

COMUNICACIONES INALAMBRICAS

LILIANA M. ARBOLEDA COBO
MONICA BASTIDAS MARTINEZ
JUAN FERNANDO GOMEZ COLLAZOS
LINA M. RAMIREZ HOLGUIN

Estudiantes VIII Semestre

Introducción

El mundo moderno cuenta actualmente con grandes desarrollos tecnológicos; muchos de ellos se basan en las comunicaciones inalámbricas. Este tipo de comunicaciones responden al congestionado ritmo de vida que es propio de nuestros días y que exige una mayor flexibilidad en todos los procesos de transmisión de datos; en este trabajo hemos querido abarcar de una manera general, algunos de los aspectos que estos hechos suscitan. Este trabajo ha sido estructurado alrededor de cuatro grandes temas que incluyen:

- La importancia que dichas comunicaciones tienen en el mundo moderno, el desempeño de las mismas dentro del concepto de redes, en este aspecto haremos referencia a los tipos de redes que cuentan con esta tecnología.
- Cuáles son los servicios que existen en el mercado: comunicadores de una vía y dos vías y sus respectivas subclasificaciones, los aspectos que se involucran en la selección de algunos de estos servicios y cuáles son las diferencias básicas entre ellos.

— Énfasis en el tema de telefonía celular, por ser de gran actualidad, especialmente en nuestro país.

— Las comunicaciones satelitales, aquí se tratan temas de carácter general como definición de satélite, aspectos relacionados con la forma en que se realizan este tipo de comunicaciones (se incluyen conceptos de órbitas y frecuencias), una pequeña reseña histórica de su evolución y las ventajas y desventajas que presentan; se tratan de una manera global algunos sistemas comunes como Panamsat, Intelsat, etc.

No es nuestra intención profundizar en cada uno de los temas antes mencionados, sino más bien, mostrar al lector las distintas posibilidades conocidas de este tipo para la transmisión de datos.

Las fuentes de información para este trabajo fueron principalmente las revistas especializadas en informática, consultas en algunos libros y la valiosa colaboración del **Ingeniero Alvaro Pachón de la Cruz**, a quien expresamos nuestros agradecimientos.

1. **¿Por qué son necesarias las comunicaciones inalámbricas?**

El hombre moderno es potencialmente nómada, la mayoría de las personas involucradas en el mundo de los negocios gastan en promedio más de la mitad de su tiempo viajando de un lado a otro.

Buscando facilitar las comunicaciones, disminuir el tiempo que toman estos viajes continuos y dejar atrás los límites físicos de una oficina (un computador personal, el correo electrónico, un teléfono) sin perder nunca realmente la comunicación, surgió la idea de una conectividad inalámbrica de área amplia.

Este concepto permitirá que las personas de negocios puedan realizar la mayor parte de ellos desde su propia casa y que los ejecutivos puedan moverse con precisión por contar con los medios electrónicos para mantenerse en comunicación.

Las comunicaciones inalámbricas de datos son principalmente del dominio de grandes compañías con necesidades especializadas, como por ejemplo, un servicio de envíos que debe "seguir la huella" de los camiones y paquetes a su cargo, o una gran organización de ventas que necesita estar en contacto continuo con sus vendedores.

El servicio inalámbrico de área amplia (celular, satélite, radio-portátil) permitirá extender el trabajo a otros lugares además de la oficina o las comunicaciones telefónicas.

Esta tecnología tiene el poder de transformar la manera como producimos y usamos los datos, así como Windows y la Revolución Gráfica cambiaron la forma como los presentamos. El cambio es real, es para mantenerse y está avanzando rápidamente en todas las áreas de negocios.

Con el equipo adecuado, usted podrá establecer contacto con cualquier persona, en cualquier lugar e intercambiar

mensajes que contengan mucho más que números telefónicos. Podrá actualizar sus archivos desde un lugar muy lejano y optar por recibir noticias de una base especializada, enviada directamente a su computador, y su correo de voz será capaz de contactarlo cuando quiera que usted esté lejos o sólo bajo las circunstancias que usted elija.

Dos fuerzas están trabajando para hacer que la comunicación inalámbrica de datos sea una de las más importantes tecnologías de la próxima década:

- La primera es la tendencia de desatar los computadores del escritorio. Con cada mejora en la integración, miniaturización y tecnología de baterías disminuye la diferencia entre el trabajo de los computadores de escritorio y los portátiles.
- La segunda fuerza que maneja las comunicaciones inalámbricas de datos es el deseo por la conectividad universal.

Las fuerzas de la portabilidad y conectividad están dispares pero la comunicación inalámbrica de datos permite tener lo mejor de ambos mundos (liberarse del computador de escritorio y la conectividad).

Aunque la comunicación inalámbrica de datos ofrece la ventaja de no estar sujeta a los límites del cableado, también tiene sus desventajas.

Primero, el radio del espectro presenta a menudo interferencias y es propenso a la pérdida de bits, y segundo, el costo de la comunicación inalámbrica de datos es alto, tanto como lo fue el de las comunicaciones cableadas en sus inicios.

La infraestructura de la comunicación inalámbrica de datos involucra muchas tecnologías. La mayoría requiere una suscripción a un servicio ofrecido por un proveedor centralizado, pero se están

analizando algunos planes para hacer una mayor reserva del espectro de transferencia para la transmisión de datos sin licencia.

Los sistemas centralizados se pueden clasificar como de una vía o de dos vías. Los sistemas de una vía transfieren datos a una plataforma móvil y son ideales para aplicaciones verticales. La mayoría de los usuarios de computadores necesitan sin embargo, del tipo de conectividad de dos vías provisto por las conexiones inalámbricas. En la actualidad tales usuarios cuentan con varias alternativas; por ejemplo, pueden conectar un modem celular a la infraestructura existente del sistema de telefonía móvil avanzada.

Si la persona es un administrador de sistemas o un administrador de red, podrá ofrecer a sus usuarios una nueva y revolucionaria forma de trabajo. Dentro de este contexto de redes, muchos profesionales del campo opinan que el desarrollo de éstas no se debe enfocar tanto en los bits por segundo requeridos para disminuir la velocidad de transmisión, sino en los recursos computacionales y de telecomunicaciones que permitan ser casi independientes de espacio y tiempo.

Entre los aspectos que deberían influir en la selección de algún servicio inalámbrico de una vía o de dos vías están:

- La penetración de señales (existencia de edificios altos alrededor).
- Acceso al servicio.
- Tasa de datos (las velocidades varían en comparación con las de las comunicaciones cableadas).
- Interconectividad.
- Transparencia para los usuarios (particularmente para aquellos que viajan ampliamente).
- Capacidades de almacenamiento y de seguimiento (para aquellos que-

nes ocasionalmente estarían fuera de rango).

- Provisión de poder.
- Costos del servicio.

La industria de los computadores ha estado preparándose para este cambio por algún tiempo, y en muchos casos las fuerzas industriales han estado trabajando juntas. Muchos fabricantes están trabajando para cubrir todas las bases, incluyendo las capacidades para tantas clases de servicios como sean posibles.

Principio físico

La transmisión de radio se basa en el principio de que la aceleración de un electrón crea un campo electromagnético. Un campo como éste acelera otros electrones. Así, es posible mover electrones en un lugar y que el campo electromagnético resultante empuje a los electrones a otro lugar. A medida que se mueven más electrones, la señal se vuelve más fuerte y se puede localizar a una mayor distancia. Todo esto pasa a velocidades cercanas a la de la luz.

El movimiento de los electrones es simple. El secreto estriba en moverlos de una manera coordinada, con esta capacidad se puede mover información a través de grandes distancias. Y esto, en una estructura es la base de las comunicaciones inalámbricas de datos.

2. Comunicaciones inalámbricas dentro del concepto de redes

La implantación de redes inalámbricas puede facilitar nuevas aplicaciones para computadores, como llevar registros de inventarios, procesos de aprendizaje, etc. Pero a pesar del entusiasmo que este tipo de comunicaciones despierta, la infraestructura y tecnología necesarias para llevarla a cabo no están aún completamente desarrolladas.

Hay que tener en cuenta que este sistema no reemplaza a las comunicaciones cableadas, pues éstas ofrecen

velocidades mucho más altas de transmisión de datos y lo continuarán haciendo durante mucho tiempo. Esto ha provocado que se esté dando lugar a una reorganización de las comunicaciones.

El espectro de transmisión es escaso, mientras que la fibra, como poder de computación, es algo que podemos fabricar e implementar.

La mayoría de la información que actualmente recibimos a través del aire (televisión, por ejemplo) vendrá en el futuro por cable a través del suelo. Por el contrario, la mayoría de lo que ahora recibimos a través del suelo (como el servicio telefónico) vendrá a través de ondas aéreas.

La forma en que la información debería ser distribuida puede definirse mediante dos reglas:

1. Usar el espectro de transmisión para comunicarse con cosas que se mueven: carros, botes, aviones y similares.
2. Enviar información a sitios estáticos o cercanos por medio de fibra.

La popularidad de los teléfonos celulares y de la televisión por cable inició la tendencia en el uso de estas reglas y no parará. Dentro de veinte años será inusual utilizar satélites para transmitir televisión. Algunas entidades como la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) deben hacer que las redes de televisión y estaciones independientes caigan en la cuenta de que su espectro lentamente desaparecerá y a su vez animar a las compañías operadoras de cable y teléfono para que empiecen a colaborar inmediatamente.

2.1 Sistemas ubicuos

Dentro de la idea de hacer que los computadores se "integren" a nuestra visión del mundo surgen los términos: **Computación Ubicua**, que se refiere a lograr que los computadores estén presentes en toda parte y a todo momento;

y **Virtualidad Incorporada**, que se refiere al proceso de sacar los computadores de sus armazones electrónicas.

Las redes que conectarán el hardware ubicuo, son principalmente inalámbricas o una combinación de redes cableadas y dispositivos inalámbricos que unen dispositivos móviles a las mismas.

Las pequeñas redes inalámbricas basadas en los principios de telefonía digital celular, ofrecen tasas de datos de entre 2 y 10 Megabits por segundo, en un rango de unos pocos cientos de metros.

Algunas redes inalámbricas de bajo poder pueden transmitir 250.000 bits por segundo a cada estación.

El problema de unir de forma transparente redes cableadas e inalámbricas, no tiene todavía solución. Aunque algunos métodos han sido desarrollados, aún se deben implementar nuevos protocolos de comunicaciones que reconozcan de manera explícita el concepto de máquina que se mueven en el espacio físico. Aún más, el número de canales proyectados en la mayoría de los esquemas de redes inalámbricas es aún muy pequeño, lo mismo que su rango (de 50 a 100 metros), de modo que el número total de dispositivos móviles es bastante limitado.

Las redes de salones individuales basadas en señales infrarrojas o en nuevas tecnologías electromagnéticas tienen suficiente capacidad para computación ubicua, pero sólo pueden trabajar internamente.

2.2 Aspectos importantes de la informática inalámbrica

Librarnos de los cables es precisamente el objetivo de toda una nueva categoría de productos para redes locales inalámbricas. La mayoría de ellos sustituyen a las tarjetas de red Ethernet convencionales. Los adaptadores incorporan una pequeña antena a través de

la cual envían y reciben el tráfico de la red en forma de señales de radio. Algunos productos inalámbricos son pequeñas cajas que se conectan al puerto paralelo del PC. En cualquier caso, las señales viajan de un PC a otro, formando una red inalámbrica entre pares (peer-to-peer), o se dirigen hacia un servidor de red provisto de adaptadores Ethernet convencionales e inalámbricos, proporcionando a los usuarios de equipos portátiles una conexión a la red de la empresa. En ambos casos, las redes inalámbricas pueden servir para sustituir o ampliar las que utilizan cables.

Los factores que influyen en la adopción de una red inalámbrica van desde la modernidad (uso de portátiles en cualquier sitio) hasta la economía (empresas que cambian de sede con frecuencia y soportan un costo elevado de recableado).

A pesar de lo atractivo de este tipo de redes, se cree que no llegarán a ser más que una pequeña parte del mercado de las LAN. Sin embargo, esto no significa que su uso no sea representativo: tienen un gran potencial para efectuar comunicaciones hacia sitios donde sería imposible llegar con cable.

2.2.1. Las redes inalámbricas en la práctica

Las aplicaciones de una red local sin cable se agrupan en tres categorías: redes locales permanentes en lugares de difícil cableado, redes semipermanentes y usuarios de computadores portátiles.

Las redes inalámbricas permanentes se utilizan en los lugares donde sería muy difícil o imposible instalar cableado convencional. Generalmente, estas redes necesitan la misma fiabilidad y velocidad que las redes con cable.

