estándar de conexión inalámbrica y del producto). Lo habitual es conectar los AP a un hub o switch Ethernet y éste a un router IP.
 - **Controlador de Acceso (AC):** si hay varios AP, se conectan al AC, que es un encaminador IP que suele tener también función de AP y que asigna direcciones IP a los terminales de la WLAN, mantiene una lista de direcciones de los terminales autenticados y filtra el tráfico. Ej: RADIUS, firewall ...etc.
 - El número de AP en una zona depende de la banda de trabajo a la que se actúe. Además, para evitar interferencias, los canales deben estar **separados 22 MHz**:
 - Redes en la banda de **2,4 GHz** → **3 AP concurrentes**.
 - Redes en la banda de **5 GHz** → **8 AP concurrentes**.

GRUPOS DE TRABAJO IEEE 802.11.

El estándar 802.11 es una familia de normas inalámbricas creada por el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE). 802.11n es la forma más apropiada de llamar Wi-Fi, lanzada en 2009. Mejoró con respecto a versiones anteriores de Wi-Fi con múltiples radios, técnicas avanzadas de transmisión y recepción, y la opción de usar el espectro de 5 GHz. Todo implica una velocidad de datos de hasta 600 Mbps.

Parámetro	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be
Año revisión	1999	1999	2003	2009	2014	2019 (2021)	2024
Nombre alternativo Wi-Fi Alliance		WIFI 3		WIFI 4	WIFI 5 WIFI GIGABIT	WIFI 6 (WIFI 6E)	WIFI 7
Capa física	OFDM PSK/QAM	DSSS DPSK sin/con CCK o PBCC	OFDM, DSSS DPSK / PSK / QAM	MIMO / OFDM	OFDMA 256 QAM	OFDMA 1024 QAM	
Ancho de banda canal	20 MHz	22 MHz	20 MHz	40 MHz	80 MHz hasta 160 MHz	160 MHz	

Velocidad teórica (por canal)	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps	1,3 Gbps	9,6 Gbps	46 Gbps
Velocidad real (por canal)	31 Mbps	6 Mbps	12 Mbps	300 Mbps			
Banda	5 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4-2,4835 GHz 5 GHz	5 GHz	2,4GHz 5GHz (6GHz)	2.4 GH 5 GHz 6 GHz
Nº portadoras o canales de datos	8	3	3	52 portadoras			
Alcance exterior	120 metros	150 metros	150 metros	300 metros			
Duplexación	TDD	TDD	TDD	MIMO	MIMO	MIMO MU-MIMO	MU-MIMO
Potencia transmitida	40 mW	100 mW	100 mW				
Observaciones	<ul style="list-style-type: none"> Posterior a 802.11b Menos interferencias que con 2,4GHz 		<ul style="list-style-type: none"> Alcance mayor. Interoperable con 802.11b 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicaciones Multimedia 	Es una mejora del 802.11n, sus componentes consumen menos energía.		

Posteriormente, se han aprobado también los estándares **802.11ah** y **802.11ad**.

- 802.11ah, conocido como WIFI HaLow define el funcionamiento de redes exentas de licencia en bandas de frecuencia por debajo de 1 GHz (0,9 GHz).
- 802.11ad es un estándar muy rápido, puede proporcionar hasta 6,7 Gbps de velocidad de datos en la frecuencia de 60 GHz, pero tiene una distancia de 3,3 metros del punto de acceso.

ATENCIÓN!: en bandas de frecuencia más altas (como 5GHz) hay espacio para más canales y es **menos propensa a interferencias**, sin embargo, hay una **mayor absorción de las señales por los obstáculos**. Además, entre DSSS y OFDM, el segundo es más robusto frente a interferencias. Por ello, en el 802.11g, la combinación de la banda de 2,4GHz y OFDM da un mayor alcance.

OTROS GRUPOS DE TRABAJO IEEE 802.11.

IEEE 802.11a, b y g tienen como problemas comunes una **débil seguridad y carencia de calidad de servicio**. Para tratar de paliar dichas limitaciones, surgen los siguientes grupos:

- **IEEE 802.11e:** introducir **QoS** en 802.11b cambiando DCF por PDF.
- **IEEE 802.11f:** **roaming**.
- **IEEE 802.11h:** **evolución de IEEE 802.11a** para cubrir en Europa los requisitos de ETSI para las WLAN que funcionen en la banda de 5GHz sobre **control de potencia** (TPC Transmit Power Control) y **cambio automático de frecuencia** para evitar interferencias con otros sistemas radio.
- **IEEE 802.11i:** para solventar las debilidades de seguridad de WEP (Wired Equivalent Privacy), se incorpora el AES creando **WPA2**.
- **IEEE 802.11x:** no existe, para no confundirlo con IEEE 802.1x.

