# Los Servicios Inalámbricos

Luis Valle\*

#### Introducción

Se pasa revista en este trabajo a todos los servicios inalámbricos que se brindan en la actualidad a nivel mundial y a los que se planifican para el futuro. Se analizan los servicios soportados desde plataformas terrestres, satelitales y atmosféricas; fijos y móviles; de banda angosta y banda ancha; públicos y privados; en bandas de radio licenciadas, en bandas libres y en frecuencias ópticas.

Se comparan situaciones regulatorias y experiencias de operadores en distintas partes del mundo. Se ve cómo las tecnologías inalámbricas ayudan a eliminar el cuello de botella del acceso, permitiendo implementar plenamente los servicios de banda ancha. Se resalta su importancia en la introducción rápida de competencia en mercados que se desregulan.

Se estudian las consecuencias de la convergencia entre servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión, la introducción de servicios interactivos, el requerimiento de nuevas regulaciones y el valor creciente que va adquiriendo el recurso escaso "espectro radioeléctrico". Finalmente se hace referencia a la perspectiva futura de estos servicios.

Se busca con este trabajo ampliar y complementar los contenidos sobre servicios inalámbricos incluidos en la asignatura "Aspectos Empresariales de las Comunicaciones", que dicto en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Palermo desde el año 2003.

### Servicios Inalámbricos

## El cuello de botella ("bottle-neck") en la red de acceso

Si analizamos las redes de telecomunicaciones actuales, separándolas en la red troncal, la red de acceso y las terminales de usuario, observamos que en la red troncal la capacidad disponible es casi ilimitada para los usos posibles debido al "Overbuilding" que existió en los '90 en todo el mundo cuando se tendieron numerosos cables submarinos y terrestres de fibra óptica, sumado a la tecnología DWDM (Dense Wave Domain Multiplexing) que permite transmitir múltiples longitudes de onda en la misma fibra óptica.

Respecto a los terminales, los circuitos integrados que los componen han venido cumpliendo desde su formulación hasta la actualidad, con la denominada "Ley de Moore", que establece que la capacidad de los mismos se duplica cada 18 meses. De modo que la capacidad de generar y procesar información de los terminales es también muy grande.

<sup>\*</sup> Docente de la Facultad de Ingeniería - UP.

En cambio, en el acceso vemos que la capacidad de transmisión ha venido creciendo mucho más lentamente. Allí es donde se encuentra el "Cuello de botella" del negocio de la telecomunicaciones de banda ancha, que ha impedido que el mismo se desarrolle en toda su magnitud.

Para eliminar ese "cuello de botella del acceso" se han venido desarrollando una serie de tecnologías sobre las redes de acceso de mayor penetración que existen en la actualidad. Sobre la red de pares de cobre de las empresas de telecomunicaciones se utilizaron en un principio módems "dial-up" cada vez de mayor velocidad, y actualmente tecnologías tipo xDSL de velocidad creciente. Sobre las redes de los operadores de cable se han desplegado cablemódems. Para atender a los clientes más rentables, que son las empresas grandes, se han desplegado accesos de fibra óptica. También, en la actualidad se está desarrollando una tecnología que permite transportar servicios de telecomunicaciones sobre una de las redes de acceso de mayor penetración que existe: la red de distribución eléctrica. A esa tecnología se la denomina "Powerline" o también "Broadband Over Powerline".

Además de las formas de acceso mencionadas, que podemos incluir dentro de la denominación común de "cableadas" o "wireline", exiten una serie de alternativas de acceso inalámbricas o "wireless". Son estas alternativas las que analizaremos en detalle en este trabajo.

#### Particularidades de las redes de acceso inalámbricas.

Entre las particularidades que tienen las redes de acceso inalámbricas, una de las principales es que permiten la movilidad, lo cual genera la posibilidad de que existan comunicaciones "personales". Es decir que sea posible comunicarse con personas donde sea que estas se encuentren y no con lugares o sitios.

Otra de las particularidades es que permiten brindar servicios en zonas donde las redes de acceso cableadas serían antieconómicas o aún imposibles, tales como zonas aisladas, de difícil acceso o de muy baja densidad de usuarios.

Por otra parte, las redes de acceso inalámbrico cuentan con una gran ventaja que las hace especialmente importantes para algunos operadores en los últimos años. Nos referimos a los operadores nuevos entrantes a los mercados que se abren a la competencia. La velocidad de despliegue de estas redes es muy importante para ellos.

Aún para los operadores incumbentes las redes de acceso inalámbrico de banda ancha pueden ser una alternativa ventajosa cuando quieren lanzar un nuevo servicio pero no conocen con precisión donde estarán ubicados los clientes que lo demandarán. La flexibilidad de las redes inalámbricas permite cubrir toda una zona, por ejemplo con una estación base, sin tener que fijar infraestructuras de acceso como ocurre con las redes cableadas.

El otro "cuello de botella" que se suele indicar típicamente como causante de que el negocio de banda ancha no se despliegue más rápidamente es el de la provisión del

servicio o "provisioning"; es decir la lentitud del proceso que media entre que el cliente contrata el servicio y el momento en que puede comenzar a hacer uso efectivo del mismo. En todas las redes se tiende a la auto-instalación o "self-provisioning" para acelerar ese proceso y para bajar costos. Las redes inalámbricas cuentan con una gran ventaja para ello dado que no se requiere instalar un cable de acceso.

## El espectro radioeléctrico

Las comunicaciones inalámbricas requieren de un insumo esencial, finito, de complicada administración: el espectro radioeléctrico, que además se comporta de manera distinta según el rango de frecuencias considerado. El espectro es un recurso cuyo uso se comparte entre empresas de telecomunicaciones, empresas de broadcasting, aplicaciones gubernamentales, aplicaciones científicas e industriales. Todas ellas en versiones terrestres y satelitales. Afortunadamente, el avance de la tecnología electrónica permite en la actualidad utilizar para telecomunicaciones comerciales frecuencias de hasta 40 GHz. Este era una magnitud impensable hace unos años. También se emplean, como veremos, frecuencias más altas, ópticas, similares a las de los láseres en las fibras ópticas, pero que se propagan en el espacio libre.

Para servicios móviles son adecuadas frecuencias de hasta los 2.5 GHz aproximadamente. Esto es porque hasta esas frecuencias no es necesario que exista visión directa despejada entre las antenas del terminal de usuario y la de la estación del operador. Pero por la misma razón, estas frecuencias son útiles también para broadcasting. De ahí que exista una contienda entre ambas aplicaciones, que no puede ser resuelta por "el mercado" por sí solo sino que tiene que intervenir el Regulador.

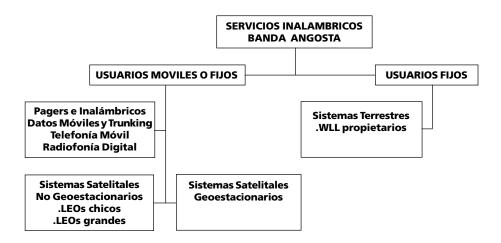
En los rangos de frecuencia más bajos los anchos de banda que se pueden utilizar son pequeños, de unas pocas decenas de MHz. En cambio, para rangos de frecuencia más altos, los anchos de banda utilizables alcanzan hasta 1 GHz y 3 GHz.

### Clasificación de los Servicios Inalámbricos

Vamos a establecer una clasificación que incluya a todos los servicios inalámbricos que se están brindando en la actualidad y a los que se planifican para el futuro. También incluiremos a algunos que se venían planificando pero cuyo desarrollo se ha interrumpido por el momento. La primer división posible es entre servicios de banda angosta y servicios de banda ancha. Los servicios de banda angosta son en general los que comenzaron a desplegarse cuando las telecomunicaciones consistían principalmente en comunicaciones de voz o datos de baja velocidad. Los servicios de banda ancha en cambio fueron y son planificados para atender servicios de tipo multimedia que incluyen la transmisión de imágenes, videos, música de alta fidelidad, datos de gran velocidad y aplicaciones altamente interactivas, además de voz.

# Clasificación de los Servicios Inalámbricos de Banda Angosta

Dentro de los servicios de banda angosta haremos otra división entre servicios que fueron pensados para la movilidad, pero que pueden ser utilizados también para servicio fijo; y los que sólo dan servicio fijo.



Entre los móviles haremos una clasificación según utilicen plataforma terrestre, satelital con satélites de baja altura (LEOs) o satelital con satélites geoestacionarios (GEOs).

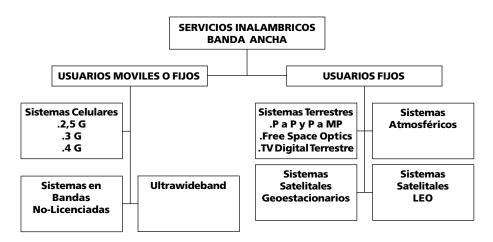
Los terrestres comprenden las redes de paging (datos de baja velocidad); los inalámbricos o "cordless" (comunicaciones de buena calidad de voz pero baja movilidad); las redes de datos móviles (de estructura celular optimizadas para datos); las de trunking (de estructura celular optimizadas para comunicaciones de radio en flotas) y las redes de telefonía móvil (de estructura celular de plena movilidad) de 1G (analógicos) y 2G (digitales).

La radiofonía digital, que surge de la transición a digital de las transmisiones de radiofonía analógica de AM y FM, permite implementar servicios de telecomunicaciones (por ejemplo datacasting). Los LEO (Low Earth Orbit) pueden ser de tipo Little (datos de baja velocidad) o Big (telefonía). Los GEO se utilizan para telefonía en el mar o zonas inaccesibles. Los WLL (wireless local loop) se refieren a sistemas con tecnologías propietarias diseñadas para implementar servicios telefónicos en zonas rurales, que no prevén la movilidad.