Entre las aplicaciones de las redes locales semipermanentes figuran la recuperación de catástrofes, los servicios de ferias y convenciones, los sistemas

de punto de venta a corto plazo (negocios de temporada o grandes subastas) y los grupos de trabajo móviles.

Allí donde se instalen PCs durante períodos relativamente cortos, una conexión inalámbrica puede hacer más rápida la instalación de la red.

Lo que más molesta a los usuarios de computadores portátiles es colgar del hilo de una red, pero hasta hace muy poco el acceso a redes mediante un portátil ligero requería renunciar tanto a la velocidad como a la movilidad. En la actualidad la mayoría de los adaptadores inalámbricos para computadores portátiles son pequeñas pastillas que se conectan al puerto paralelo del equipo, pero a ningún usuario de portátil le gusta llevar encima otro aparato. Con frecuencia, estos adaptadores son sumamente lentos, en parte por la velocidad del propio puerto paralelo y en parte debido a su baja velocidad de transmisión. Sin embargo, el formato de tarjetas PCMCIA, permite solucionar en parte estos problemas. Estas tarjetas ocupan muy poco espacio y funcionan a la misma velocidad que el bus del PC. Las tarjetas más recientes alcanzan ya velocidades respetables de 1 ó incluso 2 Mbps.

Las redes de portátiles ofrecen también la posibilidad de crear redes **instantáneas**. Si un usuario de portátil se reúne con otro y desea intercambiar unos ficheros entre los dos equipos, podría montar una red entre pares, pero necesitaría cables y tiempo para ello; en cambio, combinando dos adaptadores inalámbricos de PCMCIA y un sistema operativo de red como Windows para Trabajo en Grupo, puede crear fácil y rápidamente una red local en miniatura.

2.2.2. Normas de funcionamiento

Las redes inalámbricas constituyen todavía una tecnología en espera de normalización, motivo por el cual casi ningún producto funciona correctamen-

te con los demás. Cada fabricante utiliza protocolos, señales de radio o formatos de señal distintos. Si las redes convencionales aún funcionasen como las inalámbricas, se tendrían que utilizar tarjetas de red de la misma marca en toda la red.

La mayoría de los productos disponibles se refieren al protocolo utilizado como Ethernet CSMA/CA (evitación de acceso múltiple/colisión mediante detección de portadora), una variante del Ethernet estándar. Sin embargo, cada fabricante altera el CSMA/CA a su gusto, de forma que incluso los protocolos son incompatibles.

El comité de normalización IEEE está elaborando una norma de redes inalámbricas —la 802.11, ampliación del protocolo Ethernet original—, que permita poder combinar distintas marcas de red inalámbrica, pero el acuerdo sobre un documento final avanza con extrema lentitud.

2.2.3. *Redes locales y telecomunicaciones*

Los productos para redes inalámbricas utilizan varias frecuencias de radio para enviar y recibir los datos. Las razones para utilizar una determinada frecuencia son la licencia, las interferencias y el alcance.

La mayoría de los productos para redes locales inalámbricas por radio utilizan la banda de los 902 a 928 MHz. Se trata de una banda de frecuencias relativamente eficaz para rodear y atravesar paredes y suelos. Es una banda de libre utilización, por lo que es empleada también para teléfonos móviles, abrepuestas, teléfonos sin hilos y auriculares. Por desgracia, ello significa que la red local puede estar sujeta a interferencias de todos esos aparatos.

También puede ser interferida por motores eléctricos, fotocopiadoras, hornos de microondas y, naturalmente, otras redes inalámbricas.

Una alternativa posible consiste en utilizar bandas de transmisión sujetas a licencia de telecomunicaciones. Por ejemplo, se puede utilizar una frecuencia más alta, pero estas frecuencias tienen una longitud de onda más corta, por lo cual no atraviesan los objetos sólidos, como paredes y techos, tan bien como las longitudes de onda más largas.

2.2.4. *Redes entre pares, servidores y puntos de acceso*

Las redes locales pueden ser entre pares (peer-to-peer) o de servidor dedicado. La mayoría de los sistemas de red inalámbrica admiten ambas configuraciones.

En un sistema operativo de red entre pares, como Lantastic o Windows para trabajo en grupo, las estaciones de trabajo se pasan datos directamente entre sí, de forma que varios usuarios pueden reunirse en una sala y crear una red ad hoc.

Sin embargo, la mayoría de las redes están conectadas a servidores dedicados, y para configurar este tipo de red local con enlaces inalámbricos, hay que instalar un adaptador inalámbrico en el servidor.

La mejor solución para interconectar redes convencionales e inalámbricas son los puntos de acceso. En la mayoría de los casos, un punto de acceso es sencillamente una caja negra inalámbrica, pues se comporta como repetidores. Al instalar una red inalámbrica simple en la que cada PC envía y recibe datos a un servidor o a otro PC, el tamaño de la red está limitado por el alcance de la señal del producto elegido. Si dicho alcance es de sólo 100 metros, ese es también el límite práctico de la red: todos los nodos deben encontrarse en un radio de 100 metros. En cambio, un repetidor reenvía los datos de una máquina a otra, duplicando de ese modo el alcance. Si se añaden múltiples puntos de acceso, enlazados entre sí por una

columna vertebral cableada, se puede extender la red inalámbrica por todo el edificio. En oficinas con muchas paredes, también se pueden añadir puntos de acceso para salvar obstáculos físicos.

2.2.5. Seguridad

La seguridad es uno de los aspectos de las redes inalámbricas que plantea más dudas a los administradores de red. Tratar de pinchar un cable de red es una cosa, y otra mucho más fácil captar los datos de red que viajan por el aire. Las redes inalámbricas protegen de distintas maneras la información que envían y reciben.

La mayor parte de los fabricantes que utilizan la transmisión en banda ancha recurren al salto de frecuencias para disminuir las interferencias y aumentar la seguridad. En este sistema se transmiten distintas partes de la información a través de diferentes frecuencias. El adaptador inalámbrico salta de una frecuencia a otra siguiendo una secuencia que sólo conocen exactamente los adaptadores compatibles. Cualquier intruso que sintonice una sola frecuencia recibirá únicamente fragmentos de la información.

Un punto quizá más débil en cuanto a la seguridad es la posibilidad de que alguien trate de acceder a la red utilizando hardware compatible. Las mejores redes inalámbricas disponen de algún sistema de autorización de usuarios: sólo tiene acceso a la red quien se encuentre en la lista de usuarios.

2.3. Los caminos de las WAN y LAN inalámbricas

Si se está planeando tener conexiones dentro de un edificio o a través de

un país, se necesitará considerar una variedad de criterios cuando se vaya a escoger una tecnología inalámbrica (Ver Figura 1).

Si se necesita estar conectado sin importar el lugar a donde se vaya, se tienen tres opciones:

- **Modems de paquetes de radio**, transfieren datos de una forma económica, aunque el cubrimiento actualmente es limitado, pero tienen una ventaja por ahora: ya están disponibles.
- **Transmisiones celulares**, aún se encuentran en desarrollo, pero el soporte de voz podría tentar a los compradores potenciales quienes no se preocupan por la tasa de transferencia o el costo que esto implica.
- **Sistemas móviles satelitales**, los cuales prometen un cubrimiento mundial (por un precio) pero aún están lejos.

Si lo que se quiere es tratar de evitar el cableado entre la oficina existen tres posibilidades:

- **Tecnología de LAN infrarroja**, es una alternativa no muy costosa y fácil de usar, pero como los controles remotos de televisión requiere que los dispositivos se visualicen entre sí.
- **LAN's basadas en microondas**, evitan las limitaciones con las señales que penetran unos pocos obstáculos, pero que no viajan muy lejos.
- **Radio de espectro amplio**, no se afecta por los obstáculos, aunque los campos electromagnéticos sí interfieren y los costos de hardware podrían sobrepasar el presupuesto disponible.

Figura 1

Tipos de servicio	Uso	Tipo de red	Beneficios	Desventajas	Proveedores representativos
CELULAR	Circuitos conectados y conexiones de teléfono.	WAN	Movilidad, tecnología madura, infraestructura existente, soporte de voz y de datos.	Es costoso si las conexiones son de baja calidad, no está disponible aún, la penetración podría ser baja.	(Servicio en desarrollo) CPDP
INFRARROJO	Transmisión de datos line of sight	LAN Dispositivos periféricos compartidos	Fácil de instalar y de usar; tecnología moderna; permite transmisión más rápida que muchas otras LAN's inalámbricas.	Transmisión line of sight solamente; las unidades deben alinearse y la ruta de datos debe mantenerse clara.	BICC, Photonice, Wridata
MICROONDAS	Transmisión de datos de rango corto.	LAN	Una rata de datos de 5.7 mbpe, fácil de instalar, buena compatibilidad.	La señal no puede penetrar muchas barreras; inapropiado para lugares altamente móviles.	MOTOROLA
SATELITE MOVIL	Mensajería altamente móvil y localización de servicios.	WAN	Cobertura de saturación conexiones confiables.	Costosos; ratas de datos mediocre; capacidad limitada.	American Mobile Satellite Corp., Orbita Comunic.
DIFUSION DEL	Transmisión de paquetes de datos por radio Transmisión de datos de corto rango.	WAN Servicios de mensaje.	Movilidad; usuarios pagan sólo por los paquetes transmitidos	No tiene soporte de voz; cobertura limitada a área metropolitana extensa.	ARDIS EMBARC
		LAN	La señal es capaz de penetrar varias barreras de soporte; flexibilidad.	No es confiable cerca de transmisiones electromagnéticas pesadas; requiere un transmisor por cada PC enlazado.	O'neil Comunicación, Proxim.

2.4 Tipos de redes inalámbricas

Podemos considerar dos amplias categorías de redes inalámbricas:

a) **Redes de larga distancia:** Son diseñadas para transmitir datos en un área metropolitana o a través de un país, y son caracterizadas por unas tasas relativamente bajas de transmisión de datos.

b) **Redes de corta distancia:** Son esencialmente redes incorporadas.

Los dos tipos principales de Redes de Larga Distancia son:

a) Redes telefónicas con circuitos celulares de transmisión.

b) Redes públicas y privadas de transmisión de paquetes por radio.

2.4.1. Redes telefónicas celulares

Las redes telefónicas celulares son medios costosos de transmisión de datos. Los modems celulares son mucho más caros que los modems convencionales, debido a que requieren circuitos especiales para manejar la pérdida de la señal cuando el circuito es conectado de una estación base a otra. Esta pérdida de la señal no es problema para las comunicaciones vocales porque el retardo (que es generalmente de unos pocos cientos de milisegundos) no es notable para los que están hablando, pero pueden causar daños en los datos.

Otras desventajas de la transmisión celular de datos son:

- Son fácilmente interceptadas (Inseguridad)
- Aumento en las tarifas telefónicas.
- La interferencia y los errores de transmisión tienen mucha importancia.
- Las transmisiones celulares de datos deben competir por líneas celulares que ya están ocupadas por transmisiones celulares de voz.
- Las velocidades de transmisión son bajas.

Por todo esto, la transmisión celular sólo es apropiada para pequeñas transmisiones de archivos.

Otra red de este tipo es la Red Pública de Transmisión de Paquetes por Radio. Este tipo de redes no tiene los problemas de pérdida de la señal porque la arquitectura es diseñada más para soportar paquetes de datos que comunicaciones vocales.

2.4.2. Redes públicas de radio

El mercado de redes públicas de radio es liderado por dos empresas principales:

— ARDIS: Unión de Motorola e IBM. Es un servicio de radio de dos vías con 1.250 estaciones base que alcanzan cerca del 80% de la población de Estados Unidos. Su velocidad es de 19.2 Kilobits por segundo, más rápido que RAM Mobil Data, su más importante competidor.

— RAM Mobile Data: Esta utiliza el sistema de red móvil de datos desarrollado por la compañía sueca Ericson A.B. ampliamente usado en Europa. Es una red de radio de dos vías que estará capacitada para alcanzar cerca del 90% de la población de Estados Unidos.

Estas redes son limitadas por sus bajas tasas de transferencia de datos y no son prácticas para el manejo de grandes archivos. Son apropiadas sólo para el intercambio de mensajes de dos vías, transacciones de corta duración y transferencia de archivos pequeños.

2.4.3. Redes inalámbricas de área local

Estas difieren de las redes convencionales primordialmente en los niveles físicos y de enlace de datos.

El nivel físico simplemente describe el método por el cual los bits de datos son transferidos de un nodo a otro.

El nivel de enlace de datos (Control de Acceso de Medios, MAC) describe

cómo los bits de datos son empaquetados y corregidos.

