



*UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO*

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**“ÚLTIMA TECNOLOGÍA EN REDES INALÁMBRICAS:
WI-MAX”.**

**TRABAJO ESCRITO BAJO LA MODALIDAD DE SEMINARIOS
Y CURSOS DE ACTUALIZACIÓN Y CAPACITACIÓN
PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

PRESENTA:

EDGAR OMAR PÉREZ DOSTA

ASESOR: M. en C. LEOBARDO HERNÁNDEZ AUDELO



EDO. MEX.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de titulación es el resultado de muchos años de esfuerzo, estudio y dedicación, en los cuales han contribuido, unos de forma más directa con sus críticas constructivas, observaciones y sugerencias, y otros de manera más indirecta a través de su apoyo y amistad.

Mi agradecimiento al profesor M. en C. Leobardo Hernández Audelo, por su profesionalidad, capacidad y orientación de trabajo. Siempre con responsabilidad y su atención, haciendo que hayan merecido la pena todos mis sacrificios.

No podría olvidar de expresar mis agradecimientos a toda mi familia, que estuvo a mi lado durante todos estos años.

A mi padre, quien siempre ha estado pendiente de sus hijos para que cumplan sus metas y llegar al éxito. Al igual que tus padres estuvieron orgullosos de ti, espero que tú lo estés ahora de tu hijo.

A mi madre, para la que sus hijos han sido todo en esta vida. Sé que te sentirás feliz por el logro de tu hijo, que siguió tus pasos y valores.

A mis hermanos, por haber sido un apoyo fundamental en estos últimos años, y que han hecho que sean un poco menos duros.

Y a los cuatro, por haber sido como son y haberme dado todo su cariño y amor, a lo largo de toda nuestra vida.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	v
Capítulo 1	Introducción y Conceptos Básicos	
1.1	Desarrollo de la comunicación	2
1.2	Definición de conceptos básicos	5
1.3	La comunicación y la tecnología telecomunicación	6
1.4	Transmisión de datos	7
1.5	La Conmutación telefónica	11
1.6	Medios de transmisión	11
1.7	Tipos de transmisión	12
1.8	Servicios de Comunicación	13
1.9	Perturbación o alteración en la transmisión	14
1.10	Protocolos de red	15
Capítulo 2	Redes y Telecomunicaciones	
2.1	Orígenes de las redes informáticas	17
2.2	Objetivos principales de las redes	19
2.3	Componentes típicos de las redes	19
2.4	Configuraciones lógicas de la red	23
2.5	Medios de transmisión	24
2.6	Topología de las redes	27
2.7	Clasificaciones de las redes	29
2.8	Protocolos de red	34
2.9	Direccionamiento IP (Internet Protocol – Protocolo de Internet)	40
2.10	Organizaciones para la transmisión de información	42

Capítulo 3	Redes Inalámbricas	
3.1	Surgimiento de las redes inalámbricas	45
3.2	Beneficios de las redes inalámbricas	48
3.3	Componentes físicos de las redes inalámbricas	49
3.4	Medios de transmisión inalámbricos	50
3.5	Tipos de redes inalámbricas	51
3.6	Topologías de las redes inalámbricas	54
3.7	Comunicación vía radio y propagación de ondas electromagnéticas	55
3.8	Espectro de radiofrecuencia, bandas y servicios	58
3.9	Propiedades de una señal eléctrica de corriente alterna.	61
3.10	Técnicas de modulación	62
3.11	Estándares	68
Capítulo 4	WI-MAX Última tecnología en redes inalámbricas	
4.1	Evolución de las redes inalámbricas y beneficios	72
4.2	Características principales de WI-MAX.....	75
4.3	Tipos de servicios de WI-MAX	77
4.4	Estandarización	77
4.5	Aplicaciones para redes WI-MAX y complementación a WI-FI	80
4.6	Disponibilidad del espectro WI-MAX	81
4.7	WI-MAX en un mundo WI-FI	83
Capítulo 5	Resultados y Conclusiones	86
Índice de Figuras	89
Índice de Tablas	93
Referencias Bibliográficas	94

INTRODUCCIÓN

La comunicación es todo proceso de interacción social por medio de símbolos y sistemas de mensajes. En los seres humanos, la comunicación es un acto propio de su actividad psíquica, derivado del lenguaje y del pensamiento. Permite al individuo conocer más acerca de los demás y del medio que lo rodea mediante el intercambio de mensajes.

El funcionamiento de las sociedades humanas es posible gracias a la comunicación. La comunicación implica la transmisión de una determinada información, la cual ha sido, es y será una herramienta que permite al individuo desarrollar conocimiento nuevo y así tener ventajas sobre los demás.

Desde un punto de vista técnico se entiende por telecomunicación el hecho de que un determinado mensaje originado en el punto A llegue a otro punto determinado B, distante del anterior en el espacio y/o en el tiempo.

Si bien hasta hace poco la manipulación y la transmisión de información era un proceso que requería un mayor tiempo y esfuerzo, actualmente, con el surgimiento de nuevas tecnologías de información como la computación estos procesos se han ido haciendo más accesibles, prácticos y rápidos.

La industria de las computadoras ha mostrado un progreso espectacular en muy corto tiempo. Para satisfacer todas las necesidades del cálculo de una organización, se debe considerar un número grande de computadoras separadas, pero interconectadas entre sí, para efectuar el mismo trabajo que haría una sola, pero a diferencia de que cada computadora trabaje en un proceso diferente a otra y que el resultado sea mucho más rápido y eficaz.

Las redes que permiten todo esto son equipos avanzados y complejos. Su eficacia se basa en la conjunción de diversos componentes. El diseño e implantación de una red mundial de ordenadores es uno de los grandes milagros tecnológicos de las últimas décadas.

Estos sistemas de computadoras son conectados mediante una red de comunicación, lo cual, su nombre nos indica que es un sistema de comunicación entre computadoras interconectadas.

Con el desarrollo tecnológico hemos asistido a la instalación de las redes telefónicas en todo el mundo, a la invención de la radio y la televisión, a la puesta en órbita de los satélites de comunicación, y por supuesto, al nacimiento y crecimiento sin precedente de la industria de los ordenadores, mejor conocidos como computadoras.

Las redes consisten en compartir recursos, y tienen entre sus objetivos lograr que todos los programas, los datos y hasta los propios equipos estén disponibles para cualquier usuario que así lo solicite, sin importar la localización física del recurso y del propio usuario.

Uno más, es proporcionar una alta fiabilidad al contar con fuentes alternativas de suministro o redundancia, de tal manera que si el sistema principal deja de estar disponible, el sistema redundante pueda ser capaz de encargarse del trabajo.

También se busca conseguir un sustantivo ahorro económico en la comunicación. Los equipos pequeños tienen una mejor relación costo/rendimiento, esto conduce al concepto de redes de comunicación

El desarrollo de las comunicaciones es un tema que concierne no sólo a los expertos en el ramo, sino que también a cualquier persona que entra en contacto con algún dispositivo de comunicación, ya sea desde un teléfono hasta una computadora de última generación.

Es importante tener en cuenta el desarrollo de esta tecnología, así como sus innovaciones porque el conocimiento que obtengamos respecto a este tema nos simplificará aún más la utilización de cualquier dispositivo de comunicación ya que podremos saber qué equipos, e incluso qué programas o servicios, nos pueden ser de mayor utilidad para las actividades que vayamos a realizar con ellos.

Es por lo anterior que decidí desarrollar este tema, además de que es una herramienta muy importante para mi desarrollo profesional, de manera que esta investigación aportará mayor conocimiento en lo personal y quedará registrada una fuente de información para que cualquier persona disponga de ella y comprenda mejor los lineamientos surgidos en el tema de la comunicación o transmisión de datos.

A la vez, el realizar este trabajo me ayudará a mantenerme actualizado con lo último en la tecnología que tenemos hoy en día, así como a estar mejor preparado para recibir las nuevas tecnologías que surjan en un futuro.

Este trabajo comenzará por registrar cómo surgió y cómo se desarrolló la primera comunicación eléctrica, las etapas de su evolución, el impacto que tuvo este invento y las importantes renovaciones que sufrió hasta llegar a lo que hoy conocemos como WI-MAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access – Interoperabilidad mundial para Acceso por Microondas), la última generación de redes inalámbricas y de gran alcance, que está en sus etapas finales de prueba y en espera de salir al mercado en forma masiva.

El presente material pretende, además de fungir como requisito para obtener el título correspondiente a la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, representar y reafirmar todos los conocimientos adquiridos durante el Diplomado de Tecnologías de Información así como en la elaboración de este reporte, los cuales pondrán ser de utilidad al momento de enfrentarme a la vida laboral.

La realización de este escrito se fundamentó en el uso de la información obtenida durante el Diplomado de Tecnologías de Información, así como de bibliografía especializada e Internet. Cabe mencionar que una de las dificultades que se presentaron durante la elaboración de este compendio Capítulo 4, fue que la información que existe sobre la tecnología WI-MAX actualmente es muy poca ya que ésta tecnología apenas está despuntando.

Dicho Diplomado de Tecnologías de Información se impartió en el Laboratorio de Seguridad Informática del Centro Tecnológico de la Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México.

Con fecha 29 de Octubre de 2004 la reglamentación universitaria con respecto a la opción de titulación por diplomado establece que este diplomado se puede ejercer como opción de titulación para egresados de nivel Licenciatura de la UNAM en tanto se considere que:

- Todos los diplomados deberán ser de la UNAM.
- La duración mínima es de 240 horas.

La UNAM, preocupada siempre por medir el pulso de la sociedad en cuanto a necesidades académicas y de capacitación, ofrece este Diplomado en Tecnologías de Información como una opción de capacitación para diversos ámbitos profesionales en donde la información digital y su manejo constituye un factor determinante.

CAPÍTULO 1

Introducción y Conceptos Básicos

Con regularidad en la vida cotidiana, requerimos de información y datos de proceso para el desarrollo de nuestras labores. En los últimos tiempos la industria del cómputo ha logrado grandes progresos en el transporte, almacenamiento y procesamiento de la información que necesitamos.

Es por eso, que al inicio de este capítulo se definen algunos conceptos básicos de la comunicación. Así tendremos la capacidad de reconocer y entender los elementos que componen un sistema básico de comunicación o transmisión de datos.

El desarrollo de cualquier equipo de comunicación y sus dispositivos van de la mano logrando ventajas competitivas y finalmente un beneficio para la tecnología de comunicaciones.

Por lo tanto es importante adquirir el conocimiento sobre los conceptos básicos que a lo largo de este capítulo se han desarrollado.

1.1 Desarrollo de la comunicación

La necesidad de comunicación que ha movido al hombre desde el comienzo de su historia lo ha llevado a dar pasos gigantes en la evolución tecnológica, ya que una de las principales metas del hombre ha sido superar los obstáculos que se interpongan en su camino y, por consiguiente, en su capacidad de comunicarse con los demás.

En un principio su preocupación fue la lengua, es decir, encontrar un código en común que le permitiera darse a entender, posteriormente se enfocó en lograr una comunicación más amplia, por ejemplo, de ciudad a ciudad, más tarde su expectativa fue comunicarse entre países, continentes y aun el espacio.

El objetivo de la comunicación es distribuir o difundir información entre dos o más puntos. A medida que la tecnología ha avanzado éste principio se ha podido lograr y desarrollar cada vez más.

Una de las formas de comunicación más antiguas entre los seres humanos fueron los sonidos producidos mediante las cuerdas vocales. De acuerdo a esto, el medio de transmisión sería el aire, pero para distancias mayores en las que el sonido no tenía alcance la forma de comunicarse fue a través de señales luminosas mediante el sentido de la vista. Los primeros en hacerlo fueron los griegos en el siglo II a. de C. (antes de Cristo).

Tuvieron que pasar varios siglos para que se inventara un sistema más fácil y efectivo en la transmisión de información, suceso que ocurrió hasta el año 1753 D.C., cuando *Charles Morrison*¹ desarrolló un modelo de transmisión eléctrica.

En 1823 el gobierno Británico apoyó a *Charles Babbage*², profesor matemático de la Universidad de Cambridge, para crear el proyecto de una máquina de diferencias, un dispositivo mecánico para efectuar sumas repetidas.

En 1835 *Samuel Morse*³ comenzó a experimentar con la telegrafía, hasta que finalmente, dos años después, inventó el telégrafo eléctrico, sin embargo, fue hasta en 1844 que se envió el primer telegrama.

A partir de entonces las comunicaciones eléctricas comenzaron a ser un componente habitual de la vida humana. Estas formas de comunicación eléctrica eran digitales, la cantidad de mensajes enviados podía ser infinita, pero la cantidad de caracteres ya estaba constituida.

En 1876 *Alexander Graham Bell*⁴ inventó el teléfono, dando lugar a la primera comunicación analógica; fue en 1910 cuando se comenzó de forma experimental con la transmisión de la radio y, años más tarde, en 1939, comenzó a efectuarse la transmisión de señales televisivas.

La primera computadora electrónica (ordenador⁵), la *ENIAC*⁶ (Electronic Numerical Integrator And Calculator – Calculador e Integrador de Números Electrónicos), se construyó en la Universidad de Pennsylvania en 1947. El equipo de diseño lo encabezaron los ingenieros *John Mauchly*⁷ y *John Eckert*⁸.

¹ Los primeros experimentos de telegrafía por medio de electricidad estática se hicieron en Inglaterra por Charles Morrison, quien los publicó en la revista Scott Magazine, el 17 de febrero de 1753. <http://www.qsl.net/xe2nat/digis.htm>. Octubre 2007.

² Charles Babbage (1791- 1871) matemático inglés y científico de la computación, diseñó la máquina analítica para ejecutar programas de tabulación o computación; por estos inventos se le considera como una de las primeras personas en concebir la idea de lo que hoy llamaríamos una computadora. <http://es.wikipedia.org>. Octubre 2007.

³ Samuel Finley Breese Morse (1791-1872), inventor del telégrafo. *Ibidem*.

⁴ Alexander Graham Bell (1847-1922) un científico e inventor, contribuyó al desarrollo de las telecomunicaciones. Sus investigaciones le llevaron a obtener la patente del teléfono en América en 1876, aunque el aparato ya había sido desarrollado anteriormente por Antonio Meucci, siendo éste reconocido como su inventor el 11 de junio de 2002. *Ibidem*.

⁵ Ordenador o computador es un término utilizado en España, aceptado por la Real Academia Española, equivalente a computadora que se suele usar en Latinoamérica.

⁶ ENIAC acrónimo inglés de Electronic Numerical Integrator And Calculator (Calculador e Integrador Numérico Electrónico), era totalmente digital, es decir, ejecutaba sus procesos y operaciones mediante instrucciones en lenguaje máquina, fue presentada en público el 15 de febrero de 1946. *Ibidem*.

⁷ John William Mauchly (1907–1980), junto con John Presper Eckert diseñó la ENIAC, el primer ordenador digital electrónico de propósito general así como el EDVAC, el Binac y el UNIVAC. Y el primer ordenador comercial hecho en los Estados Unidos. *Ibidem*.

⁸ John Presper Eckert (1919-1995). En mayo de 1943 designaron a Eckert ingeniero principal del proyecto ENIAC cuya tarea específica era diseñar los circuitos electrónicos. *Ibidem*.

Este proyecto, auspiciado por el departamento de Defensa de los Estados Unidos, culminó dos años después, cuando se integró al equipo el ingeniero y matemático húngaro *John von Neumann*⁹, quien es considerado el padre de las computadoras.

Se construyó un sucesor de la ENIAC con un almacenamiento de programa que estaba basado en los conceptos del matemático John von Neuman. Las instrucciones se almacenaban dentro de una especie de memoria, lo que liberaba al ordenador de las limitaciones de velocidad del lector de cinta de papel durante la ejecución y permitía resolver problemas sin necesidad de volver a conectarse al ordenador. [1]

La *EDVAC*¹⁰ (Electronic Discrete Variable Automatic Computer - Computadora Automática Variable Discreta Electrónica) fue diseñada por este nuevo equipo. La idea fundamental de von Neumann fue permitir que en la memoria coexistan datos con instrucciones, para que entonces la computadora pueda ser programada en un lenguaje, y no por medio de alambres que eléctricamente interconectaban varias secciones de control, como en la ENIAC.

A finales de la década de 1950 el uso del transistor en los ordenadores marcó el advenimiento de elementos lógicos más pequeños, rápidos y versátiles de lo que permitían las máquinas de válvulas. Como los transistores utilizan mucha menos energía y tienen una vida útil más prolongada, a su desarrollo se debió el nacimiento de máquinas más perfeccionadas, que fueron llamadas ordenadores o computadoras de segunda generación. Los componentes se hicieron más pequeños, así como los espacios entre ellos, por lo que la fabricación del sistema resultaba más barata. [2]

En los años setenta se revolucionaron las comunicaciones por computadora, y en la década de los ochenta evolucionó el crecimiento de las comunicaciones personales como el teléfono celular, el fax y el Internet.

Actualmente estas últimas *tecnologías de la información y la comunicación*¹¹ están en pleno auge, por lo que debemos mantenernos en constante preparación para estar al día con el desarrollo y la innovación de nuevos sistemas de comunicación a distancia y los ya existentes.

⁹ John von Neumann zu Margitta (1903-1957) En 1944 contribuyó en forma directa en los diseños de fabricación de computadoras, asesorando a Eckert y John Mauchly, creadores de la ENIAC y que construyeron además la UNIVAC en 1950. Enciclopedia Microsoft Encarta 2006.

¹⁰ El diseño de la EDVAC fue desarrollado aún antes de que la ENIAC fuera puesta en marcha y tenía la intención de resolver muchos de los problemas encontrados en el diseño de la ENIAC. A los diseñadores de la ENIAC, J. Presper Eckert y John William Mauchly se les unió el gran matemático John von Neumann. El contrato para construirla fue firmado en abril de 1946 llamando al aparato el Calculador Discreto Electrónico Automático Variable. *Ibídem*.

¹¹ Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), se encargan del estudio, desarrollo, implementación, almacenamiento y distribución de la información mediante la utilización de hardware y software como medio de sistema informático. *Ibídem*.

Las tecnologías de comunicación ofrecen grandes beneficios, tanto en el mundo corporativo y educativo como en el ámbito personal, gracias a la capacidad de la comunicación de datos que es parte integral de muchos sistemas de información, los cuales están diseñados para enviar y recibir mensajes, compartir programas y datos mediante la interconexión de computadoras y otros tantos dispositivos, por lo que la utilización de estos sistemas es una sabia decisión para cualquier empresa, institución académica e incluso el hogar.

Los sistemas de comunicación, que son una prioridad en la comunicación o transmisión de datos hoy en día, son una diferencia entre una civilización desarrollada y otra en vías de desarrollarse. Su principal característica, la cual representa un mayor beneficio para la sociedad, es la de ayudar a comunicarnos desapareciendo las distancias geográficas y el tiempo.

Para comunicar o transmitir datos en la actualidad lo hacemos de manera sencilla y desde cualquier lugar, gracias a la tecnología de dispositivos electrónicos y las aplicaciones informáticas con las cuales se crea, se almacena, se transforma, se protege la información y finalmente se realiza la transmisión de datos.

1.2 Definición de conceptos básicos

Para lograr un mejor entendimiento de lo que sucede actualmente con la transmisión de datos, veremos los factores que se involucran en esta práctica.

Desde un punto de vista tecnológico, existen varios conceptos relacionados con la transmisión de datos, los cuales se definirán brevemente a continuación, para posteriormente abarcarlos en su totalidad:

- *La Comunicación* - es un fenómeno inherente a la relación grupal de los seres vivos por medio del cual intercambian información acerca de su entorno siendo capaces de compartirla a otros.[3]
- *Telecomunicación* - es una técnica que cubre todas las formas de comunicación a distancia incluyendo radio, telegrafía, televisión, telefonía, transmisión de datos, e interconexión de computadoras.[4]
- *Transmisión de datos* - se basa en la transmisión de paquetes de información entre diferentes equipos de cómputo que están conectados a través de medios físicos o canales de transmisión.[5]

- *Conmutación de paquetes* - es una técnica que nos sirve para hacer un uso eficiente de los enlaces físicos en una red de computadoras.[6]
 - *Paquete*: es un grupo de información que consta de dos partes: los datos propiamente dichos y la información de control, en la que está especificada la ruta a seguir a lo largo de la red hasta el destino del paquete.
 - *Datos*: se define así a cualquier entidad que junto con otras al organizarse nos brinda algún tipo de información; por ejemplo, en este documento hay muchos datos, los datos son las letras escritas, pero deben estar organizadas para formar palabras, oraciones, párrafos, etcétera, de otro modo nada lograríamos entender.
- *Medios de transmisión* - constituye el soporte físico que permite el envío de información entre dos terminales en un sistema de transmisión; dichas transmisiones se realizan según el rango de frecuencias utilizado las ondas electromagnéticas (microondas) o haces de luz (infrarrojo).[7]
- *Ancho de banda* – El rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal
- *Protocolo* - en informática, un protocolo es un estándar o acuerdo que regula la conexión, la comunicación y la transferencia de datos entre dos o más sistemas, esto es quién empieza a transmitir, qué pasa cuando no se entiende un mensaje, en qué idioma se habla, quién tiene derecho a participar, etcétera.[8]

1.3 La Comunicación y la tecnología de telecomunicación

La comunicación es un proceso de interrelación entre dos o más personas, donde se transmite una información desde un emisor que es capaz de codificarla en un lenguaje definido, hasta un receptor el cual decodifica la información recibida.

Los tres conceptos elementales que intervienen en la comunicación son:

1. *El mensaje* – toda comunicación tiene un contenido que quiere hacerse llegar a otra persona, una idea, un concepto; debe transmitirse de una persona a otra sin que sufra alteraciones en su contenido.
2. *La señal* – es la representación a través de un medio físico, de cualquier tipo de información contenida en un mensaje.

3. *El medio físico de transmisión* – es el soporte mediante el cual se transporta la señal desde el origen hasta el destino.

En un sentido más amplio las telecomunicaciones comprenden los medios para transmitir, emitir o recibir, signos, señales, escritos, imágenes fijas o en movimiento, sonidos o datos de cualquier naturaleza, entre dos o más puntos geográficos a cualquier distancia, a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

La tecnología de telecomunicaciones, que comenzaron en la primera mitad del siglo XIX con el telégrafo eléctrico, permitió enviar mensajes cuyo contenido eran letras y números.

1.4 Transmisión de datos

Los elementos que integran un sistema de telecomunicación son un transmisor, una línea o medio de transmisión y finalmente un receptor. Estos elementos se definen a continuación:

- *Transmisor* - es el dispositivo que transforma o codifica los mensajes en un fenómeno físico, es decir, en la señal.
- *Medio de transmisión* - constituye el soporte físico que permite la transmisión de información entre dos terminales.
- *Receptor* - es un dispositivo que recibe una señal, código o mensaje emitido.

Entonces decimos que, un sistema de transmisión de datos tiene como objetivo el transmitir información desde una fuente de origen hasta un determinado destino a través de un canal sea cual sea.

La siguiente figura representa este concepto básico de los componentes de un sistema de transmisión de datos:

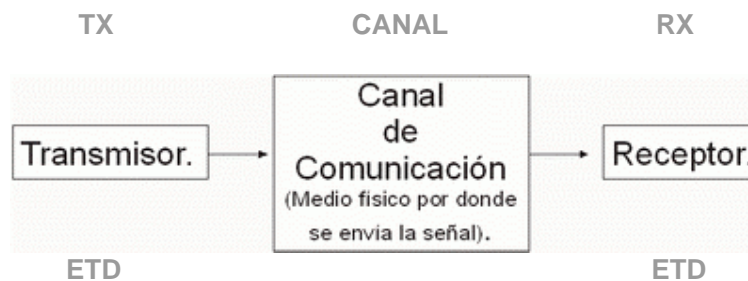


Figura 1.1 Componentes básicos de un sistema de comunicación

- ❖ *El transmisor (TX): debe convertir la señal a un formato que sea reconocible por el canal.*
- ❖ *El canal: conecta al transmisor (TX) y al receptor (RX), y puede ser cualquier medio de transmisión.*
- ❖ *El receptor (RX): acepta la señal del canal y la procesa para permitir que el usuario final la comprenda.*

Entre los equipos de los extremos denominados ETD (Equipos Terminales de Datos) y el canal de comunicación se utiliza un ECD (Equipos de Comunicación de Datos), tal como se muestra en la figura. [9]

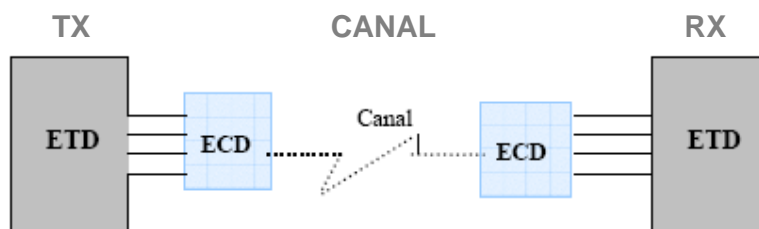


Figura 1.2 Componentes de equipos de comunicación de datos

- ❖ *ETD: Los Equipos Terminales de Datos son los encargados de generar y recibir la información (emisor y receptor).*
- ❖ *ECD: Los Equipos de Comunicación de Datos formatean la información a transmitir para que pueda viajar correctamente a través del canal. Si no existiera esta transformación no sería posible la comunicación.*

Las limitaciones y diferencias entre los ETD, los ECD y el canal hacen complicada la comunicación entre los extremos ya que todos deben ponerse de acuerdo en muchos aspectos como: la forma de establecer la conexión y la desconexión, el tipo de transmisión, la velocidad, el formato de los datos, el tipo de señal, etcétera.

Para solucionar este problema se utilizan protocolos de comunicación. Un protocolo define un conjunto concreto de normas y reglas de transmisión que permiten a los ETD y ECD ponerse de acuerdo en cómo realizar la transmisión a través de un canal determinado.

Los ETD pueden manejar información analógica (de carácter continuo) o digital (información binaria, ceros y unos). También los canales pueden ser de diferentes tipos y admitir comunicaciones analógicas o digitales. Por este motivo, la transmisión de datos se clasifica en cuatro categorías:

- a) *Transmisión de señal analógica por canal analógico:* Un ejemplo típico es el sistema telefónico básico. En el emisor y receptor se manipula la voz, que es una señal de tipo analógico.

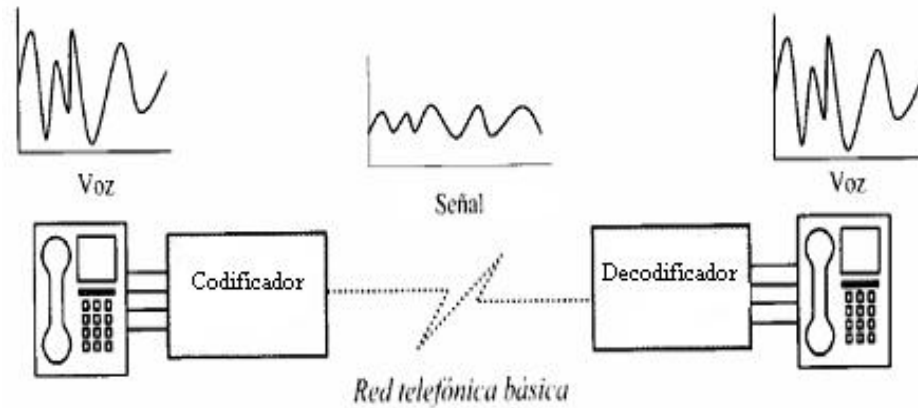


Figura 1.3 Transmisión de señal analógica por canal analógico

- b) *Transmisión de señal analógica por canal digital:* Los sistemas de telefonía actuales toman la señal analógica (voz) y la digitalizan (se convierte a ceros y unos) utilizando para ellos conversores analógicos-digitales. Los ECD son centrales digitales que permiten un tratamiento más sofisticado y confiable, respecto de la telefonía analógica

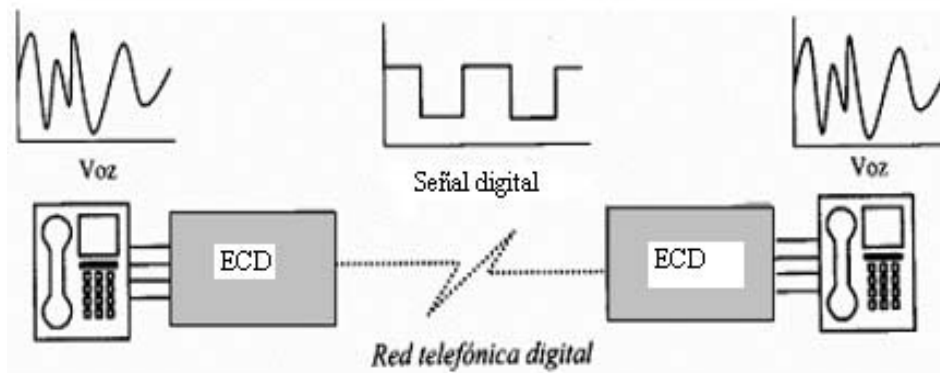


Figura 1.4 Transmisión de señal analógica por canal digital

- c) *Transmisión de señal digital por canal analógico*: Los equipos terminales manejan información digital pero para la comunicación utilizan un canal analógico como la red telefónica básica. Esto exige la transformación de la señal mediante conversores analógico-digitales. En este caso los equipos terminales pueden ser computadoras y los conversores pueden ser módems instalados en cada una de ellas.