#### Clasificación de los Servicios Inalámbricos de Banda Ancha

También los dividimos en móviles y fijos. Los móviles comprenden los sistemas celulares de 2.5 G (multimedia implementados sobre redes de 2G), 3G (multimedia de

mayor velocidad sobre espectro nuevo) y 4G (multimedia futuros que tendrán mayor capacidad); los sistemas que utilizan bandas espectrales no-licenciadas (es decir no de uso exclusivo sino compartidas) y los sistemas de ultrawideband (UWB), que emplean bandas utilizadas por otros servicios pero con una tecnología que les permite operar por debajo del nivel de ruido con lo cual no los interfieren. Los sistemas fijos comprenden los que usan plataformas terrestres, atmosféricas, satelitales geoestacionarias y satelitales de baja altura.



Los terrestres comprenden los sistemas punto multipunto, los sistemas "free space optics" (láseres infrarrojos) y la TV Digital (la digitalización permite que se brinden servicios de telecomunicaciones como datacasting). Los atmosféricos consistirán en plataformas (aviones o globos) estabilizadas situadas sobre las ciudades o zonas a atender. Los sistemas satelitales GEO comprenderán varios satélites autónomos entre sí, es decir que se podrán lanzar de a uno para servir zonas de manera progresiva. Son la evolución de los actuales sistemas de TV directa. Los sistemas LEO son lo más ambicioso que se venía planificando. Comprendían decenas de satélites. Por el momento los dos proyectos de este tipo (Skybridge y Teledesic) están frenados por falta de financiamiento.

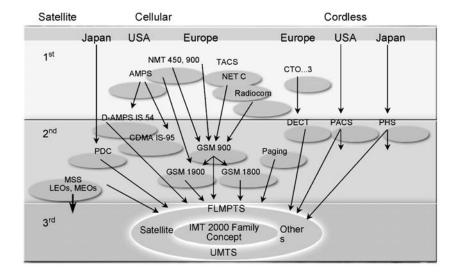
# Servicios inalámbricos de banda angosta

En esta parte vamos a estudiar los sistemas que brindan servicios inalámbricos de banda angosta móviles y fijos, usando plataformas terrestres y satelitales. Incluiremos la radiofonía digital terrestre, que aparece como una nueva alternativa de acceso y representa una de las expresiones que van surgiendo en el mercado por la convergencia telecomunicaciones-radiodifusión.

Telemetría Inalámbrica: es la transmisión de datos para monitoreo, toma de decisiones o para control. Dada la gran disponibilidad de redes inalámbricas, están apareciendo aplicaciones para enviar telemetría por Internet. Ejemplos: parquímetros, máquinas de venta automática, prevención de inundaciones (niveles de ríos), lectura de medidores ("utilities"), administración de flotas de camiones, ambulancias, etc., seguridad, control médico. El número de dispositivos que son usuarios potenciales de telemetría supera en mucho la cantidad de teléfonos celulares, pero el tráfico que generan es menor. Algunas aplicaciones, como la lectura de medidores, se pueden hacer por la noche cuando las redes están poco ocupadas. Telemática: es la aplicación de las redes inalámbricas de banda angosta para servicios de datos en vehículos.

Servicios de Localización: Son posibles gracias a la ubicuidad de las redes inalámbricas en la actualidad, servicios de localización que tienen cada vez mayor precisión. Están soportados principalmente por redes satelitales y redes celulares. Los dispositivos de usuario son lap-tops, teléfonos celulares, agendas y también chips bajo la piel. Los satelitales están basados en GPS. Algunos servicios son obligatorios por la regulación: caso de la FCC para poder localizar las llamadas de emergencia (911) efectuadas desde terminales móviles. Plantean algunos riesgos para la privacidad, dado que la regulación no siempre establece claramente los límites: evidencia en procesos judiciales, utilización criminal o sin consentimiento, etc.

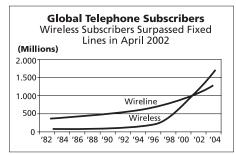
Evolución de los sistemas de comunicaciones móviles: En la figura adjunta vemos todos los sistemas de comunicaciones móviles desarrollados hasta la actualidad. ordenados por su región de origen, según el grado de movilidad y cobertura que brindan, y de acuerdo a su evolución en el tiempo. Si nos movemos hacia la izquierda, aumenta la cobertura de los sistemas. Pasamos de los sistemas "cordless", que tienen buena calidad de voz, pero cobertura y mobilidad limitada; a los sistemas celulares, optimizados para tener buena cobertura pero no tan buena calidad de voz; llegando finalmente a los sistemas satelitales MSS (Mobile Satellite System), que brindan cobertura mundial. Si nos movemos de arriba hacia abajo, pasaremos de la 1º generación de sistemas analógicos, a la 2º generación de sistemas digitales, llegando finalmente a la 3º generación de sistemas digitales multimedia que se están desplegando actualmente. En pocos años deberemos agregar una franja más, correspondiente a los sistemas de 4º generación, de los que ya se habla. Podemos distinguir las líneas evolutivas distintas que han seguido las regiones líderes mundiales en tecnología: Europa, EEUU y Japón. El sistema GSM europeo es en estos momentos el estándar digital más exitoso del mundo.

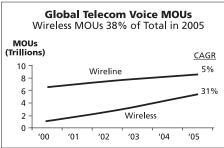


**Short-Message Service (SMS):** Consiste en una función de paging bi-direccional que se construye sobre un sistema celular. Cada mensaje puede tener hasta 160 caracteres ASCII de longitud. La red almacena los mensajes por varios días (típicamente 3), e intenta enviar el mensaje cuando el terminal es encendido. En algunas redes se dispone de confirmación del mensaje.

Crecimiento de la telefonía móvil: se produjo porque permite a los usuarios estar en contacto siempre y en cualquier lugar. Ha cambiado el concepto de telefonía tradicional, introdujo la "Telefonía Personal": ahora no se llama a lugares sino a personas. Progresivamente servicios multimedia tales como Internet también están disponibles en los teléfonos móviles: se introduce el concepto de "Servicios Multimedia Personales".

# **Wireless Leading Global Telecom Growth**





Wireless Becoming Primary Phone in Emerging Markets and Replacing Wireline Demand in Developed Markets

Los inalámbricos lideran el crecimiento mundial de las telecomunicaciones. En el gráfico de la izquierda de la figura adjunta vemos cómo a partir del año 2001 la cantidad de usuarios inalámbricos de telefonía superan a los usuarios fijos. En el gráfico de la derecha se ve que también es mayor el crecimiento de los minutos de uso de los móviles, con la presunción que en algún momento superarán a los fijos.

Internet Móvil: aparece como lógica consecuencia de la conjunción de los dos servicios de telecomunicaciones masivos que mayor crecimiento han tenido en los últimos años: la Internet y la telefonía móvil. Genera una nueva modalidad en el uso de Internet que tiene como características las de usar un display pequeño, que el usuario está en movimiento, y que la velocidad de acceso de datos es menor a la de los accesos fijos. Aparece la necesidad de facilitar el manejo accediendo a menúes pre-definidos en lugar de navegar como se hace en una PC.



Vemos en la figura adjunta la variedad de servicios que se brindan sobre Internet móvil. En el futuro los celulares se convertirán en un medio de pago, quizás reemplazando a las tarjetas de crédito. Ya se implementan los "micro-payment", que consisten en el pago en máquinas automáticas expendedoras de gaseosas, boletos de tren, etc. Se generaron dos estándares para el acceso a sitios de Internet especialmente diseñados para las limitaciones de los celulares: el WAP (Wireless Access Protocol) europeo y el I-Mode, de origen japonés.

Radiofonía Digital Terrestre: La tecnología IBOC (In Band On Channel) fue seleccionada en EEUU para que las estaciones de AM y FM comiencen la transmisión digital. Desarrollada por la empresa iBiquity, esta tecnología permite mejorar la calidad de audio y además brindar un nuevo servicio de datos, tales como identificación de la estación, de las canciones y artistas, noticias, datos del tiempo, tráfico, bursátiles. Los

broadcasters pueden utilizar el mismo espectro en que actualmente transmiten las señales analógicas en AM y FM para simultáneamente transmitir señal digital. Los europeos y Canadá tienen su estándar propio: DAB-T (1.5 GHz); y Microsoft generó la tecnología "Smart Personal Objects Technology" SPOT, que también utiliza emisiones de FM para el servicio "MSN Direct". Para digitalizar la radiofonía de Onda Corta existe el estándar "Digital Radio Mondiale" (DRM). Los receptores son muy caros todavía.

Little LEOs: consisten en una constelación de satélites pequeños, de 50 a 150 kg, de órbita de baja altura. Se usan para comunicaciones cortas, de tipo bursty y de banda angosta, tales como mensajería remota de bajo costo. Emplean frecuencias por debajo de 1 GHz y soportan comunicaciones de datos. Son prolongaciones de las redes de datos terrestres. Las aplicaciones más comunes son en transporte, navegación, manejo de flotas, comunicaciones comerciales, en la industria, agricultura. Ejemplos de aplicaciones son: lectura remota de medidores para permitir facturación electrónica, relevar perfiles de consumo o alertar en caso de superarse el máximo previsto; seguridad personal, residencial y de comercios; seguimiento de cargas robadas, notificación de accidentes, búsqueda y rescate de víctimas; servicios comerciales tales como reporte de puestos de venta, validación de tarjetas de crédito, reporte remoto de cajeros automáticos. El sistema de este tipo más difundido es el Orbcomm.