Los dos métodos de implementar el nivel físico de una LAN inalámbrica son **radiofrecuencia y transmisión por luz infrarroja**. Los sistemas infrarrojos están limitados a un mismo salón, ya que el receptor y el transmisor deben poder verse uno al otro; además de este inconveniente, presentan la posibilidad de que la comunicación quede anulada si ocurre una iluminación ambiental demasiado intensa. Sin embargo existen redes infrarrojas de edificio a edificio en las que los transceivers (receptores-transmisores) son colocados en ventanas de edificios adyacentes. El sistema infrarrojo es utilizado en aparatos de control remoto para TV's, VCR's y estéreos.

El principio es el mismo para estos dispositivos que para las LAN's inalámbricas: la luz infrarroja es transmitida de un transceiver a otro, y la luz de transmisión es codificada y decodificada en los puntos de transmisión y recepción a un protocolo compatible con los protocolos de red existentes.

El pionero en el desarrollo de las redes infrarrojas es Richard Allen, quien fundó Photonics Corp. en 1985 y desarrolló el transceiver infrarrojo, del cual se han desarrollado versiones como el Photolink.

2.4.4. LAN's inalámbricas de radio frecuencia

Para minimizar la interferencia que podría haber en las bandas de frecuencia que se encuentran a disposición de todas las personas, se implementó una técnica llamada "**Modulación del Espectro de Difusión**", cuya idea básica es tomar una señal convencional de banda angosta y distribuir su energía a un dominio de frecuencia mucho más amplio. Así la densidad de energía promedio es mucho más baja en el espectro de difusión equivalente de la señal

de banda angosta. Esto es utilizado en aplicaciones militares, pero la idea en las redes comerciales de radio es ser capaces de recibir y enviar señales con una interferencia mínima.

La distribución de la señal de banda angosta al espectro de difusión equivalente se lleva a cabo mediante secuencia directa y espera de frecuencia.

Se han diseñado dispositivos que permiten la utilización de microondas dentro de una edificación, como por ejemplo el sistema Altair de Motorola, el cual proporciona una solución inalámbrica para el ambiente de oficina, pero no supe las necesidades de las comunicaciones móviles inalámbricas como lo hace el transceiver portable infrarrojo Photonics.

2.4.5. LAN's inalámbricas y computación móvil

En el desarrollo de los ambientes de redes inalámbricas deben tenerse en cuenta muchos aspectos. Desde una perspectiva de software, las redes inalámbricas requieren de un planteamiento diferente al de las redes cableadas. Particularmente, la conectividad de la red inalámbrica se puede interrumpir fácilmente, si por ejemplo, el usuario sale del rango de la onda de radio o de la señal infrarroja. Por lo tanto el software para los sistemas inalámbricos debe proporcionar los métodos para cuidadosamente separarse y reconectarse de la red sin chocar contra la red o el nodo remoto. Idealmente, la red sería capaz de interrumpir una transmisión de datos y retomarla donde había quedado cuando la red fue reconectada.

3. SERVICIOS QUE BRINDAN LAS COMUNICACIONES INALAMBRICAS

Existen tres tipos principales de servicios inalámbricos:

- Comunicadores de una vía.
- Radio de dos vías.

— Servicio celular de dos vías.

La compañía que maneja los sistemas ubicuos en el mercado inalámbrico es Motorola.

3.1. Comunicadores de una vía

Permite al usuario sólo recibir datos de enlaces de correo electrónico especial o de servicios de suscripción de noticias.

El sistema original de comunicación móvil de datos, fue el "pager" (localizador), el cual permite recibir datos transmitidos de una antena central, a través de un área amplia.

En estas comunicaciones, los mensajes se transmiten por líneas telefónicas a uno de los dos interruptores que empaquetan los datos y los envían a un enlace satelital. De ahí el mensaje se transmite simultáneamente a un 90% de la parte continental de los Estados Unidos. El que envía el mensaje no necesita saber el lugar donde se encuentra el receptor. Los usuarios que hayan movido sus receptores de la red de trabajo pueden recuperar sus mensajes a través del teléfono. No se pueden manejar mensajes que contengan más de 240 caracteres. El sistema de SkyTel es el que lidera el mercado de mensajería de una vía. Una ventaja que tiene SkyTel sobre la mayoría de los sistemas de dos vías es su rango de cobertura; además tiene enlaces a los principales sistemas de correo electrónico.

Cuando se recibe un mensaje de correo electrónico, se recibe bien sea una alerta o los primeros caracteres del mensaje. Se puede acceder al mensaje completo a través de un sistema cableado.

Otra compañía, EMBARC (Electronic Mail Broadcast to Roaming Computer) permite manejar mensajes hasta de 30.000 caracteres; además estos mensajes pueden unirse para formar otros más largos. También permite actualizar el mismo archivo en varias terminales.

Por otra parte, transmite datos de ocho bits, de modo que se pueden mover archivos binarios dentro del sistema, mientras que SkyTel transmite solamente datos de siete bits.

Otro uso de este tipo de comunicación es la recepción de servicios de noticias, donde el usuario puede elegir de qué fuente recibir las noticias.

El precio de los mensajes se basa en el tamaño y la prioridad que se les asigne.

3.2 Comunicadores de dos vías

La mensajería de una vía es usada para la transmisión de datos desde un lugar central, tal como un servicio de noticias, a muchas unidades remotas. Los sistemas de dos vías agregan corrección de error, el cual es esencial para mensajes de correo electrónico.

Las comunicaciones de dos vías ofrecen una verdadera capacidad para este servicio; permiten también a los usuarios de sistemas inalámbricos comunicarse tanto entre ellos como con aquellos que usan sistemas cableados.

Hasta ahora, el modelo de comunicación de dos vías ha sido el sistema telefónico. Aún nadie ha determinado las características que se deberían incluir en un sistema de comunicación de dos vías. Dos métodos de transmisión, paquetes de radio y celular, están tratando de ocupar este vacío. Los dos comparten grandes similitudes, pero sus diferencias revelan contradicciones en sus bases filosóficas.

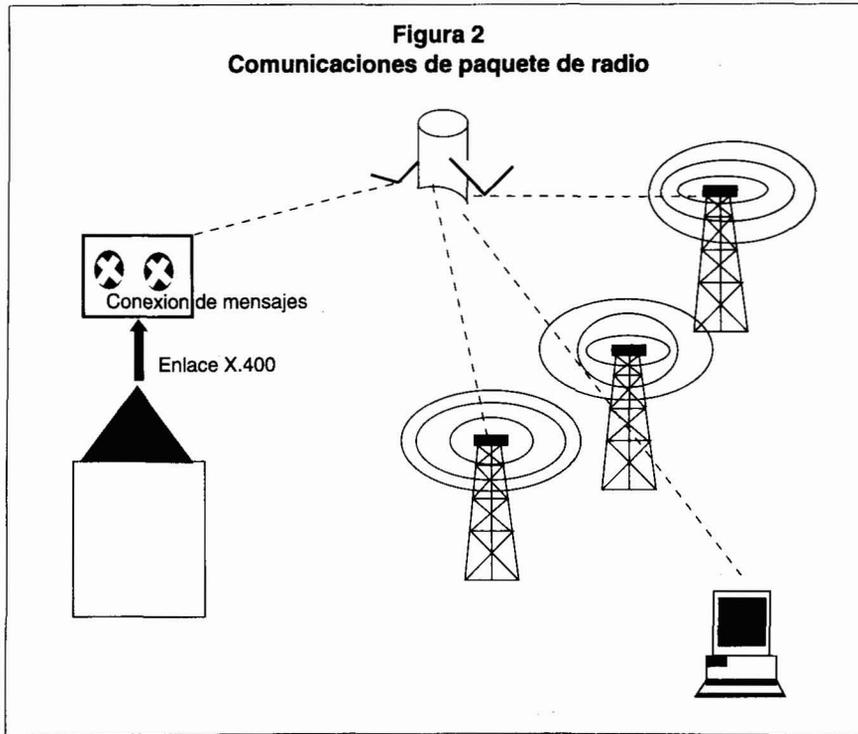
3.2.1. Comunicadores de paquetes de radio

Los comunicadores de paquetes de radio de dos vías trabajan muy parecido a sus primos de una vía. Se envían los datos de una fuente y pasan a través de una serie de interruptores; ahí la señal se divide en paquetes a los cuales se les agrega la información sobre direccionamiento. Luego la señal empa-

quetada se envía a un enlace satelital y se transmite a las estaciones base desde las cuales se busca el destinatario. Debido a que el enlace es de dos vías, se debe usar la corrección de errores y la red como tal, usa detección de colisión para regular el flujo de tráfico, así como la arquitectura de Ethernet LAN lo usa.

En la Figura 2 podemos observar que el servicio origina el mensaje y lo transmite a través de un enlace X.400 para la corrección del mensaje, el cual empaqueta la señal para la transmisión. Un interruptor mueve el mensaje a un paquete ensamblador-desensamblador (PAD). El PAD transmite la

señal codificada hacia un enlace satelital, el cual envía el mensaje a las estaciones base que se encargan de transmitirlo. Cada sitio examina las direcciones de los receptores en su área de cobertura; el lugar donde reside el receptor con la dirección o código apropiado, envía el mensaje a la unidad. Si ésta no se localiza en ninguna área de cobertura, el mensaje se guarda en el lugar de transmisión por un tiempo o hasta que la unidad reaparezca. Los mensajes pueden recobrase por medio de líneas terrestres. Este proceso se invierte para las señales que se muevan en dirección contraria.



3.2.2. Bloques celulares

Radio celular: Corrige muchos de los problemas de los servicios tradicionales de teléfonos móviles y crea un ambiente totalmente nuevo, tanto para el radio

móvil como para el servicio telefónico alámbrico.

Los conceptos claves de la radio celular fueron descubiertos por los investigadores de los Laboratorios Telefóni-

cos Bell en 1947. Se determinó que subdividiendo un área geográfica relativamente extensa en pequeñas secciones llamadas celdas, un concepto llamado **reuso de frecuencia** que podría emplearse para incrementar dramáticamente la capacidad de un canal de teléfono móvil.

El concepto básico de la radio celular es bastante simple. La FCC definió áreas de cubrimiento geográfico para radio celular basadas en los datos recolectados en el censo de 1980. Con el concepto celular, cada área se divide además en celdas hexagonales que se ajustan entre sí para formar un patrón de panal. La estructura de exágono fue escogida porque brinda la transmisión más efectiva, aproximando un patrón circular mientras que se eliminan las brechas presentes entre círculos adyacentes. El número de celdas por sistema no es definido por la FCC y se ha dejado al proveedor establecerlo de acuerdo con los patrones de tráfico anticipados. Cada área geográfica de servicio móvil contiene 66 canales de radio celular. Cada transceiver dentro de un área cubierta tiene un subconjunto de los 666 canales disponibles de radio basados en el flujo de tráfico esperado.

Hay cuatro componentes principales en un sistema de radio celular:

— **Centro de conexión electrónico.** Es un intercambio telefónico digital y es el corazón del sistema. La conexión realiza dos funciones esenciales: (1) Controla la conexión entre la red pública de teléfonos y los lugares de celdas para todas las llamadas: alámbricas a móviles, móviles a alámbricas y móviles entre sí; y (2) procesa los datos recibidos de los controladores del lugar de celdas referentes al estado de la unidad móvil, datos de diagnóstico, y la información acerca de facturación.

— **Lugar de celdas.** Cada celda contiene un controlador que opera bajo la dirección del centro de conexión. El controlador de lugares de celdas maneja cada uno de los canales de radio del lugar, supervisa llamadas, activa y desactiva el radio transmisor-receptor, introduce datos en los canales de control y del usuario, y realiza pruebas de diagnóstico en los equipos del lugar de celdas.

— **Interconexiones del sistema.** Cuatro líneas telefónicas cableadas son usadas generalmente para conectar los centros de conexión a cada uno de los lugares de celdas. Hay un conjunto principal de cuatro cables dedicado para cada uno de los canales de la celda del usuario. Además, debe haber por lo menos un circuito de cuatro cables para hacer la conexión al controlador del lugar de celdas como un canal de control.