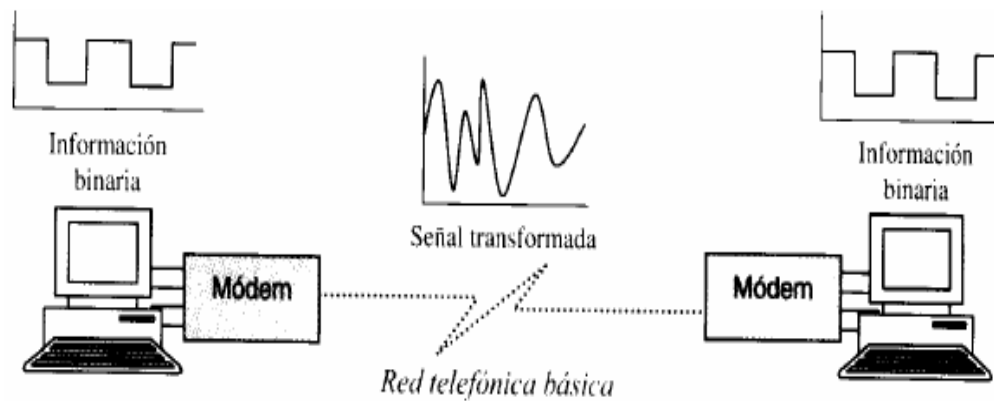


Figura 1.5 Transmisión de señal digital por canal analógico

- d) *Transmisión de señal digital por canal digital*: Los equipos terminales manejan información en formato digital. Además el canal utilizado también permite señales digitales, aunque en diferentes formatos y velocidad, esto exige la transformación de la señal mediante adaptadores específicos. Este es el esquema de transmisiones de datos que se realiza entre computadoras de una red de área local en las que las tarjetas adaptadoras de red o placas de red, realizan la transformación o ajuste de la señal.

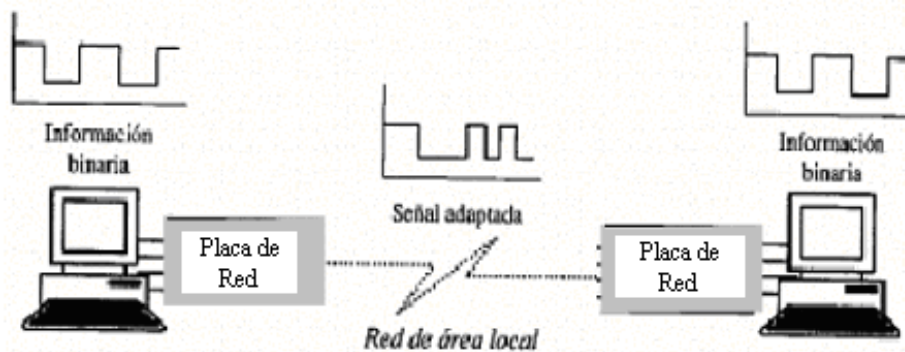


Figura 1.6 Transmisión de señal digital por canal digital

La transmisión de datos y mensajes puede tener lugar en uno de los 3 modos siguientes:

- Simplex (la transmisión tiene lugar en un solo sentido).
- Half-duplex (HDX- la transmisión puede tener lugar en ambos sentidos pero no simultáneamente).
- Full-duplex (FDX – la transmisión puede tener lugar en ambos sentidos simultáneamente). [10]

Los principales objetivos que debe satisfacer un sistema de transmisión de datos son:

- Reducir tiempo y esfuerzo.
- Aumentar la velocidad de entrega de la información.
- Reducir costos de operación.
- Aumentar la capacidad de las organizaciones a un costo incremental razonable.
- Aumentar la calidad y cantidad de información.

1.5 La Conmutación telefónica

En las llamadas telefónicas la comunicación entre un origen y un destino pasa por *nodos* intermedios que se encargan de encauzar el tráfico de información. Por ejemplo, los nodos intermedios son las centrales telefónicas, y en las conexiones a Internet son los routers o encaminadores.

Dependiendo de la utilización de estos nodos intermedios, se distingue entre conmutación de circuitos, conmutación de mensajes y conmutación de paquetes.

- En la *conmutación de circuitos* se establece un camino físico entre el origen y el destino durante el tiempo que dure la transmisión de datos. Éste camino es exclusivo para los dos extremos de la comunicación, no se comparte con otros usuarios (ancho de banda fijo). Si no se transmiten datos o se transmiten pocos se estará infrautilizando el canal. Las comunicaciones a través de líneas telefónicas analógicas o digitales funcionan mediante conmutación de circuitos.

- Un mensaje que se transmite por *conmutación de mensajes* va pasando desde un nodo al siguiente, liberando el tramo anterior en cada paso para que otros puedan utilizarlo y esperando a que el siguiente tramo esté libre para transmitirlo. Esto implica que el camino origen-destino es utilizado de forma simultánea por distintos mensajes. Sin embargo, éste método no es muy útil en la práctica ya que los nodos intermedios necesitan una elevada memoria temporal para almacenar los mensajes completos.
- Finalmente, la *conmutación de paquetes* es la que realmente se utiliza cuando hablamos de redes. Los mensajes se fragmentan en paquetes y cada uno de ellos se envía de forma independiente desde el origen al destino. De esta manera, los nodos, también llamados routers, no necesitan una gran memoria temporal y el tráfico por la red es más fluido.

1.6 Medios de Transmisión

Como lo hemos dicho anteriormente, la transmisión de datos es el proceso de enviar información a través de un canal. Para el caso que acabamos de ver, estos medios de transmisión se pueden clasificar como guiados (cable coaxial, par trenzado, fibra óptica) y no guiados (ondas de radio y láser a través del aire).

La característica principal de los medios guiados es que la transmisión envía las ondas en línea recta a lo largo de un camino físico como el cable. Por el contrario, los medios no guiados transmiten de forma que las ondas electromagnéticas se envían en forma omnidireccional como la transmisión vía radio, vía satélite, etcétera.

Actualmente la gran mayoría de los sistemas de comunicación, o transmisión de datos, están conectados por algún tipo de cableado que interviene como un medio de transmisión por donde viajan las señales entre los dispositivos o equipos de comunicación.

Para la comunicación entre dispositivos, comúnmente se usan los medios de transmisión guiada, es decir, que se encuentran conectados por medio de un cable. Existen principalmente tres tipos de cable:

1. Cable Par Trenzado - existen dos tipos:

- UTP (*Unshielded Twisted Pair* - par trenzado no apantallado)
- STP (*Shielded Twisted Pair* - par trenzado apantallado)

2. *Cable Coaxial* - hay dos tipos de cable coaxial:

- *Cable fino (Thinnet)* - El cable fino puede ser más práctico para conectar puntos cercanos.
- *Cable grueso (Thicknet)* - El cable grueso soporta grandes distancias, pero es más caro.

3. *Fibra Óptica* - transmite datos a velocidades muy altas y a grandes distancias en un medio muy seguro.

1.7 Tipos de transmisión

Veremos a continuación la aplicación a los medios no guiados. Los medios no guiados o sin cable han tenido una gran demanda por ser un gran método o medio para cubrir grandes distancias hacia cualquier dirección. La transmisión y la recepción se realizan por medio de antenas, las cuales deben estar alineadas.

Si la señal viaja en línea recta, entonces decimos que la transmisión es direccional, en cambio, si la señal se propaga a todas direcciones, decimos que la transmisión es omnidireccional y no hay necesidad de alinear las antenas.

Dentro de los tipos de transmisión por medios no guiados se consideran los siguientes:

1. *Transmisión por Microondas.*
2. *Transmisión por Infrarrojo.*
3. *Transmisión Láser.*
4. *Transmisión Vía Satélite.*
5. *Transmisión Ondas Cortas.*

1.8 Servicios de comunicación

Todos los medios de transmisión mencionados anteriormente, tanto los guiados como los no guiados, nos proveen de servicios de telecomunicaciones. En la actualidad todos somos usuarios directos o indirectos de estos servicios, los cuales han modificado los hábitos sociales de las personas.

Simplemente hay que darnos cuenta de todas las posibilidades que, servicios como la telefonía fija y móvil, la televisión, Internet y otros servicios de telecomunicaciones, nos ofrecen en la realización de nuestras tareas diarias y en la comunicación con otras personas prácticamente en cualquier lugar del mundo y en cualquier momento.

Clasificación de los servicios:

- *Telefonía fija* - servicio de transmisión de voz entre dos usuarios fijos geográficamente.
- *Telefonía móvil* - servicio de transmisión de voz entre dos usuarios con movilidad geográfica.
- *Transmisión de datos* - servicio de transmisión de datos entre equipos de cómputo remotos.
- *Televisión* - servicio de difusión de señal video y audio

1.9 Perturbación o alteración en la transmisión

Durante la comunicación se pueden producir diferentes alteraciones en las redes computacionales debido a varios factores en el proceso de la transmisión de datos.

Aunque existen muchos factores, las perturbaciones más significativas son:

- *Atenuación* - son problemas de transmisión por la disminución de la señal, la atenuación depende del tipo de medio que se esté usando, la distancia entre el transmisor y el receptor y la velocidad de transmisión.
- *Interferencias* - ocasionan la distorsión o destrucción de los datos. Esta es causada por señales de otros sistemas de comunicación que son captadas junto con la señal propia.

- *Ruido* - se les denomina así a las señales no deseadas que se insertan entre el emisor y el receptor. El ruido viene provocado normalmente por causas naturales o por interferencias de otros sistemas eléctricos y se puede clasificar en ruido térmico, ruido de intermodulación, diafonía y ruido impulsivo.

Como hemos visto antes, hay una gran variedad de efectos nocivos que distorsionan o corrompen las señales. Estos efectos limitan la velocidad con la que se puede transmitir los datos en un canal de comunicación.

Hay tres conceptos relacionados con la capacidad, que son:

- La velocidad de transmisión de los datos es la velocidad expresada en *bits* por segundo (bps) a la que se puede transmitir los datos.
- El ancho de banda de la señal transmitida estará limitada por el medio de transmisión y el propio transmisor, se mide en ciclos por segundo o *Hertz*.
- El nivel medio de ruido a través del camino de transmisión.

1.10 Protocolos de red

De cierta forma esta capacidad de transmisión, se ve afectada por una serie de reglas o normas mejor conocida como protocolos de red.

Los protocolos de red son normas que permiten a los ordenadores comunicarse. Un protocolo define la forma en que los ordenadores deben identificarse entre sí en una red, la forma en que los datos deben transitar por la red, y cómo esta información debe procesarse una vez que alcanza su destino final. [11]

Los puntos que definen un protocolo son:

- a) *La Sintaxis* - Formato de los datos y niveles de la señal.
- b) *La Semántica* - Incluye información de control para la coordinación y manejo de errores.
- c) *La Sincronización* - Incluye la sincronización de velocidades y secuenciación.

Existen dos arquitecturas que han sido determinantes y básicas en el desarrollo de estándares de comunicación, el conjunto de protocolos TCP/IP (*Transmisión Control Protocol / Protocol Internet – Protocolo de Control de Transmisión sobre el Protocolo de Internet*) y el modelo de referencia OSI (*Open System Interconexión – Interconexión de Sistemas Abiertos*).

Estos protocolos constan de varias capas las cuales sólo se mencionarán por el momento para posteriormente definir las en el siguiente capítulo.

- *El protocolo TCP/IP* se divide en 5 capas:

1. Capa de Aplicación
2. Capa de Origen-Destino
3. Capa de Internet
4. Capa de Acceso a Internet
5. La Capa Física

- *El modelo OSI* consiste en siete capas:

1. Capa de Aplicación
2. Capa de Presentación
3. Capa de Sesión
4. Capa de Transporte
5. Capa de Red
6. Capa de Enlace de Datos
7. Capa Física

En el presente capítulo hemos abarcado los conceptos más importantes involucrados en la transmisión y comunicación de datos. Todo esto, en los últimos años ha adquirido una espectacular importancia, es una de las áreas donde podemos encontrar cada vez más mejoras y cosas interesantes, es por ellos que se hace imprescindible conocer el funcionamiento, por lo menos básico, de todo lo que implica comunicarnos a través de sistemas electrónicos,

La comunicación de datos se refiere a los medios y métodos para transferir datos entre localidades de procesamiento. Hablar de las comunicaciones no es algo novedoso; los teléfonos han existido durante más de 100 años. Lo que sí es relativamente reciente es la fusión de las tecnologías de cómputo y las comunicaciones y el aumento en el grado de competencia que se permite en el campo de la comunicación de datos.

Es así, que en el próximo capítulo seguiremos viendo que las comunicaciones de datos son parte integral de muchos sistemas de telecomunicación.

CAPÍTULO 2

Redes y Telecomunicaciones

En este capítulo se van a tratar las redes de telecomunicaciones, ya que éstas constituyen la infraestructura básica de las redes públicas de telefonía entre otros. Debido a que es de gran importancia tanto por el número de usuarios que las ocupamos a diario como por el servicio que prestan.

Por lo tanto veremos el origen de las redes de comunicación, cómo fueron los primeros enlaces mediante dispositivos para compartir información, además de saber el por qué existen diferentes clasificaciones de red de acuerdo a la cobertura que logra proporcionar, así como también los principales acuerdos o reglas que se deben seguir para no generar conflictos entre diferentes redes.

En primer lugar hay que definir lo que se entiende por red de telecomunicaciones: son el conjunto de medios de transmisión necesaria para permitir el intercambio de información entre usuarios situados en diferentes puntos geográficos. Según la naturaleza del servicio básico prestado existen varios tipos, todos ellos muy conocidos, como la red de telefonía, de datos, de televisión, etcétera, en algunas cosas compartiendo el medio y en otros utilizándolo, pero siempre con el fin de conseguir la mayor eficacia y fiabilidad.

2.1 Orígenes de las redes informáticas

El desarrollo del hombre desde el nivel físico de su evolución y su crecimiento en las áreas sociales y científicas hasta llegar a la era moderna, se ha visto apoyado por herramientas que extendieron su funcionalidad y poder como ser viviente.

Al sentirse consiente de su habilidad creativa, elaboró procedimientos para organizar sus conocimientos, sus recursos, y moldear su entorno para su comodidad, impulsando las ciencias y mejorando su nivel de vida a un alto precio de sacrificar el desarrollo natural de su ambiente, produciendo así todos los adelantos que un gran sector de la población conoce como automóviles, barcos, aviones, teléfonos, televisión, etcétera.

En el transcurso de todo este desarrollo también se evolucionó dentro del sector tecnológico de la computación. Éste nació con los primeros ordenadores en la década de los cuarenta porque la necesidad del momento era extender la rapidez del cerebro humano para realizar algunos cálculos aritméticos y procedimientos repetitivos.

Se continuó avanzando con gran esfuerzo para crear unidades de procesamiento cada vez más veloces y fue el resultado de cuatro generaciones bien definidas: la primera con tubos al vacío, la segunda con transistores, la tercera con circuitos integrados y la cuarta con circuitos integrados que permitieron el uso de computadoras personales y el desarrollo de las redes de datos o redes informáticas.

Se le llama red de computadoras a un conjunto de equipos de cómputo y/o dispositivos conectados por enlaces de un medio físico (cable coaxial, par trenzado y fibra óptica) o un medio inalámbrico (ondas de radio, microondas, y demás) y que igualmente comparten información, recursos, servicios, etcétera.

Los primeros enlaces entre computadoras se caracterizaron por realizarse entre equipos que utilizaban idénticos sistemas operativos soportados por un hardware similar y empleaban líneas de transmisión exclusivas para enlazar sólo dos elementos de la red.

En el año 1964 la agencia DARPA (*Defense Advanced Research Project Agency - Agencia Avanzada de Proyectos de la Investigación de la Defensa*) realizó investigaciones con el objeto de lograr una red informática capaz de resistir un ataque nuclear. Para el desarrollo de esta investigación se partió de la idea de enlazar equipos ubicados en lugares geográficos distantes, utilizando como medio de transmisión la red telefónica existente en el país.[11]

Para el año 1969 surge la primera red experimental ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network - Red de Agencia Avanzada de Investigación de Proyectos*) y años más tarde ésta red estaba integrada por quince universidades y la NASA (*National Aeronautics and Space Administration - Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio*), y para el siguiente año ya existían cuarenta sitios diferentes conectados que intercambiaban mensajes entre usuario individuales.

Durante el año 1973 ARPANET desbordó las fronteras de los Estados Unidos al establecer conexiones internacionales con la University College of London de Inglaterra y el Royal Radar Establishment de Noruega.[12]

En la etapa inicial de las redes se sufría de frecuentes interrupciones y la velocidad de transmisión era insuficiente. Fue entonces que la Universidad de Stanford se encargó de la elaboración de protocolos que permitieran la transferencia de datos a mayor velocidad y entre diferentes tipos de redes informáticas. Fue así como se desarrollaron los protocolos TCP/ IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol - Protocolo de Control de Transmisión y Protocolo de Internet*).

Estos protocolos fueron adoptados como estándar para todas las computadoras conectadas a ARPANET, lo que hizo posible el surgimiento de la red universal que existe en la actualidad bajo el nombre de INTERNET.

En la década de los ochenta esta red de redes mejor conocida como INTERNET fue creciendo y desarrollándose debido a que con el paso del tiempo cientos y miles de usuarios fueron conectando sus equipos.

Para definir una red informática también llamada red de computadoras decimos que, es un conjunto de computadoras y/o dispositivos conectados por enlaces de un medio físico (medios guiados) o inalámbricos (medios no guiados) y que comparten información, recursos, y servicios.

Desde una perspectiva más comunicativa podemos decir que existe una red cuando se encuentran involucrados un componente humano que comunica, un componente tecnológico (computadora, televisión, etcétera) y un componente administrativo (institución que ofrece los servicios).

Con lo anterior, nos referimos a que una red, más que varios dispositivos interconectados, está constituida por varias personas que solicitan, proporcionan o intercambian información a través de los sistemas de comunicación.

2.2 Objetivos principales de las redes

Las redes informáticas fueron diseñadas para compartir recursos y sus objetivos principales son:

- Hacer que todos los programas, datos y hasta los propios equipos estén disponibles para cualquier usuario que así lo solicite, sin importar la localización física del recurso y del propio usuario.
- Proporcionar una alta fiabilidad al contar con fuentes alternativas o redundancia de suministros.
- Ahorro económico; las computadoras tienen una mejor relación costo-rendimiento, comparada con las ofrecidas por las enormes computadoras llamadas *mainframes*¹². Este objetivo nos lleva al concepto de redes con varias computadoras en un mismo edificio, a este tipo de red se le denomina LAN (*Local Area Network – Red de Área Local*).
- Otro objetivo del establecimiento de una red informática es que se puede proporcionar un poderoso medio de comunicación entre personas que se encuentran muy alejadas entre sí.

¹² Una computadora central o mainframe es una computadora grande, potente y costosa usada principalmente por una gran compañía para el procesamiento de una gran cantidad de datos; por ejemplo, para el procesamiento de transacciones bancarias. *Ibidem*.

2.3 Componentes típicos de las redes

Para iniciarnos y adquirir mayor conocimiento del mundo de las redes, a continuación veremos la estructura básica que comprende una red.

Las redes están formadas por conexiones entre grupos de computadoras y dispositivos asociados que permiten a los usuarios la transferencia electrónica de información

Las redes tienen tres niveles de componentes típicos de software y hardware que son:

- *Software de aplicaciones* - está formado por programas informáticos que se comunican con los usuarios de la red y permiten compartir información (como archivos, gráficos o vídeos) y recursos (como impresoras o unidades de disco). Un tipo de software de aplicaciones se denomina cliente-servidor; las computadoras cliente envían peticiones de información o de uso de recursos a otras computadoras llamadas servidores, que controlan datos y aplicaciones.
- *Software de red* - consiste en programas informáticos que establecen protocolos para que las computadoras se comuniquen entre sí. Estos protocolos se aplican enviando y recibiendo grupos de datos formateados denominados paquetes, e indican cómo efectuar conexiones lógicas entre las aplicaciones de la red, dirigir el movimiento de paquetes a través de la red física y minimizar las posibilidades de colisión entre paquetes enviados simultáneamente.

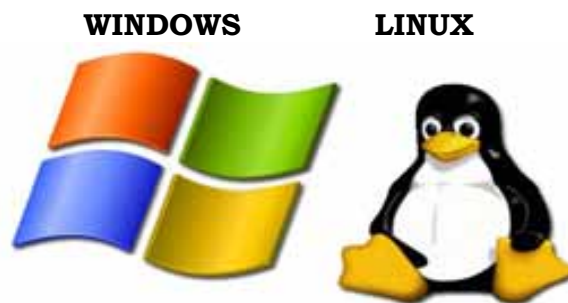


Fig. 2.1 Software (Programas Informáticos)

- *Hardware de red* - está formado por los componentes materiales que unen las computadoras, permite acceder al medio material que conecta a los ordenadores, recibir paquetes desde el software de red y transmitir instrucciones y peticiones a otras computadoras; la información se transfiere en forma de bits (unos y ceros), que pueden ser procesados por los circuitos electrónicos de los ordenadores.

Los componentes hardware utilizados en una red son:

- *Estaciones de trabajo* - son todas las computadoras que componen la red y que no son servidores, por ejemplo las computadoras personales.



Fig. 2.2 Computadora personal

- NIC (*Network Interface Card - Adaptador o Interfaz de Red*) permite el acceso de una computadora a una red, cada adaptador posee una dirección MAC (*Medium Access Control address o dirección de control de acceso al medio*) que la identifica en la red y es única. Una computadora en una red se denomina nodo.

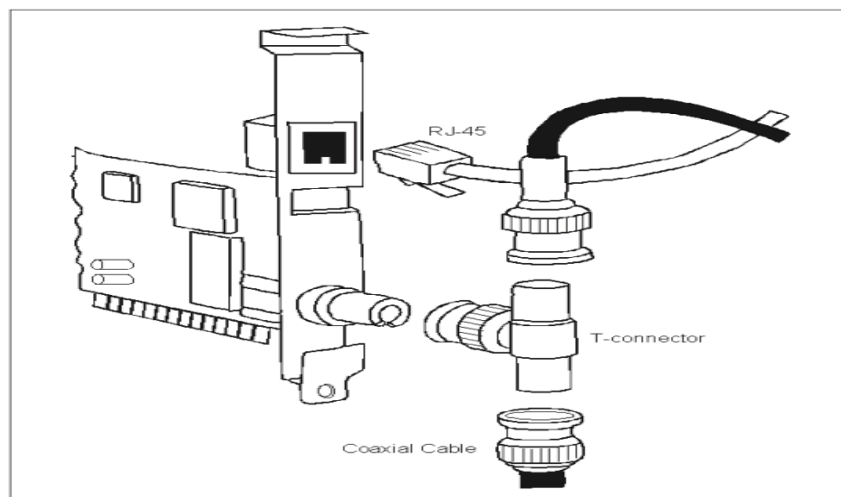


Fig. 2.3 Tarjetas interfaz de red

- *Servidores de red* - son computadoras especiales en las que se centralizan ciertos servicios. Atienden las peticiones del resto de computadoras de la red y deben responder en forma segura, rápida y eficaz.

Para este tipo de máquinas la velocidad de procesamiento, la capacidad de almacenamiento en disco y la memoria principal deben ser de alto rendimiento para lograr un mejor desempeño en la red.

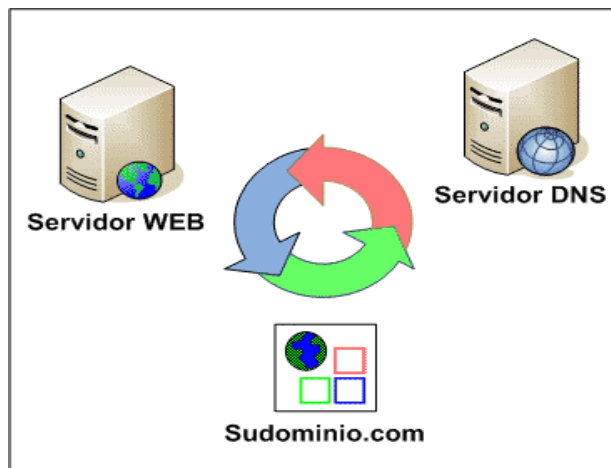


Fig. 2.4 Servidores de red

- *Repetidor* - éste aumenta el alcance de una conexión física, disminuyendo la degradación de la señal eléctrica en el medio físico.

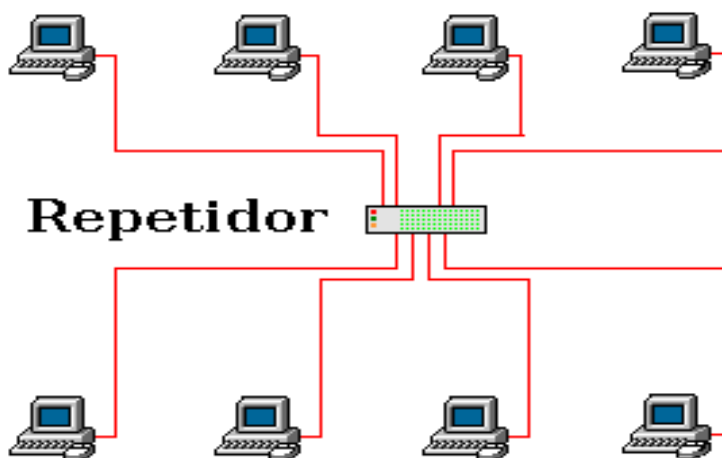


Fig. 2.5 Repetidor de red

- *Concentrador o HUB* - permite conectar diferentes equipos de red formando topologías estrella. Son equipos con capacidad de decisión ya que reparten en forma inteligente el tráfico que recibe de los equipos conectados.

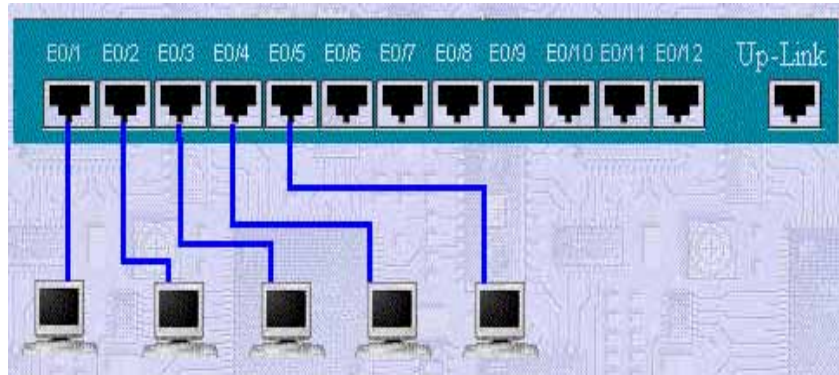


Fig. 2.6 Hub o Concentrador de red

- *Enrutador o router* - en el nivel de red, como en el protocolo IP, hace el enrutamiento de paquetes entre las redes interconectadas. Un enrutador decide el mejor camino que debe tomar un paquete para llegar a una determinada dirección de destino.

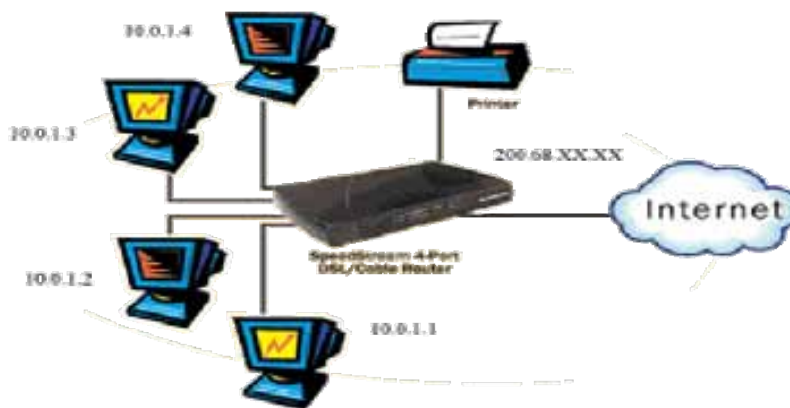


Fig. 2.7 Router – Encaminador

En síntesis, las redes están formadas por conexiones entre grupos de ordenadores y dispositivos asociados que permiten a los usuarios la transferencia electrónica de información. En estas estructuras, a los ordenadores se les denomina estaciones de trabajo o equipos de cómputo que se comunican entre sí a través de un cable o línea telefónica conectada a los servidores.

Dichos servidores son computadoras pero con funciones administrativas y que están dedicados a supervisar y controlar el acceso a la red y recursos compartidos, además de los ordenadores y los cables, también existen en la red los *módems*¹³ para permitir la transferencia de información convirtiendo las señales digitales a analógicas y viceversa, también existen los hubs, switch y otros más para llevar a cabo la conectividad.