**LEOs Grandes o Big LEOs:** La finalidad de estos sistemas es proveer servicio telefónico en cualquier lugar del mundo. Si bien se planificaron varios de estos sistemas, los que se instalaron efectivamente fueron dos: el sistema Iridium, originado por Motorola, y el sistema Globalstar, impulsado por Alcatel. Para permitir el funcionamiento de estos sistemas, en febrero de 1997 más de 70 países firmaron, en el marco de la UIT, el Global Mobile Personal Communication Systems Memorandum of Understanding, para facilitar el uso de terminales móviles y fijas, reducción de las barreras aduaneras, reducción de requisitos para la obtención de licencias y homologación de equipos.

El proyecto Iridium consiste en una red global de 66 satélites de baja órbita, linkeados a 15 estaciones terrenas o gateways. La red permite a los usuarios hacer roaming mundial y estar disponibles en el mismo número desde cualquier lugar del mundo. Los teléfonos no siempre funcionan bien dentro de edificios, automóviles ó cualquier sitio donde no es posible la visión directa de los satélites. El fracaso comercial se debió al peso y tamaño de los terminales, y a los precios mucho más altos que los de las redes terrestres. El sistema tiene un gran valor estratégico porque representa poder comunicarse de manera encriptada, y sin depender de sistemas terrestres, a cualquier lugar del mundo. De ahí que el Departamento de Defensa de EEUU (DoD) es el principal cliente.

El sistema Globalstar es menos independiente de la redes terrestres que el Iridium. Utiliza menos satélites (48) y la cobertura no es en todo el globo terráqueo como en el Iridium sino que llega hasta una cierta latitud. La conmutación no se encuentra en los satélites como en el Iridium sino en los gateways terrestres. Por todas esa razones el sistema es más económico. Pero igualmente el éxito comercial que ha alcanzado es exiguo.

**GEOs de Banda Angosta:** ubicados a 36.000 km sobre el ecuador terrestre, tienen la ventaja de mayor cobertura que los LEO, de tal modo que con 3 solamente de ellos es posible lograr cobertura mundial, pero tienen la desventaja del retardo. Las principales aplicaciones para comunicaciones móviles son Inmarsat, los SuperGEOs y la aplicación convergente de servicio de audio directo.

Inmarsat es un sistema de comunicaciones móviles y fijas basado en satélites GEO. Se originó para comunicaciones marítimas. Las terminales Mini-M tienen el tamaño de una PC tipo lap-top. El inconveniente que tienen es el retardo de cerca de un cuarto de segundo entre ida y vuelta lo cual hace que la calidad percibida sea más baja que con los LEO. Hasta que el Iridium estuvo operativo era la única alternativa de terminal portátil.

Los Super GEOs consisten en satélites grandes y potentes con antenas desplegables y procesamiento "on-board" para simplificar los gateways terrestres, que proveen cobertura regional a teléfonos de tipo handy, llevando el concepto del Inmarsat-M a su límite. Ejemplos de Super GEOs son los sistemas ACeS (Asean Cellular Satellite System) y Thuraya . El sistema Thuraya brinda comunicaciones móviles a 99 países en Europa, Medio Oriente, Africa Central y del Norte, India y Asia Central. Utiliza handsets duales con GSM. La inversión por cada satélite es de US\$1.100 millones. Los satélites son fabricados por Boeing. Opera mediante asociaciones con los operadores principales de cada país. Tiene su gateway principal en los Emiratos Arabes Unidos. Brinda servicios de voz (calidad GSM), datos/fax (hasta 9,6 kbps) y SMS (Short Message System). El Thuraya 1 fue lanzado en octubre/2000 y el Thuraya 2 en junio/2003. Los terminales tienen numeración asignada con un código de país virtual. La vida útil del satélite es de 12 años. Tiene una antena desplegable de 12,5 m.

Servicio de Radio Digital Satelital: es otro servicio de banda angosta que se brinda mediante satélites de tipo GEOs (o HEOs) es el de radio digital directa, que en los Estados Unidos de América se denomina Digital Audio Radio Service (DARS) y en el resto del mundo utiliza la denominación de la ITU Digital Audio Broadcasting (DAB). A nivel mundial está explotado por la empresa WorldSpace.

DARS brinda programación de radio via satélite en todo el país con calidad de sonido de CD. Los usuarios pueden tanto moverse en vehículos o estar fijos. El servicio es muy apropiado para áreas rurales que reciben pocas señales de radio terrestres. La FCC recibió 4 pedidos de licencia en 1992 y debido a que se necesitan por lo menos 12,5 MHz de espectro y a que había sólo 25 MHz de espectro atribuido, decidió asignar 2 licencias por subasta entre esos 4 aspirantes. Las licencias son nacionales y abarcan entre 2320 y 2345 MHz. Los nombres comerciales de los prestadores son XMy Sirius.

WorlSpace explota un sistema mundial de 3 satélites GEO, de los cuales ya instaló 2 (AfricaStar y AsiaStar). El tercero será el AmericaStar. El objetivo es brindar un servicio económico a regiones de Africa, Asia, Centro América, utilizando receptores portátiles. Utiliza las frecuencias de 1467-1492 GHz (banda L). Brinda un servicio por suscripción de noticias, música y programación educativa orientado a un mercado mundial de más

de 4.000 millones de personas. Transmite más de 100 canales de audio de calidad digital así como contenidos multimedia. El cuartel general de la compañía está en Washington DC.

**WLL:** Los sistemas WLL (Wireless Local Loop) se originaron por la necesidad de brindar servicio telefónico en áreas de baja densidad. La diferencia que existe entre una red planificada para dar servicio móvil celular y otra que deba dar servicio fijo es que en el primer caso es necesario prever cobertura en todos lados donde podrá trasladarse el usuario, implemetando también el "handover" entre celdas. En cambio en una red que sólo dará servicio fijo, aunque se trate del mismo estándar (por ejemplo GSM o CDMA o algún estándar propietario) sólo hay que prever cobertura en las áreas pobladas pudiendo hacer un uso total de la capacidad. Es decir que no habrá que dejar canales de más para hacer el "handsover".

Una ventaja que se atribuye a las redes inalámbricas es un mejor seguimiento de la curva de demanda. Esto es porque mientras las redes cableadas requieren obras importantes en las que es necesario romper calles para hacer la instalación, se las planifica con mucha anticipación y colocando de una vez capacidad como para que cubra la demanda por varios años. Como consecuencia la capacidad instalada en las redes cableadas tarda años en ser efectivamente utilizada.

En cambio en las redes inalámbricas se suele instalar una radiobase que ilumina la zona a servir, y sólo cuando van apareciendo los clientes se instalan los terminales de usuario y se va completando el despliegue.

La regulación en la Argentina denominó al WLL como "Acceso Inalámbrico al Servicio Básico Telefónico" (AISBT), asignándole bandas en 900 MHz (ej: Telecom en el Delta del Paraná) y 1900 MHz (ej: Telecom y Telefónica en el interior con equipos Tadirán). La empresa Hutchison emplea un sistema GSM fijo para dar un servicio con la marca "Port-Hable". La SECOM denominó a este servicio como: "Servicio de Telefonía por Medios Inalámbricos". Utiliza una porción de la banda de 900 MHz distinto al del AISBT. Recientemente se atribuyó en Argentina la banda de 450 MHz para servicio de telefonía, la cual se encuentra en proceso de adjudicación.

### Servicios de banda ancha móviles

En estos sistemas se busca que, accediendo desde una PC portátil o desde un celular, se logre una capacidad de navegación similar a la que se tiene con una PC conectada a una red cableada, o sea incluyendo las modalidades "always on" y alta velocidad. Podemos dividir a los sistemas que logran estas funcionalidades en dos tipos: los sistemas celulares, que se basan en el re-uso de las frecuencias asociadas a la licencia otorgada por el regulador muchas veces dentro del área asignada y para ello utilizan una estructura celular; y los sistemas de WLAN (Wireless Local Area Network), que no poseen una licencia de uso exclusivo de una banda espectral sino que trabajan en bandas libres o no-licenciadas. Los primeros buscan brindar plena movilidad ya sea que la persona se desplace en una ciudad a pie o en un vehículo que se traslada a lo

largo del país. Los últimos permiten un gran ancho de banda pero en un área restringida. Los sistemas Ultrawideband brindan una tercer alternativa, como veremos.

**Sistemas Celulares:** La evolución de los sistemas de telefonía celular permitió avanzó desde la 1º generación analógica, en donde el principal servicio era la voz; hasta la 2º generación digital implementada en base a los estándares GSM, CDMA o TDMA, en donde se emplean algoritmos de compresión de voz básicamente con la intención de poder colocar a más usuarios satisfaciendo la demanda creciente que aparecía en el mercado. Siguen luego los servicios de generación 2+ o también 2.5 G, que buscan mejorar todo lo posible la performance de los estándares de 2G en lo que respecta a la navegación sobre Internet. Finalmente se llega a los celulares de 3 G, en los que se busca que la navegación por Internet y el manejo de aplicaciones multimedia sea similar al que se obtiene con una PC.

**3G:** también denominada IMT2000, en el ámbito de la UIT, por International Mobile Telecommunications ó con el nombre de UMTS por Universal Mobile Telecommunications System, en el ámbito de la Unión Europea, se fijaron como objetivos para estos sistemas lograr una velocidad de transmisión de datos de 144 KBPS para usuarios móviles; 384 KBPS para usuarios caminando y 2 MBPS para usuarios estacionarios. Estas redes tienen una estructura jerárquica de celdas, que comprende celdas pico, micro (urbano), macro (suburbano) y una componente satelital. La UIT asignó para estos sistemas bandas en 2 GHz. Necesariamente habrá un período de convivencia con la 2 G, lo cual obligará a producir celulares duales 2G/3G.