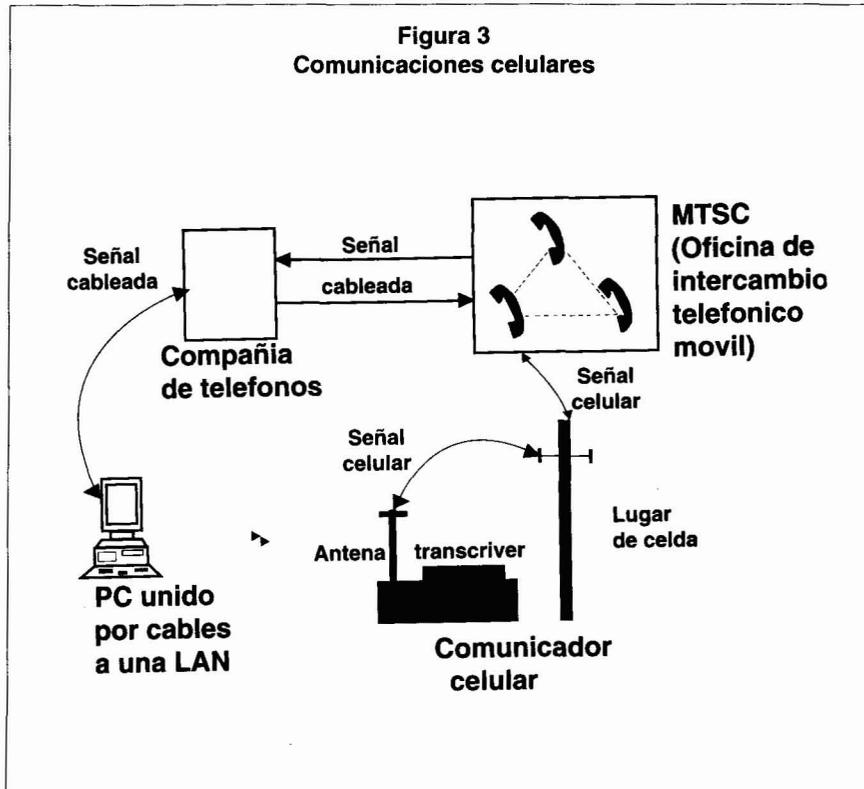
— **Unidades móviles.** Una unidad de teléfono móvil consta de una unidad de control, un radio transceiver, una unidad lógica y una antena móvil. La unidad de control almacena todas las interfaces de los usuarios. El transceiver usa un sintetizador de frecuencia para sintonizar algún canal celular designado del sistema. La unidad lógica interpreta acciones de suscripción y comandos del sistema y maneja la unidad de control y el transceiver.

Los comunicadores celulares trabajan muy parecido a los teléfonos celulares (de los cuales hablaremos más adelante) y se usan en la misma porción del espectro. Sin embargo, como la radio, la señal celular es digital. Desde un sistema limitado por cables, la señal se conduce a una compañía de teléfonos hasta un lugar de celda, donde es reformateado. Allí la red regula las ondas aéreas, esperando escuchar el final de una llamada de voz. Todas las

Llamadas celulares requieren tener un período de cinco a diez segundos después de la desconexión, mientras la línea se autocaliza, así la red de datos usa ese tiempo para emitir sus paquetes, los cuales viajan a una estación

base y desde allí hasta el receptor. Este proceso se invierte si la señal se envía desde una unidad móvil.

La Figura 3 muestra el funcionamiento de este tipo de comunicaciones.



Las llamadas celulares realmente permanecen limitadas por alambres en una parte considerable de su trayecto. Si la señal se origina en un sistema con limitaciones alámbricas, pasa a la compañía de teléfonos conectada por alambres. De la conexión, la señal se mueve hacia la oficina móvil de conexiones telefónicas, donde se convierte a la frecuencia celular, se formatea y se mueve hacia un lugar de celda para transmitirla. Si el mensaje se origina al final de la comunicación celular, el camino se invierte. Cuando dos unidades celulares

están dentro del rango del mismo lugar de celda, la llamada se mueve a través de él hacia la oficina de comunicaciones telefónicas y entonces regresa de nuevo.

3.2.2.1. CDPD (Cellular Digital Packet Data)

Debido a que la transmisión de datos en líneas de voz celulares consume mucho del ancho de banda de voz en una celda, las compañías celulares están constantemente investigando otros métodos para enviar información sobre

líneas celulares. Una estrategia usada en la transmisión celular análoga para la comunicación de datos es el CDPD.

Este sistema es una tecnología para la transmisión de datos sobre canales celulares inusuales. Está basado en la tecnología CellPlan II de IBM y se diseñó con algunas compañías de comunicaciones para brindar comunicaciones de datos en el rango celular sin impedir los sistemas de voz. El sistema usa canales de teléfono y es suficientemente ágil para saltar frecuencias cuando una nueva llamada telefónica empieza en la celda. El sistema está limitado por el número de frecuencias disponibles en la celda: cuando todas están en uso, la red cierra nuevas conexiones.

El CDPD ofrece un amplio ancho de banda (cerca de 19 Kbps. con compresión) y continuas conexiones para redes de trabajo semejantes a la red de trabajo de la IBM. Usa un canal completo de voz; salta de canal en canal para evitar la interferencia con la transmisión de voz. Aun en el tráfico pesado, existe un exceso de capacidad que puede ser usado para datos.

3.2.3. Aspectos a considerar en la selección de un servicio de dos vías.

Todas las consideraciones técnicas deben ser medidas de acuerdo con los objetivos individuales, de la empresa y otros, cuando se están escogiendo las capacidades inalámbricas por usted mismo o por alguien más en su organización. El potencial de movilidad que tiene el servicio inalámbrico de dos vías es tremendo, y podría disminuir substancialmente otros factores que usualmente tomarían precedencia, tal como el costo, el cual permanece central para la mayoría de las decisiones de compra.

3.2.3.1. Penetración de señal y acceso

Si usted vive en un área metropolitana, debe familiarizarse con los proble-

mas de recibir señales de radio sin interferencia. Si vive en una comunidad rural, se debería tener un número limitado de estaciones de radio de las cuales escoger. El mismo principio se mantiene para las comunicaciones inalámbricas. Su penetración se dificulta por el gran número de altos edificios, haciendo que la señal no sea lo suficientemente clara. ARDIS fue desarrollada en parte, específicamente, para trabajar dentro de los edificios, por lo tanto, su penetración de señal es excelente.

3.2.3.2. Tasa de datos

Las redes de datos inalámbricas se diseñan bajo el supuesto de que las conexiones son inestables. Los procedimientos resultantes de corrección de error que son requeridos para asegurar transmisiones nítidas, disminuyen la velocidad a la que se baja la información.

En términos prácticos, no será posible enviar grandes archivos a través de estos servicios en un futuro cercano; en vez de esto, serán usados ante todo para correo electrónico y para accesos simples a una base de datos.

3.2.3.3. Interconectividad

La proliferación de los servicios de datos, ninguno de los cuales ha establecido aún dominio, preocupará a cualquiera que esté interesado en la obsolescencia del hardware. Afortunadamente muchos de los vendedores de hardware han suavizado el camino y muchas máquinas ofrecen ya conectividad para al menos dos de los sistemas disponibles. Los dispositivos proyectados por la IBM pueden operar con un modem inalámbrico, un modem con interruptores celulares, una unidad suscrita al CDPD y un teléfono celular.

3.2.3.4. Almacenamiento y seguimiento

Cuando se mueve del rango de la señal, o si se tiene que desconectar la unidad inalámbrica (por ejemplo cuan-

do se viaja en avión), es esencial que los mensajes esperen en algún lugar para una recuperación posterior. Estos servicios se implementan con un recorrido transparente en el cual el seguimiento de los mensajes no es ningún problema. Estos servicios mantienen los mensajes hasta que la unidad se conecte de nuevo.

3.2.3.5. *Otros aspectos de interés*

—**Energía:** Así como cualquier dispositivo que dependa de las baterías, el consumo de energía es una importante preocupación para los usuarios de los comunicadores inalámbricos.

—**Precio:** Los precios de los servicios de una vía son generalmente más estables de mes a mes; los de los servicios de dos vías varían de acuerdo con los cambios en su estructura y mecanismo.

Las transmisiones celulares, como las llamadas celulares, se cobran de acuerdo con la duración, mientras las transmisiones de paquetes de radio se cobran por la cantidad de datos que se transfieren.

3.3. **Diferencias filosóficas entre los servicios inalámbricos**

Tanto los paquetes de radio (de una y dos vías) como los celulares tienen ventajas que definen lo que un dispositivo de comunicación personal *podría* ser.

En los comunicadores de una vía, la información se transmite a cualquiera que esté escuchando, y *no se espera* una respuesta, ya que al que envía los mensajes se le cobra sólo una transmisión, sin importar el número de receptores, este servicio es ideal para comunicaciones de uno a muchos.

Los dispositivos de paquetes de radio de dos vías tienen una excelente confiabilidad y una aceptable velocidad. Su corrección de error y comunicación instantánea los hace ideales para correo

electrónico; se paga por el número de paquetes enviados y no por el tiempo que toma enviarlos.

Los servicios celulares tienen una poderosa ventaja sobre los otros servicios: voz. Ninguno de los otros servicios es capaz de enviar una señal de voz hoy en día. La tecnología de paquetes de radio ofrece el potencial, pero la calidad de la transmisión no se ha establecido aún.

3.4. **Transmisiones sin licencia**

La mayoría de los servicios inalámbricos requiere una suscripción a un servicio central respaldado por una compañía con licencia. Estas compañías manejan su espectro de radio y cobran por cada byte que viaje a través de sus canales.

La FCC está separando una porción del espectro para el uso de computadores móviles de poco poder y sin licencia. Estas bandas permitirán establecer redes inalámbricas dentro de un edificio, de manera que los laptops y otras computadoras puedan moverse del escritorio al salón de conferencias y mantenerse aún conectados con la red.

La FCC propone reservar un ancho de banda de 20 megahertz para servicio sin licencia, en respuesta a una petición de Apple Computer.

Naturalmente estos sistemas podrían conducir a un caos si todo el mundo comenzara a transmitir en una parte tan estrecha del espectro. En efecto, portadores como la red RAM Mobil Data y las compañías de telefonía celular están contando con este caos para conducir a los clientes a las redes propietarias, donde ellos brinden administración. Las bandas sin licencia, sin embargo, no tienen que ser como una Torre de Babel. Es posible crear estándares para estas bandas que serán lo suficientemente fuertes para mantener el orden dentro de las mismas.

4. TELEFONIA CELULAR

Es probable que ningún otro invento, excluyendo el automóvil, tenga tanto impacto en nuestra vida moderna como el teléfono. Una gran cantidad de desarrollos tecnológicos están detrás de los adelantos del servicio telefónico y de los equipos que ahora usamos. La transmisión digital brinda una señal más clara, los cables de fibras ópticas incrementan el número de señales y sus capacidades, y por último ha habido una integración entre el teléfono y la computadora, gracias a las fichas y tarjetas con circuitos integrados, cada día más pequeñas y económicas.

Luego de haber transcurrido once años de su aparición, el teléfono celular ha sido recibido en nuestros hogares con más rapidez que ningún otro producto electrónico de consumo. Varios desarrollos realizados durante los pasados años se han combinado para incrementar el número de los usuarios de los servicios celulares.

Los sistemas celulares permiten que muchos usuarios compartan el limitado número de canales de frecuencia disponibles en una región. Sin embargo, la cantidad disponible del espectro no puede acomodar a todos los usuarios si a cada uno se le asigna su propio canal; un sistema celular permite que los canales de frecuencia sean reutilizados en la misma área, dividiendo la región total en muchas celdas más pequeñas.

Por supuesto, este simple concepto no puede implementarse sin un gran esfuerzo de soporte. La estación central de base de cada celda no es independiente de otras celdas en la región: todas las celdas están unidas entre sí y deben coordinar cuidadosamente sus actividades incluyendo localización de canales y transferencia de control de un teléfono móvil de una celda a otra, a medida que el usuario se mueve y cruza los límites de la celda. Los teléfonos

utilizados son mucho más que receptores/transmisores combinados. Ellos usan síntesis controlada digitalmente para fijar la frecuencia de operación y deben cambiarla en milisegundos basados en órdenes de la estación base. La unidad telefónica también tiene su nivel de poder controlado por la estación base, para mantener la fuerza mínima de la señal que permita comunicaciones confiables mientras evita que se generen interferencias.

4.1. El concepto celular

Es sencillo entender que combinaciones de transmisores/receptores manuales (Transceivers, walkie-talkies, o radioteléfonos) proveen un canal doble de comunicación entre un par de usuarios. El número de pares de usuarios que cualquier banda soporta está limitado por el número de canales disponibles y la porción localizada del espectro de frecuencia, junto con el modo de operación (half-duplex o full-duplex). Un canal generalmente no es asignado permanentemente a un transceiver físico específico: En una forma básica de localización dinámica, un par de usuarios toman un canal desocupado, y cuando lo han hecho, otro par de usuarios puede acceder el canal.