2.4 Configuraciones lógicas de la red

Dependiendo de los objetivos y del uso que se le dé a la red, se pueden considerar las siguientes configuraciones lógicas o arquitecturas de red:

- *Punto a punto (point to point)* - todos los equipos de la red pueden compartir sus recursos; ideal para pequeñas redes donde los recursos están distribuidos en distintos equipos.
- *Recursos compartidos* - en esta configuración se diferencian dos tipos de computadoras, los servidores que contienen y centralizan recursos y los clientes que pueden acceder y utilizar estos recursos.
- *Cliente-Servidor* - trabajan mediante peticiones y respuestas con programas que tienen una parte en el cliente y otra en el servidor, por ejemplo, una biblioteca.
- *Configuración mixta* - es la mezcla de los dos casos anteriores, los clientes pueden compartir recursos entre ellos y no sólo con el servidor.

Una red tiene dos tipos de conexiones:

- *Conexiones físicas* - permiten a los ordenadores transmitir y recibir señales directamente; están definidas por el medio empleado para transmitir la señal, por la disposición geométrica de los ordenadores (topología) y por el método usado para compartir información.
- *Conexiones lógicas o virtuales* - permiten intercambiar información a las aplicaciones informáticas; algunas conexiones lógicas emplean software de tipo cliente-servidor y están destinadas principalmente a compartir archivos e impresoras.

¹³ Un módem es un equipo que sirve para modular y demodular una señal llamada portadora mediante otra señal de entrada llamada moduladora. Se han usado módems desde los años 60 o antes del siglo XX, principalmente debido a que la transmisión directa de las señales electrónicas inteligibles, a largas distancias, no es eficiente. *Ibidem*.

El conjunto de TCP/IP, desarrollado originalmente por el Departamento de Defensa Estadounidense, es el conjunto de conexiones lógicas empleado por Internet, la red de redes planetaria. El TCP/IP, basado en software de aplicación point to point (punto a punto), crea una conexión entre dos computadoras cualesquiera.

2.5 Medios de transmisión

El propósito de la capa física es transportar una corriente de bits en bruto de una máquina a otra. Se pueden usar varios medios físicos para la transmisión real; cada uno con su propio nicho en términos de ancho de banda, retardo, costo y facilidad de instalación y mantenimiento. A grandes rasgos, los medios se agrupan en medios guiados (el cable coaxial, cable par trenzado y la fibra óptica) y medios no guiados (ondas de radio y el láser a través del aire) [13]

Para lograr las conexiones físicas antes mencionadas, veremos en seguida los medios de transmisión que se emplean en las redes.

El medio de transmisión es el soporte físico que facilita el transporte de la información. La calidad de la transmisión dependerá de sus características. El medio debe ser el adecuado a la transmisión física de la señal con objeto de producir la conexión y la comunicación entre dos dispositivos.

Cada medio tiene una serie de ventajas e inconvenientes. La elección de un buen medio de transmisión es de vital importancia en las instalaciones reales.

En todo caso hay una serie de factores que deben tenerse en cuenta a la hora de elegir un medio de transmisión: tipo de instalación en la que es más adecuado, topología que soporta, fiabilidad y vulnerabilidad, influencia de las interferencias, economía y facilidad de instalación y seguridad (la facilidad para intervenir un medio).

Como medios de transmisión se pueden diferenciar dos grandes grupos: medios guiados, en los que las ondas electromagnéticas se confinan en un cable; y medios no guiados o inalámbricos, en los que las ondas se transmiten por un medio abierto como el aire o el vacío.

Para los medios guiados, los tipos de cableado de red más populares son: par trenzado, cable coaxial y fibra óptica.

Cada tipo de cable o método tiene sus ventajas y desventajas, algunos son propensos a interferencias, mientras otros no pueden usarse por razones de seguridad.

La velocidad y la longitud son otros factores a tener en cuenta en el tipo de cable a utilizar.

- *Cable par trenzado* - el par trenzado es similar al cable telefónico, sin embargo, consta de 8 hilos. Dependiendo del número de trenzas por unidad de longitud, los cables de par trenzado se clasifican en categorías.
 - *Categoría 1* - para redes telefónicas, hasta 4Mbps.
 - *Categoría 2* - mayor calidad que el 1.
 - *Categoría 3* - para red de computadoras, hasta 16 Mbps.
 - *Categoría 4* - para red tipo anillo, hasta 20 Mbps.
 - *Categoría 5* - para redes LAN, hasta 1 Gbps.
 - *Categoría 6* - 1 Gbps y más.

Los cables par trenzado pueden ser a su vez de dos tipos:

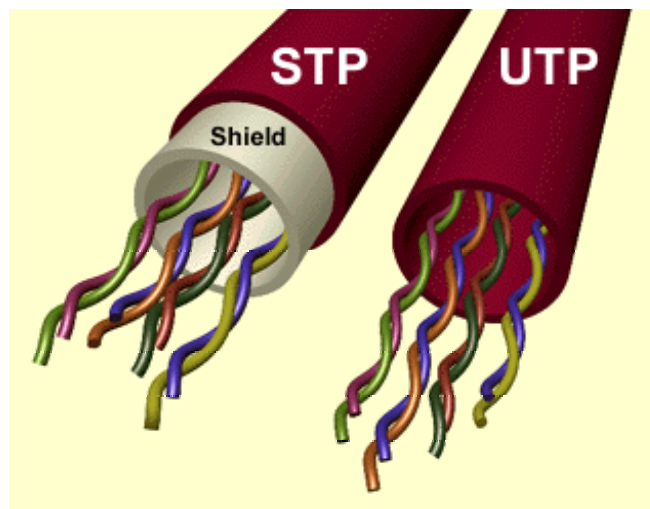


Fig. 2.8 Cables de par trenzado

- ❖ UTP (Unshielded twisted pair, par trenzado no apantallado).
- ❖ STP (Shielded twisted pair, par trenzado apantallado).

- *Cable coaxial* - se compone de un hilo conductor de cobre envuelto por una malla trenzada plana que hace las funciones de tierra, entre el hilo conductor y la malla hay una capa gruesa de material aislante, y todo el conjunto está protegido por una cobertura externa, son dos espesores:



Fig. 2.9 Cable coaxial

- ❖ El cable grueso soporta grandes distancias, pero es más caro.
- ❖ El cable fino puede ser más práctico para conectar puntos cercanos.

- *Conexión fibra óptica* - ésta conexión es cara, pero permite transmitir la información a gran velocidad e impide la intervención de las líneas; como la señal es transmitida a través de luz, existen muy pocas posibilidades de interferencia eléctrica, el cable consta de dos núcleos ópticos, un interno y otro externo, que refractan la luz de forma distinta. Se trata de un medio muy flexible y muy fino que conduce energía de naturaleza óptica, su forma es cilíndrica con tres secciones radiales: núcleo, revestimiento y cubierta.

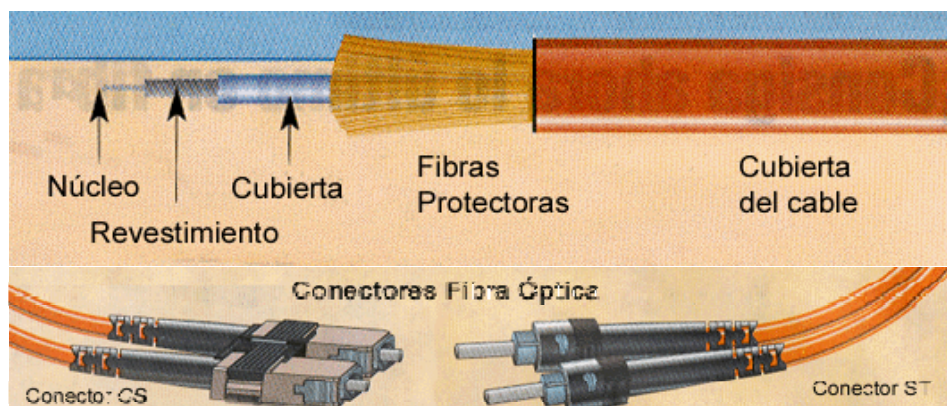


Fig. 2.10 Fibra óptica

2.6 Topología de red

Para definir cómo está construido el sistema de comunicaciones se debe describir su topología, es decir, se debe describir cómo están conectados los equipos y cables sobre el terreno. Los modelos básicos son:

- *Bus o lineal* - todos los equipos se conectan al mismo cable con terminadores en los extremos de éste, cuando una estación transmite la señal se propaga en ambos sentidos del cable, del emisor hacia todas las estaciones conectadas al bus y al llegar a los extremos esas señales se pierden en los terminadores. Se utiliza en redes LAN con muy pocos ordenadores debido a que no es muy fiable, ya que una pequeña falla en el cable dejaría sin comunicación a toda la red.

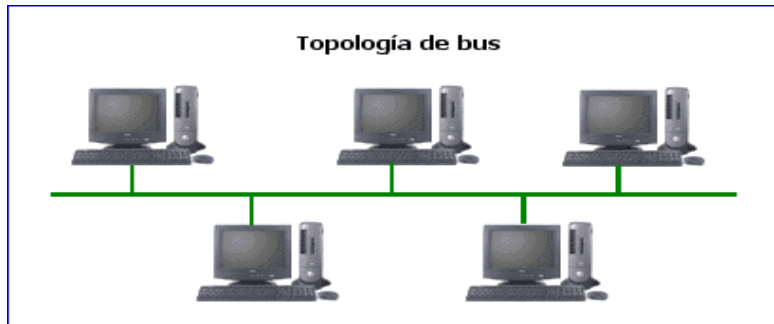


Fig. 2.11 Topología de bus

- *Anillo* - los equipos se conectan con sus vecinos formando entre todos una estructura de anillo, cada estación está conectada al siguiente ordenador y el último está conectado al primero, cada estación tienen un transmisor y un receptor que hace la función de repetidor, pasando la señal a la siguiente estación del anillo. Es menos sensible ante los posibles fallos en el cableado que la topología anterior.



Fig. 2.12 Topología de anillo

- *Estrella* - todos los equipos están conectados por separado a un concentrador o *hub**. La información pasa siempre a través del concentrador que se encarga de recibir la señal del emisor y enviarla adecuadamente al receptor, esto simplifica la gestión de la red y es más fiable puesto que el mal funcionamiento de un equipo o cable no afecta en nada a la red. El punto débil consta en el hub ya que es el que sostiene a la red entera LAN.



Fig. 2.13 Topología de estrella

- *Malla* - se interconectan todos los equipos entre sí mediante líneas punto a punto, de esta manera es posible llevar la información de un equipo a otro por diferentes caminos. Si la red de malla está completamente conectada no puede existir absolutamente ninguna interrupción en las comunicaciones.

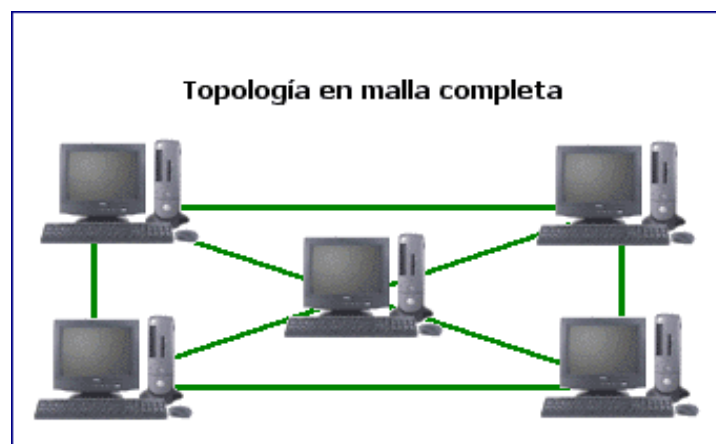


Fig. 2.14 Topología en malla

* Véase página 22.

2.7 Clasificaciones de las redes

En un principio surgió la necesidad de establecer clasificaciones de las redes que permitieran identificar sus estructuras.

Desde el punto de vista de la cobertura, según el lugar y el espacio que ocupen de acuerdo a la ubicación geográfica de sus componentes, las redes se pueden clasificar en:

- *Redes LAN (Local Area Network - red de área local:)*

Es un sistema de comunicación de datos que consiste en un grupo de equipos de cómputo interconectados, compartiendo aplicaciones, datos y periféricos; el área geográfica normalmente es pequeña como un campus universitario o un grupo de edificios.



Fig. 2.15 red de área local en la universidad

Las redes LAN tienen carácter privado, pues su uso está restringido normalmente a los usuarios miembros de una empresa, o institución, para los cuales se diseñó la red.

Este sistema maneja comunicaciones de alta velocidad que conecta computadoras y/o periféricos. La cobertura que abarca es de pocos kilómetros y utiliza un medio privado de comunicación. La velocidad de transmisión es de varios millones de bps. Las velocidades más habituales van desde 1 hasta 1 Gbps. Pueden atender a cientos de dispositivos muy distintos entre sí (impresoras, computadoras, discos, teléfonos, módems, etcétera).

La conexión física entre los dispositivos de una LAN puede ser un cable coaxial, un cable de dos hilos de cobre o una fibra óptica. También pueden efectuarse conexiones inalámbricas empleando transmisiones de infrarrojos o radiofrecuencia.

Un dispositivo de Red LAN puede emitir y recibir señales de todos los demás dispositivos de la red. Otra posibilidad es que cada dispositivo esté conectado a un repetidor, un equipo especializado que transmite de forma selectiva la información desde un dispositivo hasta uno o varios destinos en la red.

- *Redes MAN (Metropolitan Area Network - Red de Área Metropolitana):*

Esta red usa servicios de transmisión de datos e interconecta equipos en grandes áreas geográficas.



Fig. 2.16 MAN – Red de Área Metropolitana

Es una red de alta velocidad (banda ancha) que dando cobertura en un área geográfica extensa, proporciona capacidad de integración de múltiples servicios mediante la transmisión de datos, voz y vídeo, sobre medios de transmisión tales como fibra óptica y par trenzado.

La tecnología de pares de cobre se posiciona como una excelente alternativa para la creación de redes metropolitanas, por su baja *latencia*, gran estabilidad y la carencia de interferencias radioeléctricas. Este tipo de red ofrece velocidades que van desde los 2Mbps y los 155Mbps.

- *Redes WAN (Wide Área Network - Red de Área Amplia):*

Estas redes se encargan de conectar múltiples redes LAN, y usan servicios de transmisión que incluyen tanto líneas telefónicas como enlaces vía satélite y servicios portadores de paquetes de datos.

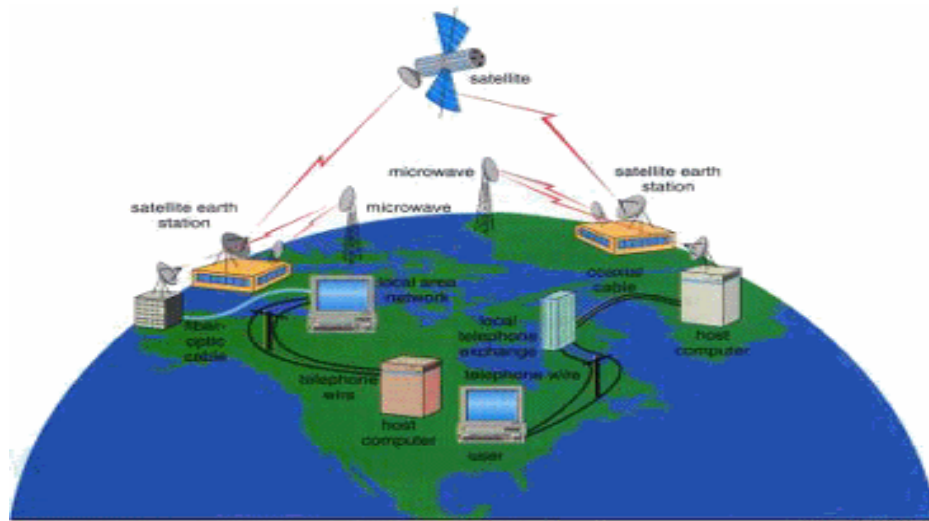


Fig. 2.17 WAN – Red de Área Amplia

Una Red de Área Amplia es un tipo de red de computadoras capaz de cubrir distancias desde unos 100 hasta unos 1000 km, dando el servicio a un país o un continente, es decir, su función fundamental está orientada a la interconexión de redes o equipos terminales que se encuentran ubicados a grandes distancias entre sí.

Se dice que las redes WAN tienen carácter público, pues el tráfico de información que por ellas circula proviene de diferentes lugares, siendo usada por numerosos usuarios de diferentes países del mundo para transmitir información de un lugar a otro.

A diferencia de las redes LAN, la velocidad a la que circulan los datos por las redes WAN suele ser menor.

Es un sistema de comunicación de alta velocidad que conecta computadoras entre sí para intercambiar información, similar a la red LAN, aunque este no está limitado geográficamente en tamaño. La WAN suele necesitar un hardware especial, así como líneas telefónicas proporcionadas por una compañía telefónica.

Las Redes de Área Amplia tampoco están limitadas al espacio geográfico para establecer comunicación entre computadoras o, mini o macro-computadoras.

El hardware para crear una WAN también llega a incluir enlaces de satélites, fibras ópticas, aparatos de rayos infrarrojos y de láser.

- *Redes INTERNET:*

Es un método de interconexión descentralizada de redes de computadoras implementado en un conjunto de protocolos denominado TCP/IP y garantiza que redes físicas heterogéneas funcionen como una red lógica única, de alcance mundial.

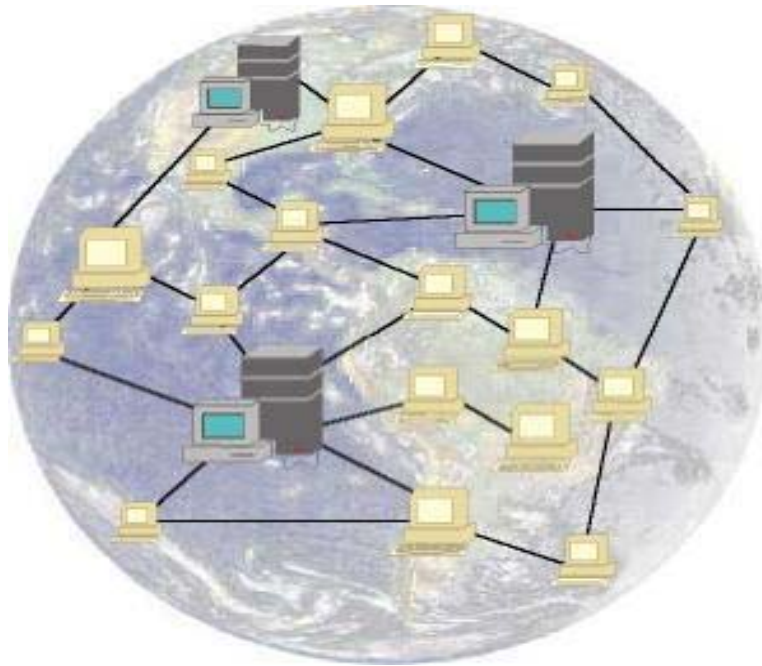


Fig. 2.18 RED INTERNET

Internet es una red de computadoras interconectadas, capaces de compartir información y que permiten comunicar a distintos usuarios sin importar su ubicación geográfica. Para que estas computadoras puedan compartir cualquier información, es preciso que tengan un “lenguaje común” y esto es posible gracias a la existencia de un protocolo de comunicación, además de la infraestructura y el equipo necesario.

- *Redes WI-FI (WirelessFidelity o bien, Redes Inalámbricas):*

Son redes cuyos medios físicos no son cables de cobre de ningún tipo, lo que las diferencia de las redes anteriores. Están basadas en la transmisión de datos mediante ondas de radio, microondas, satélites o infrarrojos.

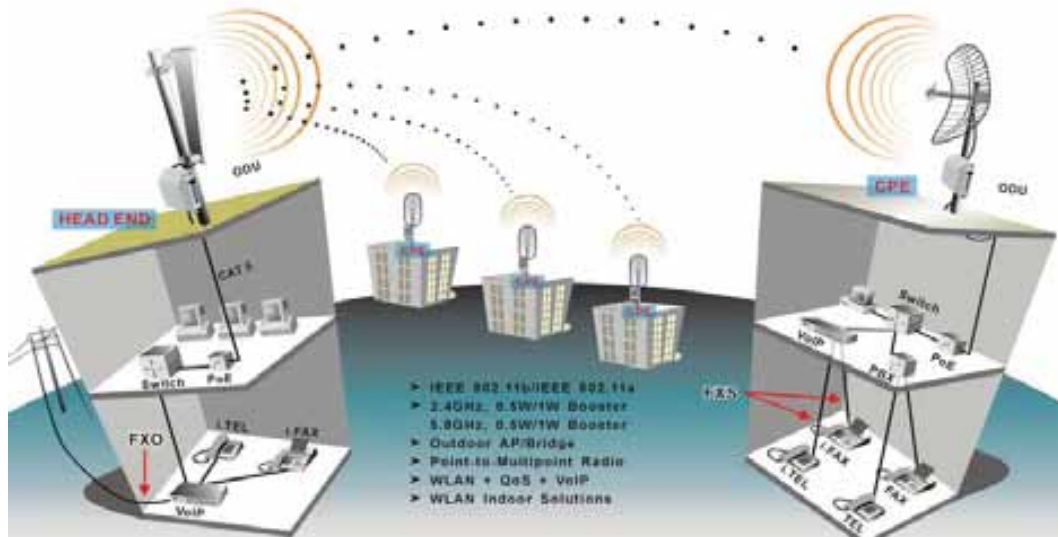


Fig. 2.19 Redes Wireless – Red Inalámbrica

En ese sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, como por ejemplo: antenas, laptop's, PDA's (Personal Digital Assistant - Asistente Digital Personal), teléfonos celulares, etcétera.

- *Redes Conmutadas:*

Estas tienen básicamente dos arquitecturas, "store and forward" (almacenar y remitir) y "cut through" (cortar y atravesar). Es la conexión que realizan los diferentes nodos que existen en distintos lugares y distancias para lograr un camino apropiado para conectar dos usuarios de una red de telecomunicaciones.

Esta tecnología de conmutación permite la descongestión entre los usuarios de las redes LAN Ethernet disminuyendo el tráfico y aumentando el ancho de banda.

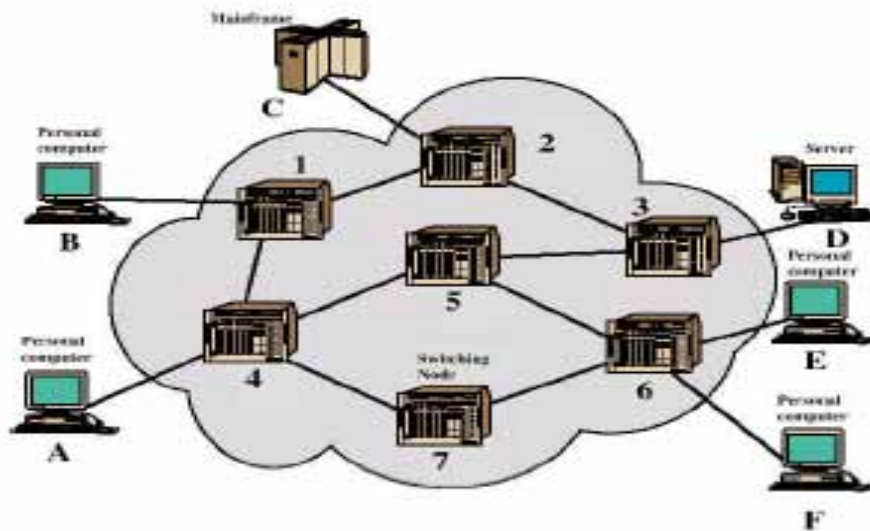


Fig. 2.20 Redes Conmutadas

2.8 Protocolos de red

En cualquier comunicación, bien sea entre personas o entre máquinas, siempre hacen falta una serie de normas que regulen dicho proceso. En el caso de comunicaciones entre personas, las normas las establece la sociedad y son aplicadas por cada persona de acuerdo con la educación que haya recibido; en el caso de las máquinas, las normas las establecen los organismos internacionales de normalización y son aplicadas por las computadoras de acuerdo con el protocolo que tenga instalado. [14]

Como mencionamos al principio de este capítulo, la etapa inicial de las redes sufría de frecuentes interrupciones y la velocidad de transmisión era insuficiente. Debido a esto fue que comenzaron a desarrollarse los protocolos de red permitiendo la transferencia de datos a mayor velocidad y entre diferentes tipos de redes.

Las primeras redes de computadoras se diseñaron teniendo al hardware como punto principal y al software como secundario. Actualmente, el software de red está altamente estructurado, toda esta estructura de comunicación está organizada jerárquicamente como una pila de capas o niveles, cada una construida a partir de la que está debajo. El propósito de cada capa es ofrecer ciertos servicios a las capas superiores, a las cuales se le ocultan los detalles de implementación de los servicios ofrecidos.

La arquitectura de red es el conjunto organizado de capas y protocolos de la red.

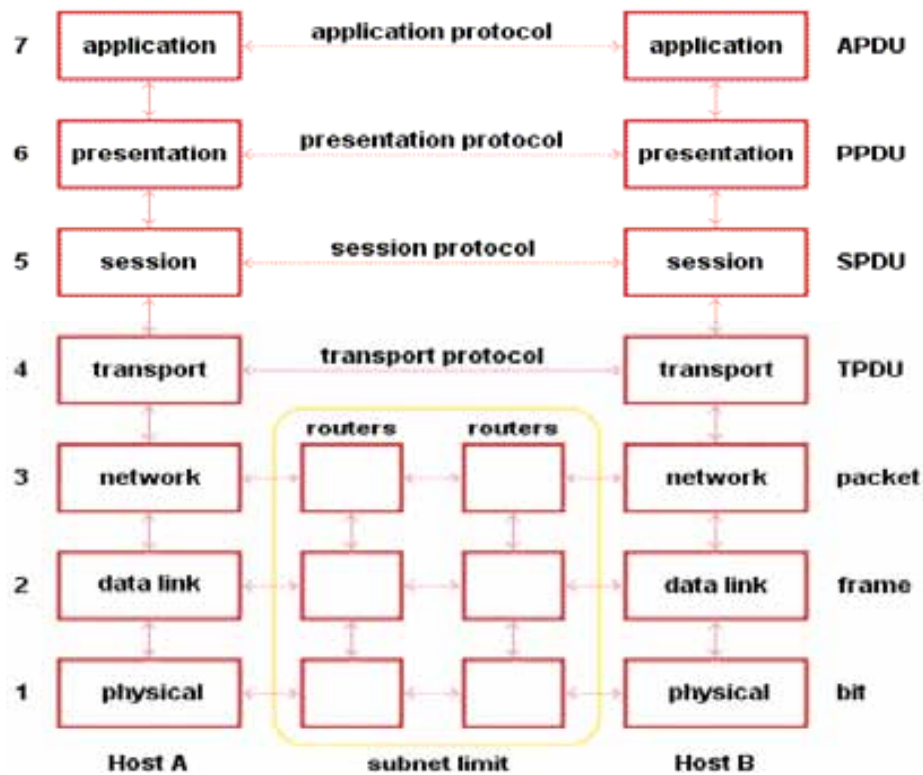


Fig. 2.21 Protocolos de una red

Servicios y protocolos son conceptos distintos, aunque con frecuencia se confunden.

Un protocolo define el conjunto de reglas que rigen el formato y significado de la información entre los participantes de una comunicación.

Un servicio es un conjunto de tareas que una capa proporciona a la capa superior. El servicio define las operaciones que puede realizar una capa pero no dice nada acerca de cómo se implementan.

La necesidad de tener una arquitectura lógica para la representación de sistemas telemáticos y aplicaciones distribuidas propició la aparición de modelos de referencia desarrollados por diversos organismos.

Un modelo de referencia ha de ser universalmente aceptado y posibilita especificar nuevos servicios telemáticos.

El Protocolo de Control de Transmisión / Protocolo Internet (TCP/IP), es un conjunto de Protocolos aceptados por la industria que permiten la comunicación en un entorno heterogéneo. Además, TCP/IP proporciona un protocolo de red encaminable y permite acceder a Internet y a sus recursos.