En Europa se subastaron frecuencias y comienzan a desplegarse los primeros servicios comerciales.

En Japón en 2001 se lanzó el primer servicio comercial. En EEUU se restrasó la implementación debido al despliegue de la 2G, allí denominada PCS ó Personal Communications Systems.

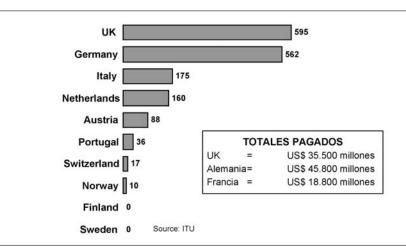
Las aplicaciones de la 3G comprenden cuatro clases de comunicaciones: persona a persona, como por ejemplo comunicaciones de voz o de videoconferencia; persona a máquina, como por ejemplo servicios de banking, shopping, Internet, servicios de información, servicios activados por voz; máquina a persona: por ejemplo servicios de monitoreo inteligente, servicios de información; y máquina a máquina: telemetría, tickets de expendedores automáticos, medidores de utilities. Esta última es la de mayor crecimiento.

El objetivo buscado de lograr un estándar mundial único de 3º no fue alcanzado. En mayo del 2000 la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (WRC 2000 de la ITU) reunida en Estambul, Turquía, formalizó un compromiso que comprende a 5 estándares y 3 bandas de frecuencias. Para poder hacer roaming a cualquier parte del mundo, según este esquema los usuarios necesitarán un terminal quíntuple que pueda funcionar en las frecuencias de 800/900 MHz; 1.7 a 1.9 GHz y 2.5 a 2.69 GHz. Se cree que esto será posible por los avances en la tecnología DSP (Digital Signal Processing). Los 3 primeros estándares que aparecen en la figura que sigue son los más exitosos.

### **Present Status for IMT-2000 Terrestrial RTTs**

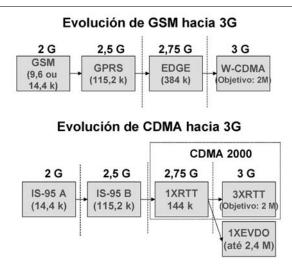
- > IMT-DS Direct Spread (UTRA FDD W-CDMA)
- > IMT-MC Multi Carrier (cdma2000. HDR)
- > IMT-TC Time Code (UTRA TDD T-CDMA and TD-SCDMA)
- > IMT-SC Single Carrier (UWC-136/EDGE)
- > IMT-FT Frequency Time (DECT)

En la figura que sigue se ven las cifras pagadas por las licencias de 3 G en Europa. En Finlandia no hubo subasta sino que en enero de 1999 se realizó la licitación por un mecanismo de "beauty contest" de las frecuencias. Debido a las elevadas cantidades pagadas, los adjudicatarios se quedaron sin fondos para construir las redes para comenzar a dar servicio. Una de las alternativas planteadas fue compartir la misma infraestructura entre varios operadores. En algunos países esto fue autorizado.



**2.5 G:** su objetivo es aumentar la velocidad de acceso en las redes de 2G existentes en el mismo espectro que ya tienen, para anticipar la 3G ó para competir con las redes de 3G. En la figura siguiente se ve la evolución prevista para los estándares GSM y CDMA hasta llegar a 3G. En las redes GSM se idearon varias formas de aumentar la velocidad utilizando el mismo espectro, que son las siguientes: GPRS: General Packet Radio Service (GSM+) y EDGE: Enhanced Data rates for GSM Evolution (GSM++), que está basado en el GPRS, pero aplica un nuevo esquema de modulación (8PSK) que aumenta la velocidad del GPRS a 384 KBPS. El GPRS y el EDGE requieren nuevas terminales de usuario. Deben ser introducidos gradualmente en la red GSM.

<sup>&</sup>quot;The comprehensive set of [...] radio interfaces incorporates the required flexibility..."



Mensajería Multimedia (MMS): Consiste en el envío de mensajes compuestos por una combinación de texto, sonidos, imágenes y video a handsets con capacidad de visualizarlos. Representan la evolución del Short Message Service o SMS. Algunos consideran que la transición del SMS al MMS es tan importante para los teléfonos móviles como fue para las PC la transición del DOS a Windows. De manera similar al SMS, el destinatario recibe una notificación y cuando se ha recibido el mensaje completo comienza la presentación. Ejemplos posibles son reportes del tiempo con imágenes, información bursatil con gráficas, visualización de jugadas de fútbol. El MMS se desarrollará en dos etapas. Primeramente sobre GPRS, en donde estará integrado por series de imágenes fijas, a la manera de un Powerpoint. Finalment sobre 3G podrá contener video clips completos. Algunos consideran al MMS como el killer aplication de 3G, o sea el driver principal para que se popularice esta tecnología.

# Cellular + Broadcasting

En más de 10 países del mundo desarrollado la penetración móvil llegó al 100%. Tanto la 2.5 G como la 3 G avanzan a un ritmo mucho menor al esperado en lo que hace a aplicaciones multimedia. El MMS (Multimedia Messaging Service) es complicado para los usuarios, no aprenden a usarlo, y no alcanzó el éxito pronosticado.

Los ingresos principales de las celulares siguen siendo por los servicios de voz; y en lo que hace a datos, el ingreso principal es por el servicio SMS (Short Message Service), que no le cuesta nada a los prestadores y que los usuarios están dispuestos a pagar. Los prestadores buscan alternativas nuevas para los usuarios para que el negocio siga creciendo. En vista de la situación planteada, los prestadores móviles

europeos están tratando de encontrar servicios que sean atractivos para los clientes en el broadcasting de contenidos que puedan ser recibidos en los celulares.

A tal fin en Europa y en EEUU están analizando distintas alternativas. Los 5 mayores proveedores de terminales (Nokia, NEC, Motorola, Siemens y Sony Ericsson) anunciaron un acuerdo de cooperación para investigar el broadcasting a celulares. En Europa se exploran 3 posibilidades que se engloban dentro de lo que denominan Digital Multimedia Broadcasting (DMB): broadcasting a través de UMTS (MBMS), la adaptación del estándar europeo de TV Digital DVB a terminales móviles (DVB-H) y la utilización del recurso satelital previsto cuando se diseñó la 3G europea ó UMTS (a esto se lo denomina S-DMB).

El MBMS es muy costoso, dado que emplea recursos que fueron previstos para comunicaciones punto a punto para un servicio de broadcasting, o sea punto a multipunto (o sea algo parecido a porqué no es rentable transmitir un partido de fútbol por teléfono con respecto a transmitirlo por radio). Un usuario estaría dispuesto a pagar a razón de 1 euro/hora para ver una película (pensemos aquí en un videoclub y es comparable) pero la alternativa del UMTS le saldría a razón de 1 euro/minuto. Por lo tanto esta alternativa queda descartada para uso masivo. Podría aplicarse tal vez en el mercado corporativo.

El DVB-H se está investigando con bastante interés. Las dificultades estriban principalmente en adaptar las transmisiones de TV a la pantalla pequeña de los celulares para que la programación siga siendo atractiva. Un aspecto central es que el usuario pueda visualizar los textos, por ejemplo en un partido de fútbol que pueda identificar los nombres de los jugadores.

En Europa la alternativa del DVB-H tiene el inconveniente de que por el momento en Europa no hay espectro de TV de UHF ó VHF disponible; hasta que se produzca el apagón analógico (que cesen las transmisiones de la TV analógica), lo cual está previsto para el 2010. Es posible que exista algún arreglo puntual en algún caso entre un poseedor de espectro y un prestador móvil, pero que es difícil prever una solución pan-europea antes del 2010. Se podría utilizar espectro en frecuencias más elevadas pero habría que instalar un número muy grande de repetidoras, lo cual lo hace inviable. En EEUU (y en América Latina) puede haber espectro disponible antes. En EEUU el apagón analógico está previsto para fines del 2006.

El S-DMB aparece como la más favorable para implementar pronto en el caso europeo, porque el espectro para la versión satelital de la 3G fue previsto y está atribuido desde el 2000. Ese espectro es contiguo al del UMTS terrestre, o sea que está alrededor de 2 GHz y es adecuado para dar servicio a handies. La solución satelital es ideal para hacer broadcasting. El canal de retorno para la interactividad lo brinadría el sistema celular terretre. Igualmente será necesario colocar algunos repetidores (fillers) terrestres para cubrir zonas donde no llegue la emisión satelital.

Los satélites que se emplearían son muy potentes, con grandes reflectores (10 a 12 metros) de antenas: son tipo superGeo como los Thuraya o Garuda. Una dificultad que enfrenta la alternativa satelital es que las licencias no son otorgadas por la Comisión Europea, sino que caen dentro de la órbita de cada país. Por esto hay que conseguir las licencias país por país.

El sistema MediaFLO americano de Qualcomm tiene la gran ventaja de tener una licencia espectral en EEUU con cobertura nacional. FLO es por Foward Link Only. En los eventos internacionales siempre se enfrentan esa solución y la del DVB-H, pero que el gran defecto del MediaFLO es que emplea una solución propietaria y no un estándar abierto como el DVB-H. MediaFLO está tratando de que los órganismos de normalización conviertan su producto en un estándar mundial.

Bandas adecuadas: 450 MHz a 2 GHz. O sea que se presenta una típica disputa "Europa-USA" del tipo "GSM-CDMA".