Hay algunos problemas con este esquema de contacto directo entre pares de usuarios. Primero, el rango es limitado. Comunicarse a través de grandes distancias requiere más poder, antenas más grandes y receptores más sensibles. La fuerza de la señal será suficiente cuando los usuarios estén cerca, pero decae a medida que se alejen uno del otro. En efecto, el poder de transmisión puede desperdiciarse si los dos usuarios están muy cerca, sin embargo no tendrán el poder suficiente para otras distancias.

Una mejor solución es tener una única estación base que sirva como nodo central para todos los usuarios. Cada

usuario se comunica con la estación base, la cual actúa como una estación confiable de mayor poder (similar a un satélite pero fija en la tierra). La estación base recibe una señal y la retransmite con un mayor poder, a menudo con una antena más alta y efectiva que la de cualquier dispositivo manual. La estación base también hace que el área de cobertura sea uniforme para todos los usuarios. A medida que la señal del transceiver alcanza la estación base, será retransmitida con suficiente poder para llegar a los usuarios en el borde del área cubierta. Al mismo tiempo, el poder del transceiver no tiene que llegar tan lejos, sólo tiene que viajar de una orilla de cobertura a la estación base ubicada centralmente en vez de a un usuario en la orilla opuesta.

Una estación base mejora el rango logrado pero no hace nada para aumentar el límite en el número de canales y usuarios en una frecuencia de banda fija. Un método para mejorar la utilización de los canales disponibles es utilizar un canal como canal de llamada. Utilizando este canal el usuario de teléfono móvil contacta la otra parte deseada y luego ambas se conectan a otro canal para conversar. Este esquema significa que sólo un canal es utilizado para el ineficiente proceso de espera y establecimiento, y los canales restantes son usados para la conversación actual. Aunque esto incrementa el uso de los canales disponibles, todavía hay una limitación fundamental en el número de conversaciones que pueden ser mantenidas simultáneamente. Como resultado, muy pocas personas de las que quieren o necesitan un teléfono móvil para su carro o bote pueden conseguirlo. Aun servicios especiales como el de la policía y los bomberos, que tienen bandas de frecuencia separadas en el espectro, tienen restricciones en el número de radiotelefonos que pueden ser manejados.

Este problema fue estudiado durante muchos años. La solución más atractiva fue dividir el área total a cubrir, en celdas más pequeñas. El área total que cubre los radiotelefonos está actualmente compuesta por una capa de muchas celdas pequeñas, cada una tocando celdas adyacentes de manera que no haya áreas sin cubrimiento. La única desventaja de esta solución es que requiere un manejo muy sofisticado de las celdas y de la forma en que éstas interactúan, y así los teléfonos celulares pueden por sí mismos realizar funciones y operaciones avanzadas.

Podemos resaltar las claves de un sistema celular:

- Dividiendo el área total en pequeñas celdas, muchos usuarios pueden estar realmente usando los mismos canales "al mismo tiempo", debido a que celdas adyacentes tienen diferentes tipos de frecuencia.
- Las estaciones base de cada celda se enlazan entre sí de manera que una conversación pueda pasar de una celda a otra. Esto conecta a los usuarios en cualquiera de las dos celdas, sin hacer caso a las asignaciones de sus canales.
- Un teléfono celular cambia de un canal a otro a medida que cruza los límites de una celda, aun mientras la conversación está en progreso. Esto es muy diferente de simplemente usar un canal distinto cada vez que se inicia una conversación y mantener ese canal hasta que la conversación termina.

Estos principios son sencillos, pero la administración real de todo el sistema celular es extremadamente compleja. Entre otras funciones, las estaciones base deben estar unidas a la red, y cada estación debe llevar no sólo la conversación del usuario, sino también información acerca de qué canales están disponibles para que un teléfono celu-

lar pueda ser conectado a uno de ellos cuando cruza el límite.

El sistema de telefonía celular es realmente una red avanzada con localización extremadamente dinámica, de modo que tengan acceso todos los usuarios posibles. Lo que hace que el sistema celular sea único es que los equipos del usuario están conectados por enlaces de radio, y los teléfonos son extremadamente sofisticados.

Aunque las conexiones celulares se basan en una tecnología análoga menos robusta, las compañías de telefonía celular tienen varias ventajas estructurales sobre las redes de sólo datos.

En las grandes ciudades se cuenta con más de un sistema de telefonía celular disponible para brindar el servicio. Otro aspecto importante es que el hardware del teléfono celular es relativamente no muy costoso. Estos teléfonos necesitan sólo de un modem y un adaptador para empezar a transmitir datos.

Los modems celulares realizan corrección de errores y compresión de datos, incrementan o decrementan la velocidad de transmisión, cambian el tamaño de los paquetes, y contrarrestan la señales fluctuantes. Estos modems son costosos, debido principalmente al robusto chequeo de error que ellos requieren y al hecho de que el mercado para ellos es más pequeño que el mercado de los modems convencionales.

4.2. Cómo funciona el sistema

El teléfono celular no puede pasar inadvertido, muy en especial en las grandes ciudades, pues vemos a los usuarios generando llamadas desde los automóviles y unidades portátiles en los lugares públicos.

El nuevo mundo "celular" ha contribuido a que en las ciudades grandes, las áreas suburbanas y las áreas rurales se llenen de pequeñas zonas llamadas las celdas (Ver Figura 4). Cada una

de estas celdas celulares tiene su propia torre transmisora. Son estas torres las que reciben las llamadas hechas a través de ondas de radio transmitidas por la frecuencia FM de radio. Esas son las mismas ondas de radio que recibe el receptor de radio de FM, pero ocupan una frecuencia distinta, precisamente para evitar que se cree una interferencia con la radio.

Debido a que las señales del sistema tienen relativamente poca potencia, las mismas permanecen dentro del entorno de la celda celular, la que por lo general tiene un diámetro que varía desde 1.6 kilómetros (1 milla) hasta 32 Kms. (20 millas). De esta manera, las mismas frecuencias (o canales) pueden ser usadas en celdas vecinas con muy pocas oportunidades de que pueda presentarse una interferencia.

Para que se efectúe una comunicación celular se requieren cuatro elementos: un teléfono celular (en un vehículo o en una vivienda), una planta telefónica de la compañía celular local que establece las comunicaciones, la compañía telefónica convencional de servicio local (a través de cuyas líneas es enviada la llamada a un teléfono regular) y otra compañía telefónica convencional que preste servicio local en otra comunidad (para recibir una llamada de larga distancia).

Al iniciarse la llamada desde un teléfono celular (Ver Figura 5), la unidad envía una señal con características únicas (1) a la torre celular más cercana. A su vez, esta torre transfiere la señal usando las líneas telefónicas convencionales (2), hasta la planta telefónica celular del área, para que desde allí se establezca la comunicación. Si la computadora de la compañía celular reconoce el teléfono celular que generó la llamada, entonces la misma es canalizada (3) a la compañía telefónica convencional de la localidad, en donde la

Figura 4.
Sistema típico de telefonía celular

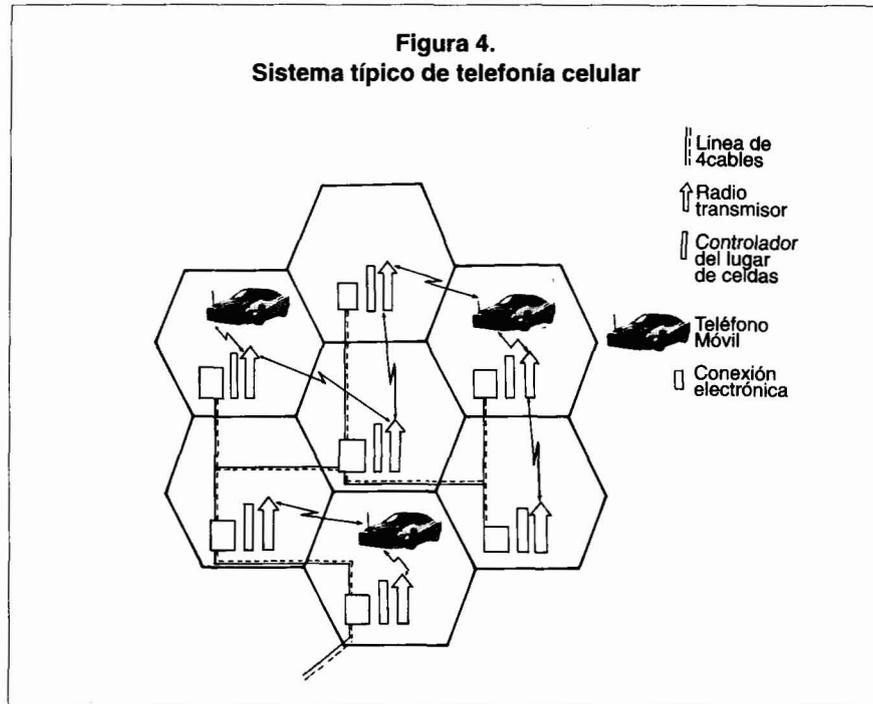
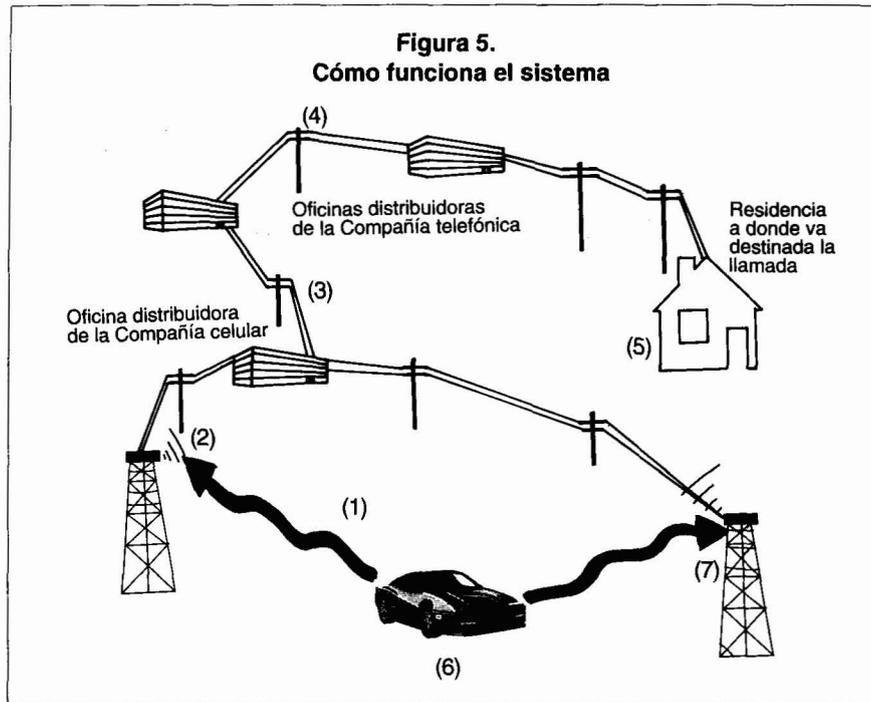


Figura 5.
Cómo funciona el sistema



llamada es procesada al igual que todas las demás (4), siendo trasladada a una compañía de larga distancia si ese fuese su destino. Cuando la llamada llega hasta el teléfono convencional a donde estaba destinada, la misma es recibida (5) y queda establecida la comunicación. Si la llamada fue generada desde un vehículo, y éste se acerca al límite de la celda celular (6), la señal busca un canal disponible en la torre transmisora más cercana, y entonces la llamada es transferida a la nueva torre (7). Naturalmente, si la torre nueva no tuviera un canal disponible, la comunicación se cortaría abruptamente.

4.3. Tipos de teléfonos celulares

Las compañías que suministran el servicio y operan los sistemas celulares han invertido millones de dólares para instalar torres transmisoras en más países, ciudades, pueblos y áreas rurales. También la tecnología ha transformado a los propios teléfonos. Adicionalmente a los teléfonos móviles instalados profesionalmente en los vehículos y a las unidades transportables para llevar en un portafolios o bolso, posteriormente apareció el teléfono manual portátil ligero y pequeño, que resulta ideal para llevarlo a todas partes.

4.3.1. Teléfono móvil

El tipo más antiguo de teléfono celular es el móvil. Este de forma permanente ha sido instalado (generalmente por un profesional) en un vehículo, y obtiene sus tres vatios de energía para transmitir de la propia batería del vehículo. Además, el teléfono móvil es usado con una potente antena que está montada en la parte exterior del vehículo. Normalmente, el móvil es el teléfono celular más barato, y ofrece mayor alcance y comunicaciones de gran calidad.