El conjunto de protocolos *TCP/IP* se dividen en cinco capas:

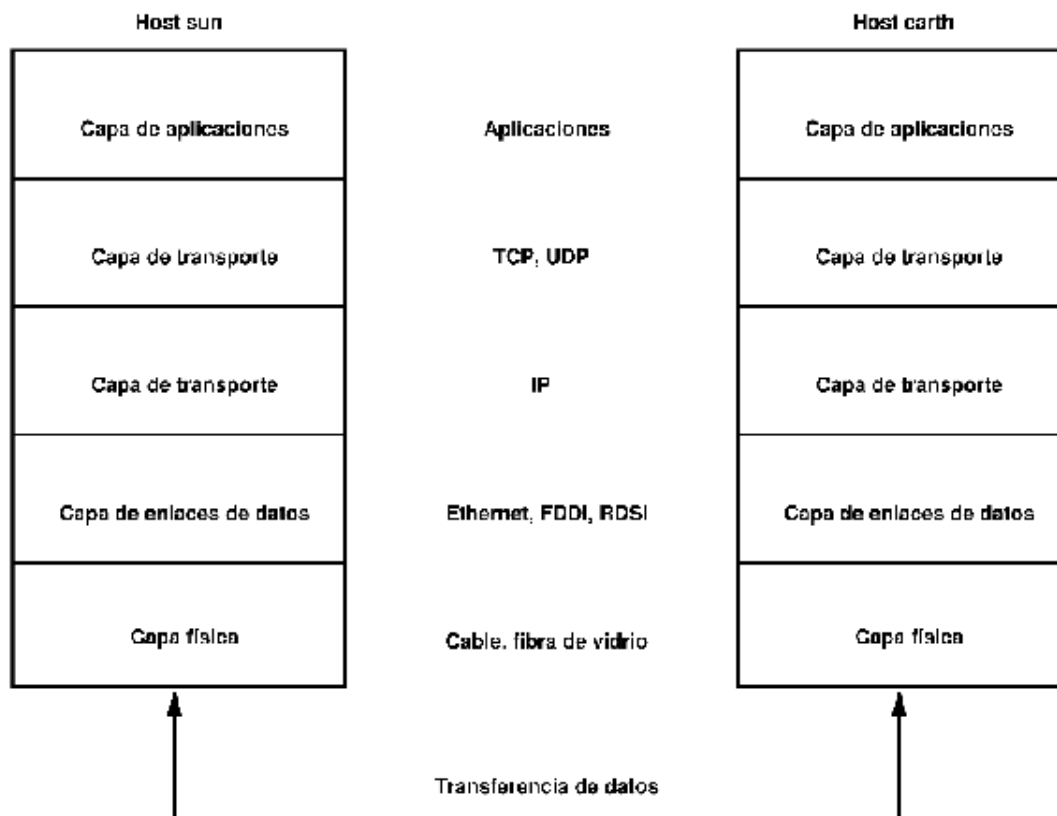


Fig. 2.22 Capas del protocolo TCP/IP

1. *La capa de aplicación* - en esta capa se encuentra toda la lógica necesaria para posibilitar las distintas aplicaciones del usuario.
2. *La capa de origen / destino* - o capa de transporte; es la que tiene aquellos procedimientos que garantizan una transmisión segura.
3. *La capa de Internet* - comunica computadoras entre redes distintas.
4. *La capa de acceso a la red* - se encuentra relacionada con el acceso y el encaminamiento de los datos a través de la red.

5. *La capa física* - define la interfaz entre el dispositivo de transmisión de datos y el medio de transmisión o red; esta capa se encarga de la especificación de las características del medio de transmisión, la naturaleza de las señales y la velocidad de datos.

Entre otros protocolos escritos específicamente para el conjunto TCP/IP se incluyen:

- *SMTP (Protocolo básico de transferencia de correo)*. Correo electrónico.
- *FTP (Protocolo de transferencia de archivos)*. Para la interconexión de archivos entre equipos que ejecutan TCP/IP.
- *SNMP (Protocolo básico de gestión de red)*. Para la gestión de redes.

El otro protocolo de comunicación también muy utilizado es el modelo OSI (*Open Systems Interconnection - Interconexión de Sistemas Abiertos*), fue un intento de la ISO (*International Organization for Standardization - Organización Internacional de Normas*) para la creación de un estándar que siguieran los diseñadores de nuevas redes.

En un principio, cada fabricante establecía los procedimientos de comunicaciones de sus equipos, siendo casi imposible conectar equipos de dos fabricantes distintos. Con la expansión de la informática, se hizo evidente que era necesario disponer de un protocolo común que permitiese la interconexión. Los distintos organismos internacionales propusieron sus modelos, destacando entre ellos el modelo OSI.

El modelo OSI propone dividir todas las tareas llevadas a cabo en una comunicación en grupos o capas, de forma que en un grupo estén las tareas encargadas de establecer la línea físicamente, en otro estén las encargadas de controlar los errores, en otros las encargadas de vigilar el correcto encaminamiento de los datos, etc.

El modelo OSI propone la existencia de siete capas, estos siete niveles regulan no sólo las comunicaciones entre dos terminales, dos computadoras, sino las comunicaciones entre dos aplicaciones, dos programas informáticos. [15]

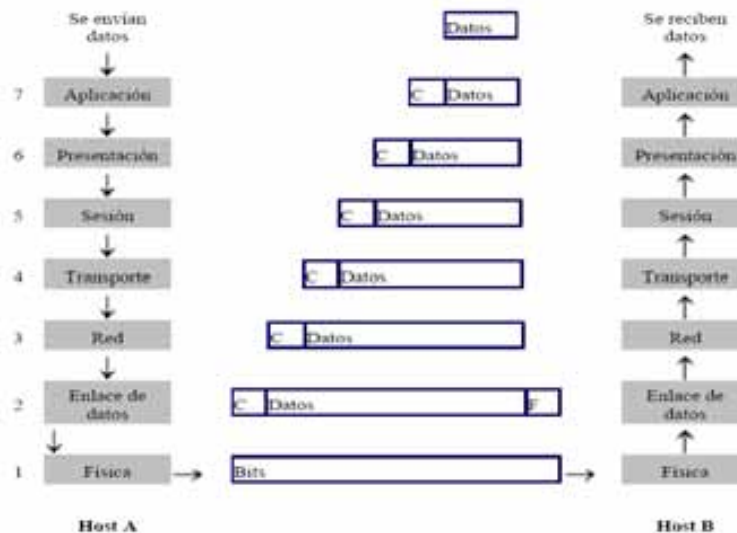


Fig. 2.23 Capas del Modelo OSI

1. *Capa física* - se encarga de la transmisión de bits por un medio de transmisión guiado o no guiado; esta capa define lo que transmite cada hilo de un cable, los tipos de conectores, el voltaje que representa un 1 y el que representa un 0; y no interpreta la información que está enviando, sólo transmite ceros y unos.
2. *Capa de enlace de datos* - delimita las secuencias de bits que envía a la capa física, escribiendo ciertos códigos al comienzo y al final de cada trama.
3. *Capa de red* - se encarga del encaminamiento de paquetes entre el origen y el destino, atravesando tantas redes intermedias como sean necesarias; los mensajes se fragmentan en paquetes y cada uno de ellos se envía de forma independiente; su misión es unificar redes heterogéneas: todos los *host*¹⁴ tendrán un identificador similar a nivel de la capa de red (en Internet son las direcciones IP) independientemente de las redes que tengan en capas inferiores.
4. *Capa de transporte* - únicamente se preocupa de la transmisión origen-destino, podemos ver esta capa como una canalización fiable que une un proceso de un host con otro proceso de otro host, aunque éste, puede tener varios procesos ejecutándose, por ejemplo, uno para mensajería y otro para transferir archivos; integra control de flujo y control de errores, de forma que los datos lleguen correctamente de un extremo a otro.

¹⁴ Máquina conectada a una red de ordenadores y que tiene un nombre de equipo. Es un nombre único que se le da a un dispositivo conectado a una red informática. *Ibidem*.

5. *Capa de sesión* - se encarga de iniciar y finalizar las comunicaciones, además proporciona servicios mejorados a la capa de transporte como, por ejemplo, la creación de puntos de sincronismo para recuperar transferencias largas fallidas.
6. *Capa de presentación* - codifica los datos que recibe de la capa de aplicación a un sistema convenido entre emisor y receptor, con el propósito de que tanto textos como números sean interpretados correctamente.
7. *Capa de aplicación* - aquí se encuentran los protocolos y programas que utiliza el usuario para sus comunicaciones en red; esta capa tendrá que ser adaptada para cada tipo de computadora de forma que sea posible el envío de un correo electrónico u otros servicios entre sistemas heterogéneos como Macintosh, Linux o Windows.

La ISO, The IEEE (*The Institute of Electrical and Electronics Engineers* - el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos), ANSI (*American National Standards Institute* - Instituto de Estandarización Nacional Americano), CCITT (*Consultative Committee for International Telegraphy and Telephony* – Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía), ahora llamado ITU (*International Telecommunication Union* - Unión Internacional de Telecomunicaciones), y otros organismos de estandarización han desarrollado protocolos que se correspondan con algunos de los niveles del modelo OSI.

El modelo OSI se utiliza para definir los protocolos que se tienen que utilizar en cada nivel. Los productos de distintos fabricantes que se ajustan a este modelo se pueden comunicar entre sí.

El protocolo de Internet (IP) se ha convertido en el estándar para interconectar redes y computadoras en un protocolo que no es específico de ningún fabricante.

Es un protocolo de enrutamiento sin conexiones y está diseñado para soportar las redes de datos.

Las redes de IP usan una dirección de 32 bits para identificar una computadora y la red a la que se está conectando. La estructura de la dirección de IP se muestra en la fig. 2.24. [16]

2.9 Direccionamiento de IP

Para que dos sistemas se comuniquen, se deben poder identificar y localizar entre sí.

Veremos a continuación un ejemplo de este concepto, aunque las direcciones de la figura no son direcciones de red reales, representan el concepto de agrupamiento de las direcciones.

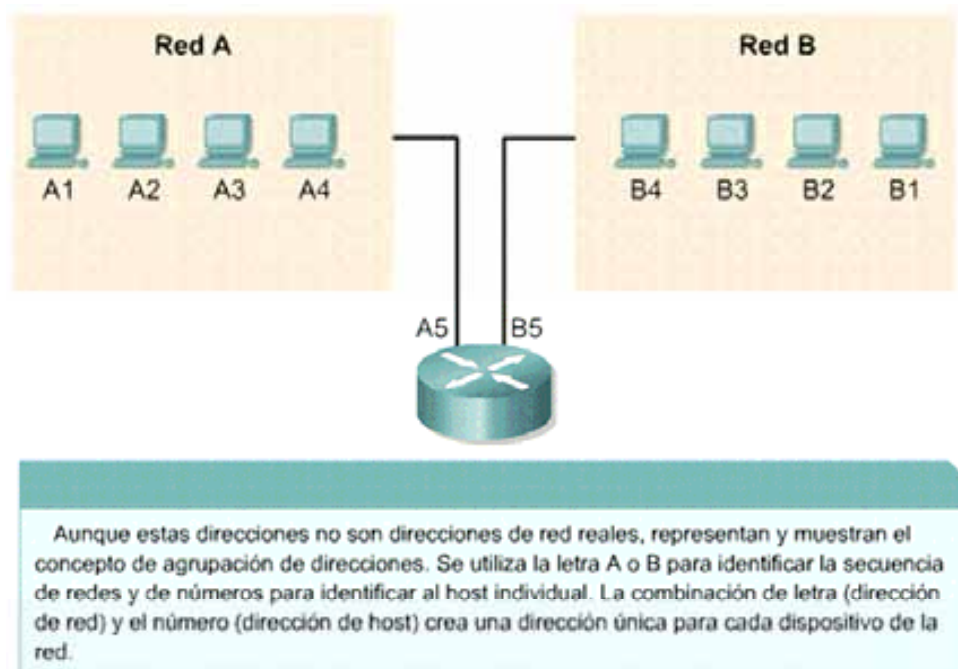


Fig. 2.24 Direccionamiento de IP

Este utiliza A o B para identificar la red y la secuencia de números para identificar el host individual. Un computador puede estar conectado a más de una red. En este caso se le debe asignar al sistema más de una dirección, y cada dirección identificará la conexión del computador a una red diferente.

Cada uno de los puntos de conexión o interfaces de dicho dispositivo tiene una dirección en una red, esto permite que otras computadoras localicen el dispositivo en una determinada red.

La combinación de letras (dirección de red) y el número (dirección del host) crean una dirección única para cada dispositivo conectado a la red. Cada computadora conectada a una red TCP/IP debe recibir un identificador exclusivo o una dirección IP, esta dirección, que opera en la capa 3, permite que una computadora localice a otra en la red.

Todos los computadores también cuentan con una dirección física exclusiva, conocida como dirección MAC. Las direcciones MAC operan en la capa dos del modelo OSI.

Una dirección IP es una secuencia de unos y ceros de 32 bits. Para que el uso de la dirección IP sea más sencillo, en general, la dirección aparece en forma de cuatro números decimales separados por puntos.

Este tipo de dirección recibe el nombre de dirección jerárquica por que contiene diferentes niveles.

Clase A	Red	Host		
Octet	1	2	3	4
Clase B	Red		Host	
Octet	1	2	3	4
Clase C	Red			Host
Octet	1	2	3	4
Clase D	Host			
Octet	1	2	3	4

Las direcciones Clase D se utilizan para grupos de multicast. No hay necesidad de asignar octetos o bits a las distintas direcciones de red o de host. Las direcciones Clase E se reservan para fines de investigación solamente.

Tabla 2.25 Dirección jerárquica

La primera parte identifica la dirección de la red del sistema, la segunda parte, la parte del host, identifica que máquina en particular de la red.

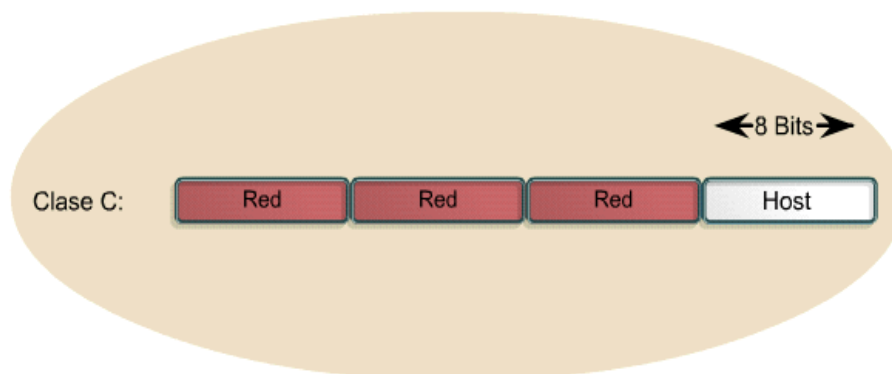


Fig. 2.26 Capas del modelo OSI

Desde un punto de vista práctico, es necesario conocer cómo funciona el direccionamiento IP para configurar correctamente la interfase de red de nuestro equipo de cómputo.

Es necesario identificar en las propiedades de los protocolos TCP/IP de la tarjeta de red los datos de identificación del equipo y de la red a la que pertenece, por ejemplo:

1. *Dirección IP* - es la identificación del equipo de forma única en la red.
2. *Mascara de red* - define qué parte de la dirección del equipo identifica la red.
3. *Puerta de enlace predeterminada* - es la dirección IP del router de nuestra red y que la conecta al exterior.
4. *Servidores DNS* - se pueden identificar con números y/o palabras que son más fáciles de recordar para el ser humano.

2.10 Organizaciones para la transmisión de información

Las principales organizaciones para la transmisión de información son organismos que intervienen en el desarrollo de las normas y estándares de las comunicaciones. Algunas de ellas son.

- *FCC - Comisión Federal de Comunicaciones* (Federal Communication Comisión)

Es la comisión norteamericana responsable de la regulación de las comunicaciones interestatales de radio, televisión, telégrafo y teléfono, así como las comunicaciones con el resto del mundo. El FCC se creó por el acta de comunicaciones de 1934 y está autorizado a regular las concesiones de servicios de comunicaciones.

- *COMSAT - La Sociedad de Comunicaciones vía Satélite* (Communications Satellite Corporation)

El congreso de los Estados Unidos de Norte América creó COMSAT mediante el acta de comunicaciones de 1962, con el propósito de coordinar y promover las comunicaciones vía satélite en los Estados Unidos y actuar como representante de Estados Unidos en ese campo.

➤ *INTELSAT - Organización Internacional de Telecomunicaciones vía Satélite*

Es una organización formada por más de 100 países. Su propósito es compartir el desarrollo y uso de los sistemas vía satélite y se formó en 1964.

➤ *ITU-T y ITU-R*

Antes CCITT Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía. Es un organismo de normalización dependiente de la unión internacional de Telecomunicaciones.

➤ *ISO - La Organización Internacional de Normalización (International Standardization Organization)*

Es una organización formada por los comités nacionales de normalización de cada país miembro. Se suele trabajar de forma coordinada con la ITU en los temas comunes. Junto con ANSI ha desarrollado el modelo OSI (Open System Interconnection).

➤ *ANSI - el Instituto Nacional Americano de Normalización (American National Standards Institute)*

Es la organización normalizadora de los Estados Unidos y es miembro de la ISO. Desarrolla normas y acepta propuestas de otras organizaciones de los Estados Unidos. Sus actividades son muy variadas, incluyendo están la normalización de lenguajes de programación como el Cobol y el Fortran.

Hasta aquí, concluimos este capítulo de redes y telecomunicaciones que con los temas desarrollados anteriormente, nos acerca a comprender más las funciones de un sistema de comunicación cualquiera como los que usamos en la vida actual, ya sea simplemente para ver la televisión o por la necesidad de compartir cientos de recursos entre computadoras, servidores, satélites, etcétera, o para entender cómo funciona una empresa que tiene oficinas alrededor del mundo.

De igual manera, la evolución de los sistemas operativos ha permitido la instalación sencilla de redes locales, de bajo costo, las cuales permiten la interacción y transferencia de información entre diferentes equipos de cómputo.

No cabe duda que las redes de comunicación son muy importantes hoy en día, es por ello que todos los países invierten grandes recursos en el desarrollo de las mismas. Al mismo tiempo la evolución tecnológica propicia la aparición de nuevas prestaciones y que se traducen en la oferta de nuevos servicios aprovechando la infraestructura existente o creando otras nuevas capaces de soportarlos.

Pero el desarrollo de esta tecnología no para aún, sino por el contrario, cada día que pasa la tecnología sigue avanzando para innovar lo existente o crear lo inexistente en beneficio a las necesidades de la sociedad.

Es por ello que no basta sólo con saber sobre sistemas de redes convencionales, sino también sobre cómo han evolucionado en la actualidad y cómo se aplican al mundo de la comunicación y las ventajas que se buscan con el desarrollo de éstas.

CAPÍTULO 3

Redes Inalámbricas

Los avances logrados con la introducción del electromagnetismo, han favorecido el desarrollo de nuevos y prometedores sistemas de comunicación, al mismo tiempo que sus costos se han visto reducidos.

Es así, como las redes convencionales (cableadas) han evolucionado dando lugar a las redes inalámbricas (sin cable) para solucionar las necesidades que las redes comunes no cubrían.

Es gracias a la estandarización y la liberalización que se está dando lugar a impulsar la implementación masiva de estos sistemas de comunicación inalámbrica, que ofrecen beneficios y ventajas que los hacen más atractivos para los usuarios.

Es por lo anterior que en este capítulo se pudo obtener información sobre la evolución y surgimiento de las redes inalámbricas, sus diferentes formas y tipos, sus componentes, así como sus ventajas y beneficios, entre otros aspectos que en la actualidad son muy utilizados no tan sólo en el medio de las computadoras sino en el mundo de las telecomunicaciones que de una forma u otra ha facilitado nuestras formas de vida.

3.1 Surgimiento de las redes inalámbricas

Las redes inalámbricas como las conocemos hoy en día es la evolución de las comunicaciones por radio y telégrafo. Aún cuando algunos descubrimientos fueron realizados a principios del siglo XIX la mayor parte de la evolución de las redes inalámbricas es debido al descubrimiento de la electricidad, la economía moderna y los descubrimientos en la física.

Desde el siglo XVII se conoce el magnetismo, sin embargo, la correlación de la electricidad con el magnetismo se maneja desde el siglo XIX. Es así como el estadounidense *Joseph Henry*¹⁵ fue la primera persona en transmitir una señal eléctrica, formalizó la propiedad de la inducción propia, la cual es inherente a las características de la corriente eléctrica.

Aunque Henry y el físico y químico británico *Michael Faraday*¹⁶ llegaron a las mismas conclusiones, Faraday publicó sus resultados, pero Henry es recordado por encontrar la manera de comunicarse por medio de ondas electromagnéticas. Samuel Morse inspirado por el trabajo de Faraday creó una tecnología emergente llamada telégrafo en 1832. Henry junto con Morse construyeron una repetidora que permitía la telegrafía a largas distancias.

¹⁵ Joseph Henry (1797-1878), físico estadounidense conocido por su trabajo acerca del electromagnetismo, en electroimanes y relés. *Ibidem*.

¹⁶ Michael Faraday (1791-1867), físico y químico británico que estudió el electromagnetismo y la electroquímica. Logró demostrar la relación existente entre los fenómenos magnéticos y los eléctricos, fundamento de transformadores, motores y generadores, entre otros. *Ibidem*.

En 1842, Morse realiza una comunicación inalámbrica de aproximadamente una milla en el lago Susquehanna por conducción a través del agua. La conducción es el flujo de cargas eléctricas a través de una sustancia que resulta la diferencia de potencial de la sustancia.

A partir de la conducción en el agua se continuó con el desarrollo de tecnologías para poder llegar a la conducción por aire. El alemán *Heinrich Hertz*¹⁷ fue el primero en probar que la electricidad viaja en ondas a través de la atmósfera. Hertz demostró que los conductores eléctricos reflejan las ondas y los no conductores simplemente dejan pasar las ondas a través de su medio. También probó que la velocidad de la luz y las ondas de radio son iguales, así como también probó el hecho de radiar y detectar ondas magnéticas y eléctricas a través de alambres.

Estos descubrimientos llevaron al mundo a la era de la radio, es decir, la transmisión y recepción inalámbrica de impulsos eléctricos o señales por medio de ondas electromagnéticas.

Posteriormente *Gugliemo Marconi*¹⁸ fue capaz de enviar mensajes a través del océano atlántico, esto fue una prueba significativa de que se podían transmitir señales inalámbricas alrededor del mundo. Gugliemo Marconi fue el primero en realizar una comunicación a larga distancia. *Reginald Fessenden*¹⁹ fue el primero en transmitir en una banda de radio con voz humana.

En los inicios de la radio móvil no se pensaba ni para comunicación del sector público ni personal, era exclusivamente enfocado para uso militar, sin embargo, en 1924 los laboratorios Bell inventaron un teléfono inalámbrico bidireccional.

A mediados de 1935 *Edwin Howard Armstrong*²⁰ introdujo la modulación de frecuencia (FM Frequency Modulation – Frecuencia Modulada), aumentando la calidad del audio y reduciendo drásticamente el tamaño del equipo, pero fue la Segunda Guerra Mundial lo que impulsó el desarrollo de la tecnología para FM.

¹⁷ Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894), físico alemán por el cual se nombra al hercio, la unidad de frecuencia del Sistema Internacional de unidades (SI). En 1888, fue el primero en demostrar la existencia de la radiación electromagnética construyendo un aparato para producir ondas de radio. *Ibidem*.

¹⁸ Guglielmo Marconi (1874-1937), inventor italiano. Estudió en la Universidad de Bolonia, en donde llevó a cabo los primeros experimentos acerca del empleo de ondas electromagnéticas para la comunicación telegráfica. A petición del gobierno de Francia, en 1899 hizo una demostración práctica de sus descubrimientos, estableciendo comunicaciones inalámbricas a través del canal de la Mancha, entre Dover y Wimereux. *Ibidem*.

¹⁹ Reginald Aubrey Fessenden (1866-1932), inventor canadiense, mejor conocido por su trabajo a principios de la radio. A finales de 1886, comenzó a trabajar directamente con Thomas Edison, realizando importantes avances, especialmente en la concepción de los receptores, tal como se trabajó para desarrollar audio de recepción de señales. *Ibidem*.

²⁰ Edwin Howard Armstrong (1890-1954), ingeniero eléctrico e inventor estadounidense, fue uno de los inventores más prolíficos de la era de la radio, con una visión que se anticipó a su tiempo. Inventó la radio en Frecuencia modulada (FM). *Ibidem*.

Muchos investigadores e inventores tienen un espacio en la era del cómputo y redes, desde el inglés Charles Babbage que en 1822 inventó la primera calculadora llamada “Diferencie Engine”, o *Herman Hollerith*²¹, quien en 1887 creó las tarjetas perforadas para almacenar el censo de 1890 de Estados Unidos de América.

De ahí hasta la creación de la computadora personal en los años subsecuentes estas computadoras se volvieron más poderosas y fue necesario poder enlazar los equipos de cómputo para compartir memoria, software e información. Fue ahí donde la tecnología de las redes tuvo un auge significativo ya que hasta ese momento sólo existían las computadoras centrales o mainframes con intentos fracasados de interconectar equipos de algunas empresas, no propiamente de cómputo.

La evolución de las redes continuo y fue a finales de 1990 que surgieron las redes WLAN (Wireless Local Area Network – red de área local inalámbrica), aunque también es conocida como WI-FI (Wireless Fidelity – fidelidad inalámbrica). WI-FI es una marca de la *WI-FI Alliance* – Organización comercial que adopta, prueba y certifica que los equipos cumplan con los estándares 802.11.

El principal medio de transmisión de las redes Inalámbricas son las ondas electromagnéticas que viajan a través del aire en forma de microondas, es decir, a través de medios no guiados.

Una de las tecnologías más prometedoras y discutidas en esta década es la de poder comunicar computadoras mediante tecnologías inalámbricas.

Las redes inalámbricas facilitan la operación en lugares donde la computadora no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes, en oficinas temporales, o simplemente lugares donde es difícil su instalación.

Si la prioridad en la comunicación es la movilidad, el cable se convierte en un inconveniente. Es por eso que esta tecnología es la alternativa perfecta para evitar estos problemas o restricciones con la utilización del cable ya que tiene ventajas como la rápida y fácil instalación de la red sin necesidad de tirar cableado, permiten la movilidad y tienen menor costo de mantenimiento que una red convencional.

Las comunicaciones inalámbricas son normalmente más económicas de implementar, ya que se elimina mucho del trabajo civil y de cableado. Por otro lado, tienen una desventaja frente a las cableadas, y es que son más susceptibles al medio ambiente.

²¹ Herman Hollerith (1860-1929), estadista que inventó la máquina tabuladora. Es considerado como el primer informático, es decir, el primero que logra el tratamiento automático de la información. *Ibidem*.

Por el momento no se espera que las redes inalámbricas lleguen a remplazar a las redes cableadas, ya que éstas últimas ofrecen velocidades de transmisión mayores que las logradas con las tecnologías inalámbricas.

Sin embargo, se pueden mezclar las redes cableadas y las redes inalámbricas y de esta manera generar una red híbrida para llegar a tener un mejor alcance desde la estación de base hasta los últimos metros.

Se puede considerar que el sistema cableado sea la parte principal y que el sistema inalámbrico proporcione movilidad adicional a los equipos para que, de esta manera, el usuario se pueda desplazar con facilidad dentro de un almacén u oficina.

3.2 Beneficios de las Redes Inalámbricas

Los beneficios de la utilización de la tecnología inalámbrica, comparándolos con las redes cableadas tradicionales son:

- *Movilidad* - las redes inalámbricas facilitan la conexión en lugares donde un equipo de cómputo no tiene acceso al cable para el enlace o no puede permanecer en un sólo lugar por la necesidad de su movilidad como en almacenes, oficinas remotas, área de combustibles, etcétera.
- *Costo* - facilidad de instalación evitando costosas obras para el cableado por muros y techos.
- *Flexibilidad* - permite la conectividad en donde sería imposible cablear ya sea por cuestiones de espacio, infraestructura inexistente o por tener un costo excesivo, además de tener mayor tiempo de vida y menor costo de instalación.
- *Escalabilidad* - el cambio de topología de red es sencillo y el aumento de usuarios o dispositivos no afecta a los usuarios o dispositivos ya existentes.

El panorama de las redes inalámbricas es muy extenso, mayor que el de las propias redes convencionales a las que estamos más habituados, esto debido a la gran variedad de tecnologías, configuraciones, dispositivos, topologías y medios relacionados en las redes inalámbricas.

Para poder entender más acerca de una red o sistema inalámbrico, es necesario que identifiquemos aquellos componentes del sistema, que actualmente son utilizados en las implementaciones inalámbricas.

3.3 Componentes físicos de las redes inalámbricas

Los componentes físicos de la infraestructura inalámbrica se clasifican en los siguientes elementos: el medio de transmisión, el punto de acceso o Access Point, antenas, estaciones móviles, servidores. Éstos los definimos a continuación.

- *El medio* - Se utilizan medios no guiados , principalmente el aire . Se radia energía electromagnética por medio de una antena y luego se recibe esta energía con otra antena.
- *Access Point (Punto de Acceso o Estación Base)* - este es un radio inalámbrico, trabaja generalmente como la interfase o la interconexión de un medio cableado con un medio inalámbrico, también puede considerarse como el punto de conexión central de una red inalámbrica y en el esquema de capas es la capa de acceso (Access layer). El propósito de múltiples estaciones base o puntos de acceso es extender el área de cobertura para mantener en todo momento a los usuarios o estaciones móviles conectados al sistema. [17]
- *Antenas* - la antena en conjunto con el aire es el medio por el cual las redes inalámbricas son capaces de transmitir información. Es el componente físico que emite la señal modulada a través del aire. Sus características más importantes con las cuales se clasifican son: su patrón de propagación su ganancia y su potencia de transmisión. Es parte de la capa de acceso.
- *Estaciones Móviles* - es el dispositivo final con el cual el usuario obtiene la información, también contiene un radio, es la interfase del usuario con el sistema inalámbrico, ejemplos de este dispositivo son: lap tops, PDAs, celulares, lector código de barras, impresora, etcétera. Y son parte de la capa de acceso.
- *Servidores* - generalmente no son utilizados como parte de la red inalámbrica, pero son parte del sistema inalámbrico. Las estaciones móviles acceden a servicios como: mensajes instantáneos, servidores Web, servidores para compartir recursos, archivos, etcétera. Forman parte de la capa de distribución.