Qualcomm desplegará una red nacional que comenzará a operar en 2006. Le venderá servicios a los celulares de 3G, aprovechando las relaciones que tiene con ellos como proveedor (es el inventor del CDMA). La importancia de la facilidad de "guía de programación" con que deberán contar estos servicios surge porque se supone que los contenidos de video estarán orientados a usuarios pedestres que accederán a los contenidos para "matar tiempos libres" entre actividades, por ejemplo durante un viaje o durante un tiempo de espera. En consecuencia, los clips serán de corta duración: se estima entre 1 y 15 minutos. La oferta de esos contenidos de corta duración va a ser enorme, mucho mayor a la que tienen actualmente los servicios de cable. Por lo tanto las "guías de programación" que servirán para que los usuarios elijan qué quieren ver, serán esenciales para el éxito del servicio.

**4G:** 4º generación de sistemas celulares. Se caracterizará por estar disponible tanto para sistemas públicos como privados; uso "indoor" y "outdoor", velocidades de hasta 155 MBPS; estructura celular; transmisión de video e imágenes de alta calidad. Las terminales tendrán la facilidad denominada "ambient awareness" que consistirá en que cuando se las encienda en una localidad nueva, solas buscarán, reconocerán y se interconectarán a las redes existentes.

**Operador Móvil Virtual (MVNO):** es aquel que no tiene espectro o red propia, pero sí posee una buena marca con reconocimiento en el mercado. Comercializa servicios móviles con su marca, contratando capacidad de red a uno o varios operadores celulares. Es considerado equivalente al "unbundling" en los sistemas celulares. Algunos reguladores (Irlanda. Hog-Kong) obligan a los celulares a desagregar, para aumentar la competencia. Ejemplos de MVNOs: Tele2; Virgin Mobile. En 3G la existencia de operadores móviles virtuales viene forzado por el costo de las licencias.

Sistemas en Bandas No-Licenciadas: utilizan zonas del espectro que no se habían destinado originalmente a telecomunicaciones sino a aplicaciones de tipo industrial, científico y médico. De ahí que a esas bandas espectrales se las suela denominar ISM (Industrial, Scientifical and Medical). Con la evolución técnica, sobretodo en el área de las comunicaciones militares, se desarrollaron tecnologías capaces de hacer frente a fuertes interferencias. Eso hizo posible la utilización de estas bandas de frecuencias, que también se denominan bandas libres.

Por su naturaleza estas bandas son compartidas para telecomunicaciones por varios usuarios. Su uso típico es para aplicaciones en redes privadas. Sin embargo últimamente se han venido desarrollando aplicaciones públicas en ámbitos limitados geográficamente, como son los "Hot Spots" que permiten la conexión de banda ancha a Internet de usuarios de PC portátiles. Incluso en algunas ciudades y sobretodo en áreas suburbanas son usadas por operadores para brindar servicios públicos con redes de tipo Punto Multipunto. Para esta aplicación tienen la desventaja de tener que estar siempre luchando con la interferencia y no poder lograr siempre los parámetros de calidad ofrecidos, pero tienen la ventaja de no tener que pagar para la obtención de la licencia.

A continuación veremos los siguientes sistemas que hacer uso de esta bandas: WLANs, HANs, PANs, WISPs, RFID y Zigbee.

Wireless LANs: se caracterizan por estar orientadas a comunicación entre PCs, al reemplazo o extensión de LANs cableadas, uso privado y empleo de bandas no licenciadas. Están destinadas a un ambito geográfico y velocidad del usuario limitada: persona caminando, vehículo para interiores. Las aplicaciones típicas son en: oficina, educación, medicina, supermercados, cajeros automáticos, mantenimiento aeropuertos, robots, redes hogareñas, eventos deportivos, catástrofes. El estándar más exitoso de WLAN que hay en el mercado actualmente es el IEEE 802.11b, gracias a la acción de los proveedores de equipamiento que se pusieron de acuerdo para garantizar a los usuarios la interoperatividad de los dispositivos fabricados por distintos proveedores. Esto lo hicieron a través de la organización WECA (Wireless Ethernet Compliance Alliance) y la certificación Wi-Fi<sup>TM</sup>. La misión de WECA es certificar la interoperatividad de productos Wi-Fi<sup>TM</sup> y promover Wi-Fi<sup>TM</sup> como estándar de wireless LAN mundial. Fue fundada por 3Com, Cisco Systems, Intersil, Agere Systems, Nokia y Symbol Technologies. Ahora tiene más de 60 miembros. "Wi-Fi" proviene de wireless fidelity y es una marca comercial de WECA Gracias a la certificación Wi-Fi, los usuarios de PCs portátiles pueden acceder a Internet en hoteles, estaciones de trenes, los mismos trenes, aeropuertos y otros sitios públicos.

Home Area Network (HAN): Así como las LANs están asociadas a un ambiente empresario, en donde surgieron por la necesidad de interconectar las PCs de los empleados; las HAN o Home Area Networks, o redes hogareñas en idioma español, aparecen por la necesidad de interconectar el creciente número de artefactos del hogar que manejan banda ancha: PCs, televisores, video-grabadores, reproductores de DVD, etc. Para construir una HAN se pueden usar medios alámbricos existentes en una vivienda como el cableado telefónico o el cableado eléctrico. También se pueden emplear tecnologías inalámbricas tipo WLANs. Hace un tiempo se había ideado un estándar especial de WLANs orientado al hogar con la denominación Home RF, pero en la actualidad ha sido desplazado por el exitoso IEEE 802.11b con certificación Wi-Fi.

**Personal Area Networks (PAN):** Las "Personal Area Networks", también llamadas "Pico LANs", son un tipo de WLANs orientado a interconectar entre sí todos aquellos

dispositivos electrónicos de uso personal. Estos dispositivos pueden ser, entre otros, teléfonos celulares, PCs portátiles, auriculares, impresoras y otros periféricos de una PC, máquinas fotográficas, etc. Anteriormente esto se hacía con enlaces infrarrojos (IR), pero las ondas de radio tienen ventajas: no se necesita visión directa y el enlace no es sensible a la dirección. Los dispositivos interconectados pueden estar en el maletín o en otro cuarto. El IR está limitado a 2 m de distancia y a conexión sólo entre 2 dispositivos. En cambio con las ondas de radio pueden establecerse redes de varios componentes. El mercado ha generado un estándar de facto para estas PANs, que se denomina Bluetooth. Trabaja en la banda libre de 2.4 GHz.

## Servicio Público en Banda No-Licenciada (Wireless Internet Service Provider):

Existen algunos prestadores de servicio público que para ahorrar en el costo de utilizar una banda licenciada, optan por utilizar las bandas no-licenciadas. Esto se aplica sobretodo en áreas de baja dendidad de usuarios. Ejemplo en Argentina: Equalwireless, operador que da servicio de acceso de banda ancha en la zona de countries del Norte de AMBA. Otro ejemplo en Argentina: Por Aire.

RFID (Radio Frequency Identification): Una etiqueta RFID es un un microchip con una antena en espiral capaz de transmitir información sobre sí mismo vía frecuencias de radio. Puede ser incorporado en una gran variedad de artículos y en personas. El chip almacena información que puede leerse rápidamente por medio de un lector RFID que utiliza ondas de radio. Mientras que los códigos de barras ordinarios requieren un barrido óptico cercano, las etiquetas RFID pueden leerse sin que exista línea de vista despejada. La mayoría de las etiquetas RFID son pasivas, no tienen fuente de poder (baterías). Responden enviando información usando la potencia originada en el propio dispositivo lector. La tecnología RFID permite seguir la pista a objetos y acceder rápido a información relevante desde dispositivos portables. De esa manera dispositivos tales como teléfonos, laptops y PDAs podrán recabar instantáneamente datos del ambiente que los rodea. Por ejemplo el precio de la campera que está usando un amigo o detalles de los objetos de decoración en un shorwoom. Se han asignado distintas frecuencias según los países para esta aplicación.

**ZigBee:** Mientras que RFID es una excelente herramienta para determinar qué clase de artículo está en las cercanías y para almacenar información, ZigBee puede establecer con precisión dónde está ese artículo. Por ejemplo, el encargado de un camión de distribución de envíos postales puede usar un lector de RFID para obtener información de todos los paquetes que lleva en la parte trasera del camión. En cambio, usando un lector ZigBee, podrá conocer la ubicación exacta de un paquete específico en un camión cargado hasta el tope. ZigBee es una tecnología de nicho que no ofrece altas velocidades (20-250 kbit/s) o gran alcance (10-60m). Está optimizada para seguir la pista y controlar artículos en un área pequeña. Una red ZigBee se compone de 3 tipos de dispositivos: coordinadores de red, dipositivos plena-función y con funcionalidad reducida. Los 2

primeros rutean tráfico. Las baterías duran hasta 5 años, porque los transmisores permanecen en modo "sleep" hasta que tienen que pasar tráfico. Son ideales para detectores de humo, control remoto de luces, etc.

**Ultrawideband** (**UWB**): funciona utilizando pulsos muy angostos pero de gran ancho de banda, en zonas del espectro licenciadas para otras aplicaciones, utilizando densidades de potencia tan bajas que no interfieren con esas aplicaciones licenciadas. Una resolución de la FCC de febrero del 2002 autorizó la comercialización de dispositivos basados en esta tecnología. Algunas de las aplicaciones son sistemas de imágenes que atraviesan superficies y paredes, para radares de vigilancia, aplicaciones médicas, sistemas de radar para vehículos y comunicaciones.