4.3.2. Teléfono transportable

También conocido como teléfono de bolso, este tipo es en esencia un teléfono móvil que puede ser desmontado del

vehículo y utilizado con su propio paquete de batería. Aunque técnicamente esto lo convierte en un teléfono portátil, con un peso alrededor de los 2.25 Kg (5 libras) no es probable que nadie lo cargue muy lejos del automóvil. Los teléfonos móviles y transportables tienen más potencia que los portátiles y efectúan mejores conexiones, pero los teléfonos transportables son abultados y pesados. Desde luego de este tipo ya hay modelos menos voluminosos y pesados.

4.3.3. Teléfono portátil

Con una apariencia similar a la unidad manual de un conjunto de teléfono inalámbrico, el celular portátil suele tener un peso inferior a 0.45 kg (1 libra). Es versátil, pero costoso. La limitada potencia del teléfono portátil (entre 0.6 y 1.2 vatios) reduce su efectividad y alcance en áreas con un servicio pobre o deficiente. Sin embargo, hay algunos modelos que aceptan un paquete especial opcional, que incrementan su potencia a tres vatios.

4.4. Telefonía móvil celular en Colombia

De acuerdo con el reglamento del Ministerio de Comunicaciones, el estándar que se va a utilizar es el americano, ubicado en la banda de los 900 megahertz y denominado A.M.P.S. - Advance Mobile Phone System- o Sistema Avanzado de Telefonía Móvil, el cual empezó su fase experimental en la ciudad de Chicago en 1978, cubriendo inicialmente una extensión de 5.400 kilómetros cuadrados, con 10 células de radio y 136 canales para 2000 usuarios.

Pese a que fue formalmente comercializado a partir de 1983, en la actualidad es empleado por todos los países de Centro y Sur América.

Cabe anotar que paralelamente, en 1977, fue instalado en Europa el primer sistema experimental de banda de 450 megahertz, que se denominó N.M.T. o Sistema Telefónico Móvil de los países

nórdicos, y entró en servicio en 1981 con 180 canales de radio.

En Japón, por su parte, implantó su primer sistema en 1979, en la banda también de los 900 megahertz.

En Colombia, a partir de 1983, las empresas departamentales de Antioquia, la Empresa de Teléfonos de Bogotá y las Empresas Municipales de Cali, adquirieron el Sistema A.M.T.S. o Sistema Avanzado de Telefonía Móvil Japonés, en la banda de los 400 megahertz de la compañía NEC, con 180 canales compatibles entre sí.

Entre tanto, las Empresas Públicas de Medellín optaron por el sistema "Matsushita", también japonés, pero incompatible con los anteriores, lo cual exigió desarrollos independientes en la zona de Antioquia.

En Cali, la capacidad instalada de dicho servicio, cuya repetidora se encuentra en el Cerro de las Tres Cruces y la central en la telefónica de Colón, cuenta con 2.800 abonados. Este servicio es administrado por Emcali, y su adquisición en costo continúa siendo muy elevada para un usuario promedio.

Por su parte las empresas que resultaron favorecidas para la prestación del servicio en la Red B, o Red Privada, tendrán que garantizar los desarrollos tecnológicos, es decir, la conversión del A.M.P.S. al sistema A.M.P.S. digital.

En términos generales, la telefonía celular es un sistema que permite la comunicación entre usuarios de aparatos móviles, o entre ellos, y convencionales.

El sistema celular funciona mediante la interconexión de la Red Telefónica Móvil Celular con la Red Telefónica Pública Conmutada (RTPC).

La RTPC trabaja con una central conocida como Centro de Conmutación de Servicios Móviles (CCSM), la cual se conecta con transmisores de baja po-

tencia denominados estaciones bases.

Estos a su vez se unen a las estaciones móviles, que son terminales de los usuarios.

Posteriormente, se encuentra con el subsistema de transmisión, el de localización y control, y finalmente el de operación y mantenimiento.

4.4.1. Aspectos económicos

Es de importancia primordial poder informar a los usuarios sobre la forma en que van a tasarse sus llamadas. Deberá indicarse claramente si marcan una llamada local o una llamada interurbana.

Podrá suceder que el plan de numeración no proporcione suficiente información para tasar una llamada. Si la persona a la que se llama, se ha marchado a otro país o está en camino en un avión, la llamada será probablemente más cara que lo que puede deducirse del número marcado.

Para las llamadas entrantes, será necesario saber dónde se encuentra el abonado llamado. Para este fin será necesario implementar bases de datos y sistemas complejos de señalización. En efecto, resultará más económico explotar las potencialidades de la señalización antes de establecer la comunicación, ya que el costo de la conmutación sería menor si la estación A se enterara primero del lugar en que se encuentra el llamado: la llamada podrá entonces conectarse directamente a la estación correcta.

Este procedimiento será elemental cuando nuestro sistema comience a operar con base en redes inteligentes en beneficio final del usuario.

5. COMUNICACIONES SATELITALES

Es otra alternativa en las comunicaciones donde no es necesario la utilización de cables; todo esto debido al gran avance tecnológico que existe. También

se caracteriza por su facilidad de instalación, puntos mínimos de falla y demás ventajas de la tecnología.

Se definen básicamente dos formas de acceder al recurso satelital: Una es la denominada **TDM/TDMA** (Acceso Multiplexado por División de Tiempo) y la otra es la que se conoce como **SCPC** (Canal Único por Portadora). En la primera se tiene un único canal ("tubo") para ser utilizado por todos los participantes. El acceso a este canal se hace por asignación según solicitud de cada uno. En la segunda, se divide el segmento global en canales pequeños pero dedicados a cada usuario.

El método de acceso satelital, está supeditado fundamentalmente por el tipo de servicio que se requiere (voz, datos, fax, video o combinaciones de ellos), la cantidad de ancho de banda que se necesita y la magnitud de la potencia que se está dispuesto a exigir al satélite.

En este enlace las señales son de forma senoidal o cosenoidal, caracterizadas por tres parámetros: amplitud, fase y frecuencia.

Ahora trataremos más a fondo cada una de las características de las comunicaciones satelitales:

5.1. ¿Qué es un satélite?

Un sistema satelital representa toda una integración de la electrónica, la estructura mecánica, coherencia y diseños de antenas, soportados por un sistema de estaciones terrestres, computadores y radares para rastrear la posición del satélite de una manera precisa. Las diferentes órbitas proveen una selección de cubrimiento de la superficie terrestre, con tiempos orbitales oscilando entre 20 minutos y 24 horas. Usando frecuencias en el rango de los gigahertz, los satélites son efectivos y predecibles en realización del trabajo, pero tienen un largo camino de pérdidas de información desde la tierra hasta el satélite o viceversa. Un sistema satelital com-

pleto requiere antenas de alto poder, estados receptores sensitivos y de bajo ruido, y una cuidadosa planeación.

Satélite es un enorme repetidor de microondas localizado en el cielo, es decir que su función básica es servir de antena reflectora en el espacio.

Los satélites que transmiten a la tierra audio, información y video han estado en etapa de desarrollo durante los pasados 50 años. Estos equipos, que originalmente sólo servían como reflectores pasivos de las señales de comunicación del hombre, hoy tienen mayor potencia, pueden hacer interconexiones complejas y son dispositivos de relevo que convierten a otras frecuencias las diversas señales que manipulan.

Un satélite está constituido por uno o más dispositivos receptores/transmisores, cada uno de los cuales maneja una parte del espectro, amplificando la señal de entrada y retransmitiéndola a otra frecuencia, para evitar los efectos de interferencia de las señales de entrada. Su ancho de banda es muy grande, alrededor de 500 Mhz, por lo tanto, se subdivide en transponders. Un **transponder** es el que recibe, demodula y retransmite la señal.

El **uplink** es el camino de la señal desde el transmisor hasta el satélite. El **downlink** es la ruta correspondiente desde el satélite hasta el receptor en la tierra.

El flujo dirigido hacia abajo puede ser muy amplio y cubrir una parte significativa de la superficie terrestre, como era el caso de los primeros satélites que tenían un haz especial que cubría todas las estaciones terrestres, o ser muy estrecho y cubrir un área de cientos de kilómetros de diámetro.

En la actualidad la estrategia de difusión es más sofisticada, cada satélite está equipado con múltiples ante-

nas y transponders. Existen dos antenas especiales. Una es diseñada para la frecuencia del uplink y la huella del satélite y es orientada hacia el transmisor terrestre; la otra es optimizada para la frecuencia de downlink y la huella deseada para direccionarla hacia el receptor terrestre.

Cada uno de los haces de información provenientes del satélite cubre un área geográfica, de tal forma que se puedan hacer varias transmisiones de haces simultáneas hacia el satélite. A estas transmisiones se las denomina **traza de onda dirigida**.

En el mundo existen muchos sistemas satelitales, y esos sistemas pueden estar clasificados o pueden tener diferentes criterios. Por ejemplo:

— **Satélites de carácter regional:**

Intelsat: Consorcio Mundial.

Panamsat: Consorcio Privado Internacional

Arabsat: Consorcio Multinacional.

Imarsat: Consorcio Mundial.

Solidaridad: Consorcio Multinacional.

También podemos decir que son de carácter hemisférico y de carácter global.

— **Satélites de carácter doméstico:**

Morelos: México

Brasilsat: Brasil

Palapa: Indonesia

Cada uno de estos satélites se encuentran ubicados en órbitas geoestacionarias, como lo veremos más adelante.

5.2. Comunicaciones y órbitas

Los satélites se colocan en órbitas alrededor de la tierra en varios ángulos y altitudes.

La **huella** de un satélite es la porción terrestre en la cual el satélite puede recibir información o transmitirla.

5.2.1. Altitud

La órbita del satélite alrededor de la tierra puede ser relativamente baja —50 a varios cientos de millas— o tan alta como 23.000 millas. El tiempo para una órbita completa del satélite se determina principalmente por su altura. Un satélite a 100 millas toma 90 minutos para una órbita, mientras una a 10.000 millas toma aproximadamente 12 horas para completarla; de otra parte, una órbita a 22.300 millas toma 24 horas.

Las órbitas más bajas requieren menos fuerza, tanto para el transmisor como para el satélite, debido a que las distancias son mucho más cortas. Dichas órbitas requieren que las antenas transmisoras y receptoras se muevan físicamente para rastrear al satélite; este rastreo requiere una alineación precisa de la antena.

Las órbitas no son realmente circulares sino elípticas, lo cual complica el problema del rastreo debido a que el satélite estará en algunos puntos de la tierra más cerca que en otros. A medida que la altura del satélite se incrementa, las órbitas se vuelven tan circulares como sea posible.

5.2.2. Ángulos

Una órbita se define por el ángulo con respecto a la línea del Ecuador. Hay tres tipos básicos de ángulos orbitales posibles: **polar, inclinado, y ecuatorial**. En la órbita polar, el ángulo del plano orbital es de 90° y el satélite rota básicamente sobre los Polos del Sur y del Norte a medida que la tierra se mueve bajo él. Esta órbita polar se usa para satélites de baja altitud así como en los satélites espías que toman fotos y fisgonean en la tierra las señales de radio.

En una órbita inclinada el plano de órbita del satélite es más paralelo con el Ecuador, en contraste con la órbita polar, donde el plano del satélite es de

90° con el Ecuador. A medida que la inclinación del satélite se hace más cercana al Ecuador, cubre una mayor porción de la parte central del globo en cada ronda.

Cuando la inclinación de la órbita es 0°, el plano del satélite y el plano ecuatorial de la tierra son los mismos. Esto conduce (a 22.300 millas de altura) a una única órbita geoestacionaria la cual es bastante útil en las comunicaciones debido a que el satélite se demora 24 horas en completar la órbita.

5.2.2.1. *Órbita geoestacionaria*

Todos los satélites de comunicaciones se sitúan en la actualidad en órbitas geoestacionarias.

El principio físico es basado en la Ley de Kepler, la cual nos indica que el período orbital de un satélite varía de acuerdo con el radio de la órbita elevada a la potencia de 3/2 ($T=K \cdot r^{3/2}$). Cerca de la superficie terrestre, el período es de aproximadamente 90 minutos; los satélites ubicados a esta altura NO son muy convenientes porque se encuentran a la vista de las estaciones terrestres durante un intervalo muy corto. A una altura de 36.000 Km por encima del Ecuador, el período del satélite es de 24 h, por lo cual girará con la misma velocidad con que lo hace la tierra. Un observador, mirando un satélite en la órbita del círculo ecuatorial, lo vería como un punto fijo en el cielo, aparentemente sin movimiento; ésta es una condición deseable, pues de otro modo sería necesario "rastrear" el satélite con la antena. Tres satélites geoestacionarios cubren cerca del 95% (con algunas intersecciones inevitables); sólo las regiones del extremo polar son inalcanzables.