3.4 Medios de transmisión inalámbricos

El medio de transmisión constituye el soporte físico que permite el envío de información entre dos terminales en un sistema de transmisión; dichas transmisiones se realizan según el rango de frecuencias utilizado las ondas electromagnéticas (microondas) o haces de luz (infrarrojo).

Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá diferentes características:

- *Ondas de Radio* - las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, en las que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por las lluvias ya que se opera en bajas frecuencias.
- *Microondas.*- son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias se encuentran dentro del espectro de las súper altas frecuencias, SHF, utilizándose para las redes inalámbricas la banda de 18-19 GHz. Estas redes tienen una propagación muy localizada y un ancho de banda que permite alcanzar los 15 Mbps. [18]
 - *Terrestres.*- se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de unos tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso se acostumbran a utilizar en enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que se opera a una frecuencia mas elevada.
 - *Microondas por satélite.*- se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la retransmite en otra banda (señal descendente). Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que pueden haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.
- *Infrarrojos.*- son ondas electromagnéticas que se propagan en línea recta, siendo susceptibles de ser interrumpidas por cuerpos opacos. Su uso no precisa licencias administrativas y no se ve afectado por interferencias radioeléctricas externas, pudiendo alcanzar distancias de hasta 200 metros entre cada emisor y receptor. [19]

3.5 Tipos de redes Inalámbricas

Las comunicaciones inalámbricas, como cualquier otra cosa en esta vida, pueden clasificarse de distintas formas dependiendo del criterio al que se atienda. En este caso, vamos a clasificar los sistemas de comunicaciones inalámbricas de acuerdo con su alcance. Se llama alcance a la distancia máxima a la que pueden situarse las dos partes de la comunicación inalámbrica.

Las comunicaciones inalámbricas se dividen en los siguientes grupos de acuerdo con su alcance: [20]

- *W-PAN (Wireless Personal Area Network - Red de Área Personal Inalámbrica)*

En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en *HomeRF*²² (estándar para conectar todos los teléfonos móviles y los equipos de cómputo mediante Radiofrecuencia); *Bluetooth*²³ (protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1); *ZigBee*²⁴ (basado en la especificación IEEE 802.15.4 y utilizado en aplicaciones como la domótica, que requiere comunicaciones seguras con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo); *RFID (Radio Frequency IDentification, en español Identificación por radiofrecuencia)*.



Fig. 3.1 Red W-PAN - Red de Área Personal

²² HomeRF es una organización que ha desarrollado sus propios estándares para entrar de lleno al mundo de las redes inalámbricas. *HomeRF* es llamado también Radiofrecuencia.

<http://es.wikipedia.org/wiki/HomeRF> < Mayo 2008.

²³ Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal WPANs que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia. <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>. Mayo 2008.

²⁴ ZigBee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radios digitales de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (Wireless Personal Area Network, WPAN). <http://es.wikipedia.org/wiki/ZigBee>. Mayo 2008.

- *WLAN (Wireless Local Area Network - Red de área Local Inalámbrica)*

En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en *WI-FI* que sigue el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes. [21]



Fig. 3.2 Red W-LAN – Red de Área Local Inalámbrica

- *WMAN (Wireless Metropolitan Area Network - Red de área Metropolitana Inalámbrica)*

Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en *WI-MAX* (Worldwide Interoperability of Microwave Access, es decir, Interoperabilidad mundial para Acceso por Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. *WI-MAX* es un protocolo parecido a *WI-FI*, pero con mayor cobertura y ancho de banda. [22]



Fig. 3.3 Red W-MAN – Red de Área Metropolitana Inalámbrica

- *WWAN (Wireless Wide Area Network - Red de área Amplia Inalámbrica)*

En estas redes encontramos tecnologías como *UMTS* (Universal Mobile Telecommunications System), utilizada con los teléfonos móviles de tercera generación y sucesora de la tecnología *GSM* (Global System Movil – Sistema Global de Telecomunicaciones) utilizada en móviles de segunda generación. [23]

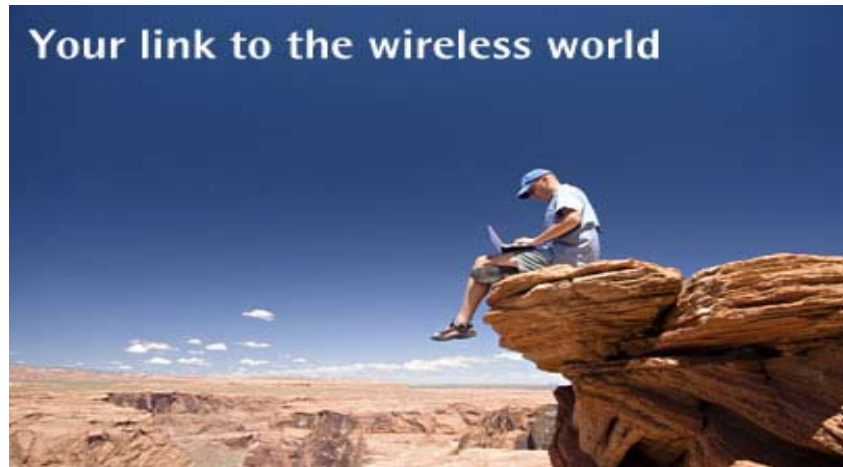


Fig. 3.4 Red W-WAN – Red de Área Amplia Inalámbrica

Actualmente existen dos amplias categorías de redes inalámbricas.

1. *Larga distancia* - son usadas para transmitir información en espacios que pueden variar desde una misma ciudad hasta varios países circunvecinos y es llamada MAN (Metropolitan Area Network-Red de Área Metropolitana).

Dentro de las redes MAN encontramos 2 clases:

- a. *Redes telefónicas celulares* - estas son un medio para transmitir información de alto precio, debido a que los módems celulares actualmente son mas caros y delicados ya que requieren circuiteria especial.
- b. *Redes de conmutación de paquetes por radio (públicas y privadas)* - estas redes públicas no tienen problemas de pérdida de señal debido a que su arquitectura está diseñada para soportar paquetes de datos en lugar de comunicaciones de voz, y las redes privadas utilizan la misma tecnología que las públicas, pero bajo bandas de frecuencia restringidas.

2. *Corta distancia* - son utilizadas en redes corporativas cuyas oficinas se encuentran en uno o varios edificios cercanos, ésta es llamada LAN (Local Área Network-Red de Área Local).

3.6 Topologías de redes Inalámbricas

Estas redes se construyen utilizando dos topologías básicas, para estas topologías se utilizan distintos términos como infraestructura (administradas) y Ad-hoc (no administradas).

Una Topología de infraestructura es aquella que extiende una red LAN con cable existente para incorporar dispositivos inalámbricos mediante una estación base o AC (Access Point - punto de acceso). Este Access Point enlaza una red WLAN y una red LAN y sirve de controlador central de una red WLAN.

El Access Point coordina la transmisión y recepción de múltiples dispositivos inalámbricos dentro de una extensión específica; la extensión y el número de dispositivos dependen del estándar de conexión inalámbrica que se utilice.

En la modalidad de infraestructura puede haber varios Access Point para dar cobertura a una zona grande o sólo un Access Point para una zona pequeña.



Fig.3.5 Red de la modalidad de infraestructura

En una Topología Ad-hoc los propios dispositivos inalámbricos crean una red WLAN y no existe ningún controlador central ni Access Point, cada dispositivo se comunica directamente con los demás dispositivos de la red. El ejemplo de algún entorno donde podrían utilizarse redes inalámbricas Ad-hoc sería una sala de conferencias donde los equipos se reúnen con regularidad para intercambiar información.

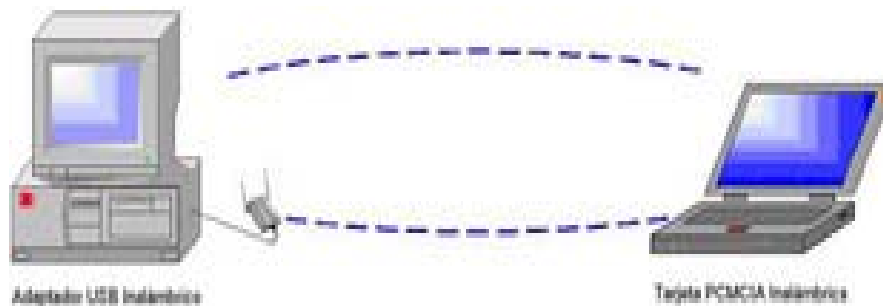


Fig.3.6 Red de la modalidad Ad-hoc

Estas conexiones inalámbricas aportan grandes ventajas, algunos casos en los que se pueden implementar son:

- *Por el tipo de trabajo del usuario el cual requiere desplazarse dentro de un campus laboral.*

En las grandes bodegas, en donde se tienen que efectuar inventarios y auditorias, en este caso los usuarios pueden movilizarse libremente con una PC portátil. En ella puede realizar consultas, actualizar la base de datos, recibir y enviar correos al instante.

- *Cuando el costo por acceso a la red inalámbrica es menor al convencional.*

Varios edificios pueden comunicarse entre sí, al poseer conexiones inalámbricas sin necesidad de desembolsar dinero en la construcción e instalación para el montaje de la fibra óptica.

- *Expansiones de la red de uso temporal.*

Tales como kioscos ambulantes de información, instalados en los pasillos de grandes negocios tales como bancos, supermercados o bien en ferias comerciales.

3.7 Comunicación vía radio y propagación de ondas electromagnéticas

Para tener este tipo de comunicación vía radio se basan en la transmisión punto a punto, punto a multipunto y la transmisión vía satélite para el acceso a zonas remotas o para aplicaciones de la transmisión de amplia cobertura (radiodifusión y televisión).

El mecanismo de funcionamiento, al igual que en el caso del teléfono, consiste en un ECD (equipo de comunicación de datos) que transforma de una señal eléctrica a una señal radio para que pueda viajar la información a través del canal, su transmisión / recepción por el aire es por medio de las antenas y de nuevo otro ECD hace posible su posterior conversión en una señal eléctrica de nuevo.

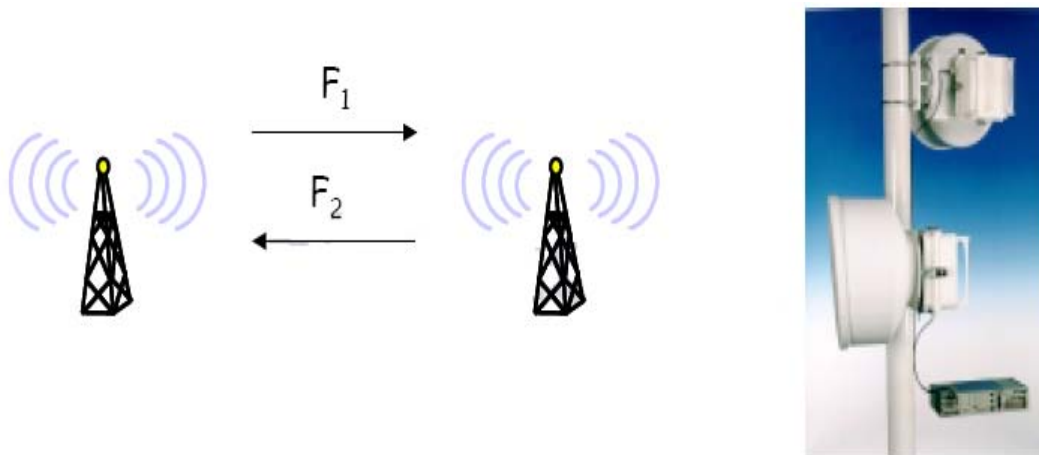


Fig. 3.7 Transmisión punto a punto

Existen algunos factores que impactan a la transmisión de ondas electromagnéticas. Estos factores afectan de distintas formas a las frecuencias altas que a las bajas, sin embargo, son factores importantes para el diseño tanto de dispositivos inalámbricos como redes inalámbricas. Trataremos de mostrar un panorama de los efectos de estos factores ante las señales electromagnéticas.

La atenuación es la pérdida de potencia como consecuencia de salvar la distancia entre dos puntos, que sufren las ondas radioeléctricas, se pueden desglosar, según su origen, en la contribución de varios factores independientes:

- *Las pérdidas en espacio libre* - La atenuación sufrida por la propagación de una onda es directamente proporcional al cuadrado de la frecuencia y al cuadrado de la distancia recorrida. Es decir, cuanto mayor es la distancia o mayor es la frecuencia, menor es el nivel de la señal en recepción.

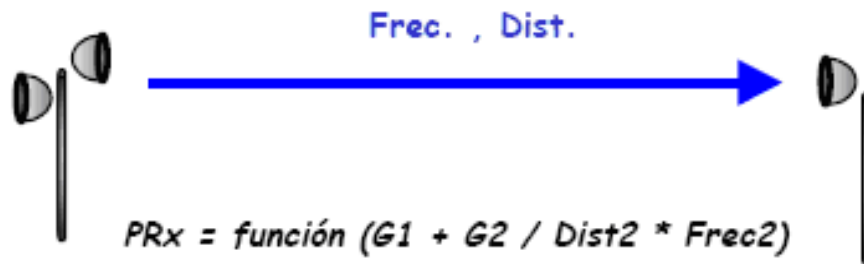


Fig. 3.8 Atenuación en espacio libre

- *Difracción por obstáculos* - A frecuencias altas, a partir de 1Ghz, la no existencia de visibilidad directa o LOS (Line Of Sight), introduce unas pérdidas suplementarias en la señal. El grado de obstrucción entre los dos puntos depende de las distancias al obstáculo, su altura y la frecuencia de la señal transmitida. En general a frecuencias bajas no es necesario la visibilidad directa con la antena emisora (sistemas de radiodifusión AM y FM), pero a medida que aumentamos la frecuencia se hace condición necesaria (radioenlaces digitales, sistemas de transmisión vía satélite, etc.).

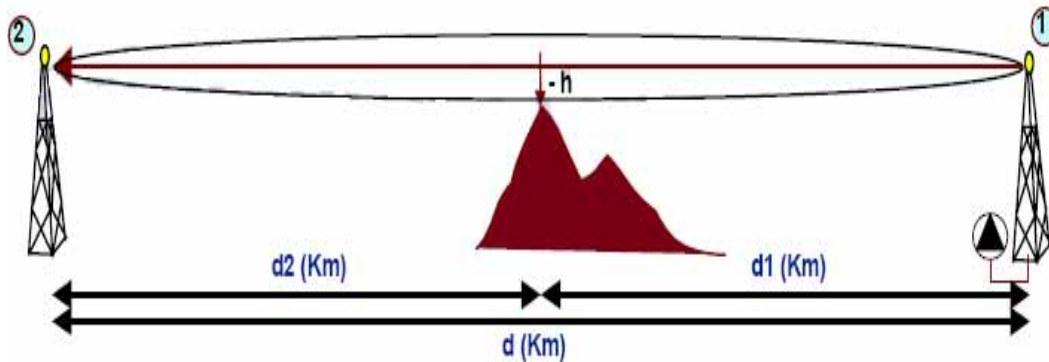


Fig. 3.9 Pérdidas por difracción

- *Propagación multicamino* - Las antenas radian energía hacia una zona concreta del espacio y puede que una misma señal llegue al receptor como consecuencia de múltiples rebotes. Estos rebotes se presentan como copias de la señal, de menor atenuación, y con un retardo respecto a la señal directa, como resultado de la diferencia entre los caminos recorridos por ambas señales. La suma produce, en el receptor, la distorsión de la señal original y la atenuación de su nivel de recepción.

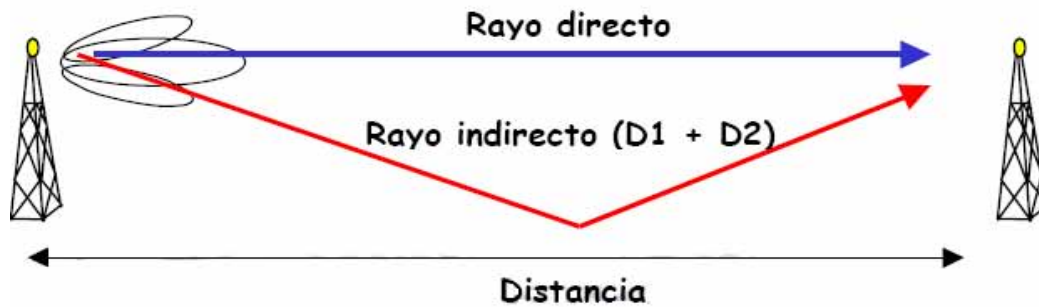


Fig. 3.10 Pérdidas por propagación multi-camino

- *Factores atmosféricos* - La presencia de lluvia, niebla, nieve y otros elementos meteorológicos alteran a la transmisión de señales de alta frecuencia, básicamente a partir de los 10 GHz. La señal transmitida, por ejemplo, a través de una zona de tormenta con abundantes precipitaciones, sufre una ligera atenuación debido a la pérdida de energía de las ondas radioeléctricas al atravesar las gotas de agua.

A partir de una determinada distancia los emisores de radiofrecuencia dejan de ser considerados como interferentes ya que el nivel de las señales emitidas es mínimo. Las distancias dependerán en cada caso de la frecuencia de trabajo, orografía del terreno, características de las antenas, etcétera.

3.8 Espectro de radiofrecuencia, bandas y servicios

El medio de transmisión utilizado por las ondas de radio es el espacio libre. Éste, a diferencia de lo que conocemos como "aire", no contiene gases como el oxígeno, nitrógeno, etcétera. Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia de trabajo, y el conjunto de todas las frecuencias se denomina *espectro*²⁵.

Si varias ondas de radio se trabajan a la misma frecuencia se atropellan entre ellas, a esto se le conoce como interferencias. Es por ello que los organismos internacionales de estandarización han definido unas bandas de frecuencia para cada una de las aplicaciones por radio, que deben ser respetadas por todas las compañías que operen redes radio, con el objeto de ordenar y evitar interferencias entre los diferentes sistemas y redes de comunicaciones vía radio.

²⁵ Distribución de la intensidad de una radiación en función de una magnitud característica, como la longitud de onda, la energía, la frecuencia o la masa. www.rae.es. Septiembre 2007.

La siguiente figura muestra el espectro radioeléctrico, y las frecuencias de trabajo en las que se encuentran definidas las diferentes aplicaciones.

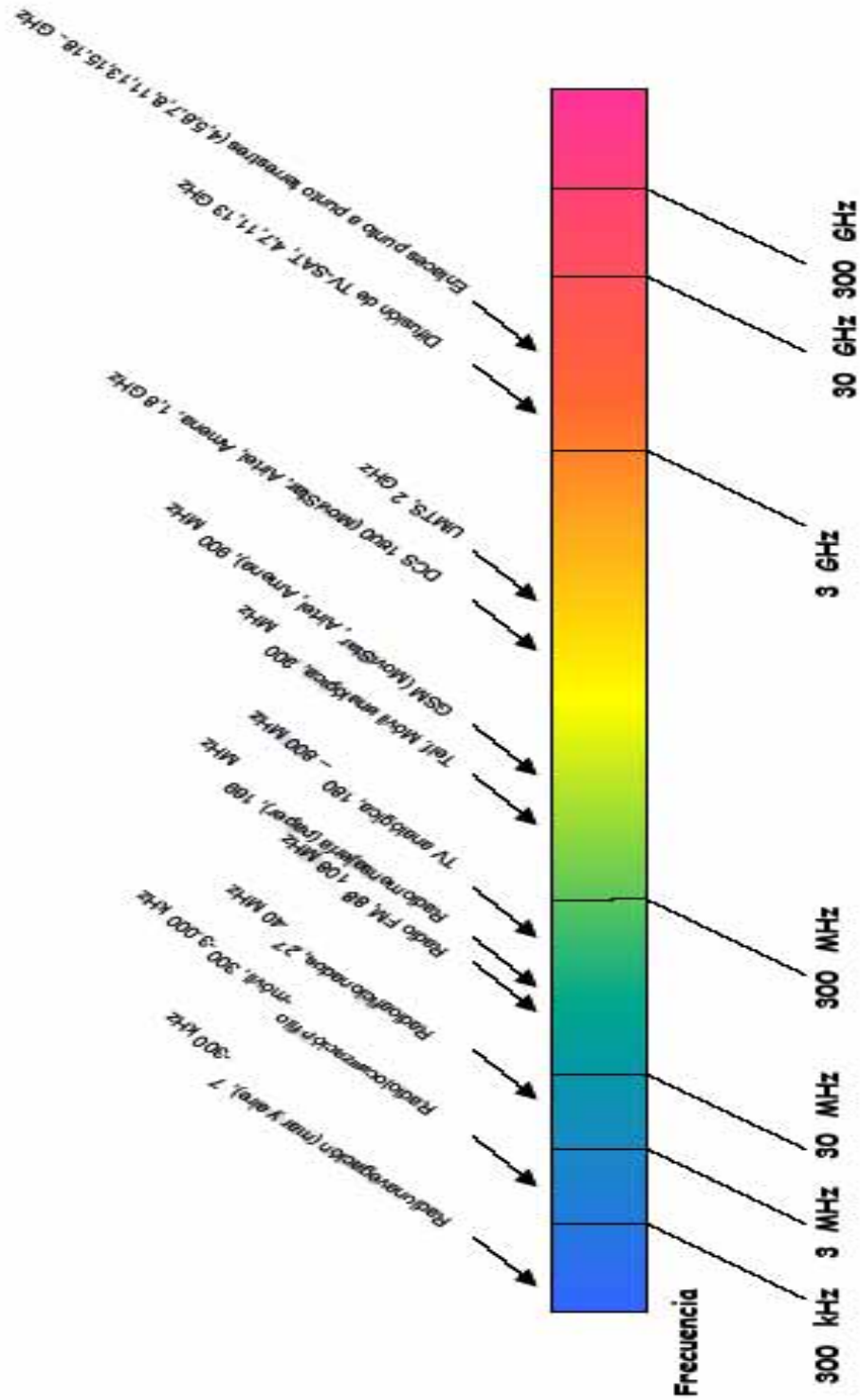


Fig. 3.11 Distribución del espectro radioeléctrico entre los diferentes servicios

La clasificación de las frecuencias en segmentos según las características que presenta cada uno de ellos, es lo que se denomina espectro de frecuencias.

Nombre	Abreviatura inglesa	Banda ITU	Frecuencias	Longitud de onda
(Extremely low frequency – Extra baja frecuencia)	ELF	1	3-30 Hz	100.000 km – 10.000 km
(Super low frequency – Super baja frecuencia)	SLF	2	30-300 Hz	10.000 km – 1000 km
(Ultra low frequency – Ultra baja frecuencia)	ULF	3	300–3000 Hz	1000 km – 100 km
(Very low frequency – Muy baja frecuencia)	VLF	4	3–30 kHz	100 km – 10 km
(Low frequency – Baja frecuencia)	LF	5	30–300 kHz	10 km – 1 km
(Medium frequency – Media frecuencia)	MF	6	300–3000 kHz	1 km – 100 m
(High frequency – Alta frecuencia)	HF	7	3–30 MHz	100 m – 10 m
(Very high frequency – Muy alta frecuencia)	VHF	8	30–300 MHz	10 m – 1 m
(Ultra high frequency – Ultra alta frecuencia)	UHF	9	300–3000 MHz	1 m – 100 mm
(Super high frequency – Super alta frecuencia)	SHF	10	3-30 GHz	100 mm – 10 mm
(Extremely high frequency – Extra alta frecuencia)	EHF	11	30-300 GHz	10 mm – 1 mm

Tabla 3.1 Banda de frecuencias

Cada banda de frecuencias posee características propias de propagación así como también tienen diferentes costos de fabricación de los equipos. En las bandas 4, 5, 6 y 7, la señal transmitida tiene más cobertura por la facultad de rebotar en cualquier cuerpo sin perder potencia; no obstante no son inmunes al ruido.

Las bandas 4 y 5 son muy usadas en comunicación interoceánica; y las bandas 6 y 7 en la comunicación internacional. El consumo de potencia en estos equipos son los mayores de toda la gama.

De la banda de 8 a la 12, la comunicación se hace más efectiva si hay contacto visual entre el transmisor y el receptor; pero si la señal rebota en algún cuerpo, ésta se debilita. Son las más utilizadas para transmitir señales en que se precisa la calidad y fidelidad, esto se debe a su inmunidad al ruido. Por sus frecuencias tan altas, se logra un ancho de banda muy amplio, ocupado para la transmisión de diferentes canales.

3.9 Propiedades de una Señal eléctrica de corriente alterna

Consiste en una frecuencia única con una amplitud constante, esto es una onda denominada senoidal.

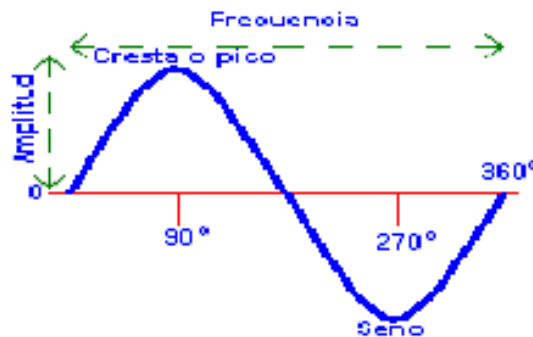


Fig. 3.12 Representación de una Onda Senoidal

Cuando ésta se transmite a través de cables, siempre existe una referencia que es distinta a los puntos de donde se desea transmitir la señal. Esa referencia es denominada tierra. Es decir, para comunicar una señal de un punto A a un punto B existe un punto en común entre A y B. Para poder calcular la diferencia de potencia de entrada A y de salida B.

Para poder transmitir una señal sin cables, es necesario contar con una referencia, esa referencia es llamada generalmente portadora.

Como condición para transmitir nuestra señal es que la señal portadora tenga una frecuencia mucho mayor que la señal a transmitir, las razones de esta condición son las siguientes:

- *Mejor transmisión* - las señales comunes son señales con baja frecuencia, estas señales tienden a ser más susceptibles al ruido, es por eso que utilizamos la modulación para incrementar la frecuencia y permitir una transmisión eficiente.
- *Múltiples señales transmitidas (sin interferencia)* - imaginemos que transmitimos una señal sin modular de nuestras voces, podemos llegar a tener una misma frecuencia, esto causaría una mezcla de la emisión en ambos extremos y por lo tanto no se podría distinguir una de la otra. Pero si transmitimos ambas, estas señales, por ser distintas frecuencias, una señal no interferiría en la otra. Se podría hablar de manera simultánea. Estas frecuencias distintas son consideradas como portadoras diferentes, a cada una de ellas se le considera como un canal.

- *Restricción en el tamaño de la antena* - la longitud de onda es determinante para el diseño de la antena, generalmente su tamaño es una porción de la longitud de onda, la cuarta parte o la mitad.

Si quisiéramos diseñar una antena que trabaja a 60Hz (baja frecuencia) sería poco práctico, ya que la longitud de onda de una señal a 60Hz es de 3017 millas, por tanto, se tendría que construir una antena de 1508 millas en un caso dado, la mitad de la longitud de onda original.

3.10 Técnicas de Modulación

La modulación es la forma en que se modifican las propiedades de la señal portadora para representar la señal que contiene información a transmitir. A esta señal, la cual contiene la información, se le conoce como moduladora debido a que modula o modifica las propiedades de la señal portadora. Generalmente las señales portadoras son una onda senoidal.

La señal modulada puede ser el resultado de distintos tipos de modulación. En principio muchas de las formas de modulación fueron diseñadas para transmitir señales analógicas y ahora con el surgimiento de la computadora se han diseñado nuevas formas, métodos o códigos para transferir señales digitales.

Existen dos técnicas de modulación analógica que son ampliamente utilizados:

- *La amplitud modulada* - no es más que la modificación de la amplitud de la onda portadora.

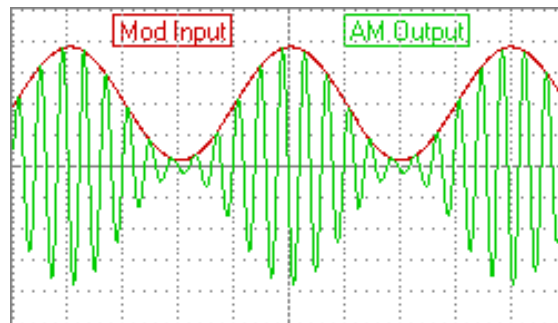


Fig. 3.13 Amplitud Modulada

Esta figura nos permite ver que la señal de información envuelve a la señal portadora.

- *La frecuencia modulada* - es la modulación de la frecuencia en la onda portadora.