Para comunicaciones prevé el uso de la banda comprendida entre 3.1GHz y 10GHz. Las aplicaciones típicas son de corto alcance y alta velocidad, como acceso a Internet de banda ancha. No sufre los efectos de interferencia multi-path, que es la que resulta en otros sistemas inalámbricos cuando la antena receptora es alcanzada por la señal proveniente de 2 o más caminos debido a reflexiones. Esto es porque la posibilidad de sincronizar el receptor permite ignorar las señales que llegan fuera de un determinado intervalo de tiempo.

UWB tiene aplicaciones no sólo en acceso inalámbrico, sino que el mismo principio en que se basa puede aplicarse también en acceso cableado. Además del acceso, que se suele denominar "ultima milla" (last mile), el UWB es de utilidad en las redes de distribución interna de inmuebles, lo que suele denominar "last-inch", y dentro de las viviendas de usuarios residenciales y oficinas de usuarios comerciales. Esta última cuestión es crítica en estos momentos en que está explotando el "triple play": ya se vé que el cuello de botella va a estar en las redes domiciliarias, y básicamente en como conectar la (o las) PCs con el (los televisores), que normalmente no están cerca unos de otros.

El impulso a la UWB se inició cuando la FCC decidió permitir que esta tecnología, que provenía del campo militar, se aplicara comercialmente. Esto ocurrió luego de grandes discusiones, porque además de los aspectos técnicos, implica una nueva manera de administrar el espectro radioeléctrico.

Se abandona el concepto iniciado a principios del siglo XX en que la tecnología no permitía que existiera más de un usuario en cada porción del espectro, por el del nuevo criterio de uso compartido. Estó impacta sobretodo en el concepto estadounidense tradicional de administración del espectro en donde se considera al mismo como si fuera un bien inmueble que se compra y se vende. Entonces no se admite que un tercero, que no tenga adquiridos derechos sobre el mismo, pueda utilizarlo. Es un caso típico donde el Regulador debe intervenir, porque la tecnología ahora permite que se comparta el espectro y que pueda hacerse un uso más eficiente del mismo, lo cual redunda en un beneficio para el conjunto de la sociedad. Lo que ocurre ahora con las primeras aplicaciones comerciales de UWB, en espectro atribuido específicamente para ese fin en EEUU y con las limitaciones de uso impuestas inicialmente, es apenas el comienzo de lo que va a ocurrir en poco tiempo cuando se haya atribuido mucho más espectro para uso compartido, empleando tecnologías nuevas tales como las radios

definidas por software, las "agile" radios, las antenas inteligentes, las redes malladas y el concepto de temperaura de ruido.

En definitiva, como vimos al comienzo de este trabajo, dado que se sigue cumpliendo la Ley de Moore de microelectrónica, las terminales tienen cada vez más capacidad de procesamiento, y por lo tanto permiten aplicar algoritmos muy complejos que mejoran cada vez más la eficiencia de uso del espectro. Si estos dispositivos no son controlados adecuadamente en cada país, y por alguna causa de origen o desajuste posterior o mal funcionamiento, empiezan a interferir, van a causar un gran problema. Otra cuestión importante del UWB, y las otras tecnologías mencionadas, que tienden a hacer un uso más eficiente del espectro, es que todas tienden a bajar la densidad de potencia de las emisiones, con la consecuente disminución del riesgo a la salud que pudiera ocasionar a largo plazo el uso de dispositivos inalámbricos.

## Servicios inalámbricos de banda ancha fijos

En esta parte vamos a estudiar los sistemas Punto a Multipunto, los sistemas ópticos en el espacio libre o Free Space Optics (FSO) y la TV digital interactiva.

**Sistemas Punto Multipunto (PMP):** se han desplegado en los últimos años gracias al desarrollo de la tecnología electrónica que permite trabajar en frecuencias cada vez más elevadas, e impulsados por las necesidades de los operadores nuevos entrantes a los mercados que necesitan construir redes propias con rapidez.

Tradicionalmente las frecuencias de microondas se utilizaban para establecer enlaces de tipo punto a punto, ya fuera para construir la infraestructura interna o "backbone" de la red de un operador, o para alcanzar algún gran cliente. El operador interesado debía presentar el proyecto del enlace a construir y el regulador verificaba si no se interfería a otros enlaces pre-existentes. El proceso burocrático era largo y basado en una aprobación de uno en uno.

Con la apertura de los mercados a la competencia, los reguladores buscaron formas de simplificar los procedimientos para que nuevos operadores pudieran entrar a competir rápidamente con los operadores establecidos o incumbentes. Para facilitar la aplicación de tecnología inalámbrica por parte de esos operadores, los reguladores comenzaron a adjudicar porciones de espectro de uso exclusivo dentro de un área determinada. Atribuyeron para ese fin porciones de espectro en distintos rangos de frecuencias.

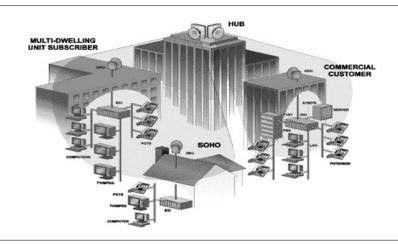
El adjudicatario de una de esas licencias podía establecer todos los enlaces que quisiera dentro de su área de prestación. De ahí que buscara hacer un uso lo más eficiente posible de la banda asignada, tratando de atender a la mayor cantidad de clientes disponibles. Al no necesitar la aprobación del regulador por cada enlace, podía conectar a los clientes nuevos en un par de días.

Al comienzo los enlaces que se construían eran todos del tipo Punto a Punto. Pero a medida que iban consiguiendo más clientes, se iban acumulando las antenas de tipo

direccional en los nodos donde los operadores tenían los nodos principales de sus redes. Con el tiempo se hizo evidente que era más eficiente si se podían colocar antenas sectoriales en lugar de antenas direccionales. Eso permitía iluminar toda una zona a servir. Cuando aparecía un cliente, solamente era necesario instalarle una antena direccional en las instalaciones de ese cliente. De esa manera la velocidad de conexión de los nuevos clientes era aún mayor. Así surgieron los sistemas PMP.

Las antenas de usuario utilizadas por los sistema PMP son direccionales, pequeñas, fáciles de instalar y de bajo costo. Hay quiénes dicen que estas son antenas "ecológicas" dado que son de pequeño tamaño y por lo tanto no producen contaminación visual del paisaje urbano.

El principal objetivo de los operadores que emplean estas tecnologías PMP es llegar a los edificios comerciales y residenciales de alto poder adquisitivo que no estan accedidos por fibra óptica, y brindarles servicios de banda ancha. Muchos operadores wireless tienen una estrategia directa para este segmento y se autodenominan BLECS (Buildings Local Exchange Carriers). Proveen servicios especiales para aquellos edificios que tienen una utilidad específica: hoteles, hospitales y escuelas.



## Bandas de Frecuencia para sistemas PMP

Existen sistemas de este tipo para las siguientes bandas: <1 GHz: canales de TV de UHF; 2,5 GHz: MMDS (Wireless Cable); 3,3 GHz; 3,5 GHz; 10,5 GHz; 24 GHz: DEMS (Digital Electronic Messaging Service); 28 GHz: LMDS = LMCS (Canadá); 38 GHz: Wireless Fiber; 41 GHz: MVDS (Multipoint Video Distribution Service).

Las posibilidades de cobertura de estas bandas de frecuencia están muy condicionadas por el régimen de lluvia de la zona donde se instalan, dado que son muy sensibles a las mismas. Cuanto más elevada la frecuencia asignada, mayor es el ancho

de banda disponible de los servicios que se pueden brindar. Por esa razón los sistemas que emplean las frecuencias más elevadas se dedican a brindar servicios a empresas.

El servicio Multichannel Multipoint Distribution Service o MMDS se originó para dar servicio de cable en zonas rurales o de baja densidad. Para ello se atribuyeron 33 canales en la zona del espectro cercana a los 2.5 GHz. Por esta razón al MMDS también se lo denomina "cable inalámbrico" o "Wireless Cable". Cuando se produjo el gran crecimiento de Internet, se desarrolló tecnología para poder acceder a alta velocidad a Internet en zonas rurales utilizando las frecuencias de MMDS para el download de información y para el uplink una línea telefónica o ISDN o DSL. En la actualidad existen tecnologías para hacer el retorno también por canales MMDS, independizando al operador de tener que utilizar otro medio.

La empresa Telefónica de Argentina utiliza la banda de 3.5 GHz para dar servicio en todo el Norte del país, en donde es operador entrante. La utilizó para proveer telefonía de calidad comparable a la que el incumbente Telecom Argentina brinda a través de pares de cobre. También para proveer enlaces de baja velocidad a pequeñas empresas.

El servicio LMDS fue ideado por la FCC para introducir una tercer red inalámbrica que compitiera con las dos redes cableadas establecidas: la de las telco y la de los cables. Las siglas tienen el siguiente significado: L (local) — indica que las características de propagación de la señal en este rango de frecuencias limita el área potencial de cobertura de una sola celda.; M (multipoint) — indica que las señales son transmitidas en un modo punto a multipunto o de broadcasting. El retorno wireless desde el usuario es del tipo punto a punto; D (distribution) — se refiere a la distribución de señales , que puede consistir en tráfico de voz, datos, Internet y video, simultáneamente.; S (service) — implica la relación entre el abonado al sistema y el operador . Los servicios ofrecidos a través de una red LMDS son enteramente dependientes del negocio elegido por el operador. El mercado más grande se encuentra entre las empresas chicas : con menos de 10 o 20 empleados. Las empresas grandes optan por fibra óptica.

