

Redes Digitales: Presente y Futuro

José Incera¹, Rodolfo Cartas, Osvaldo Cairó²

Laboratorio de Redes Avanzadas, ITAM
Reporte Técnico LRAV 10507
Mayo 2007

¹Departamento Académico de Sistemas Digitales

²Departamento Académico de Computación

Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM)

Río Hondo 1 – 01000 México DF

jincera@itam.mx, rodolfocartas@gmail.com, cairo@itam.mx

Resumen

Los grandes avances que se han dado en los últimos años en los campos de Tecnologías de Información y de Comunicaciones (TIC), conducen hacia un mundo cada vez más global e interconectado. La llamada Sociedad de la Información ha traído consigo un enorme incremento en el número de interacciones entre individuos, así como entre individuos y empresas. La infraestructura que hace posible estas interacciones, son las redes digitales. En este trabajo se presenta una panorámica general de las redes digitales, desde los conceptos básicos de sistemas de comunicaciones digitales, hasta los elementos que las están convirtiendo en una única plataforma de transporte en la convergen los más diversos servicios.

1. Antecedentes

Durante las últimas décadas los campos de la informática y la telecomunicación se han fusionado, generando profundos cambios en la tecnología, los productos y las compañías de esta nueva industria combinada (Stallings, 2007). La revolución generada por esta simbiosis ha afectado significativamente el tejido económico y social del mundo. Las redes digitales se están convirtiendo en el sistema nervioso de la *Sociedad de la Información*. Para Castells (2000), *La Red* significa nuevas formas de organización que reemplazan jerarquías verticales integradas como la manera dominante de organización social.

Tecnológicamente, esta revolución ha dejado ver (Stallings, 2007) que: (1) no existe una diferencia fundamental entre los dispositivos de cómputo y los dispositivos de transmisión de datos; (2) no existe una diferencia fundamental entre la transmisión de datos, voz y video; (3) las líneas que dividen un dispositivo de cómputo y una red se desvanecen, *la red es la computadora*.

Todo lo anterior ha llevado a la llamada *convergencia digital* la cual está ocurriendo en diferentes niveles (OECD, 2006):

- En el nivel de contenidos, por ejemplo, con la aparición de los servicios de Video en Demanda (*Video on Demand*) y la televisión sobre el protocolo de Internet (IPTV);
- a nivel de negocios, con esquemas de propiedad cruzadas y los servicios *triple-play* (datos, voz y video) ofrecidos por operadores de telecomunicaciones;
- a nivel de red con la aparición de redes unificadas para la transmisión de señales;
- a nivel de dispositivos con dispositivos de propósito múltiple.

Internet, uno de los productos más importantes de esta revolución, se convierte paulatinamente en una infraestructura crítica, a pesar de que no fue pensada para ello. Este papel no hará más que incrementarse en el futuro, lo que ha llevado a considerar el rediseño de su arquitectura básica para contar con una Internet que expanda las oportunidades de innovación tecnológica y de crecimiento económico.

Dado su rol preponderante en las sociedades contemporáneas, la exclusión de acceso a las redes digitales es una de las formas más dañinas de exclusión de la economía y la cultura (Castells, 2001). Reducir la brecha digital¹, debe convertirse en prioridad para las naciones. El cierre de la brecha digital es reto y oportunidad para el mundo en desarrollo.

El presente reporte ofrece una panorámica general de las redes digitales. Tras una breve introducción sobre los conceptos básicos de sistemas y redes digitales, se muestra cómo han evolucionado hacia la llamada convergencia digital. Posteriormente se presentan los avances y tendencias en infraestructura de redes, tanto en la red de acceso como en el núcleo de los operadores. Dada su posición innegable como LA red digital de la sociedad contemporánea, se dedicará una sección especial a Internet en la que se analizarán varios aspectos y se presentarán brevemente los proyectos de rediseño más relevantes en la actualidad. Finalmente se discutirán algunos puntos relevantes sobre las tendencias en servicios y contenidos digitales en red, y sobre las implicaciones de la convergencia digital.

2. Marco conceptual

Una red digital es un sistema de comunicaciones en el que la información que se transporta está codificada en formato digital. Con el fin de entender cómo funcionan las redes digitales, sus características, problemáticas y oportunidades, es conveniente describir brevemente qué es un sistema digital.