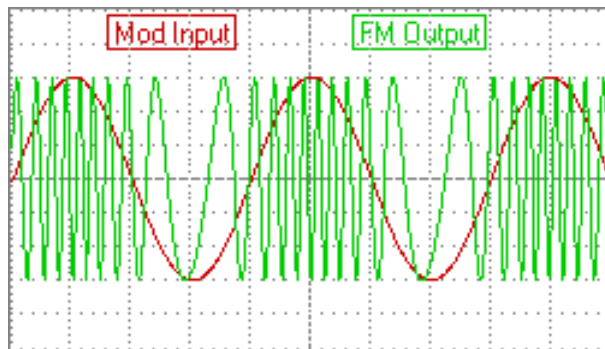


Fig. 3.14 Frecuencia Modulada

Observamos que a medida que la señal moduladora toma un valor mayor en la cresta de la onda de la información a transmitir aumenta su frecuencia, cuando la señal está en un valle la señal de salida emite una menor frecuencia.

La mayoría de las señales que maneja el ser humano son analógicas: voz, audio y video. Pero la computadora maneja señales binarias o digitales, entonces es necesario transformar o codificar esas señales analógicas en binarias o digitales, a este hecho se le conoce como digitalización.

La digitalización es la forma en que una computadora recrea tanto como sea posible una señal analógica. Es una representación aproximada de una señal analógica con una señal que se puede distinguir entre dos valores "1" y "0". Cuando se intenta esta transformación o representación de información se generan errores.

Ese error producido al generar la digitalización de la señal original se le conoce como error de cuantización. Esto impide que se recree fielmente una señal digital como una analógica; siempre existirán pérdidas de información, pero si el esquema de transformación está bien diseñado, esta pérdida no es perceptible por el ser humano, un ejemplo de ello, es la caída de audio en los compact disc.

El hecho de digitalizar la información permite varias ventajas, pero la principal es la de disminuir o ahorrar el ancho de banda gracias a que una señal digital comprimida tiene menor tamaño respecto a una analógica. Y es debido a esta razón que se requiere con más necesidad de esquemas de modulación digital.

Las ventajas que presta la modulación digital son: capacidad, compatibilidad con servicios de información digitales, mayor seguridad de la información, mayor calidad en las comunicaciones y una mayor disponibilidad del sistema.

Esta capacidad que se menciona se debe a las formas de modulación que se tienen actualmente, pueden representar más bits de información en una sola onda o fase de una señal, en general, la tendencia de las modulaciones digitales que se utilizan es tratar de representar mayor información en menos transmisión y tiempo.

Cuando se quiere mejorar los medios de transmisión y reducir el ancho de banda la modulación se vuelve compleja, ya que ésta codificación se realiza combinando varios tipos de modulación, es importante ya que se aplica comúnmente a la intercomunicación de los sistemas de cómputo.

Los esquemas más simples de modulación digital son:

1. *On/Off keying (OOK)* – es la forma más sencilla de modulación de una señal digital, simplemente no transmite la señal cuando el valor a representar sea “0”, y la transmite cuando el valor a representar sea “1”. Es la base del código morse.

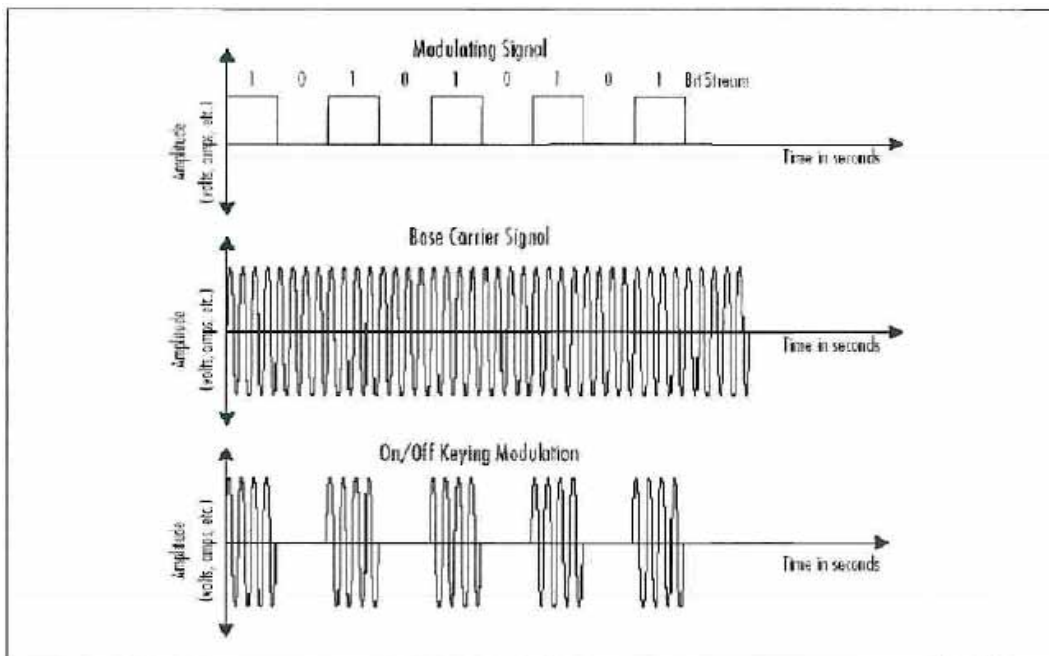


Fig. 3.15 On/OffKeying (OOK)

2. *Frequency Shift Keying (FSK)* – en la que a cada valor de la señal digital se le hace corresponder una frecuencia de la señal analógica. [24]

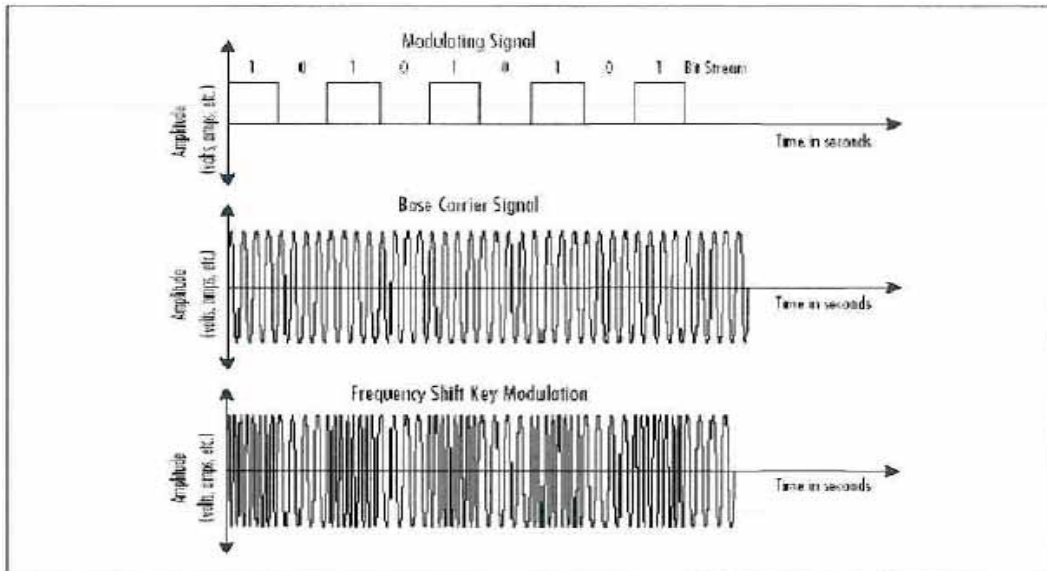


Fig. 3.16 Frequency Shift Keying (FSK)

3. *Pulse Amplitude Modulation (PAM)* – este esquema varía la amplitud de la portadora y la varía de acuerdo a la señal digital a representar.

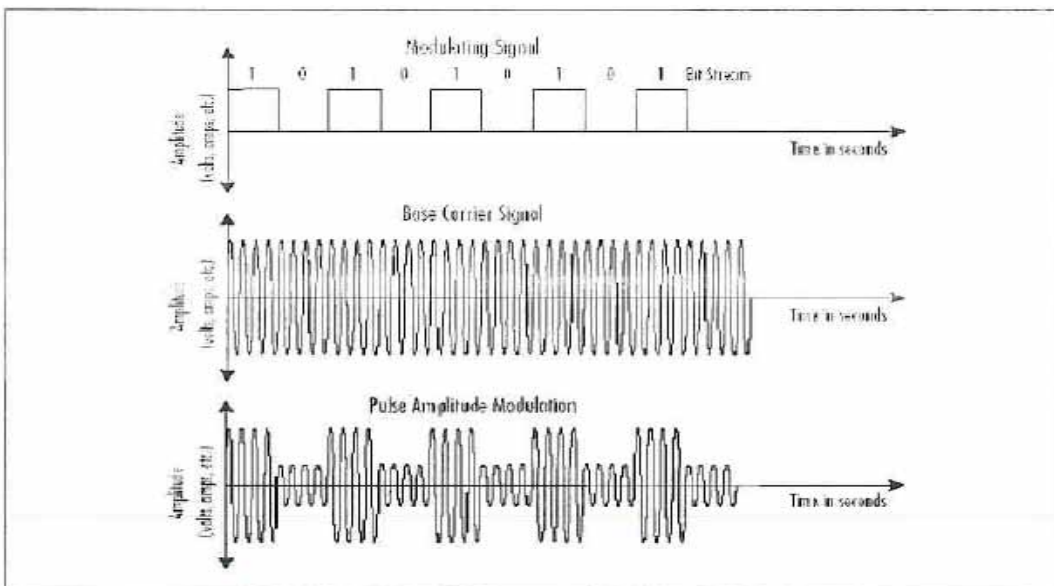


Fig. 3.17 Pulse Amplitude Modulation (PAM)

4. *Phase Shift Keying (PSK)* – en cuyo caso a cada valor o valores de la señal digital de entrada se le hace corresponder con un desfase de la señal analógica de salida, existiendo distintas modalidades: DPSK, QPSK o MPSK. [25]

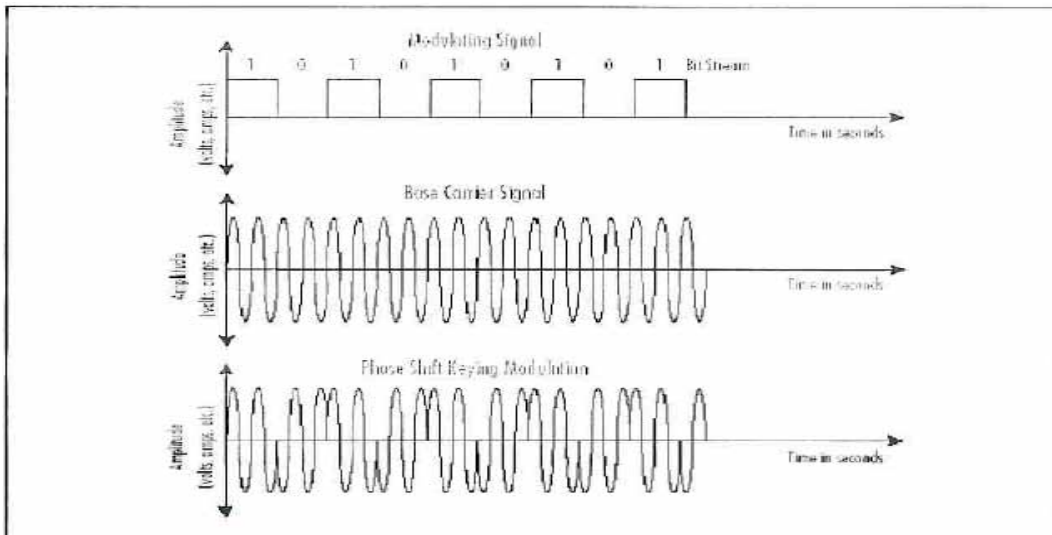


Fig. 3.18 Phase Shift Keying

5. *Binary Phase Shift Keying (BPSK)* – esta modulación hace que ambos estados “1” y “0” sean representados por la forma de onda senoidal de la portadora. Esta utiliza una fase para representar el valor binario “1”, y otra para representar el valor binario “0”. Esto nos da un valor de dos bits de información.

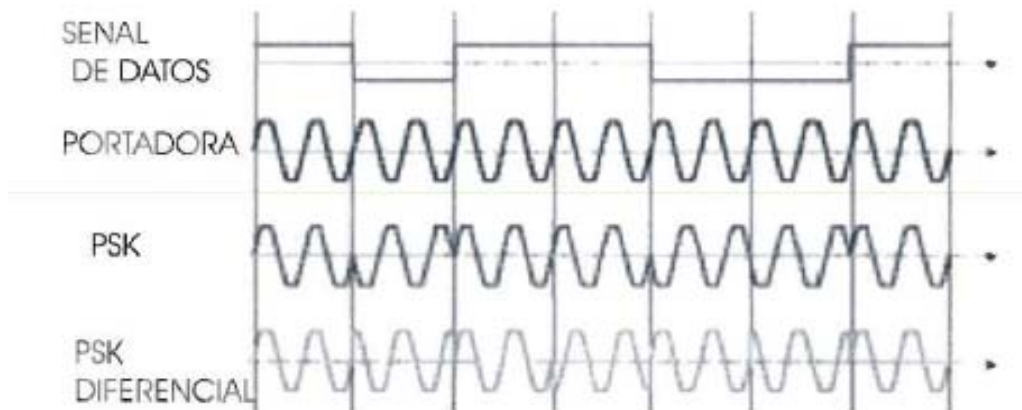


Fig. 3.19 Binary Phase Shift Keying

En la siguiente figura observamos un ciclo de una señal senoidal que nos dará una visión de dónde están colocados los puntos que nos ayudarán a saber cómo se puede desfasar una señal.

6. *Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)* – para representar más bits que en BPSK se utilizan varias fases de la forma de onda analógica como representación de estados o conjuntos de bits. Entonces la referencia con respecto a la señal portadora nos presenta la siguiente codificación.

Desplazamiento en grados	0	90	180	270
Valor en bits	00	01	10	11
Desplazamiento en grados	0	1/4	1/2	3/4

Tabla. 3.2 Codificación para representar conjunto de bits

Los bits de información son agrupados en pares, y cada par de bits son representados por una onda en particular, a esta onda se le conoce como "símbolo", se envía este símbolo modulando a la portadora.

7. *Complementary Code Keving (CCK)* – fue diseñada como una técnica de modulación nueva para sobrepasar las limitaciones de transferencia de 2Mbps en el estándar original para 802.11. Un código binario complementario es un subconjunto de una clase más general de códigos conocidos como Poliphase Codes o Códigos Polifacéticos. Por ejemplo, los códigos utilizados para 802.11 son códigos complementarios polifacéticos o multifacéticos.

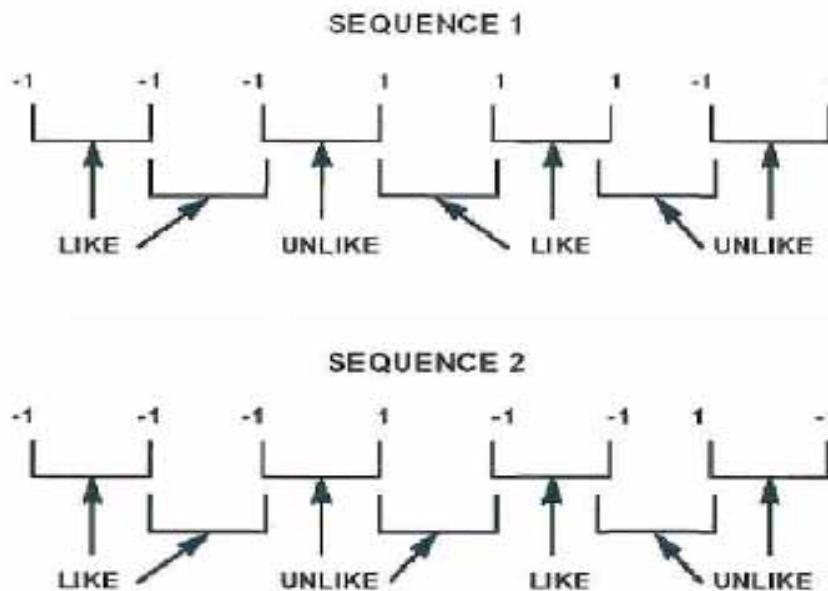


Fig. 3.20 Complementary Code Keving

3.11 Estándares

Debido a que existen muchas empresas que producen dispositivos para redes inalámbricas, la estandarización permite que se mezclen productos de diferentes fabricantes entre sí; así el usuario final tiene mejores ventajas para el desarrollo, implementación y soporte de las WLAN's

Un estándar en el ámbito de las comunicaciones es la base para el desarrollo de un producto que define y clasifica ciertas características, entre ellas:

- Velocidad
- Capacidad en el manejo de datos
- Frecuencia a la que trabajan
- Alcance
- Métodos de codificación
- Señalización

Una vez establecido el estándar, los fabricantes que les interesa desarrollar productos inalámbricos, seleccionan el estándar que quieren manejar para convertirlos en la base de su producto; forma en que garantizan compatibilidad con cualquier producto de cualquier otro fabricante.

Existen compañías y organizaciones internacionales que se encargan de publicar y proponer estándares internacionales oficiales abiertos a la industria de las comunicaciones.

Dos de las organizaciones más importantes para el desarrollo de estándares para WI-FI, son:

- *ETSI (European Telecommunication Standards Institute)*
 - *Estándares Home RF*

El estándar Home RF es desarrollado por ETSI, es una tecnología de comunicación inalámbrica al igual que Bluetooth. Esta tecnología está basada en el protocolo de acceso compartido (SWAP-Shared Wireless Access Protocol).

Su principal objetivo es realizar la comunicación entre PC's y dispositivos domésticos alrededor de los hogares.

Este estándar es promovido por un consorcio con el mismo nombre Home RF Working Group (HRFWG) y tiene como filial a Intel y Compaq.

- *Estándares HyperLAN*

Es un estándar para un rango de comunicaciones cortas y permite una comunicación con un nivel alto en transferencia de datos. La especificación HyperLAN tenía como objetivo ofrecer mayor transferencia de datos que el estándar 802.11 de la IEEE.

Esta especificación para WLAN opera en la banda de los 5 GHz y permite una transferencia de datos de hasta 54 Mbps.

Debido a que HyperLAN es orientado a conexión posee características de calidad de servicio (QoS- Quality of Service). El soporte QoS en combinación de las altas velocidades HyperLAN facilita la transmisión de diferentes tipos de datos como video y voz.

- *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*

La IEEE los ha clasificado en la familia de especificación 802.11, actualmente cuenta más de 13 variaciones; esta especificación clasifica a las redes wireless que funcionan con la tecnología de radio frecuencia en las bandas 2.4 GHz y 5 GHz.

ESTÁNDARES PARA REDES INALÁMBRICAS

Estándar	Descripción
802.11	Estándar WLAN original. Soporta de 1 a 2 Mbps.
802.11a	Estándar WLAN de alta velocidad en la banda de los 5 GHz. Soporta hasta 54 Mbps.
802.11b	Estándar WLAN para la banda de 2.4 GHz. Soporta 11 Mbps.
802.11e	Está dirigido a los requerimientos de calidad de servicio para todas las interfaces IEEE WLAN de radio.
802.11f	Define la comunicación entre puntos de acceso para facilitar redes WLAN de diferentes proveedores.
802.11g	Establece una técnica de modulación adicional para la banda de los 2.4 GHz. Dirigido a proporcionar velocidades de hasta 54 Mbps.
802.11h	Define la administración del espectro de la banda de los 5 GHz para su uso en Europa y en Asia Pacífico.
802.11i	Está dirigido a abatir la vulnerabilidad actual en la seguridad para protocolos de autenticación y de codificación. El estándar abarca los protocolos 802.1X, TKIP (Protocolo de Llaves Integrales -Seguras-Temporales), y AES (Estándar de Encriptación Avanzado).

Tabla 3.3 Estandares IEEE802.11

Uno de los factores más importantes para que una tecnología sea aceptada es la normalización, el hecho de que la tecnología esté perfectamente bien definida para que los distintos fabricantes de equipos, componentes o software puedan hacer su trabajo con la seguridad de ser aceptado por el mercado. El organismo de normalización que más ha avanzado en la definición de las normas de redes de área local es el IEEE. [26]

➤ *Estándares IEEE 802.16 para WPAN*

Este estándar también conocido como Bluetooth fue desarrollado por la IEEE a 1Mbps.

Nos permite comunicaciones entre computadoras portátiles y PDA's, teléfonos celulares, etcétera, teniendo un alcance de hasta 10 metros dentro de un área específica en comparación con las logradas con las WLAN.

Además está enfocada principalmente a eliminar los cables entre PC's y dispositivos como pueden ser impresoras, bocinas, teclados, mouse, etcétera.

➤ *Estándares IEEE 802.16 para WMAN*

Este estándar es también conocido como WI-MAX, está destinado a manejar la tecnología de banda ancha (Broad band systems), que podría ser usado en frecuencias desde los 2GHz hasta los 11 GHz

Existen asociaciones cuya finalidad es la de promover el crecimiento de la industria a través de la educación y la promoción. Entre las más importantes se encuentran:

1. *La WI-FI Alliance*. Esta organización ha sido clave para que entre los equipos de diversos fabricantes exista un interoperabilidad.
2. *La WLANA (Wireless LAN Association)*. Su misión principal es la de fomentar la tecnología en la industria a través de la educación.
3. *WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance)*. Su misión es certificar la operabilidad del estándar conocido como WI-FI; y es una versión de alta velocidad del estándar 802.11b de la IEEE.

De todo lo visto en este capítulo cabe destacar que las redes inalámbricas son algo real y que ya se ha conseguido implementarlas con éxito en diversos sectores. Además proporcionan ciertas características como la movilidad y la flexibilidad, características que con las redes cableadas son complicadas de obtener. Es debido a esto que se convierten en imprescindibles para entornos cambiantes o que requieran gran capacidad de adaptación.

En el desarrollo de las redes el uso de sistemas inalámbricos representa el siguiente escalón en la tecnología de redes, ya que permitirá dotar a las redes convencionales de nuevas posibilidades.

Los avances tecnológicos han permitido el incremento de la capacidad y cobertura de las comunicaciones inalámbricas y esto ha hecho que sea un medio de comunicación muy atractivo desde el punto de vista económico y funcional.

La demanda cada vez mayor de estos servicios inalámbricos de usos emergentes ha creado un nuevo mercado para agregar la banda ancha a los servicios que ofrecen, en el cual estas tecnologías inalámbricas resuelven las expectativas más exigentes del usuario final.

Las tecnologías inalámbricas de nueva generación tendrán un crecimiento importante en los próximos años debido al impacto de los operadores que dirigirán sus esfuerzos al éxito de estas tecnologías.

CAPÍTULO 4

WI-MAX

Si bien a finales del siglo pasado las necesidades de comunicación estaban satisfactoriamente resueltas con el empleo del telégrafo, y después con el servicio telefónico que hoy en día continúa, se debe fundamentalmente a la facilidad que su uso representaba para el usuario.

Dado que se fue convirtiendo en una necesidad tener una comunicación más efectiva, en consecuencia, se desarrolló la extensión de la red y actualmente se lleva a cabo la utilización de las redes inalámbricas para soporte de servicios distintos.

La amplia cobertura de la red inalámbrica y la adaptación a la estandarización o normalización²⁶ internacional, que permiten la interconexión entre redes convencionales y redes inalámbricas de diferentes países, contribuyen a que sea el principal medio de transmisión y soporte de los diferentes servicios.

Definitivamente, la industria inalámbrica está en su mejor momento. Su objetivo será acelerar la introducción de servicios de acceso inalámbrico de banda ancha, de manera eficiente y a bajo costo. La disponibilidad de la tecnología aprobada, la creación de estándares y grupos de trabajo, así como la necesidad de proporcionar múltiples servicios a zonas no abastecidas, harán que esta tecnología sea no sólo un mecanismo de competencia, sino una herramienta que puede implantarse en cualquier parte del mundo.

Se considera que la gran oportunidad para *WI-MAX*²⁷ (*Worldwide Interoperability for Microwave Access* - Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) serán los países en desarrollo, donde la necesidad de servicios de voz y datos se ve entorpecida por una pobre infraestructura de cable.

En este sentido *WI-MAX* podrá ofrecer un interesante complemento para tecnologías como *WI-FI*²⁸ (*Wireless Fidelity* – Fidelidad Inalámbrica), que es de cobertura limitada, y por otro lado *WI-MAX* también ofrecerá un mejor desempeño en transmisión de datos que las redes celulares.

²⁶ Estandarización o normalización es la redacción y aprobación de normas que se establecen para garantizar el acoplamiento de elementos construidos independientemente, así como garantizar la calidad de los elementos fabricados y la seguridad de funcionamiento. <http://es.wikipedia.org/wiki/Estandarizacion>

²⁷ *WI-MAX* es un estándar que la *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers - Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica)* estableció con la norma 802.16 a redes inalámbricas de banda ancha y cobertura amplia. *WI-MAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Wimax>

²⁸ *WI-FI* nos referimos a una de las tecnologías de comunicación inalámbrica más utilizada hoy en día. *WI-FI* es una abreviatura de *Wireless Fidelity*, también llamada *WLAN (Wireless LAN, red inalámbrica)* o estándar *IEEE 802.11*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Wifi>

4.1 Evolución de las redes inalámbricas y beneficios

En los últimos años los nuevos logros de la tecnología han permitido contar con redes de telecomunicaciones inalámbricas de altas prestaciones. Es inevitable que el desarrollo de la tecnología vaya a pasos agigantados ya que el ritmo de vida tan agitado que llevamos actualmente lo exige de esa manera.

La aparición de una solución tecnológica que haga posible una auténtica convergencia de servicios de comunicación: voz, datos, video y movilidad, ya es un hecho, se llama WI-MAX.

Con esta tecnología, que ya comienza a ser introducida en México por algunas compañías enfocadas en el área de la comunicación, los usuarios tendrán muchas funcionalidades como, tener acceso a Internet de banda ancha con una computadora portátil mientras se trasladan a su oficina; también podrán ver televisión en tiempo real y *bajar*²⁹ música desde su aparato telefónico, entre muchos beneficios más.

WI-MAX operará de manera parecida a WI-FI mediante la transmisión inalámbrica de datos. Las dos principales diferencias con respecto a esta última, son: mayor distancia de cobertura y mayor ancho de banda. WI-FI fue diseñada para ambientes inalámbricos internos como una alternativa al cableado estructurado de redes y con su capacidad NLOS (Non Line Of Sight – Sin Línea de Vista) de muy pocos metros. WI-MAX por el contrario, fue diseñado como una solución de última milla en MAN (Metropolitan Area Network – Redes de Área Metropolitanas) para prestar servicios a nivel comercial.

Sin lugar a dudas la tendencia en las transmisiones de comunicación de audio, video y datos es omitir cables de cobre, fibra óptica y otros conductores. De ahí que el Instituto *IEEE*³⁰ definió las normas de operación de las redes de área local inalámbricas y las publicó bajo la norma 802.11 WI-FI con un radio de acción de 100 metros sin obstáculos físicos.

Posteriormente el mismo IEEE estableció las normas 802.15 para el funcionamiento de las redes de área personal (PAN), donde el mejor ejemplo comercial lo constituyen los dispositivos Bluetooth, que se pueden comunicar entre sí siempre y cuando no estén más allá de diez metros de distancia.

Actualmente la norma 802.16 es el nombre que el IEEE asigna a redes con radios de acción hasta de 50 kilómetros de distancia como WI-MAX.

²⁹ Bajar: Poner algo en lugar inferior a aquel en que estaba. *Ibidem*. En el campo de la tecnología y los ordenadores se entiende por *bajar* la acción de descargar u obtener una pieza musical, un video, etcétera.

³⁰ IEEE corresponde a las siglas de *The Institute of Electrical and Electronics Engineers*, el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

WI-MAX es un estándar de acceso a radio de última generación orientada a última milla que permite la transmisión inalámbrica de datos (802.16 MAN) la misma que proporciona accesos concurrentes en áreas de hasta 48 Km. de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps (Mega bites por segundo), utilizando tecnología que no requiere visión directa con las estaciones base. WI-MAX es un concepto parecido a WI-FI pero con mayor cobertura y ancho de banda. [27]

Gracias a su amplia cobertura permitirá a los clientes mantenerse *en línea*³¹ mientras se trasladan dentro de la ciudad; realizar y recibir llamadas en su teléfono local en su oficina, en un restaurante, parque o cualquier lugar que tenga cobertura WI-MAX.

Entre algunas de las muchas aplicaciones que ofrecerá esta nueva generación de tecnología de acceso destacan la educación y los tratamientos médicos a distancia, y la conectividad remota móvil para enviar correos, hablar, bajar presentaciones, fotos e información de eventos lo cual puede ser útil para ejecutivos, agentes de seguros, policías, reporteros, entre otros.

La tecnología WI-MAX funciona de una manera muy similar a la de la telefonía celular. El principal componente es una antena colocada en una torre con una cobertura de hasta 7 mil 500 kilómetros. Otro de sus elementos es el receptor, como una tarjeta PCMCIA³² (*Personal Computer Memory Card International Association* - Asociación de la industria de fabricantes de hardware para computadoras portátiles) en una computadora portátil.