**Estandarización:** El punto flojo de estos sistemas es que utilizan tecnologías propietarias. Pero en los últimos años los operadores y fabricantes están tratando de imitar el éxito alcanzado por la WECA con la certificación Wi-Fi, que ya comentamos en este trabajo. A tal efecto generaron el foro WiMAX, que promueve el estándar IEEE 802.16 y la interoperatividad de los equipos de distintos fabricantes. Las frecuencias abarcadas yan desde 2.5 a 66GHz.

Free Space Optics (FSO): Los sistemas ópticos en el espacio libre o Free Space Optics (FSO) utilizan láseres infrarrojos que se propagan en el espacio en lugar de hacerlo en el interior de una fibra óptica. Se utilizan para establecer enlaces de alta velocidad a distancias cortas de hasta 1 km en ámbitos urbanos. A diferencia de los enlaces de radio que vimos anteriormente, estos sistemas que trabajan en frecuencias ópticas, son afectados por la niebla más que por la lluvia. También, por tener un lóbulo de emisión muy angosto, de hecho un rayo de luz, y estar instalados principalmente en

el microcentro de las ciudades, son interferidos por las aves que suele haber en esos sitios. Para contrarrestar este inconveniente, se suelen construir redes con configuración mallada. Entonces si uno de los vínculos es interrumpido, la comunicación va por otro camino alternativo.

Un ejemplo típico de utilización de la tecnología FSO es como complemento de una red de fibra óptica. Otras aplicaciones son: para construir el backbone de redes de 3G, que requieren grandes capacidades de transmisión, enlaces temporarios, disaster recovery, cuando quedan destruidos los accesos de fibra óptica, back-up enlaces de fibra o microondas y conexiones Lan to Lan, por ejemplo entre edificios cercanos

**TV Digital Terrestre (TDT) Interactiva:** la penetración de TVs supera ampliamente a la de Internet. De ahí que existe gran interés en poder lograr que ciertos servicios de telecomunicaciones lleguen a los televidentes, para e-commerce, juegos, tele-educación, etc. Para ello es necesario convertir a los televisores en terminales de comunicaciones. Hay que introducir interactividad pero para que el servicio llegue al gran público el manejo tiene que ser muy sencillo. Eso se ve facilitado por medio del proceso de digitalización del broadcasting que está teniendo lugar en todo el mundo.

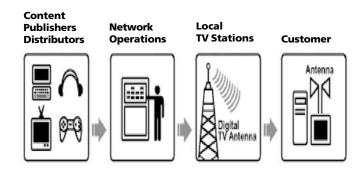
Otra cuestión que limita la penetración de Internet tiene que ver con el costo relativamente alto de una PC con respecto al PBI per cápita en los distintos países. Para los países menos desarrollados el costo de una PC es muy elevado. En cambio el aditamento de un conversor "set-top box" al televisor analógico para adaptarlo a una transmisión de TV digital puede ser mucho más accesible. Por el momento el precio de un televisor digital es muy elevado.

La digitalización permite transmitir mucha mayor cantidad de información en el mismo espectro atribuido para broadcasting de TV. Por ejemplo, en un canal de TV de aire, que en el continente americano es de 6MHz, se pueden transmitir unos 20 MBPS de información digital, equivalente a unas 6 señales de TV actuales pero con calidad de imagen y sonido digital. Una vez que se haya llevado a cabo la transición a la TV digital y cese la transmisión analógica quedará una buena cantidad de espectro disponible para aplicarlo por ejemplo a aplicaciones móviles.

Estándares de TDT: Ya hay transmisiones comerciales regulares de TV digital en EEUU, Europa y Japón. Cada una de ellos ha generado estándares de transmisión propios, que son incompatibles entre sí. El resto del mundo está optando entre adoptar alguno de esos estándares o bien desarrollar uno propio. Para esto último es necesario tener un mercado potencial importante. Ejemplos son China y Brasil. Brasil está tratando que sus socios en Mercosur y otros países Latinoamericanos lo acompañen. También hay conversaciones entre Brasil y China. En Argentina hace algunos años se adoptó el estándar americano ATSC, se realizaron pruebas, pero luego se abrió una discusión que todavía está inconclusa. Méjico adoptó el estándar americano. Dio a conocer un plan de transición de 18 años, dividido en 6 etapas de 3 años, luego del cual cesarán las

transmisiones analógicas. Brasil determinó como principales objetivos para la TV Digital: contribuir a la inclusión social y construir una red de educación a distancia de cobertura nacional.

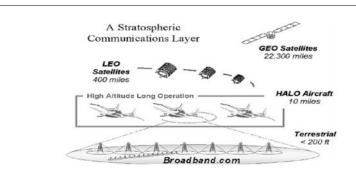
**Datacasting:** es un nuevo servicio que utiliza el ancho de banda disponible de los canales de TV para enviar paquetes de datos en lugar de programas de TV. Las señal de broadcasting digital terrestre puede transportar alrededor de 20Mb/s al receptor. Un programa de TV digital estándar requiere de sólo 4 a 5 Mb/s para una imagen calidad DVD. Esto deja 15 Mb/s de espectro disponible 24 horas por día y 7 días por semana a las estaciones de TV. Hay muchos modelos de negocios, pero la estrategia general es usar una conexión a Internet de poco ancho de banda para ordenar el producto y luego el envío ("delivery") se realiza sobre la señal de TV digital. De esta forma, productos digitales que requieren de varias horas para bajarse de una conexión ADSL, están disponibles en unos pocos minutos. Ejemplos: revistas, películas, música, programación PPV, juegos y software. La compañía Walt Disney, asociada con Cisco y con Intel, tiene en funcionamiento un servicio de datacasting que se denomina Movie-Beam, por medio del cual transmite películas.



Convergencia Broadcasting-Telecomunicaciones: La tecnología le está permitiendo a las empresas de broadcasting ofrecer servicios interactivos, similares a los de los operadores de telecomunicaciones. En esa nueva actividad esa empresas son débiles dado que no están acostumbradas a una relación individualizada con los usuarios. Sus clientes tradicionales han sido los anunciantes y no los televidentes. Por su parte, los operadores de telecomunicaciones, también gracias a los adelantos tecnológicos, pueden comenzar a ofrecer algunos servicios de broadcasting. En esa nueva actividad son débiles, dado que no están acostumbrados al manejo de contenidos. Es por eso que la regulación que se genere debe facilitar la transformación del mercado creada por la convergencia de esas dos culturas. En Europa, a tal fin se ha creado el modelo de las "comunicaciones electrónicas", que incluye tanto telecomunicaciones como radiodifusión (o

broadcasting). Consecuentemente hay también un fenómeno de unificación de los entes de control. Por ejemplo en el Reino Unido se unificó Oftel con otros organismos que regulaban broadcasting en un organismo único, que se denomina Ofcom.

Sistemas Estratosféricos o HAPS (High Altitude Platform Stations): buscan implementar un nuevo nivel de infraestructura de telecomunicaciones. Los HAPs pueden ser globos o aeroplanos especiales ubicados en la estratósfera sobre los sitios que se desea atender. Funcionarán con energía solar. Se ubicarán sobre los mayores centros poblacionales del mundo para brindar servicios de bajo costo de alta velocidad de voz, datos y multimedia. La FCC y la UIT han atribuido 1GHz de espectro en la zona de los 47GHz para estas plataformas. También se las autorizó como plataforma para la 3G en 2GHz.



**LAPS:** o Low Altitude Platform Stations, se atan a tierra mediante un cable de 3 km. A lo largo del cable va una fibra óptica de conexión de la estación. Mediante radiofrecuencia la estación se comunica con los usuarios.

GEOs de Banda Ancha: los satélites GEO son ideales para la distribución de productos digitales a usuarios muy dispersos geográficamente, por ejemplo películas de cine recibidas directamente en las salas de exposición. Se está planificando una nueva generación de satélites GEOs de banda ancha para broadcasting y servicios bidireccionales que utilizarán la banda Ka. La tecnología para estos satélites fue desarrollada por la NASA en el programa ACTS. Utilizan lóbulos más delgados, lo cual permitirá brindar servicios de broadcasting mucho más regionalizados que los sistemas actuales de broadcasting directo al hogar (DTH), como el DirecTV, que utilizan las bandas C y Ku. También se había planificado un sistema de tipo LEO con cobertura mundial utilizando la banda Ka: el Teledesic, que por el momento está suspendido por no haber podido reunir los fondos suficientes para su construcción. Las bandas de frecuencia que se utilizan en las comunicaciones satélitales se denominan con letras, según se comenta porque en su origen tenían aplicaciones militares, y se quería

resguardar el secreto de la frecuencia en que operaban los sistemas. Las bandas L y S son usadas por los handies de los sistemas móviles que vimos, que requieren antenas omnidireccionales: Iridium, Globalstar y los SuperGEOs. Las bandas C y Ku son utilizadas, por ejemplo, por los telepuertos de esos sistemas, para las comunicaciones de larga distancia y para el broadcasting directo de TV. En un enlace satelital espacio-tierra, por ejemplo 6/4 en banda C, 14/12 en banda Ku ó 30/20 en banda Ka; siempre la frecuencia más alta corresponde al Uplink para que la antena del satélite sea más pequeña.

**GEOs en Banda Ka:** Si bien eran varios los sistemas de tipo GEO en banda Ka que se habían planificado, solamente quedan en pié el Spaceway y el Wildblue, debido a lo difícil del proceso de juntar los fondos necesarios para financiarlos.