SEGURIDAD EN REDES WIFI.

TOPOLOGÍA AD-HOC.

- **Open System:** Lista de usuarios definidos.
- **Shared Key:** Sólo las estaciones que comparten una clave secreta pueden ser autenticadas.

TOPOLOGÍA DE INFRAESTRUCTURA.

Diálogo cifrado entre el cliente y el AP.

- **WEP (Wired Equivalent Privacy).**
- **WPA2 (WiFi Protected Access) y WPA 3.**

Otros mecanismos aplicables para controlar el acceso a las WLAN son:

- **Validaciones MAC de los clientes contra unas ACL.**
- **Utilización de VPN.**
- **Ocultación del SSID (Service Set Identifier) de la red.**

Algunos mecanismos de seguridad son **comunes a cualquier red, inalámbrica o no**. Por ejemplo, el estándar **IEEE 802.1x, de control basado en puertos**, de manera que el puerto que se le asigne a un terminal se mantendrá inhabilitado hasta que el servidor lo valide por medio del **protocolo EAP (Extensible Authentication Protocol)** contra un Servidor de Autenticación (**RADIUS**).

(Completar con el Tema de Seguridad)

1.3. REDES ETSI HIPERLAN2 (HIGH PERFORMANCE RADIO LAN TYPE 2).

En Europa, ETSI ha desarrollado un estándar propio para WLAN, **HiperLAN2 que compite con el IEEE 802.11a** y para el que se han reservado canales en la banda de **5 GHz** en Europa.

HiperLAN2 se ha desarrollado en el **proyecto Broadband Radio Access Networks (BRAN75)** de ETSI.

En el nivel físico, HiperLAN2 es muy parecido a 802.11a con ventajas del primero sobre control de potencia y cambio automático de frecuencia en caso de interferencia.

Por encima del nivel físico, son muy diferentes:

- En 802.11a el control del acceso era distribuido; sin embargo, **en HiperLAN2 el control de acceso es centralizado**, coordinado por el AP, que asigna recursos en el canal radio a los terminales que quieren transmitir. Esto permite ofrecer **QoS**. Además del modo centralizado, HiperLAN2 define un “modo directo” para redes ad-hoc.
- Por encima del nivel MAC, HiperLAN2 usa un **procedimiento de control de errores con tres opciones** y, dependiendo de las necesidades de QoS se asigna uno u otro:
 - **Asentimiento y retransmisión selectiva.**
 - **Retransmisión preventiva.**
 - **Sin retransmisiones.**
- Por su parte, el bloque **Radio Link Control (RLC)** se encarga de la gestión de recursos radio (por ej. selección dinámica de frecuencias, control de potencia), de la señalización con los terminales que solicitan recursos y de funciones de seguridad (autenticación y cifrado).
- Finalmente, la arquitectura de HiperLAN2 incluye un **nivel de convergencia** para facilitar su interconexión con diferentes redes. El nivel de convergencia incluye una **parte común basada en paquetes** (para redes IP) y **otra basada en células** (para ATM) y **bloques específicos** para Ethernet, PPP, UMTS e IEEE1394 (Firewire).



El proyecto ETSI BRAN ha trabajado también en otros dos sistemas complementarios de HiperLAN2:

- **HIPERACCESS:** versión de HiperLAN2 para **enlaces fijos punto a multipunto**, con misma velocidad y **mayor alcance**.
- **HIPERLINK:** enlace inalámbrico en la banda de **17 GHz** de **alta velocidad y corto alcance**, que se puede usar **para interconectar HiperLAN2 e Hiperaccess**.