2.1 Sistemas Digitales

El surgimiento del transistor, la computadora electrónica y el microprocesador en los decenios posteriores a la Segunda Guerra Mundial transformaron la manera de procesar la

¹ Definimos *brecha digital* como la diferencia en las oportunidades de acceso a las tecnologías de información y telecomunicaciones entre distintos grupos de una sociedad (países, regiones, etnias, género, edad, etc.).

información que condujo a la migración de los *sistemas analógicos* hacia los *sistemas digitales*.

Un sistema analógico utiliza una cantidad física, como el voltaje, para representar el comportamiento de otro sistema físico. Las propiedades de esta representación son explotadas para almacenar, transformar, duplicar o amplificar el fenómeno original. Las señales utilizadas en un sistema analógico son continuas en el tiempo y en su amplitud (es decir, en su magnitud), por lo que pueden tomar un número potencialmente infinito de valores. Un sistema analógico puede ejemplificarse mediante el funcionamiento de un sismógrafo, el cual está formado por un marco sujeto al terreno, una masa suspendida unida al marco, un mecanismo de amortiguación para prevenir oscilaciones de larga duración causadas por un terremoto, y un mecanismo de registro de las ondas sísmicas. Durante un movimiento telúrico, las ondas sísmicas mueven la base del sismógrafo mientras que la masa suspendida tiende a estar en una posición fija debido a su inercia. Un sismógrafo analógico registra directamente el movimiento entre su base y la masa suspendida. Durante todas estas operaciones, las propiedades ondulatorias del fenómeno físico original permanecen inalteradas.

Un sistema analógico es relativamente simple y puede ser representado por modelos matemáticos sencillos. Una desventaja de un sistema analógico es la acumulación de pequeñas variaciones aleatorias cada vez que se realiza una operación sobre la señal adquirida. Por ejemplo, en el caso específico de un sistema eléctrico, siempre existen perturbaciones debidas al movimiento molecular (ruido térmico).

Por su parte, un sistema digital utiliza una representación numérica finita (o discreta) del fenómeno físico. A la transformación de la señal analógica en un conjunto de valores discretos se le llama digitalización.

2.2 Digitalización

La representación digital de una señal analógica se construye obteniendo *muestras* de su magnitud a intervalos regulares como se observa en la imagen izquierda de la figura 1. A cada muestra obtenida se le asigna el más cercano de un conjunto finito de valores en un proceso llamado *cuantización*, representado en la imagen derecha de la figura 1. Finalmente, el valor seleccionado se codifica, utilizando típicamente una representación binaria.

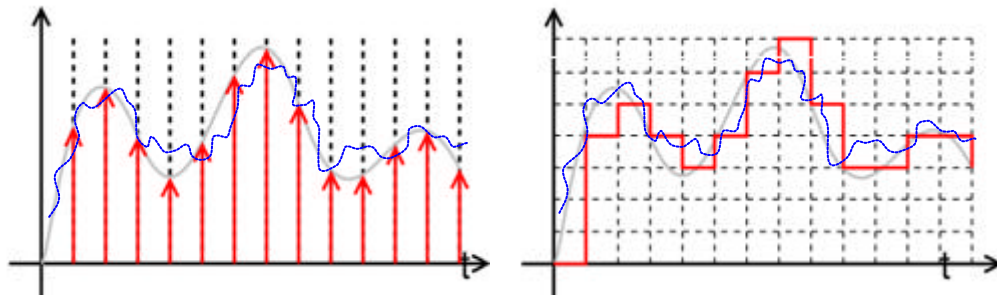


Figura 1. Muestreo y cuantización

La cuantización implica una distorsión de la señal original pues, en general, el valor discreto que representa la muestra no coincidirá exactamente con su magnitud en ese punto. Por otra parte, la señal digital es mucho más inmune a factores externos (como el ruido térmico, representado por la línea punteada en la figura 1) que puedan afectar la magnitud de la señal. El conjunto de valores utilizados para la representación digital, debe elegirse con cuidado. Entre mayor sea el conjunto, menor será la separación entre ellos, y por consiguiente, el error de cuantización. Sin embargo, el patrón binario para representar estos valores también aumenta². Además, la inmunidad al ruido disminuirá, pues aumenta la probabilidad de tomar un valor por otro.