Los satélites en la órbita geoestacionaria forman un **cinturón ecuatorial** alrededor de la tierra. Debido a que éstas son lugares muy deseables para los satélites de comunicación, se han desarrollado acuerdos internacionales de te-

lecomunicaciones, para evitar la interferencia electrónica y la colisión física.

En las más elevadas altitudes, el sol y la luna tienen una pequeña influencia comparada a la de la tierra (aproximadamente 1% de la influencia de la tierra), pero es un impacto significativo en la ruta orbital. Los satélites podrían permanecer fijos en un punto (con respecto a la tierra) si no existieran estas influencias ni otras como los vientos solares que cruzan por nuestro planeta y si la Tierra fuera perfectamente redonda. Este conjunto de fuerzas hacen que un satélite lentamente se desplace de la posición que le fue asignada. Debido a esto, es necesario que los controladores terrestres periódicamente ajusten las posiciones de los satélites para corregir sus localizaciones geoestacionarias. Por lo tanto, todos estos vehículos espaciales de comunicación tienen que estar equipados con pequeños impulsores de gas, que son usados cuando es necesario relocalizarlos.

Para colocar un satélite en la órbita geoestacionaria, se debe lanzar a una órbita previa que se llama **Órbita de Transferencia**, y cuando el satélite dentro de esa órbita alcanza una distancia en la que coincide con la órbita geoestacionaria, queda instalado y girando permanentemente (hasta cuando se cumpla su vida útil).

Los parámetros del satélite geoestacionario son:

- Altura: 22,200 millas por encima del Ecuador.
- Velocidad: de 6.879 millas/hr.
- Período: Aproximadamente de 24 horas, para igualar la rotación de la tierra.
- Tiempo de propagación: 250 ms.

Al pensar en el funcionamiento de los satélites, se presentaba el problema de que la órbita geoestacionaria es un recurso natural no renovable. Con la tec-

nología actual no es deseable tener satélites a una distancia menor de cuatro grados (4°), dado que el haz proveniente de la tierra no solamente bañaría al satélite deseado sino también a aquellos que lo rodean; por lo tanto solamente se puede tener 90 satélites en esa órbita.

Los satélites que utilizan diferentes zonas del espectro no compiten entre sí, cada uno de los 90 posibles satélites podrían tener varios flujos de datos de y hacia la tierra en forma simultánea, y además se puede distribuir el ancho de banda como lo deseen.

Otro problema que surge es qué sucedería si cada quién pudiera utilizar el espectro de frecuencias como quisiera. Por esta razón se requirió un ordenamiento de las frecuencias.

5.3 Ordenamiento de frecuencias

Surgió con el objeto de prevenir un posible caos en el cielo; se han establecido acuerdos internacionales sobre quién pueda hacer uso de las frecuencias y cuáles son esas frecuencias.

Por tal motivo nació la **UIT** (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y una dependencia que es la **WARC** que se encarga de la regulación de los servicios satelitales y coordina reuniones periódicas para planear tecnologías futuras, asignar frecuencias de comunicación y desarrollar normas para los sistemas universales de comunicación.

Por razones de orden, la **UIT** ha dividido el globo en tres grandes regiones:

1. **UIT1:** Europa, África y el Medio Oriente
2. **UIT2:** América del Norte, América Central y América del Sur.
3. **UIT3:** Asia, Pacífico del Sur e India.

Adicionalmente, también la **UIT** ha creado tres categorías generales, en las que se describe la multitud de servicios de comunicaciones vía satélite:

1. **BBS** (Servicio de transmisión vía satélite). Consiste en los servicios de telecomunicaciones diseñados para la recepción directa del público (televisión doméstica).
2. **FSS** (Servicio Fijo de Satélite). Consiste en transmisiones de un punto a otro punto, que no están diseñados para que el público tenga una recepción directa de las mismas.
3. **MSS** (Servicio Móvil del Satélite). Consiste en comunicaciones entre vehículos terrestres, aviones, barcos y estaciones fijas en tierra.

Los satélites de comunicaciones usualmente utilizan frecuencias en un rango de 1 Ghz y mayores. Hay muchas razones para esto. Primero que todo, hay un amplio ancho de banda en esas frecuencias más altas y por lo tanto se pueden enviar grandes cantidades de información. Segundo, las características de propagación en estas frecuencias son muy consistentes. Las señales viajan en una perfecta línea recta y sin ser perturbadas por características geográficas como montañas, agua y nubes (sólo se presentan algunas atenuaciones). Y por último, las longitudes de onda de la señal son más cortas, y se pueden construir antenas de satélite de mayor ganancia y de tamaño y peso razonables.

No todos los satélites operan a tan altas frecuencias; algunos de propósitos especiales como los de señales de radio amateur operan en un rango de muchos cientos de Mhz, pero estos son mucho menos comunes para aplicaciones comerciales debido a la limitada distancia, ruido, dificultades en la predicción de su comportamiento y una menor porción disponible de ancho de banda.

Cada región tiene asignado un grupo fijo de frecuencias del espectro que es del orden de los Ghz; a las bandas

de frecuencias disponibles se les asignan letras:

- * Banda L: De 1 a 2 Ghz.
- * Banda S: De 2 a 4 Ghz.
- * Banda C: De 4 a 6 Ghz; es una banda que se encuentra copada.
- * Banda X: Se encuentra entre 8 a 12 Ghz, y es de carácter militar.
- * Banda Ku: Actualmente se está trabajando en esta banda que es de 12 a 18 Ghz. El desarrollo de estaciones terrenas pequeñas y baratas, junto con una nueva generación de satélites en la banda Ku, han dado lugar a un gran número de redes WAN basadas en las facilidades de comunicación vía satélite.
- * Banda K: De 18 a 27 Ghz.
- * Banda Ka: De 27 a 40 Ghz.
- * Banda V: De 40 a 75 Ghz.
- * Banda W: De 75 a 110 Ghz.

Las bandas de 3.7 a 4.2 Ghz y de 5.925 a 6.425 Ghz (banda C) se han designado como frecuencias de telecomunicación vía satélite. En la actualidad estas bandas, a las que en general se les conoce como la banda 4/6 Ghz se encuentran superpobladas.

Las bandas superiores siguientes disponibles para la telecomunicación son las de 12/16 Ghz, las cuales NO se encuentran todavía congestionadas; en estas frecuencias los satélites pueden tener un espaciado mínimo de 1 grado, lo cual significaría que se aumenta por un factor de cuatro la cantidad de satélites en la banda; este cambio es posible gracias a los adelantos tecnológicos en los receptores de menor ruido, mejores dispositivos electrónicos para los satélites y un seguimiento más preciso de las señales.

Existe un gran problema en las comunicaciones satelitales: La LLUVIA; el agua es un gran absorbente de estas

microondas tan cortas; una posible solución es la localización de las tormentas más fuertes utilizando varias estaciones terrenas preparadas para este propósito.

5.4. Evolución histórica

Las comunicaciones vía satélite empezaron en forma en el año 1960 cuando la NASA envió el primer satélite de comunicaciones, que actuaba como reflector para señales entre 960 y 2.390 Mhz.

En ese mismo año, se lanzó el **Satélite Lourier**, que fue el primer repetidor activo; soportaba un canal de voz y disponía de un dispositivo de grabación digital.

En 1962 **Telstar** de ATT, fue el primer satélite capaz de recibir y emitir simultáneamente, utilizando la banda C (5.7-6.4 Ghz en transmisión y 3.4-4.2 Ghz en recepción) para 600 canales unidireccionales de voz y un canal de TV.

A partir de 1963 el proyecto WestFord puso en órbita 480 millones de dipolos para que actuasen como reflectores de las señales de radio de 8.3 Ghz. También el Syncom tenía dos repetidores de 1.8/7.3 Ghz con un ancho de banda de 500 Khz.

En el año de 1964 se fundó la organización INTELSAT y en 1965 se ubicó en una órbita elíptica de gran altitud el satélite Molniya (URSS).

En la década de los 90's tenemos satélites de alta tecnología que incluyen:

- A. Un procesador a bordo (empleando técnicas de regeneración de señales, en lugar de técnicas de amplificación y traslación de frecuencias) para efectuar conmutación. Esto permite a los pequeños terminales terrenos utilizar un único canal de comunicaciones (las VSAT necesitaban dos canales para comunicarse con la estación central, uno en cada sentido).

- B. Una antena de rastreo mutuo.
- C. Un sistema experimental de comunicaciones ópticas basadas en uso de RAYOS LASER para comunicaciones de alta velocidad entre satélites (hasta 46 bps).
- D. Comunicaciones de alta frecuencia (30 Ghz para comunicaciones hacia el satélite y 20 Ghz para comunicaciones desde el satélite), a fin de proporcionar un mayor número de intervalos geoestacionarios para el momento en el cual todos los de las Bandas C y Ku estén saturados.

La Banda Ka experimenta MAYOR atenuación atmosférica que la Banda C y la Ku, especialmente en el caso de suciedad en la atmósfera, pero se dispone de un mayor ancho de banda y las antenas son de menor tamaño.

De manera más general la evolución de los satélites podría describirse de la siguiente forma: En un principio los satélites sólo cumplían la labor de reflectores, la señal llegaba y era devuelta, es decir, en ellos no existía ningún tipo de procesamiento, recibían la señal o simplemente la conmutaban, y la bajaban. Ahora es posible en el satélite tener algún nivel de inteligencia o de procesamiento.

5.5. Parámetros de la comunicación satelital

El sistema de comunicación satelital se compone de tres elementos muy importantes que son:

- * El satélite.
- * Las estaciones terrenas.
- * Enlace de recepción y transmisión.

Existe un enlace de bajada y un enlace de subida en un canal satelital, debido a que la frecuencia de la señal que sube dentro de alguna banda es diferente a la frecuencia de bajada; si la frecuencia de la señal ascendente fuera igual a la frecuencia de bajada existiría una interferencia.

En relación con la estación terrestre, para captar la señal enviada por un satélite a un área dada, se requiere de ciertos equipos especializados: la antena, montaje para la antena y el actuador o activador, el alimentador y el amplificador. Veamos a continuación las funciones de cada uno.

La Antena: La antena de disco recoge y concentra las muy débiles señales enviadas por el enlace descendente del satélite, e ignora lo más posible las señales no deseadas y el ruido. Hoy la mayor parte de los discos en uso tienen forma parabólica, aunque las antenas de enfoque múltiple son una combinación de forma parabólica y circulares. El plato más familiar en uso actualmente es el de un solo foco en forma de parábola.

Montaje y actuador: El propósito del montaje y el actuador o activador consiste en dirigir la antena en forma exacta hacia cualquier satélite. El actuador es el mando mecánico (activado por control remoto) que le permite a la antena rastrear el arco de satélites.

Alimentador y polaridad: Un alimentador tiene la importante función de canalizar las señales reflejadas por el disco hasta el amplificador LNB. Este es un elemento muy importante para la recepción de las señales de un satélite. El alimentador debe ser sintonizado en la frecuencia del canal detectado y tener un mínimo de pérdida, a la vez que ignora el ruido y otras señales indeseables. Un alimentador también tiene la tarea de seleccionar la polaridad lineal o circular apropiada para captar una transmisión. Un alimentador "alimenta" las microondas sobre la superficie reflectora de la antena y la "ilumina". A través de los años, para recibir las señales de los satélites, han sido desarrollados varios tipos de alimentadores: piramidal, circular, cónico (utilizados en los platos con alimentador desplazado) y

escalar (que es el de mayor uso actualmente).

El amplificador: Existen tres tipos básicos de amplificadores de bajo ruido: LNA, LNB y LNC.