1.4. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS WLAN

Ventajas	Inconvenientes
Movilidad de los usuarios.	Aumento del riesgo en la seguridad.
Sencillez de instalación.	Alcance máximo inferior al de las redes cableadas.
Flexibilidad en la elección de ubicaciones.	Menor velocidad que las cableadas y tasa de error mayor.
Permite su dimensionamiento en función del tráfico y preferencias de los usuarios.	Compartición de la capacidad de transmisión con el resto de usuarios de la red, lo que limita el número de puestos para poder mantener un nivel de servicio dado.
Robustez y bajo mantenimiento: no es necesario mantener cableado.	Regulación del espacio radioeléctrico, que limita las frecuencias a utilizar y por tanto restringe la capacidad máxima de los sistemas.
Escalabilidad.	

2. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA PERSONAL (WPAN).

Las WPAN conectan pequeños dispositivos entre sí en un rango de hasta 10 metros (opcionalmente 100 metros). El proceso de estandarización es del grupo **IEEE 802.15**.

2.1. BLUETOOTH**2.1.1. CONCEPTOS**

Bluetooth fue desarrollada inicialmente por Ericsson y posteriormente formalizada por el Bluetooth SIG. Está recogida en el estándar **IEEE 802.15.1, IEEE 802.15.2 y 802.15.3**.

El nombre de Bluetooth se debe al rey danés Harald Blatand (alias Bluetooth) y el logo son las runas nórdicas de sus iniciales (HB).

A diferencia de otros estándares inalámbricos, Bluetooth incorpora **especificaciones tanto para la capa de enlace (nivel 2 OSI) como para la capa de aplicación (nivel 7)** con la definición de perfiles de uso según tipos de dispositivos.

2.1.2. CARACTERÍSTICAS

Las características básicas de Bluetooth son:

- Diseñado para la fabricación de equipos robustos, de bajo coste y bajo consumo.
- Opera en la **banda libre de licencia ISM a 2,45 GHz, de 2402 MHz a 2480 MHz**.
- Para prevenir interferencias con otros protocolos, divide la banda en **79 canales de 1 MHz** y cambia de canal hasta **1.600 veces por segundo**.
- Al trabajar en radiofrecuencias, los dispositivos Bluetooth no requieren línea de visión directa (**NLOS**), y pueden estar en habitaciones distintas con la suficiente potencia.
- Cada dispositivo puede mantener simultáneamente **hasta 7 conexiones** activas en modo maestro esclavo, conformando una red ad-hoc en estrella conocida como **piconet**. Un dispositivo puede pertenecer simultáneamente a varias piconet, creando así una **scatternet**.
- Seguridad: cada dispositivo puede ser configurado para anunciar constantemente su presencia a los dispositivos próximos, en orden a establecer una conexión. También se puede proteger por contraseña una conexión entre dos dispositivos, de forma que ningún otro lo pueda escuchar.
- Bluetooth permite realizar transmisiones tanto de datos como de voz.

2.1.3. VERSIONES

Versión de Bluetooth	Lanzamiento	Máxima velocidad de transmisión de datos	Novedades más importantes
Bluetooth 1.0a	Julio de 1999	732,2 kb/s	Primera versión oficial
Bluetooth 1.0b	Diciembre de 1999	732,2 kb/s	Mejoras generales
Bluetooth 1.1	Febrero de 2001	732,2 kb/s	Problemas de conexión y de seguridad resueltos; primera versión comercializable; cifrado; hasta siete conexiones simultáneas
Bluetooth 1.2	Noviembre de 2003	1 Mb/s	Compatibilidad descendente con Bluetooth 1.1; menos susceptible a las interferencias gracias al AFH (Adaptative Frequency Hopping)
Bluetooth 2.0 + EDR	Noviembre de 2004	2,1 Mb/s	Tasas de transmisión de datos tres veces mayores gracias al EDR