Para reconstruir la señal analógica se recurre a un proceso matemático de interpolación. En 1924, Henry Nyquist mostró, a través del teorema que lleva su nombre, que para obtener una reconstrucción completa, bastaba con tomar muestras al doble de la frecuencia máxima de la señal original. Es necesario entonces, conocer el rango de frecuencias (llamado ancho de banda) de las señales para poder digitalizarlas.

Es ilustrativo ejemplificar estos conceptos en el marco de las redes telefónicas digitales. La voz humana está formada por señales que tienen componentes de frecuencia más allá de los 12,000 Hz. Sin embargo, los componentes principales de la voz, es decir, aquellos que permiten distinguir con claridad el mensaje emitido, se encuentran en el rango de 300 Hz a 3,400 Hz. En las redes telefónicas digitales se transforma la voz en una señal eléctrica que es muestreada cada $125 \mu\text{s}$ ³, obteniendo 8,000 muestras por segundo (poco más del doble requerido por el teorema de Nyquist). Cada valor se representa con un número binario de 8 bits, por lo que la señal digital tiene una tasa de 64 kb/s ⁴.

Si bien el proceso de digitalización introduce una cierta complejidad en el tratamiento de la señal original (pues es necesario tomar las muestras, cuantizarlas y codificarlas), la representación digital de la información tiene enormes ventajas para poder tratarla (por ejemplo, para comprimirla, transformarla, analizarla mediante programas de cómputo), almacenarla (por ejemplo, en un archivo) y transportarla en sistemas de comunicaciones digitales. Es por ello que en la actualidad, prácticamente todos los sistemas de comunicaciones están convergiendo hacia su digitalización.

2.3 Sistemas de comunicaciones

En su forma más general, un sistema de comunicaciones está compuesto por los bloques que se ilustran en la figura 2. Una fuente de información genera mensajes para un cierto destinatario⁵. El transmisor convierte estos mensajes en una señal que viaja por un canal de comunicación hasta el receptor, el cual se encarga de reconstruir el mensaje y

² Se necesitan $b = \log_2 V$ bits para representar V valores.

³ μs representa un micro segundo, es decir, una millonésima de segundo.

⁴ Los modernos sistemas de comunicaciones de voz utilizan distintas técnicas de compresión para reducir sustancialmente esta tasa.

⁵ En los sistemas de difusión (como la televisión), se tendrán varios destinatarios.

entregarlo al destinatario. En su paso por el canal, la señal es objeto de perturbaciones impredecibles producidas por la naturaleza del canal o por elementos externos al sistema, así que la señal recibida siempre será diferente de la emitida (ver figura 1). Si el sistema de comunicaciones es digital, el mensaje, su representación en una señal, o ambos, utilizan una secuencia de valores digitales.

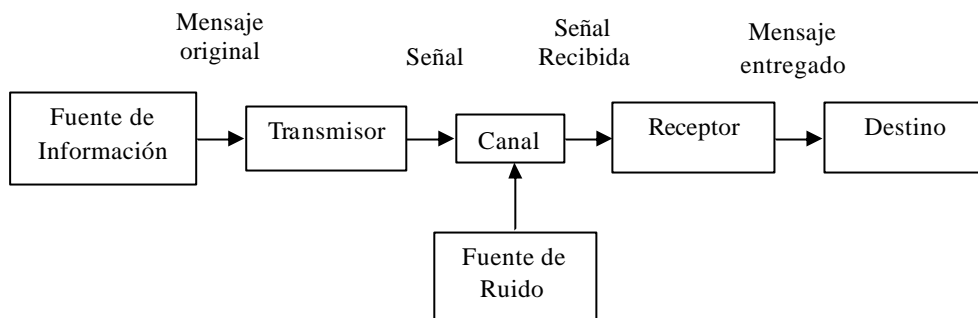


Figura 2. Sistema de comunicación

El teorema de Nyquist, además de mostrar cómo reconstruir una señal original a partir de la señal digital, fija el límite máximo de la cantidad de información que puede ser transmitida a través de un canal sin ruido. Si la digitalización se realiza al doble de la frecuencia máxima de la señal original (H) y si se utilizan V niveles discretos entonces:

$$\text{Tasa máxima de datos} = 2H \log_2 (V) \text{ b/s}$$

Claude Shannon extiende en 1948 el trabajo original de Nyquist para canales con presencia de ruido (Tanenbaum, 1996). Si la cantidad de ruido en el canal se obtiene a partir la relación entre la potencia de la señal a transmitir (S) y la potencia del ruido presente (N), entonces la tasa ideal de un canal con ancho de banda H y coeficiente señal a ruido S/N es:

$$\text{Tasa máxima de datos} = H \log_2 (1 + S/N) \text{ b/s}$$

Este resultado es muy importante porque, además de ofrecer el límite teórico de la capacidad de un canal, indica que cualquier mensaje puede ser transmitido con confiabilidad, a pesar de tener un canal con ruido, diseñando una codificación que mejore el coeficiente señal a ruido (Rheingold, 2000).

3 Redes digitales

En general, las redes digitales son una evolución de las redes de comunicaciones tradicionales, las cuales fueron diseñadas y operadas para ofrecer un solo servicio. Así surgieron, por ejemplo, las redes telegráficas, de telefonía fija, de telefonía celular, de televisión abierta, de televisión por cable, redes de computadoras en ambientes corporativos privados, redes de cajeros automáticos, y, en sus inicios, Internet ofreciendo

aplicaciones básicas para intercambio de datos a través aplicaciones para acceso remoto, transferencia de archivos y correo electrónico. Gracias principalmente a una serie de avances tecnológicos en la digitalización de la información, hoy en día se tiene una fuerte tendencia a la unificación de las redes, la llamada convergencia digital.

Como una primera aproximación, se define una red digital como la interconexión de equipos terminales (los dispositivos de usuario) y sistemas de comunicaciones que intercambian información en formato digital. Para que este intercambio pueda ocurrir exitosamente, los dispositivos y los nodos de interconexión de los sistemas (enrutadores, conmutadores) deben cumplir con una serie de reglas técnicas bien definidas, llamadas protocolos de comunicación.

3.1 Modelo de referencia

Las primeras redes digitales fueron diseñadas para interconectar computadoras; la proliferación de diferentes arquitecturas de cómputo dificultaba la construcción de una tecnología de red para comunicar máquinas diferentes. Para resolver estas dificultades se recurrió a la estrategia de “divide y vencerás” organizando el problema de comunicación en una estructura jerárquica de capas. Cada capa es responsable de resolver una tarea específica de comunicación, ofreciendo sus servicios a la capa inmediata superior. Para resolver su tarea, las capas en un determinado nivel se comunican con capas del mismo nivel en otros dispositivos, a través de los protocolos de comunicaciones.

El modelo de capas más conocido es el marco de referencia OSI (*Open Systems Interconnection*) de la Organización Internacional de Estándares (ISO, *International Standards Organization*). Se trata de un modelo de siete capas mostrado en la figura 3. Dada su importancia, en la figura también se incluye como referencia el modelo de capas utilizado por Internet y conocido como modelo TCP/IP. La función de cada capa se describe brevemente a continuación:

1. *Capa Física*. Define las características de los elementos necesarios para la conexión así como las de los bits enviados (características eléctricas, ópticas, etc.).
2. *Capa de Enlace de Datos*: Se encarga de dar formato y de proveer una transmisión libre de errores entre dos elementos conectados directamente. En esta capa entra una parte importante de las funciones realizadas por los protocolos de red de área local como *Ethernet*.
3. *Capa de Red*. Establece los mecanismos necesarios para encaminar eficientemente la información entre los equipos terminales. En Internet, estas funciones las realiza el protocolo IP (*Internet Protocol*).
4. *Capa de Transporte*. Provee la transferencia transparente de datos de extremo a extremo de la red. Esta capa puede encargarse de garantizar que la información llega a su destino correctamente, como lo hace el protocolo TCP (*Transmission Control Protocol*) en Internet.
5. *Capa de Sesión*. Se encarga de controlar el establecimiento y el fin de un diálogo entre dispositivos. No existen protocolos en la pila TCP/IP definidos específicamente para realizar las funciones de esta capa, ni de la de presentación.