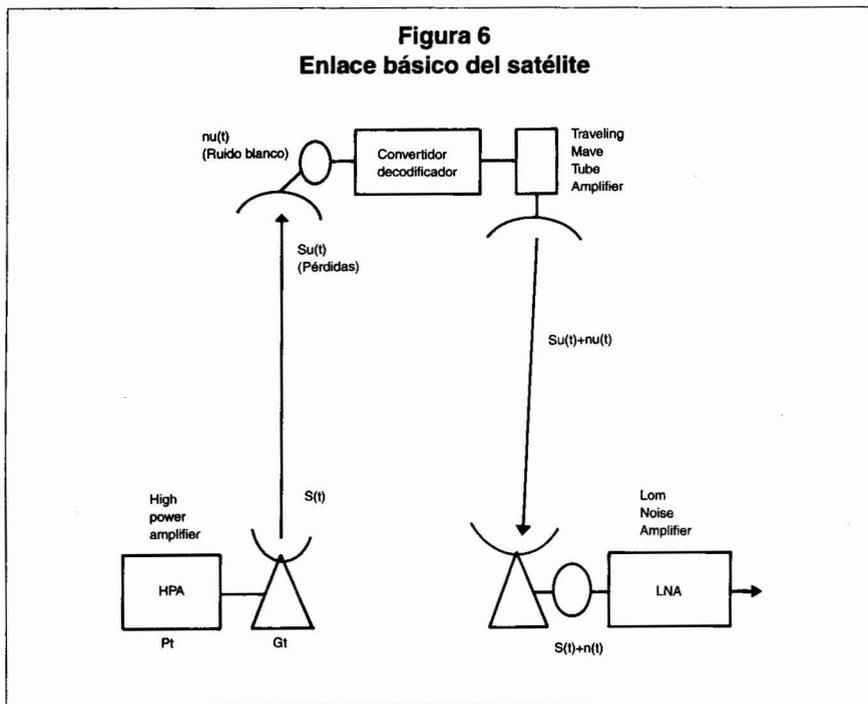
Se pretende que a la estación terrena puedan llegar múltiples usuarios de una red terrestre cualquiera. Lo ideal sería que se pudiera tener una antena por cada red o por cada grupo de usuarios que se tenga, pero la alternativa es poder concentrar y recoger esos usuarios en una estación terrena que se encarga de hacer el enlace hacia el satélite.

5.6. Principios de operación

Básicamente la función que realiza un satélite es: recibir la señal de la estación terrena, cambiar la señal a la frecuencia de bajada; luego conmutar la señal y amplificarla, y por último transmitirla a la estación terrena.

Supongamos que el sentido de la transmisión se realiza de izquierda a

derecha (Ver Figura 6); lo primero que ocurre es que la señal tiene que ser amplificada, y esto lo hace un amplificador de alta potencia. El paso siguiente es colocar esa señal en la antena que se encarga de irradiarla al espacio; pero en el camino entre la estación terrena y el satélite existen dos procesos que no podemos obviar, y es que la señal pierde potencia y que necesariamente en todo canal satelital existe un ruido que es inherente y se denomina ruido blanco; después de estos dos procesos la señal es amplificada y luego el satélite cambia a una frecuencia de bajada; nuevamente debe haber un amplificador que le dé la potencia necesaria a la señal para ser enviada a la estación terrena por medio del enlace de bajada. Debe existir, entonces, un amplificador que retome esa señal que llega debilitada a la estación terrena; la función de este amplificador es tratar de quitarle todo el ruido que trae la señal en el canal.



Las formas de acceder al recurso satelital son:

- FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia).
- TDMA (Acceso Múltiple por División de Tiempo).

Es más común la técnica de acceso TDMA debido a que manejar la técnica FDMA trae problemas de frecuencia. Básicamente la forma como trabaja la asignación del canal es por tiempo, a cada estación se le asigna un tiempo diferente porque se puede tener un número determinado de terminales o estaciones.

En el canal se pueden compartir tiempo o frecuencia, pero ¿cómo se le asigna el canal a cada estación? Se tienen varias técnicas de asignación del canal, como son:

- **Esquema fijo:** En este esquema está definida cuál es la ronda que debe seguir el satélite para ir asignando el canal.
- **Esquema por demanda:** Como su nombre lo indica esta técnica asigna el canal a la estación que lo requiera o lo demande (dependiendo de varios parámetros).
- **Esquema aleatorio:** En esta técnica la asignación del canal se le hace al primero que lo requiera.

Como se ha mencionado anteriormente, existen dos enlaces, el de Transmisión y el de Recepción. En el enlace de transmisión se tiene un **multiplexor**, para que se pueda colocar diferentes accesos múltiples, es decir, para que diferentes dispositivos puedan hacer uso de ese enlace; un **modem satelital**, porque se tiene que cambiar la señal y colocarlo en la frecuencia que se desea, y un **amplificador** para suministrarle la potencia adecuada para que llegue en el enlace de bajada una señal similar a la del enlace de transmisión. En el enlace de

recepción se lleva a cabo el mismo proceso que en el enlace de transmisión, exceptuando que a la señal se le tiene que retirar el ruido y las pérdidas que experimenta.

5.7. Ventajas y desventajas

5.7.1. Ventajas del satélite

Las ventajas que se obtienen al adquirir un enlace satelital son:

- Es de fácil acceso a zonas dispersas.
- Canal de difusión amplio; se refiere a que se pueden barrer áreas geográficas muy grandes y también se pueden acceder ya sea audio, video, voz u otros.
- Resulta de fácil expansión.
- Canales asimétricos, es decir el ancho de banda es flexible (se puede dividir como se desee el ancho de banda).
- Alta calidad en el canal.
- El costo es independiente de la distancia, es decir, se pueden utilizar comunicaciones satelitales para realizar transmisiones de cualquier magnitud, ya que **rompe con el concepto de distancia**.
- La alta confiabilidad.

5.7.2. Desventajas del satélite

El primer problema que se tiene es el tiempo de propagación, que es aproximadamente de 250 ms; este tiempo para algunos sistemas no es muy grande, como es el caso de los teléfonos, pero para otros sistemas sí lo es. Otro problema que se tiene es la sensibilidad a una interferencia hostil, esto quiere decir que la señal puede ser interceptada (factor seguridad). Y por último tenemos el retraso de propagación variable (existe un retraso de unos 0.5 segundos en las comunicaciones debido a que las distancias que han de recorrer, pueden dar lugar a problemas con protocolos internos).

5.8. Sistemas satelitales comunes

5.8.1. Redes VSAT (*Very Small Aperture Terminals*)

Son antenas parabólicas, de un tamaño pequeño frente a una antena convencional.

— ¿Cómo puede estar configurada una red VSAT?

Se tiene una serie de redes pequeñas las cuales pueden tener un monitor, un fax o un PC que están conectados a la antena, la que a su vez tiene un enlace ascendente con el satélite, el cual las enlaza o las vincula con una estación central.

— ¿Por qué es una red no balanceada?

Porque el tamaño de la antena del bus central es diferente al tamaño de la antena que maneja cada una de las VSAT. Además la topología es forma de estrella.

5.8.2. *Internet*

Es una red de redes que integra todas las instrucciones de investigación, las universidades, los continentes, y en ella se realizan foros; también se encuentra lo último en investigaciones, todo el software de dominio público y está disponible toda la información que tienen las universidades del mundo.

5.8.3. *Intelsat*

Es como las Naciones Unidas de las comunicaciones satelitales. Se ha desarrollado en varias etapas; actualmente existe Intelsat VI (1987) y empieza Intelsat VII, las cuales parecen no ser compatibles y por ello se presentan algunos problemas de transmisión.

5.8.4. *Panamsat*

El satélite Panamsat fue lanzado en 1984 en un vuelo de demostración del cohete Ariadne. Lo administra la compañía Alpha Lyracom, la cual tiene su base en Greenwich, Connecticut, y pertenece totalmente a René Anselmo.

El satélite se compone para la banda C de 12 transponders de banda angosta (36 Mhz) equipados con amplificadores de estado sólido (SSPA) de 8.5 Watios, y con 6 transponders de banda amplia (72 Mhz) equipados con TWTTA de 16.7 Watios.

Posee tres haces puntuales (Spot Beam), el haz del Norte, el cual sirve a usuarios de América Central, Colombia, Venezuela y el Caribe, el haz Central que cubre Ecuador, Perú y Bolivia y el haz Sur que cubre Argentina, Chile, Paraguay y Uruguay. Dentro de cada haz, la potencia del satélite varía desde un mínimo de 37 dbW hasta 40 dbW, dependiendo del ancho de banda del transponder y la posición relativa del usuario respecto del centro del haz.

También está el haz latinoamericano que interconecta desde Miami y el Caribe con América Central y Suramérica. Este haz proporciona niveles de potencia entre 33 y 35.9 dbW.

La banda Ku de este satélite se encuentra compuesta por 6 transponders de 72 Mhz con amplificadores TWTTA de 16 Mhz. Tres transponders están enfocados hacia el centro de los Estados Unidos y se encuentran enlazados a tres transponders enfocados hacia Europa Occidental.

5.9. Aspectos relacionados con la comunicación satelital

- * Los circuitos de voz experimentan problemas de eco.
- * Los satélites tienen una vida media útil de siete a diez años, pero pueden sufrir fallos que provocan su salida de servicio, por ello es necesario contar con alternativas. Su vida útil queda determinada por el tiempo que es posible mantenerlos estables y con la energía necesaria para que cumplan su función. Los cohetes para su reorientación periódica, finalmente consumen todo el combustible y

las propias celdas solares (expuestas al constante bombardeo de micrometeoritos y rayos ultravioletas) terminan por envejecer. Cuando un satélite es retirado de servicio, los controladores terrestres lo dirigen hacia una órbita superior inestable, desde donde eventualmente descenderá y se consumirá por combustión al reingresar en la atmósfera. Desde luego, en recientes operaciones el Transbordador Espacial ha recuperado algunos satélites, lo que abre paso a un nuevo sistema para recobrar y reutilizar los satélites.

- * Las estaciones terrenas suelen estar lejos de los usuarios y a menudo necesitan claros enlaces de alta velocidad.
- * Los satélites geoestacionarios pasan por períodos en los que NO funcionan a plena capacidad (como en el caso de un eclipse de sol).

CONCLUSIONES

Nuestro interés general en la realización de este trabajo, como dijimos al inicio, era presentar una visión general de los diferentes conceptos relacionados con las comunicaciones inalámbricas y el impacto que éstas pueden tener en el control eficiente de la información; recalcando que este tema ya no es de exclusivo manejo de los expertos, sino que atañe a todos en general.

Como hemos visto, el campo de estudio de las comunicaciones inalámbricas aún se encuentra en su etapa de desarrollo y seguirá en continua revolución debido a la gran importancia que tiene dentro del contexto de la vida moderna.

Los diferentes dispositivos inalámbricos, que incluyen las comunicaciones satelitales y celulares nos permiten un acceso más ágil a una mayor cantidad de información, ayudándonos en nuestro proceso de utilización de la misma, aprendizaje y toma de decisiones.

En nuestro país, el impacto de este tipo de comunicaciones, especialmente lo referente a telefonía celular y comunicaciones satelitales, apenas se inicia. La reciente licitación y adjudicación de zonas a las empresas de telefonía celular ha despertado el interés de las personas e igualmente ya existen empresas que están brindando la posibilidad de enlaces satelitales a aquellas que requieren una amplia conectividad para sus negocios.

El desarrollo de este tipo de comunicaciones dependerá en gran parte del apoyo del gobierno y del interés de las personas involucradas en el manejo de las comunicaciones en el país.

Es un hecho que las comunicaciones inalámbricas son un elemento de gran importancia en el manejo de información, pero aún no es muy utilizado debido probablemente a los mayores costos que representa y a la lenta transición que debe darse para que los usuarios de los medios de comunicación identifiquen claramente en qué aspectos presentan ventajas sobre las comunicaciones cableadas. Sin embargo, es claro que este tipo de comunicaciones muestran un gran avance para el manejo de los continuos datos que se generan en la sociedad en general.

BIBLIOGRAFIA

- FCHWEBER, William. Electronic Communications Systems. Cap. 19,20. Prentice Hall, Englewood Cliff. New Jersey.
- Scientific American*.
Septiembre de 1989.
- The Computer for the 21st century.
Mark Weiser (Pg. 66-75)
- Products and services for computer networks.
Nicholas P. Negroponte (Pg. 76-80)
Computers, networks and work.
- Lee Sproull and Sara Kiesler (Pg. 84).

Byte

Febrero de 1993

— Wireless mobil communications

John P. Mello Jr and Peter Wayner (Pg. 147-154)

— Stretching the ether

Peter Wayner (Pg. 159-165)

Abril de 1992

Wireless networking

Nicholas Baran (Pg. 291-294).

PC Magazine

Agosto de 1993

Connecting over the airwaves

Angela Gunn (Pg. 359-384).

PC World

Abril de 1994

Informática inalámbrica

Albert Cuesta (Pg. 17-26)

Mecánica Popular

Mayo de 1993

— Cómo escoger su teléfono celular (Pg. 76-79)

— TV vía satélite (Pg. 102-113)

El País

Miércoles 26 de enero de 1994

— Celular: ¿Cómo funcionará?

Jairo Millán Grajales

Seminario de Redes

IBM (Centro de Educación y Desarrollo)