			(Enhanced Data Rate); diversos métodos para el ahorro de energía; uso adicional de NFC (Near Field Communication) para el emparejamiento
Bluetooth 2.1 + EDR	Agosto de 2007	2,1 Mb/s	Conexión automática sin PIN gracias al Secure Simple Pairing
Bluetooth 3.0 + HS	Abril de 2009	24 Mb/s	Canal adicional de alta velocidad (HS) basado en Wi-Fi y UWB (banda ultra ancha)
Bluetooth 4.0 LE (también: Bluetooth smart)	Diciembre de 2009	24 Mb/s	Pila de protocolos Low Energy (LE)* para distintos métodos de ahorro de energía (p. ej., perfil GATT) para dispositivos pequeños; corrección de errores mejorada; cifrado de 128 bits
Bluetooth 4.1	Diciembre de 2013	25 Mb/s	Los dispositivos más pequeños ya no necesitan intermediarios; IPv6
Bluetooth 4.2	Diciembre de 2014	25 Mb/s	Mejoras generales
Bluetooth 5.0	Diciembre de 2016	50 Mb/s	Aumento considerable del alcance y de las tasas de transmisión de datos
Bluetooth 5.1	Enero de 2019	50 Mb/s	Se puede saber la ubicación de los dispositivos a los que está conectado.
Bluetooth 5.2	Enero 2020	50 Mb/s	Mejoras en el modo de radiofrecuencia y en rendimiento cuando hay varios dispositivos conectados.
Bluetooth 5.3	Julio 2021	50 Mb/s	Reduce el consumo en los dispositivos, mejora de la seguridad de las conexiones, la reducción de las interferencias y la mejora de la calidad del ancho de banda.
Bluetooth 5.4	Febrero 2023		Se centra en mejorar

			las velocidades de conexión y rangos de alcance, principalmente.
--	--	--	--

(*) Bluetooth LE: Bluetooth Low Energy. Extensión que reduce el consumo de energía hasta en 90% a través de un modo inactivo de consumo de energía ultrabajo utilizando una pila de protocolos optimizada de bajo ancho de banda diseñada para dispositivos IoT. Esto significó que los sensores y dispositivos de IoT podrían funcionar durante años con una pequeña batería de tipo botón.

2.2. ZIGBEE

Aunque Bluetooth es el más extendido, hay otras propuestas comerciales para la creación de WPAN, entre las que destaca ZigBee, especificación industrial promovida por la ZigBee Alliance recogida en el **IEEE 802.15.4**.

El objetivo de Zigbee convertirse en el estándar dominante para **aplicaciones de control remoto que no requieran alta velocidad de transmisión pero que requieren consumo bajo de potencia, bajo coste y facilidad de uso**.

Habilita la transmisión sobre distintas bandas de frecuencias:

- **250 Kbps a 2.4 GHz.**
- 40 Kbps a 915 MHz.
- 20 Kbps a 868 MHz dentro de un rango de 10 a 100 metros.

2.3. NFC (NEAR FIELD COMMUNICATION)

Es una tecnología de comunicación inalámbrica, de corto alcance y alta frecuencia que permite el intercambio de datos entre dispositivos. Los estándares de NFC cubren protocolos de comunicación y formatos de intercambio de datos, y están basados en **ISO 14443** (RFID, radio-frequency identification) y FeliCa. Los estándares incluyen ISO/IEC 18092 y los definidos por el Foro NFC (NFC Forum), fundado en 2004, por Nokia, Philips y Sony y suma más de 170 miembros. También se puede usar, al igual que el Bluetooth, como protocolo para transferir archivos de un teléfono a otro, siendo incluso más veloz que este.

NFC se comunica mediante sondas colocadas dentro de sus respectivos campos cercanos. Trabaja en la banda de los 13,56 MHz, esto hace que no se aplique ninguna restricción y no requiera ninguna licencia para su uso. inducción en un campo magnético, en donde dos antenas de espiral

Soporta dos modos de funcionamiento, todos los dispositivos del estándar NFCIP-1 deben soportar ambos modos:

- Activo: ambos dispositivos generan su propio campo electromagnético, que utilizarán para transmitir sus datos.

- Pasivo: solo un dispositivo genera el campo electromagnético y el otro se aprovecha de la modulación de la carga para poder transferir los datos. El iniciador de la comunicación es el encargado de generar el campo electromagnético.

El protocolo NFCIP-1 puede funcionar a diversas velocidades como 106, 212, 424 u 848 Kbit/s. Según el entorno en el que se trabaje, las dos partes pueden ponerse de acuerdo de a qué velocidad trabajar y reajustar el parámetro en cualquier instante de la comunicación.

3. REDES INALÁMBRICAS DE ÁREA METROPOLITANA (WMAN).

3.1. INTRODUCCIÓN

Con la liberalización del servicio de telecomunicaciones, surgieron distintas iniciativas para conseguir acceder al domicilio del usuario final y ofrecer directamente servicios de telefonía o acceso de banda ancha a redes de datos (principalmente Internet). Una de estas iniciativas fue **WLL (Wireless Local Loop)** con sistemas como **LMDS o MMDS** (requerían LOS), con poco éxito.