6. *Capa de Presentación*. Transforma datos para proveer una representación estándar e interoperable entre los equipos terminales.
7. *Capa de Aplicación*. A través de esta capa los usuarios acceden a los servicios de la red. En ella se definen, por ejemplo, los protocolos SMTP, FTP y HTTP utilizados, respectivamente, para intercambiar mensajes de correo electrónico, transferir archivos y navegar a través de las páginas Web.

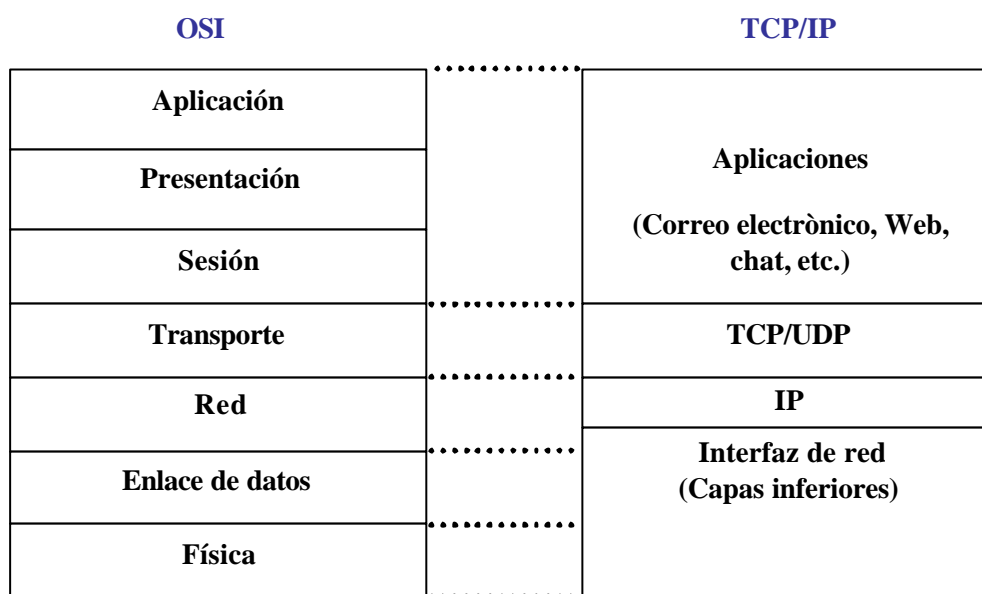


Figura 3. Arquitecturas de capas. OSI (izquierda) y TCP/IP (derecha)

3.2 Taxonomía

Existen diversas maneras en las que las redes digitales pueden ser clasificadas, por ejemplo, por los servicios que ofrecen (telefonía fija y móvil, televisión, intercambio de información); por su función en la arquitectura de red (redes de acceso, redes de transporte); por la población de usuarios que las utilizan (redes públicas, privadas, corporativas, para el hogar); por su cobertura geográfica. Esta última clasificación es muy común en la literatura, por lo que se presentará brevemente.

Redes de área corporal (BAN, *Body Area Network*)

Se trata de un concepto reciente en el que los dispositivos utilizan el cuerpo humano como medio de transmisión. Los dispositivos transmiten información entre sí con el simple hecho de tocarlos. Esta tecnología debe utilizar señales de baja potencia para reducir la interferencia entre dispositivos y, sobre todo para evitar efectos nocivos para la salud. Una ventaja del cuerpo como medio de transmisión es que la información no se irradia al ambiente. El Instituto de Investigaciones en Electrónica y Telecomunicación de Corea del Sur ha desarrollado un prototipo que permite intercambiar datos a 5kb/s (IJET, 2005). Esta clase de dispositivos podría usarse para ofrecer servicios de autenticación,

pago electrónico o monitoreo clínico de pacientes. Su área de cobertura es de un par de metros.

Redes de área de área personal (PAN, *Personal Area Network*)

Son redes típicamente inalámbricas que interconectan dispositivos de cómputo en un área de cobertura pequeña, alrededor de 10 metros. Las primeras redes PAN utilizaban enlaces infrarrojo para la interconexión, ofrecían velocidades de 2.4kb/s hasta 16Mb/s en un rango de hasta un metro pero los dispositivos debían contar con una trayectoria directa entre ellos, es decir, sin objetos que la obstruyeran. A esto se le conoce en telecomunicaciones como *línea de vista (LOS, line of sight)*.