Fig. 4.1 Antena principal en WI-MAX



Fig. 4.2 Tarjeta receptora PCMCIA para computadora portátil

³¹ En general, se dice que algo está en línea, on-line u online si está conectado a una red o sistema mayor. La mayor red en cuestión es normalmente Internet, por lo que “en línea” describe información que es accesible a través de Internet. www.wikipedia.org. Septiembre 2007.

³² PCMCIA es la abreviatura de *Personal Computer Memory Card International Association*, asociación de la industria de fabricantes de hardware para computadoras portátiles, encargada de la elaboración de estándares. <http://es.wikipedia.org/wiki/PCMCIA>

El impacto de esta nueva tecnología inalámbrica puede ser extraordinario ya que contiene una serie de elementos que van a favorecer su expansión: relativo bajo costo de implementación; gran alcance, grandes velocidades de transmisión; disponible con criterios tanto para voz como para video; y tecnología IP (Internet Protocol – Protocolo de Internet) extremo a extremo. Además, dependiendo del ancho de banda del canal utilizado, una estación base puede soportar miles de usuarios, superando a las redes WLAN.

Los principales beneficios, serán:

- *Mayor productividad a grandes distancias, hasta 50 Kilómetros*
 - Mejor tasa de bits/segundo/HZ en distancias largas.
 - Mayor velocidad de conexión.
 - Mejor calidad de transmisión de voz y datos.

- *Sistema escalable*
 - Fácil adición de canales: maximiza las capacidades de las células.
 - Anchos de banda flexibles que permiten usar espectros licenciados y exentos de licencia.
 - Capacidad para satisfacer diferentes demandas, como telefonía básica fija, juegos, voz, videos, televisión o Internet.

- *Cobertura*
 - Soporte de mallas basadas en estándares.
 - Servicios de nivel diferenciados: para negocios, mejor esfuerzo para uso doméstico.
 - Movilidad; es decir, acceso a los servicios de comunicación desde cualquier lugar donde exista cobertura.

- *Costo y riesgo de investigación*
 - Los equipos WI-MAX - CertifiedFF (certificación de compatibilidad) permiten a los operadores comprar dispositivos de más de un vendedor.
 - Costos accesibles y competitivos gracias a su facilidad de instalación.
 - Capacidad para asegurar calidad de servicio.
 - Seguridad en la transmisión de voz y datos, ya que cuenta con llaves en la red que impiden infiltraciones.

4.2 Características principales de WI-MAX

El nuevo estándar WI-MAX será compatible con otros estándares anteriores como el WI-FI y será la base de las redes de área metropolitana (MAN) de acceso a Internet, servirá de apoyo para facilitar las conexiones en zonas rurales, y se utilizará en un mundo empresarial para implementar las comunicaciones internas,

WI-MAX además de funcionar a velocidades más altas, mayores distancias, para un mayor número de usuarios y a un costo más bajo, podrá solventar la carencia de acceso de banda ancha a las áreas suburbanas y rurales, espacios en los que las compañías telefónicas y de cable aún no ofrecen sus servicios.

Algunas de las características que presentará WI-MAX son las siguientes:

- Soporta varios cientos de usuarios por canal, con un gran ancho de banda y es adecuada tanto para tráfico continuo como a ráfagas.
- También se contempla la posibilidad de formar red de malla (Mesh Networks) para que los distintos usuarios se puedan comunicar entre sí, sin necesidad de tener visión directa entre ellos.

	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Funcionamiento	Solo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
Tasa de bit	32 - 134 Mbit/s con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbit/s con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbit/s con canales de 5 MHz
Movilidad	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
Anchos de banda	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1,25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia

Tabla 4.1 Características del estándar IEEE 802.16 (versiones)

Esta tabla muestra las características del estándar 802.16 (WI-MAX) y sus versiones. [28]

4.3 Tipos de servicios de WI-MAX

WI-MAX está pensado principalmente como tecnología de *ultima milla*³³ esto es, al tramo que va de la central del operador de telecomunicación a cualquier usuario y se puede usar para enlaces de acceso MAN o incluso WAN. WI-MAX destaca por su capacidad como tecnología portadora, que la hace adecuada para entornos de grandes redes corporativas de voz y datos, así como para operadores de telecomunicaciones.

Se podrá encontrar dos tipos de ofrecer señal o servicios:

- *Cuando hay objetos que se interpongan entre la antena y el receptor*

En este caso se opera con bajas frecuencias (entre los 2 y los 11 Ghz) para así no sufrir interferencias por la presencia de objetos. Naturalmente esto hace que el ancho de banda disponible sea menor. Las antenas que ofrezcan este servicio tendrán una cobertura de 65 kilómetros cuadrados, más o menos como las de los teléfonos móviles.

- *Cuando no hay nada que se interponga y haya contacto visual directo*

En este caso se opera a muy altas frecuencias, del orden de 66 Ghz, disponiendo de un gran ancho de banda. Además, las antenas que ofrezcan este servicio tendrán una cobertura de hasta 9 mil 300 kilómetros cuadrados.

Los usuarios normales, van a ser usuarios del primer tipo de servicio, el que opera a bajas frecuencias. En dicho servicio, a pesar de ser de baja frecuencia, se va a notar mucha diferencia en comparación con el WI-FI, en dos aspectos fundamentales: la velocidad subirá ahora hasta los 70 Mbps y la señal, como habíamos mencionado, llegará a ser válida hasta en 50 kilómetros, siempre y cuando existan condiciones atmosféricas favorables.

³³ Uno de los usos posibles de WI-MAX consiste en brindar cobertura en la llamada área de "última milla" (o "último kilómetro"), es decir, proveer acceso a Internet de alta velocidad en áreas que las tecnologías por cable normales no cubren (como ser DSL, cable o líneas T1 dedicadas). <http://es.kioskea.net/wimax/wimax-intro.php3>

4.4 Disponibilidad del espectro WI-MAX

El espectro disponible se divide en dos categorías distintivas: sin licencia y con licencia.

- *Espectro que no requiere licencia:* Se pueden enfrentar a cuatro desventajas principales:

- Disponibilidad - mientras el espectro de 2.4GHz está disponible universalmente, en la actualidad el espectro 5.8GHz no se encuentra disponible en varios países.
- 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 WI-MAX o los puntos de acceso de WI-FI. Los teléfonos inalámbricos y Bluetooth (sólo 2.4GHz) también usan este espectro.

Tanto WI-MAX 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 costos 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 WI-MAX, que podría ser equivalente al costo de desplegar una red celular. Los costos de despliegue de WI-MAX 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 5.8GHz, 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).

- *Espectro que requiere licencia:*

El espectro que requiere licencia tiene un precio potencialmente alto, pero bien lo vale, en especial cuando la oferta del servicio ofrece una alta calidad en el servicio. La mayor ventaja de tener el espectro que requiere licencia es que se tiene uso exclusivo del espectro.

Está protegido de la interferencia externa, mientras que sus competidores sólo pueden ingresar en el mercado si también poseen o tienen un *leasing*³⁴ del espectro. [29]

El espectro que requiere licencia se encuentra en 700MHz, 2.3GHz, 2.5GHz y 3.5GHz; de éstas, las últimas dos bandas de frecuencia son las que en la actualidad reciben mayor atención.

4.5 Aplicaciones para redes WI-MAX y complementación a WI-FI.

La tecnología WI-MAX involucra en principio un ambiente fijo para luego expandirse a ambientes móviles, siendo en el futuro un complemento a las actuales redes celulares para acceder a la banda ancha, a los Hot Spot (zona de cobertura) WI-FI y a las redes personales Bluetooth.

Eso significa poder tener acceso de banda ancha inalámbrico en cualquier punto de la ciudad a través de computadoras portátiles o teléfonos móviles inteligentes.

Las primeras versiones de WI-MAX están pensadas para comunicaciones punto a punto o multipunto, típicas de los radioenlaces por microondas. Las próximas ofrecerán movilidad total, por lo que competirán con las redes celulares.

Los primeros productos que están empezando a aparecer en el mercado se enfocan a proporcionar un enlace de alta velocidad para conexión a las redes fijas públicas o para establecer enlaces punto a punto.

De momento no se habla de WI-MAX para el acceso residencial, pero en un futuro podría ser una realidad, sustituyendo con enorme ventaja a las conexiones de cable, y haciendo que la verdadera revolución de la banda ancha llegue a todos los hogares.

³⁴ El arrendamiento financiero o contrato de leasing (de alquiler con derecho de compra) es un contrato mediante el cual, el arrendador traspa el derecho a usar un bien a cambio del pago de rentas de arrendamiento durante un plazo determinado al término del cual el arrendatario tiene la opción de comprar el bien arrendado pagando un precio determinado, devolverlo ó renovar el contrato. *Ibidem*.

Otra de sus aplicaciones es ofrecer servicios a zonas rurales de difícil acceso, a las que no llegan las redes cableadas. Es una tecnología muy adecuada para establecer radioenlaces, dado su gran alcance y alta capacidad, a un costo muy competitivo frente a otras alternativas.

En los países en desarrollo resulta una buena alternativa para el despliegue rápido de servicios, compitiendo directamente con las infraestructuras basadas en redes de satélites, que son muy costosas.

La instalación de estaciones base WI-MAX es sencilla y económica, utilizando un hardware que llegará a ser estándar, por lo que puede ser visto como una amenaza por los operadores móviles, pero también, es una manera fácil de extender sus redes y entrar en un nuevo negocio en el que ahora no están, lo que se presenta como una oportunidad.

La tecnología WI-MAX convierte las señales que viajan por cable en señales que se transmiten por el aire mediante una red de estaciones base. La estación base se comunica con los terminales de los clientes, paneles situados en el exterior de las viviendas. La instalación del panel en el edificio del cliente es muy sencilla y se asemeja a la instalación de una antena parabólica.

El medio de transporte aéreo de la información y la amplia cobertura que ofrece cada estación base (hasta 50 Km.) aumentan la garantía de disponibilidad del servicio y reducen, considerablemente, el tiempo de instalación y de despliegue de nuevas redes de telecomunicación.

Aunque en una primera fase de desarrollo de la tecnología WI-MAX los usuarios, empresas y particulares deberán contar con una antena externa para recibir la señal, posteriormente esta antena estará en el interior de los edificios y, en una tercera fase, serán los propios equipos de usuario (portátiles, PDA, etc.) los que se conectarán directamente con la red WI-MAX, posibilitando el desarrollo de aplicaciones móviles.

En la actualidad, varios operadores europeos y americanos están probando esta tecnología, utilizando para ello receptores fijos que permitan accesos desde dispositivos móviles, portátiles, teléfonos, PDAs, etc.

Mientras WI-FI es una red inalámbrica de área local (WLAN), WI-MAX se considera un WI-FI elevado a la décima potencia dicho literalmente, una red sin cables de área metropolitana (WMAN) que permite una verdadera movilidad inalámbrica dentro de una amplia extensión.

Lo anterior no quiere decir que WI-MAX compite con WI-FI, de hecho, permitirá conectar los Access Point de WI-FI entre sí. De la misma forma, puede desarrollarse en paralelo a los accesos por banda ancha ofrecidos por las redes de cable. Sin embargo, si se convierte en un estándar de uso generalizado y se despliega de forma masiva, podría reemplazar a otros tipos de conexión, e incluso amenazar a la telefonía móvil de tercera generación.

4.6 Familia de Estándares WI-MAX

Al igual que ha sucedido con el estándar WI-FI (802.11b), WI-MAX, cuya versión del estándar 802.16 fue aprobada durante 2004 por el WI-MAX Forum, una asociación que agrupa a más de 200 compañías del sector de la informática y las comunicaciones de todo el mundo, promete revolucionar el sector de las telecomunicaciones. [30]

El proyecto general de WI-MAX actualmente incluye al 802.16-2004 de acceso fijo y al 802.16e de acceso móvil. El 802.16-2004 provee conectividad inalámbrica de banda ancha a las áreas más allá del alcance de la banda ancha tradicional (cable).

- *IEEE 802.16-2004 WI-MAX acceso fijo*

Esta generación de productos serán unidades exteriores que funcionarán en aplicaciones con o sin línea de vista entre equipos, ofreciendo limitados anchos de banda y sin movilidad. Se necesitará instalar el equipo en cada hogar para poder usar WI-MAX. En este primer momento se contará con las mismas prestaciones de un acceso básico a Internet.



Fig. 4.3 IEEE 802.16-2004 WI-MAX acceso fijo

Este estándar 802.16-2004 es una solución inalámbrica para acceso a Internet de banda ancha. Así WI-MAX acceso fijo funciona desde 2.5-GHz autorizado, 3.5-GHz y 5.8-GHz exento de licencia. Esta tecnología provee una alternativa inalámbrica al módem cable. Y esta basado en OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing* - Multiplexación por División de Frecuencia de Vector Ortogonal), para servir a múltiples usuarios en una forma de división temporal en una especie de técnica circular, pero llevada a cabo extremadamente rápido de modo que los usuarios tienen la sensación de que siempre están transmitiendo o recibiendo.

- *IEEE 802.16e WI-MAX acceso Móvil*

Está diseñado para ofrecer una característica clave: portabilidad y, con el tiempo, movilidad a toda escala. Esta segunda generación será para interiores, con módems auto instalables similares a los módems de cable o DSL. En ese momento, las redes WI-MAX ofrecerán movilidad para que los clientes lleven su computadora portátil o MODEM WI-MAX a cualquier parte con cobertura.

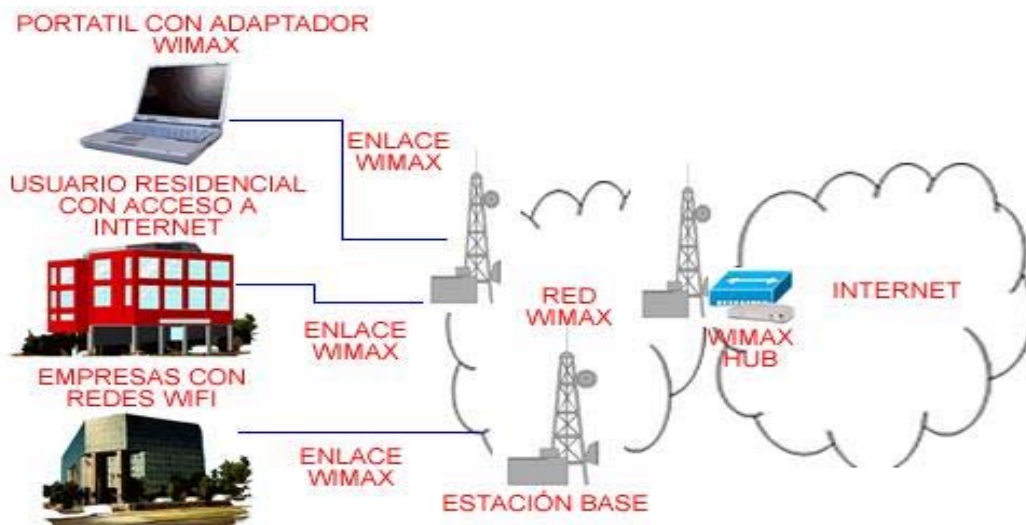


Fig. 4.4 IEEE 802.16-2004 WI-MAX acceso movil

- **WI-BRO (Wireless Broadband – Banda Ancha Inalámbrica)**

Otra tecnología que vale la pena mencionar es WI-BRO. Podríamos decir que es el equivalente asiático a la tecnología WI-MAX. Esta es una iniciativa de Corea del Sur y una oportunidad para que el país establezca una tecnología inalámbrica local.

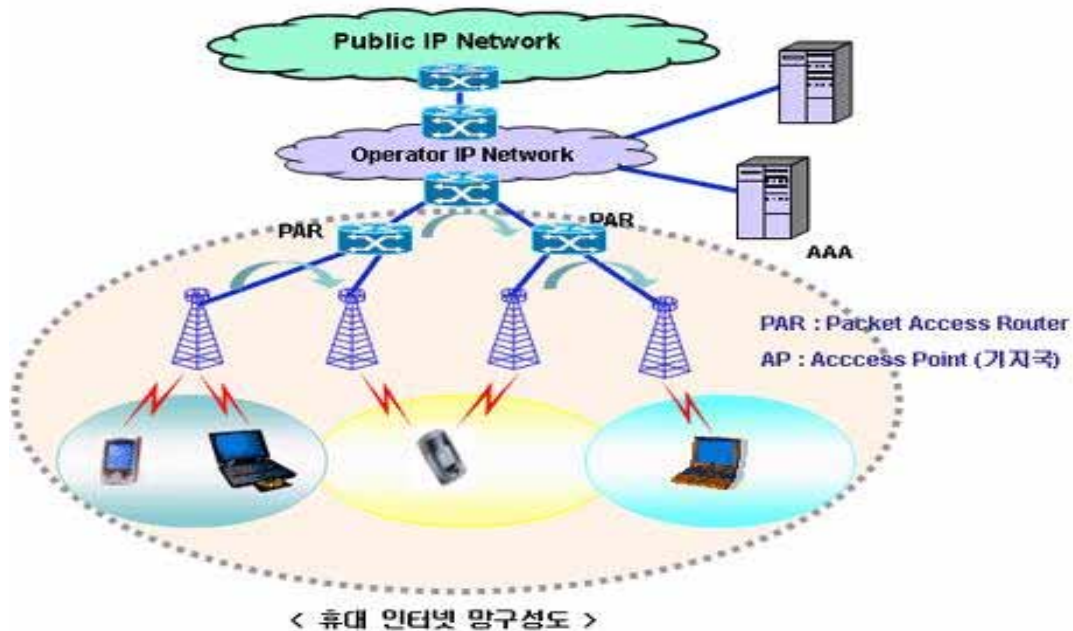


Fig. 4.5 WI-BRO (Wireless Broadband – Banda Ancha Inalámbrica)

La tecnología WI-BRO, al igual que WI-MAX, pero con objetivos distintos: aquí no importa la velocidad y la cobertura tanto como la fiabilidad de la señal aunque estemos en movimiento. De hecho WI-BRO permitirá velocidades de hasta 1 Megabits/s aunque nos estemos moviendo a 60 kilómetros por hora. [31]

Veremos a continuación los aspectos que conforman los modelos de referencia de estándares 802.16

4.7 Modelo de referencia de protocolos de IEEE802.16

El modelo de referencia de la pila de protocolos son el corazón del estandar 802.16 y una vez que se encuentran bien definidos, permiten la interoperabilidad entre equipos de telecomunicaciones de múltiples fabricantes.

Los aspectos que se deben tomar en cuenta para este propósito son: modelo del sistema y topología, tipo de servicios, protocolos, sistemas de señalización, escalabilidad, prestaciones, capacidad (ancho de banda, tasa de transmisión, esquema de modulación, etc.), clase, calidad del servicio o gestión (seguridad, privacidad, tarificación, etc.)

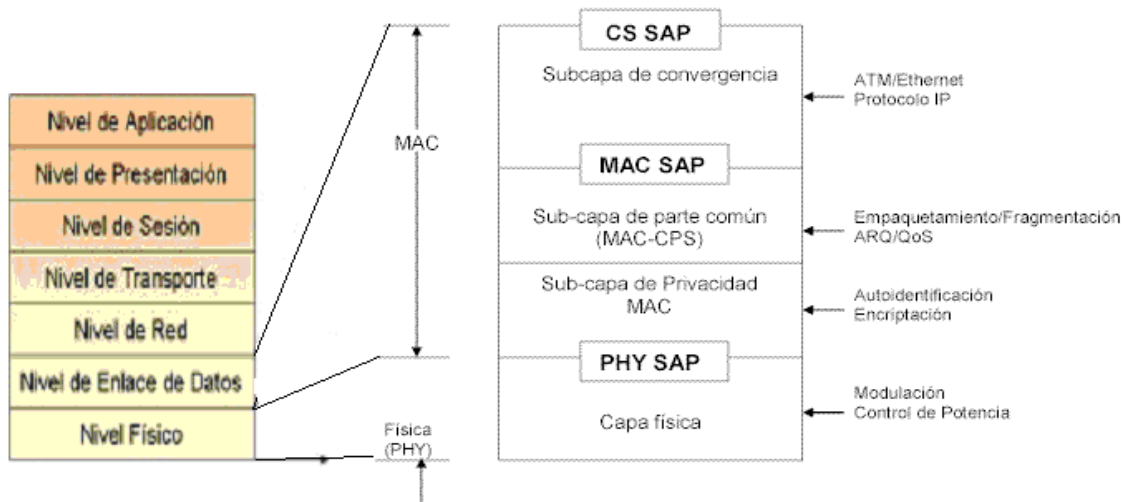


Fig. 4.6. Modelo de referencia de protocolos de IEEE 802.16.

1. *El Nivel de Enlace de Datos* - como se muestra en la figura, es la capa MAC que se subdivide en tres subcapas que son:

- Subcapa de Convergencia (CS) que permite la transformación de los datos que provienen de redes externas por medio del punto de acceso al servicio CS, denominado CS SAP, a unidades de servicio de datos tipo MAC (MAC-SDU'S)

Las unidades de datos de servicios (SDU) son recibidas por la subcapa de parte común (CPS) a través del punto de acceso al servicio MAC SAP.

- La subcapa de parte común MAC (CPS) concentran las funcionalidades de acceso al sistema, administración del ancho de banda, establecimiento de las conexiones y mantenimiento de la conexión.
- La capa MAC adicionalmente contiene una capa de seguridad separada que permite proveer autenticación, intercambio de llaves y cifrado.
- La capa MAC intercambia información que debe ser enviada al medio físico por medio del punto de acceso físico (PHY SAP), el cual depende de la implementación en particular.

2. *El Nivel Físico* - fue concebido para optimizar la operación de sistemas inalámbricos de banda ancha, que utilizan el ámbito de frecuencias de 2 a 11 GHz y que operan bajo la condición de sin línea vista (NLOS). El estándar IEEE 802.16 contempla tres posibilidades para la capa física que son:

- Wireless MAN-SCa: esta especificación considera una interfaz de aire apoyada en una única portadora modulada.
- Wireless MAN-OFDM: Esta especificación utiliza un esquema de multiplexación por división de frecuencia Ortogonal (OFDM) que comprende 256 portadoras.
- Wireless MAN-OFDMA: utiliza el esquema OFDM de 2048 portadoras, el acceso de los múltiples usuarios se hace efectiva asignando un subconjunto de portadoras a cada receptor individual, de manera que este estándar es referido como acceso múltiple OFD (OFDMA).

La capa Física define las tramas, las condiciones de modulación y formas de duplexación. En PMP (Punto Multipunto) las tramas se dividen en 2 secciones: el Downlink (Enlace de bajada) este se utiliza para la recepción de datos. Y Sección Uplink (Enlace de Subida) este es utilizado para enviar ordenes. La trama se divide en fragmentos para cada usuario dependiendo de las necesidades de trafico del usuario.

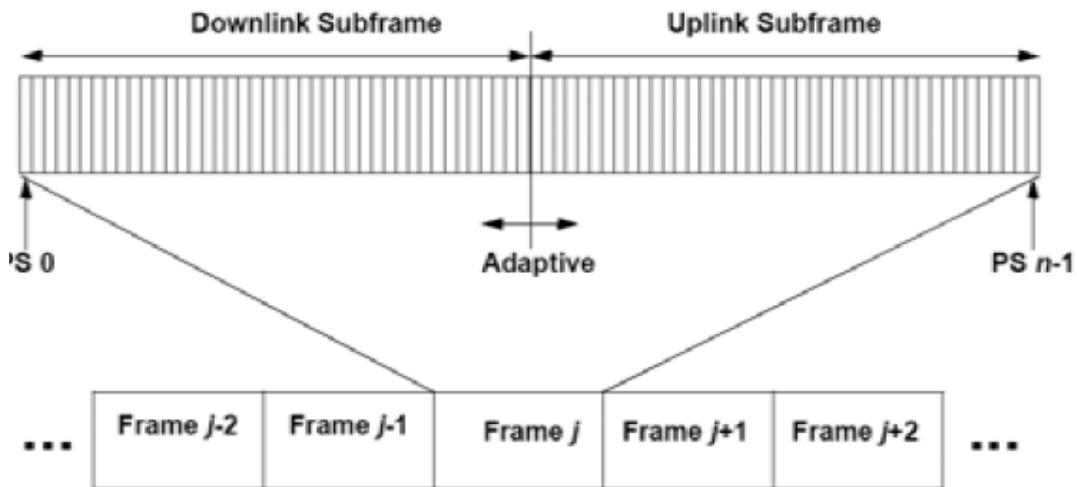


Fig. 4.7. Trama dividida en sección Downlink y Uplink

4.8 La estructura de la trama de 802.16

Todo lo que circula por una red lo hace a través de una **Trama**; ésta vendría a ser el medio de transporte de todos los protocolos que se definen en las capas superiores. Las tramas son el formato en que los datos son encapsulados para poder ser transmitidos al medio físico.

Dirección Destino	Dirección Origen	Protocolo	Datos	Encabezado
-------------------	------------------	-----------	-------	------------

Tabla 4.2. Estructura de la trama 802.16

Esquemáticamente una trama es:

- Dirección Destino (bytes): Corresponde a la dirección (dirección física) de la tarjeta destino.
- Dirección Origen (bytes): Corresponde a la dirección (dirección física) de la tarjeta origen.
- Protocolo (bytes): Es el indicador del protocolo transportado en la trama (0x800 indica que los datos corresponden a un datagrama IP).
- Datos (46-1500 bytes): Son los datos transportados (protocolo Internet)
- CRC – Comprobación de Redundancia Cíclica (bytes): Solo es para la etiqueta de encabezado.

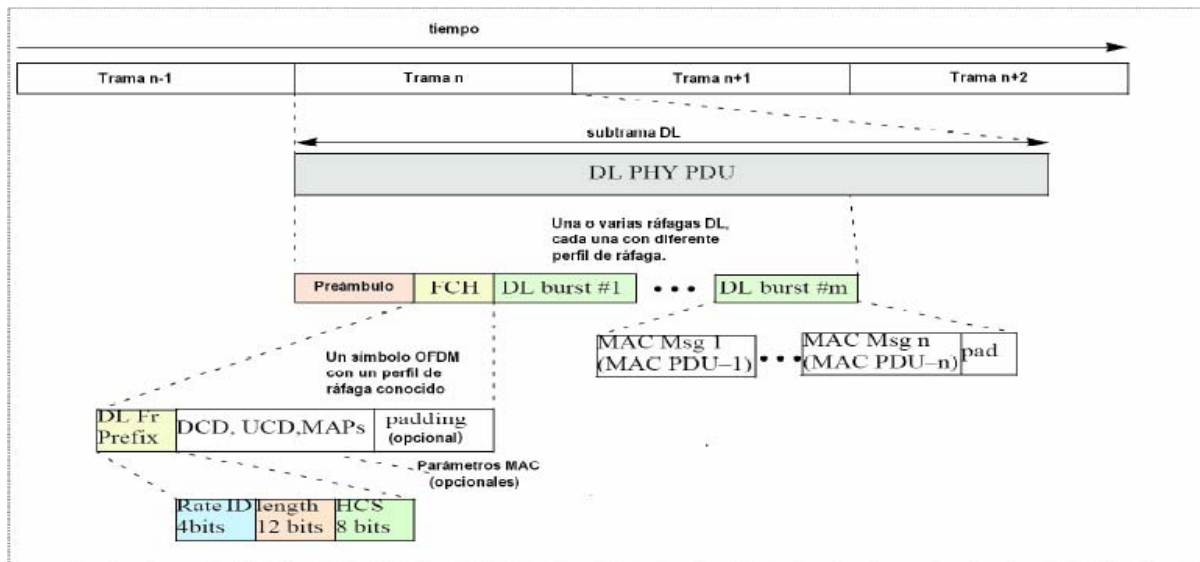


Fig. 4.8. Trama de nivel físico

La estructura de trama que se ha implementado es la denominada trama de nivel físico para el enlace descendente (*DL-PHY PDU*), que se muestra en la figura 2. Se compone de un preámbulo (para facilitar el sincronismo), una cabecera denominada **FCH** (*Frame Control Header*), y varias ráfagas de datos codificados, que provienen de la capa MAC y han pasado por cada una de las etapas de procesado que se especifican en la norma.

El estándar 802.16 define las diferentes tramas, campos y procesos necesarios para el establecimiento y operación de las redes, así como las condiciones de las tramas y subtramas para la comunicación.

Se considera un conjunto de tramas donde los usuarios pueden transmitir, previa asignación de rangos de tiempo. Las tramas se dividen en subtramas de control y de datos. Las primeras permiten controlar la operación y realizar procesos de solicitud y asignación de capacidad. Las subtramas de datos son divididas en unidades de tamaño fijo, llamadas minislots, las cuales son la unidad de asignación de la capacidad a los usuarios. Un usuario puede recibir entre 1 y 256 unidades anteriores, especificando el minislot de origen y la cantidad de minislots asignados. En la Figura 2 se muestran algunos aspectos de estas tramas.