Los organismos internacionales identificaron la necesidad de estándares para esta área y surgió el grupo **IEEE 802.16** y su especificación asociada, **WiMAX**.

3.2. WIMAX (WORLDWIDE INTEROPERABILITY FOR MICROWAVE ACCESS).

Este estándar describe la "Interfaz Aérea para Sistemas Fijos de Acceso Inalámbrico de Banda Ancha" (Wireless MAN). Fue aprobado en el **WiMAX Forum**, formado por un grupo de 67 compañías.

Se trata de una tecnología a la que se denomina "tecnologías de última milla", también conocidas como "bucle local" que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas radio.

Pretende **competir con las redes de acceso** a Internet basadas en cable o ADSL y ser solución de última milla a servicios comerciales de transmisión de voz y datos. Para ello, puede entregar todos los niveles de servicio que puede requerir un operador para cubrir su contrato con el suscriptor:

- **Servicios paquetizados:** IP, Voz sobre IP (VoIP).
- **Servicios conmutados** (Telefonía digital, voz tradicional).
- **Interconexiones ATM y Frame Relay.**

WiMAX está orientado tanto a ISP como a suscriptores finales, para lo cual define esquemas de operación tanto en bandas con licencia como en bandas de libre utilización (ISM).

En la actualidad se encuentra completamente homologado el estándar **802.16-2004**, y su ampliación **802.16-2** está centrada en particularidades técnicas del nivel físico. Este estándar cubre la transmisión inalámbrica fija, y engloba los anteriores estándares **802.16a**, **802.16c**, y el borrador **802.16d**.

Para cubrir la transmisión inalámbrica para dispositivos de movilidad reducida, incluyendo roaming entre células, se ha creado el grupo de trabajo **IEEE 802.16e**.

IEEE 802.16-2004 e IEEE 802.16e son incompatibles y están en el rango de los **11 GHz**.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

Mecanismo de acceso al medio mediante **TDMA (Time Division Multiple Access)** con soporte a múltiples enlaces físicos (distintas capas PHY). Soporta **canales de distinto ancho de banda: 5, 10, 20 MHz...** dependiendo del enlace físico.

TDMA permite dar servicio a varios cientos de usuarios por canal, con gran ancho de banda (hasta **75 Mbps compartidos con canal de 20 MHz**). La velocidad efectiva por usuario depende del nº suscriptores conectados simultáneamente y de sus requisitos de ancho de banda.

WiMAX permite utilizar distintas bandas de trabajo, tanto con licencia como sin ella. Según la banda elegida define modos de trabajo distintos:

- **Bandas entre 10-66 GHz:**
 - Con Licencia.
 - Requiere LOS.
 - Orientada a proveedores de servicios.
- **Bandas entre 2 y 11 GHz:**
 - Incluye bandas con o sin licencia.
 - Permite trabajar tanto con NLOS o LOS.
 - Orientada tanto para suscriptores, como para dar acceso a servicio de telefonía móvil.
 - WiMAX define **compatibilidad con 802.11a** en la banda de 5GHz.

ATENCIÓN! Los perfiles de equipamiento que existen actualmente en el mercado, compatibles con WiMAX, son exclusivamente para las frecuencias de **2,5 y 3,5 GHz**. Existe otro tipo de equipamiento (no estándar) que usa la frecuencia libre de licencia de **5,4GHz**, todos ellos para acceso físico. Si bien este equipamiento no es interoperable entre distintos fabricantes.

WiMAX transforma las señales de voz y de datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias.

Cabe destacar la posibilidad de trabajo **sin Línea de Visión (NLOS)**, a diferencia de otros sistemas Wireless Local Loop como LMDS o MMDS que requerían línea de visión directa.

Velocidades elevadas gracias a la modulación **OFDM con 256 subportadoras**. La implementación de la modulación es distinta para cada operador (distintas prestaciones).

Soporta definición de **canales dúplex mediante división en frecuencia (FDD)** para interoperar con sistemas celulares, y **de división en tiempo (TDD)** para sistemas inalámbricos.

Soporta **antenas inteligentes** (smart antennas) propias de redes celulares 3G, lo que supone una mejora de la eficiencia espectral (5 bps/Hz). Estas antenas evitan interferencias y consumen menos potencia. El alcance de una antena WiMAX:

- **50 Km** sin Línea de Visión.
- **8-10 Km** en áreas de alta densidad demográfica.