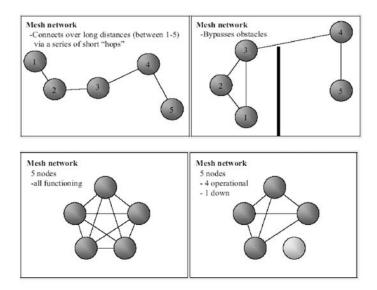
**LEOs de Banda Ancha:** Había dos proyectos de constelaciones de satélites LEO de banda ancha proyectados que no pudieron llevarse a cabo hasta el momento por ser muy costosos. Preveían proveer banda ancha a usuarios en cualquier parte del mundo. El Skybridge era la versión europea, más sencilla, que iba a trabajar en banda Ku; y el Teledesic, la versión americana, más compleja, que iba a trabajar en banda Ka.

### **Escenarios futuros**

En el ámbito de la UIT se ha definido el concepto de "Internet Portable de Largo, Medio y Corto Alcance", como nuevo paradigma disruptivo que emergerá por la amplia disponibilidad de acceso de alta velocidad a Internet que permitirá el conjunto de todas las tecnologías inalámbricas que hemos descripto en este trabajo, más una serie de nuevas técnicas que harán un uso más eficiente del espectro disponible. Esas técnicas son: las Redes Malladas, las Antenas Inteligentes, las Radios Definidas por Software y las Agile Radios.

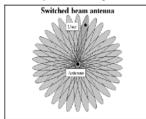
Portable Internet technologies		
Long range	Medium range	Short range
• IMT-2000 (3G)	• WLAN	• Bkuetooth
• WiMax -	> Wi-Fi -	• RFID
IEEE 802.16	IEEE 802.11b	<ul> <li>ZigBee</li> </ul>
• IEEE 802.20	> IEEE 802.11a	<b>J</b> • • •
• HiperMAN	> IEEE 802.11g	
• Satellite	> IEEE 802.11i	
• HAPS/LAPS	<ul> <li>Free space optics</li> </ul>	
• LMDS	<ul> <li>HiperLAN2</li> </ul>	
• MMDS	<ul> <li>Ultra wideband</li> </ul>	

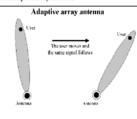
Redes Malladas: Las tecnologías inalámbricas actuales están basadas en configuraciones punto a punto o punto a multipunto. Sin embargo, está emergiendo una nueva arquitectura denominada "redes malladas", que permitirán configuraciones de tipo multipunto a multipunto. Las redes malladas dependen de cada nodo para rutear el tráfico. Cada abonado se convierte en parte de la infraestructura de ruteo de la red. Esta topología ofrece increíbles beneficios para expandir con rapidez la red de acceso. A medida que nuevos abonados se conectan, la capacidad y alcance total de la red entera aumentan. Son muy valiosas en acceso rural, para alcanzar abonados alejados de las ciudades, dado que la conectividad pasa de un abonado a otro. Otra ventaja es que no se necesita línea de vista despejada, por lo cual se pueden usar frecuencias elevadas que permiten velocidades de datos más altas. Otro beneficio es la resistencia a fallas de un nodo, por ejemplo por corte de energía. Al igual que ocurre con la Internet, cuando eso ocurre la red se reconfigura con rapidez.



Antenas Inteligentes: reducen significativamente la interferencia en un área determinada, con lo cual aumentan la capacidad de espectro disponible. Se basan en el mismo principio que el oído humano. Tratan de averiguar en dónde está ubicado el usuario y dirigen hacia él la potencia transmitida, a la vez que aumentan la sensibilidad de recepción hacia el mismo. De esa manera ni causan interferencia innecesaria ni sufren innecesariamente de interferencia. Las de tipo adaptativo son más complejas dado que requieren más procesamiento en la radiobase. También se las conoce como "software antennas".

Smart antennas fall into two main categories, switched beam and adaptive array antennas





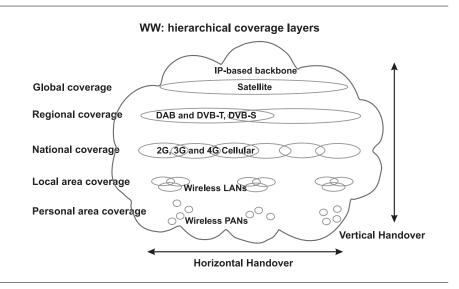
Radios Definidas por Software (SDR): En estos sistemas el radio es simplemente un terminal genérico, que recibe su funcionalidad del software que corre en ella. Uno de los elementos más prometedores de las radios definidas por software será su habilidad para actuar como una herramienta de comunicación "todo en uno". Podrá funcionar como teléfono móvil, inalámbrico, GPS, y como conexión a Internet. Se adaptará a las condiciones regulatorias respecto a frecuencias y potencias establecidas para cada servicio en cada país.

Agile Radios: Son un tipo de radios definidas por software. Estos sistemas tienen la capacidad de hacer un uso más eficiente del espectro, usando frecuencias vacantes a lo largo de una determinada extensión de espectro dentro del cual le permiten operar. Si esa extensión es pequeña, se gana poco. Si se pudiera ir a modelos regulatorios que permitieran a estos sistemas extenderse hasta frecuencias asignadas a otros usuarios, que estén vacantes en el momento de la transmisión, se ganaría mucho más. Tendrían que ser suficientemente rápidos como para cambiar de frecuencia cuando aparece una transmisión del usuario autorizado, antes de interferirlo.

**Temperatura de Ruido:** ciertas tecnologías, como UWB, que vimos, pueden trabajar por debajo del nivel de ruido. De esa manera se aprovechan nuevas porciones del espectro. Por ahora su potencial está restringido por los reguladores. La cuestión es definir el nivel de ruido aceptable que no afecta a los sistemas convencionales instalados. A ese nivel se lo denomina Temperatura de Ruido, y puede variar geográficamente y según la hora del día. Lo ideal sería medirlo en cada sitio y monitorearlo continuamente para ir decidiendo en qué frecuencias, con qué potencias y en qué momentos se puede transmitir. Varios reguladores están explorando este concepto.

Perspectiva Futura de Servicios Inalámbricos: cuando se hayan vencido las barreras tecnológicas, comerciales y regulatorias; y todas las plataformas que hemos visto en este trabajo, terrestres, atmosféricas y satelitales, estén plenamente desplegadas, con un mismo terminal podremos pasar de una red a otra. Además de hacer un "handover horizontal" entre celdas de una misma red, podremos hacer "handover vertical" entre

redes distintas. Para ello las distintas redes deberán interoperar entre ellas: las tecnologías inalámbricas habrán eliminado el cuello de botella del acceso y habrán permitido que las comunicaciones de banda ancha se desarrollen en toda su plenitud.



## **Bibliografía**

"Advanced Wireless Technologies and Spectrum Management", UIT, febrero de 2004 http://www.itu.int/osg/spu/ni/spectrum/RSM-AWT.pdf

"Connected On the Go. Broadband Goes Wireless", Report by the Wireless Broadband Access Task Force, FCC, febrero 2005.

Giovanni Emanuele Corazza, "The Fourth Feneration for Wireless Systems: Trends and Future Perspectives" http://www.ieee.org.ar/downloads/corazza-jul04.pdf

Luis Valle, "Revolución inalámbrica en la Argentina", El Cronista Comercial, Suplemento IT Business, Buenos Aires, 16 de agosto de 2005.

Luis Valle, "El Datacasting en la Educación", en el evento "La Televisión del Futuro", en la Universidad de Palermo, Sede Catalinas, en agosto de 2005. Disertación publicada en Internet en: http://www.palermo.edu/ingenieria/pdf/Datacasting.pdf

Luis Valle, Clase Abierta "Nuevos Servicios Wireless Multimedia", en el Auditorio de la Universidad de Palermo, el 3 de mayo de 2005. Disertación publicada en Internet en: http://www.palermo.edu.ar/ingenieria/downloads/Clase\_Abierta\_3\_de\_mayo\_2005.pdf

Luis Valle y otros, "Despliegue de Redes Multiservicios en Entornos Urbanos de la Argentina Mediante Enlaces Inalámbricos Punto Multipunto", co-autor, artículo publicado en la revista de la Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones (AHCIET), Año XIX N° 89, Madrid, Octubre/Diciembre de 2001; y en Internet en :

http://www.ahciet.net/comun/portales/1000/10002/10007/10301/docs/redes.pdf

Luis Valle, "La Regulación de los Servicios Wireless en la Argentina", artículo publicado en la revista Telecomunicaciones y Negocios, Buenos Aires, 1/9/2000.

Luis Valle, "Wireless Multimedia Services Regulation in Argentina", paper presentado en la XIII Biennial Conference of the International Telecommunication Society, en Buenos Aires en Julio de 2000, publicado en Internet en:

http://www.its2000.org.ar/conference/valle.pdf

Luis Valle, "Los Servicios Wireless Multimedia en Argentina", artículo publicado en la revista de la Asociación Hispanoamericana de Centros de Investigación y Empresas de Telecomunicaciones (AHCIET), Año XVII Nº 79, Madrid, Abril/Junio de 1999.

Luis Valle, "Los Servicios Wireless Multimedia", artículo publicado en la revista Comunicaciones Personales, Año IV Nº 27, Buenos Aires, Enero/Febrero de 1999.

Luis Valle, "Los Servicios Wireless Multimedia", tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 1997.

"Radio Spectrum Management For a Converging World", UIT, febrero de 2004 http://www.itu.int/osg/spu/ni/spectrum/RSM-BG.pdf

"Study on Spectrum Management in the field of Broadcasting. Implications of Digital Switchover for Spectrum Management", The European Commission, Junio de 2004. http://europa.eu.int/information\_society/topics/ecomm/doc/useful\_information/library/studies ext consult/spectrum mgmt bc dswo/annexes vol 3.pdf

"The Portable Internet", UIT, septiembre de 2004.

Wireless Broadband Access Task Force (FCC) www.fcc.gov/wbatf/