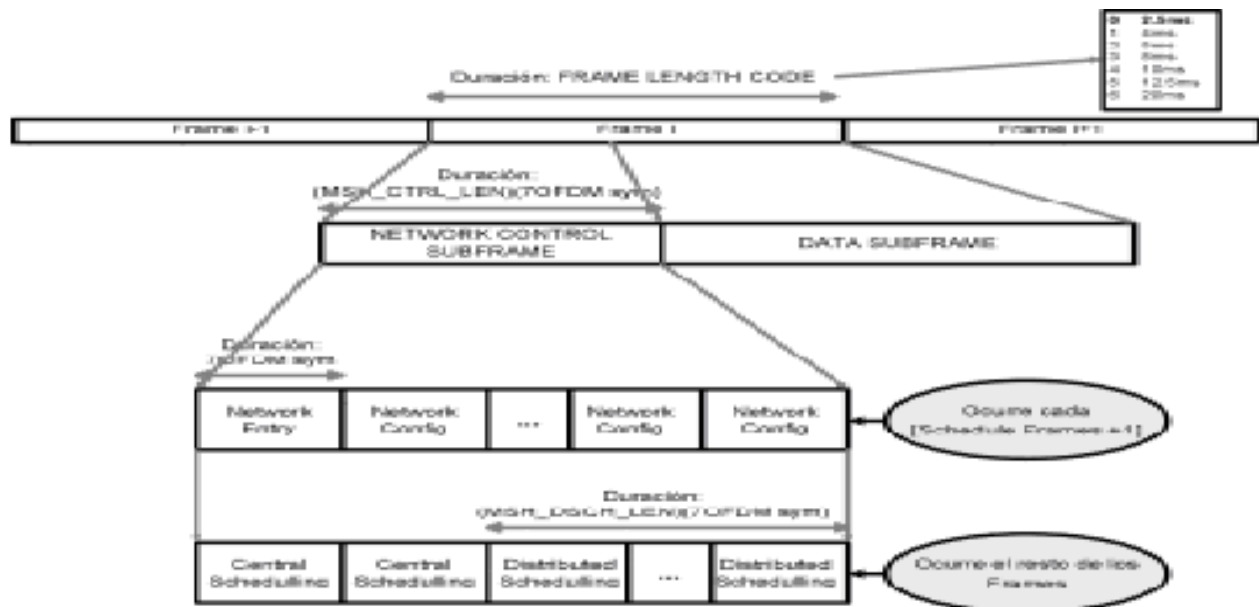



Fig. 4.9. Tramas del modelo enmallado

4.7 WI-MAX en un mundo WI-FI

Con frecuencia, se compara WI-MAX con WI-FI, con la consecuencia de que WI-MAX seguirá el camino de WI-FI y se convertirá en un tremendo éxito. WI-FI tardó años en lograr su reciente popularidad, aunque la misma banda de frecuencia estaba disponible en casi todos los países (2.4GHz). [32]

Comparación WiFi-WiMAX

Relaciones entre IEEE 802.16 y IEEE 802.11			
Criterio	802.11	802.16	Diferencias técnicas
Rango	Optimizado para varios cientos de metros (añadir más APs para más cobertura)	Optimizado para más de 50 Km. Tamaño típico de celda de 7 a 10 Km	El nivel físico de 802.16 tolera mayor multitrayecto y dispersión de retardo (reflexiones) gracias a los 256 FFT (frente a los 64 FFT del 802.11)
Cobertura	Optimizado para interiores, corto rango.	Optimizado para exteriores con NLOS: el estándar da soporte a técnicas avanzadas de antenas	Los sistemas 802.16 tienen un sistema de ganancia mayor en general, consiguiendo mayor penetración a través de obstáculos y distancias mayores
Escalabilidad	Pensado para aplicaciones LAN, de uno a decenas de usuarios con una suscripción por terminal.	Diseñado para soporte eficiente de uno a cientos de terminales, con ilimitadas suscripciones por cada terminal	El protocolo MAC usado en 802.11 hace uso de CSMA/CA mientras que 802.16 emplea TDMA dinámico. 802.11 sólo puede usarse en frecuencias sin licencia y con un limitado número de canales. 802.16 puede usarse en todas las frecuencias disponibles, soportando múltiples canales celulares.
Tasa bruta	Pico de 2,7 bit/s/Hz Más de 54 Mbit/s en canal de 20 MHz	Pico de 5 bit/s/Hz Más de 75 Mbit/s en canal de 20 MHz	Modulaciones mayores unidas a mayor corrección de errores resultan en un uso más eficiente del espectro
QoS	No soporta calidad de servicio en el estándar actual. 802.11e incluirá las mejoras EDCA/HCF	Soporte de calidad de servicio en MAC para voz, video y servicios de niveles diferenciados	802.11 utiliza el MAC basado en contienda de Ethernet. 802.16 es un MAC con TDMA dinámico y con ancho de banda bajo demanda.



colegio oficial
asociación española
ingenieros de telecomunicación

Tecnologías Inalámbricas de Banda Ancha para acceso a Internet
Facultad de Informática, Universidad de La Coruña
Ponente: José-Ignacio Alonso Montes

Tabla 4.3 Comparación técnica de los estándares WI-FI y WI-MAX

Esta tabla muestra una breve comparativa técnica entre las tecnologías inalámbricas de banda ancha para acceso a Internet, los andares IEEE802.11 WI-FI y 802.16 WI-MAX.

Además, su éxito no ha dependido de un modelo comercial impulsado por un operador, puesto que la mayoría de los usuarios WI-FI rara vez, si es que lo hacen, se suscriben a un servicio público. Aquellos que pagan para usar Access Point públicos primero adquirieron WI-FI y lo emplearon en sus hogares y luego en la oficina antes de migrar al servicio en el que se paga de acuerdo con el uso que se le da.

WI-FI no será totalmente remplazada por WI-MAX, al contrario, será construida como una extensión de estas redes. Ya que muchas ciudades no cuentan con tendidos de fibra óptica o cobre para proporcionar servicios básicos de ultima milla; con WI-FI se están cubriendo áreas geográficas y para cuando WI-MAX aparezca, la red WI-FI ya habrá sido aprovechada durante varios años.

WI-MAX esta orientado tanto a los ISP (Proveedores de Servicio de Internet), como a los suscriptores finales. El negocio real esta relacionado con proporcionar acceso a los ISP's y telefónicas, para que estos a su vez ofrezcan banda ancha a los clientes sin necesidad de tender cableado en la ultima milla.

Un ejemplo práctico de cómo WI-MAX y WI-FI pueden complementarse es:

Supongamos una compañía de combustibles con varios edificios de oficinas situados a una gran distancia del área de tanques de combustible. En esta área no existe un cableado estructurado para llegar a los puestos de trabajo que aquí se ubican y tampoco nos es posible instalarlo por estar considerado como zona de peligro. La conexión con este último inmueble debe ser de alta velocidad, ya que se transmite gran cantidad de datos.

Pues bien, WI-FI, sería usado en el interior de los edificios. Posiblemente se instalarían uno o varios Access Point por planta, para cubrir todos los puestos de trabajo. Estos puntos de acceso podrían unirse mediante el cableado estructurado o un canal inalámbrico dedicado. Una vez solucionada la conectividad dentro del edificio hay que solventar el problema de la falta de infraestructura en el área de combustibles. Para ello estableceremos un enlace MAN usando la tecnología WI-MAX.

Podemos hacer uso de los servicios de un proveedor local de esta tecnología, o montar nosotros mismos un enlace directo.

Tendremos que instalar un equipo emisor-receptor en cada uno de los edificios y donde se requiera. Una vez hecho esto tendremos una conectividad completa intra e inter-edificios. Ahora podremos pasar por el nuevo enlace todo nuestro tráfico de datos, ya sea por IP, ATM o cualquier otro estándar. Todo ello con una calidad de servicio garantizada para cada conexión.

Para poder complementarse se debe de dejar lo que ya existe, para poder hacerlo compatible y crear o agregar componentes nuevos, con acceso inalámbrico del estándar WI-MAX debido a que puede cubrir distancias más grandes, así cualquier computadora móvil siempre tendrá señal de comunicación a la red.

Se considera relativamente fácil el crear una red híbrida, porque seguiríamos teniendo las ventajas de la velocidad que nos brinda la parte cableada y expandiríamos las posibilidades con la parte inalámbrica que en poco tiempo será de gran alcance con WI-MAX.

Como conclusión de este capítulo, es que se pudo obtener información sobre la última tecnología en redes inalámbricas: WI-MAX, sus diferentes formas de redes y otros aspectos que en la actualidad esperan ser utilizados por cualquier tecnología en el mundo de las telecomunicaciones.

Esta tecnología WI-MAX parece ser lo suficientemente robusto y flexible para acomodar las exigencias requeridas para la transmisión de banda ancha inalámbrica de forma óptima. Los precios tan competitivos que presentará permitirán su implantación en mercados donde la banda ancha no ha llegado aún por distintos factores.

Así mismo, WI-MAX contribuirá a hacer posible el ansiado "Internet Móvil", que permitirá que uno pueda moverse, de la misma manera que se hace con un teléfono celular, sin desconectarse de la red. Ya que la tendencia actual es la integración de diversas comunicaciones sobre la misma red.

WI-MAX es esperado por la gran diversidad de clientes en el mundo de las telecomunicaciones, desde las grandes operadoras de móviles y teléfono fijo, y también por el usuario final y muchas pequeñas operadoras locales.

No cabe duda del gran éxito que están experimentando las comunicaciones y ello es debido a que proporcionan un medio eficaz de transmisión para el intercambio de información entre puntos fijos y móviles, con una calidad aceptable.

Como generalmente ocurre, la normalización y el establecimiento de unos estándares universales, es el motor para el desarrollo de medios de transmisión y es proporcionado por diferentes entidades.

CAPÍTULO 5

Resultados y Conclusiones

Hoy en día justo en pleno siglo XXI podemos observar cómo y cuántos han sido los avances tecnológicos que la humanidad en su lucha por ser cada día mejor ha alcanzado.

Durante las últimas décadas el desarrollo de las computadoras ha venido evolucionando de manera muy rápida, a tal punto que se han venido creando nuevas formas de comunicación, que cada vez son más aceptadas por el mundo actual y se encuentran al alcance de mayor número de usuarios.

En el presente trabajo hemos abarcado los conceptos más importantes involucrados en la comunicación de datos, vimos conceptos que nos dan una idea muy general de cómo es posible comunicar dos sistemas del mismo o de diferente tipo, así como los problemas que se nos presentan cuando se realiza un proceso de envío de datos a través de un medio de transmisión.

Pudimos examinar información sobre los diferentes medios físicos de transmisión como guiados (cables) y no guiados (inalámbricos) de las diferentes formas de Redes, entre otros aspectos que en la actualidad son muy utilizados no tan sólo en el medio de las computadoras sino en el mundo de las telecomunicaciones, que de una manera u otra han facilitado nuestras formas de vida, tanto en el aspecto profesional como en el aspecto cultural, ya que gracias a estos podemos enriquecer nuestra cultura permitiéndonos evolucionar cada vez más.

El progresivo abaratamiento de los equipos de cómputo, incluidos los portátiles, facilitan la expansión de las redes domésticas e inalámbricas, por lo que éstas últimas en la actualidad se han convertido en algo normal en las casas debido a la facilidad de instalación y a la capacidad de interconexión con otros dispositivos pertenecientes al campo de la domótica.

Las principales capacidades de las tecnologías inalámbricas pasan por el aumento de la movilidad y la flexibilidad en las redes. Para el correcto desarrollo de estas características es necesario que existan las terminales móviles (computadora personal móvil, agendas electrónicas, celulares, etc.) que deben ser los principales beneficiarios de estas tecnologías. De modo que el desarrollo de las redes irá ligado al del mercado de las terminales.

Los medios de transmisión de datos juegan un papel importante dentro del manejo de las comunicaciones siendo ellos los determinantes de su buen o mal funcionamiento.

Es gracias a la tecnología de telecomunicaciones que ahora podemos transmitir cualquier tipo de información ya sea para comunicarnos, compartir datos, fotos, videos, música, juegos, documentos, etc.

Los nuevos adelantos tecnológicos simplifican cada vez más nuestra existencia ya que para bien o para mal hacemos uso de los sistemas de comunicación.

Las redes informáticas representan la solución a las necesidades de comunicación, envío y recepción de datos y consultas de cualquier índole, tanto de las empresas corporativas como para las áreas rurales que no tienen acceso a la información por encontrarse lejos de las urbes, ya que permiten mantenernos informados en menor tiempo y a bajo costo.

En la actualidad existen varias aplicaciones de las telecomunicaciones entre los cuales podemos mencionar, solo por nombrar algunos:

- La telefonía local, nacional, internacional o bien celular.
- La radiocomunicación privada (radiocomunicación militar, aeroespacial, meteorológica, investigación espacial, marítima, radio navegación, entro otros) y la radiocomunicación publica (radioaficionados, radiodifusión sonora Amplitud Modulada, Frecuencia Modulada y por Televisión)
- Acceso a INTERNET mediante redes cableadas y/o inalámbricas. Con el uso de cualquier dispositivo como computadoras personales, Laptop, agendas electrónicas, celulares, consolas de video, etcétera, mejor conocidos como *Gadget's*. [33]

Estos equipos inalámbricos mencionados otorgan la libertad necesaria para trabajar prácticamente desde cualquier punto del planeta e incluso, permiten el acceso a todo tipo de información, lo realmente relevante de esta tecnología es la extrema efectividad que se logra al poder mantener una conexión de datos con una red desde cualquier sitio remoto alrededor del mundo.

En el desarrollo y evolución de las redes informáticas el uso de sistemas como WI-MAX (Wireworld Interoperability for Microwave Access - Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) representa el siguiente escalón en la tecnología de redes inalámbricas, ya que permite proporcionar a las redes convencionales de nuevas posibilidades de aprovechamiento a mayores distancias, con gran capacidad de transmisión, para un gran número de usuarios y a bajos costos.

Hemos visto que no siempre lo más costoso es justamente lo más adecuado para montar cualquier tipo de red, se deben tener en cuenta los beneficios frente a la inversión, además cada tipo de medio de transmisión está hecho a la medida de la red en construcción, y aunque alguna opción sea más atractiva que otra no siempre significa que realmente cumpla con todo su potencial.

WI-MAX es un complemento excelente para otras tecnologías inalámbricas que se diseñan para trabajar en redes de área local (WI-FI, Wireless Fidelity – Fidelidad inalámbrica) por que ofrece una cobertura más amplia.

Los conceptos de redes WI-MAX son campos relativamente nuevos y están aún en etapas de desarrollo. Es evidente que estas redes jugarán un papel muy importante en las comunicaciones del futuro y en los protocolos de las redes inalámbricas.

Las tecnologías inalámbricas de nueva generación como WI-MAX tendrán un crecimiento importante en los próximos años, debido al impacto de los operadores que dirigirán sus esfuerzos al éxito de estas tecnologías, será fundamental la oportunidad en la implementación, la inversión en radiobases y el impulso que den los operadores a sus productos.

Así concluimos, que WI-MAX es esperado por la gran diversidad de actores en el mundo de las telecomunicaciones, desde las grandes compañías operadoras de servicios móviles y servicio fijo, los ISP's, y también por el usuario final y muchas pequeñas operadoras locales.

El momento tecnológico en el que nos encontramos actualmente nos permite estar al tanto de lo acontecido en el otro lado del mundo casi en el mismo instante en que sucede, así como nos permite compartir con nuestros familiares o amigos que se encuentran distanciados geográficamente ya sea por motivos de trabajo o personales, todo esto a pesar de las fallas técnicas que aún se presentan hasta en la última generación de redes de comunicación.

Sin embargo, de éstas últimas no podemos señalar que será WI-MAX la mejor y la última red que existirá hasta el fin de la humanidad, por que quizá más rápido de lo que pensamos podamos estar disfrutando de una nueva red más amplia, más eficaz, a mayor alcance de la población mundial en general y a un menor costo.

Todo lo que se refiere a la transmisión y comunicación de datos y a redes a escala mundial, en los últimos años ha adquirido una espectacular importancia, esta es una de las áreas donde podemos encontrar cada vez más mejoras y cosas interesantes, es por ello que se hace imprescindible conocer el funcionamiento, por lo menos básico, de todo lo que implica comunicarnos a través de sistemas informáticos, además, todos estos temas, representan una de las mayores oportunidades para las personas que les interesan las comunicaciones y cuestiones afines.

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1.1 Componentes básicos de un sistema de comunicación

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 1.2 Componentes de equipos de comunicación de datos

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 1.3 Transmisión de señal analógica por canal analógico

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 1.4 Transmisión de señal analógica por canal digital

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 1.5 Transmisión de señal digital por canal analógico

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 1.6 Transmisión de señal digital por canal digital

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Capítulo 2

Figura 2.1 Software (Programas Informáticos)

Fuente: http://www.pchardware.org/redes/redes_componentes.php
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/cerquita/redes/fundamentos/04.htm>

Figura 2.2 Computadora personal

Fuente: http://www.pchardware.org/redes/redes_componentes.php
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/cerquita/redes/fundamentos/04.htm>

Figura 2.3 Tarjetas interfaz de red

Fuente: http://www.pchardware.org/redes/redes_componentes.php
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/cerquita/redes/fundamentos/04.htm>

Figura 2.4 Servidores de red

Fuente: http://www.pchardware.org/redes/redes_componentes.php
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/cerquita/redes/fundamentos/04.htm>

Figura 2.5 Repetidor de red

Fuente: http://www.pchardware.org/redes/redes_componentes.php
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/cerquita/redes/fundamentos/04.htm>

Figura 2.6 Hub o Concentrador de red

Fuente: http://www.pchardware.org/redes/redes_componentes.php
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/cerquita/redes/fundamentos/04.htm>

Figura 2.7 Router – Encaminador

Fuente: http://www.pchardware.org/redes/redes_componentes.php
<http://www.ciberhabitat.gob.mx/museo/cerquita/redes/fundamentos/04.htm>

Figura 2.8 Cables de par trenzado

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 2.9 Cable coaxial

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 2.10 Fibra óptica.

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Figura 2.11 Topología de bus

Fuente: www.monografias.com/trabajos15/topologias-neural/topologias-neural.shtml

Figura 2.12 Topología de anillo

Fuente: www.monografias.com/trabajos15/topologias-neural/topologias-neural.shtml

Figura 2.13 Topología de estrella

Fuente: www.monografias.com/trabajos15/topologias-neural/topologias-neural.shtml

Figura 2.14 Topología en malla

Fuente: www.monografias.com/trabajos15/topologias-neural/topologias-neural.shtml

Figura 2.15 LAN – Red de Área Local

Fuente: www.monografias.com/trabajos14/tipos-redes/tipos-redes.shtml

Figura 2.16 MAN – Red de Área Metropolitana

Fuente: www.monografias.com/trabajos14/tipos-redes/tipos-redes.shtml

Figura 2.17 WAN – Red de Área Amplia

Fuente: www.monografias.com/trabajos14/tipos-redes/tipos-redes.shtml

Figura 2.18 Red INTERNET

Fuente: www.monografias.com/trabajos14/tipos-redes/tipos-redes.shtml

Figura 2.19 Redes Wireless – Red Inalámbrica

Fuente: www.monografias.com/trabajos14/tipos-redes/tipos-redes.shtml

Figura 2.20 Redes Conmutadas

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información

Figura 2.21 Protocolos de una red

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información

Figura 2.22 Capas del protocolo TCP/IP

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Figura 2.23 Capas del Modelo OSI

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 2.24 Direccionamiento de IP

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 2.25 Dirección jerárquica

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Figura 2.26 Capas del modelo OSI

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información

Capítulo 3

Figura 3.1 Red W-PAN - Red de Área Personal

Fuente: Elaboración con didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información

Figura 3.2 Red W-LAN – Red de Área Local Inalámbrica

Fuente: Elaboración con didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información

Figura 3.3 Red W-MAN – Red de Área Metropolitana Inalámbrica

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.4 Red W-WAN – Red de Área Amplia Inalámbrica

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.5 Red de la modalidad de infraestructura

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.6 Red de la modalidad Ad-hoc

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.7 Transmisión punto a punto

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.8 Pérdidas en espacio libre

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Figura 3.9 Pérdidas por difracción

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Figura 3.10 Pérdidas por propagación multi-camino

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Figura 3.11 Distribución del espectro radioeléctrico entre diferentes servicios

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Figura 3.12 Representación de una Onda Senoidal

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.13 Amplitud Modulada

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.14 Frecuencia Modulada

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.15 On/OffKeying (OOK)

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.16 Frequency Shift Keying (FSK)

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.17 Pulse Amplitude Modulation (PAM)

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.18 Phase Shift Keying

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.19 Binary Phase Shift Keying

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 3.20 Complementary Code Keving

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Capítulo 4

Figura 4.1 Antena principal en WI-MAX

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 4.2 Tarjeta receptora WI-MAX para computadora portátil

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Figura 4.3 IEEE 802.16-2004 WI-MAX acceso fijo y 4.4 IEEE 802.16e WI-MAX acceso móvil

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Figura 4.5 WI-BRO (Wireless Broadband – Banda Ancha Inalámbrica)

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Fig. 4.6. Modelo de referencia de protocolos de IEEE 802.16.

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Fig. 4.7. Trama dividida en sección Downlink y Uplink

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Fig. 4.8. Trama de nivel físico

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Fig. 4.9. Tramas del modelo enmallado

Fuente: Elaboración con datos de Internet

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo 2

Tabla 2.1 Dirección jerárquica

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Capítulo 3

Tabla 3.1 Banda de frecuencias

Fuente: Elaboración con datos de Internet

Tabla 3.2 Codificación para representar conjunto de bits

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Tabla 3.3 Estándares IEEE802.11

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Capítulo 4

Tabla 4.1 Características del estándar IEEE802.16 (versiones)

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Tabla 4.2. Estructura de la trama 802.16

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Tabla 4.3 Comparación técnica de los estándares WI-FI y WI-MAX

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

Tabla 4.3 Comparación técnica de los estándares WI-FI y WI-MAX

Fuente: Elaboración con material didáctico del Diplomado de Tecnologías de Información.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- [1] Huidobro Moya, José Manuel. **Tecnologías de Telecomunicaciones**. Ed. Creaciones Copyright, S.L.. España 2005. P.p. 5.
- [2] Huidobro Moya, José Manuel. **Tecnologías de Telecomunicaciones**. Ed. Creaciones Copyright, S.L.. España 2005. P.p. 5.
- [3] <http://wikipedia.org>. Abril 2007.
- [4] <http://wikipedia.org>. Abril 2007.
- [5] <http://wikipedia.org>. Abril 2007.
- [6] <http://wikipedia.org>. Abril 2007.
- [7] <http://wikipedia.org>. Abril 2007.
- [8] <http://wikipedia.org>. Abril 2007.
- [9] Freer, John. **Introducción a la Tecnología y diseño de sistemas de comunicación y redes de ordenadores**. Ed. Ediciones Anaya Multimedia, S.A.. Madrid 1990. P.p. 84.
- [10] <http://wikipedia.org>. Octubre 2007.
- [11] <http://es.wikipedia.org>. Octubre 2007.
- [12] <http://es.wikipedia.org>. Octubre 2007.
- [13] Tanenbaum, Andrew S. Traducción Morales Peaje, David **Redes de Computadoras**. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. de C.V. México 1997. P.p. 82.
- [14] Carballar Falcón, José A. **Los Servicios de Telecomunicaciones**. Ed. RA-MA. Madrid 1993. P.p. 36.
- [15] Carballar Falcón, José A. **Los Servicios de Telecomunicaciones**. Ed. RA-MA. Madrid 1993. P.p. 37.
- [16] Uyles Black. **Tecnologías emergentes para redes de computadoras**. Ed. Prentice Hall Hispanoamérica, S.A. Segunda Edición. México 1999. P.p. 64.
- [17] Deepak, Pareek. **WI-MAX Taking Wireless to the MAX**. Ed. Auerbach Publications. New York 2006. P.p. 103.

- [18] Carballar Falcón, José A. **Los Servicios de Telecomunicaciones**. Ed. RA-MA. Madrid 1993. P.p. 29.
- [19] Carballar Falcón, José A. **Los Servicios de Telecomunicaciones**. Ed. RA-MA. Madrid 1993. P.p. 100.
- [20] Carballar Falcón, Jose A. **Wi-Fi Cómo construir una red inalámbrica**. Ed. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Segunda Edición. México 2005. P.p. 4.
- [21] Deepak, Pareek. **WI-MAX Taking Wireless to the MAX**. Ed. Auerbach Publications. New York 2006. P.p. 7.
- [22] Carballar Falcón, José A. **Los Servicios de Telecomunicaciones**. Ed. RA-MA. Madrid 1993. P.p. 100.
- [23] Deepak, Pareek. **WI-MAX Taking Wireless to the MAX**. Ed. Auerbach Publications. New York 2006. P.p. 6.
- [24] **Redes Inalámbricas**. Modulo 4, Diplomado de Tecnologías de Información. Centro tecnológico, F.E.S. Aragón - UNAM. México 2006
- [25] **Redes Inalámbricas**. Modulo 4, Diplomado de Tecnologías de Información. Centro tecnológico, F.E.S. Aragón - UNAM. México 2006
- [26] Carballar, José Antonio. **WI-FI, Cómo construir una red inalámbrica**. Ed. Alfaomega RA-MA. Segunda Edición. Mexico 2005. P.p. 43.
- [27] <http://wikipedia.org> Enero 2008.
- [28] www.radioptica.com/Radio/caracteristicas_estandar_wimax.asp Enero 2008.
- [29] www.monografias.com Enero 2008.
- [30] www.cdg.org/resources/white_papers/files/WiMAX%20FINAL%20Spanish.pdf Enero 2008.
- [31] www.cdg.org/resources/white_papers/files/WiMAX%20FINAL%20Spanish.pdf Enero 2008.
- [32] www.cdg.org/resources/white_papers/files/WiMAX%20FINAL%20Spanish.pdf Enero 2008.

LIBROS

Carballar Falcón, José A. **Los Servicios de Telecomunicaciones**. Ed. RA-MA. Madrid 1993.

Carballar Falcón, José A. **Wi-Fi Cómo construir una red inalámbrica**. Ed. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. Segunda Edición. México 2005.

Deepak, Pareek. **WI-MAX Taking Wireless to the MAX**. Ed. Auerbach Publications. New York 2006.

Freer, John. **Introducción a la Tecnología y diseño de sistemas de comunicación y redes de ordenadores**. Ed. Ediciones Anaya Multimedia, S.A.. Madrid 1990.

Halsall Fred. **Comunicación de Datos, Redes de Computadoras y Sistemas Abiertos**. Ed. Prentice Hall. México 2001.

Huidobro Moya, José Manuel. **Tecnologías de Telecomunicaciones**. Ed. Creaciones Copyright, S.L.. España 2005.

Lati, Robert. **Sistemas de Comunicación**. Ed. Mc Graw-Hill. 1ª Edición. México 1996.

Moreira, Adriano C y Oliveira Duarte, A.M. **Redes Híbridas**. Ed. Rui T. Valadas. Universidad de Aveiro. Portugal 1992.

Perkins, Charles E. **Ruteando con TCP/IP**. IBM T.J. Watson Reserach Center. 1992.

Praxis. **Communication Systems Enginnering**. Ed. Prentice-Hall. 1ª Edición. New Jersey 1994.

Tanenbaum, Andrew. **Redes de Computadoras**. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. de C.V.. México 1997.

Uyless Black. **Tecnologías emergentes para redes de computadoras**. Ed. Prentice Hall Hispanoamérica, S.A. Segunda Edición. México 1999.

INTERNET

<http://www.tsc.uniovi.es/catedra-telefonica/archivos/WiMAX.pdf>

<http://www.latinwimax.com/>

<http://www.ccdis.dis.ulpgc.es/ccdis/laboratorios/redes.html>

http://www.cdg.org/resources/white_papers/files/WiMAX%20FINAL%20Spanish.pdf

http://www.communications.siemens.com/repository/729/72939/Backgrounder_WiMAX.pdf

http://www.fmc.axarnet.es/redes/tema_02_m.htm

<http://www.wimaxforum.org/technology/downloads/WiMAXNLOSgeneral-versionaug04.pdf>

<http://www.gratisweb.com/alricoa/contenido.htm>

<http://www.intel.com/netcomms/technologies/wimax>

<http://www.jegsworks.com/Lessons-sp/lesson7/lesson7-2.htm>

<http://www.monografias.com>

<http://www.monografias.com/trabajos13/trabajo/trabajo.shtml#MEDIOS>

<http://www.monografias.com/trabajos26/transmision-comunicacion/transmision-comunicacion.shtml>

http://www.radioptica.com/Radio/caracteristicas_estandar_wimax.asp

http://www.rincondelvago.com/medios-de-transmision_1.html

http://www.rincondelvago.com/transmision-de-datos_3.html

<http://www.ts.es/doc/area/produccion/ral/BANDA.HTM>

<http://www.ts.es/doc/area/produccion/ral/CABLE.HTM>

<http://www.wikipedia.org>

<http://www.iusacell.com.mx/iusacellEmpresarial/content/html/datos/introduccionBAM.html>