Los estándares actuales, entre los que destacan IEEE 802.15.1, mejor conocido como Bluetooth, IEEE 802.15.4, llamado ZigBee⁶ y Wireless USB⁷, no requieren de LOS. Bluetooth 2.0 ofrece velocidades de 3Mb/s mientras que WUSB alcanza los 110Mb/s en distancias de 10 metros. ZigBee, más enfocada a la interconexión de dispositivos, es una red muy simple, de bajo costo, baja velocidad (hasta 250 kb/s) y relativamente segura. Todas ellas están diseñadas para operar en modo *ad-hoc*, en el que los dispositivos electrónicos se conectan entre sí sin la intervención del usuario. Es decir, los dispositivos identifican a la red, solicitan su ingreso, reciben una dirección y establecen la comunicación por sí mismos.

Redes de área local (LAN, *Local Area Network*)

Son las más conocidas en las organizaciones y, de manera creciente, en los hogares. Permiten conectar dispositivos con una cobertura de cientos de metros hasta un par de kilómetros. Históricamente, la tecnología dominante en estas redes ha sido Ethernet, creada por Robert Metcalfe en los laboratorios Xerox PARC a mediados de los años 70 (Metcalfe and Boggs, 1976), y estandarizada por la IEEE bajo el grupo de trabajo 802.3⁸.

En sus primeras versiones, los dispositivos se conectan a un medio compartido (un cable coaxial, o un concentrador) en el que se difunde la señal transmitida, que puede ser escuchada por todos. Cuando un dispositivo desea enviar información, verifica que el medio esté libre y la transmite en una trama que tiene, entre otros campos, identificadores del remitente y del receptor. Este último toma la trama del medio; los demás la ignoran. Existe la posibilidad de que dos dispositivos que deseen transmitir casi al mismo tiempo, escuchen el medio, lo encuentren libre e inicien su transmisión, distorsionando la señal del otro. Los emisores están obligados a detectar este fenómeno, llamado colisión, y en caso de que ocurra, abortan la transmisión y lo intentan nuevamente en un momento posterior.

Las nuevas implementaciones del protocolo no utilizan medios compartidos; los dispositivos están conectados directamente a conmutadores que pueden encaminar la información a su destinatario. Esta configuración, junto con grandes avances en diseño

⁶ IEEE 802.15 WPAN Task Group 1. <http://www.ieee802.org/15/pub/TG1.html>

⁷ Certified Wireless USB. <http://www.usb.org/developers/wusb/>

⁸ <http://www.ieee802.org/3/>

electrónico y en el uso de medios de comunicación ópticos, han permitido que las redes Ethernet pasen de 3Mb/s a 10Gb/s y se espera que en dos años se ofrezca comercialmente una versión con velocidades de 100Gb/s (Kerner, 2006).

Debido a su gran flexibilidad, facilidad de integración y bajos costos de implementación, la última década ha visto un crecimiento exponencial de redes locales inalámbricas basadas en la familia de estándares IEEE 802.11⁹ tanto en las organizaciones privadas como en el hogar y en áreas públicas como aeropuertos, parques y cafeterías, sobre todo para dar acceso a la red Internet en los llamados *hot-spots*. Algunos analistas consideran que en los próximos 5 o 10 años, las redes locales inalámbricas serán la tecnología de acceso dominante (Hochmuth, 2007). Estas redes, también conocidas como WiFi¹⁰, ofrecen velocidades nominales que alcanzan los 54Mb/s. La versión más reciente (IEEE 802.11n), que deberá ser liberada en 2008 aunque ya existen productos comerciales “*pre estándar*”, utiliza técnicas muy sofisticadas de procesamiento y transmisión de señales, con lo que logra ofrecer velocidades reales de hasta 200Mb/s.

Las redes locales inalámbricas han estado acompañadas de un halo de inseguridad porque utilizan un medio compartido (el aire) para comunicarse, facilitando la interceptación de mensajes por receptores no deseados, y porque los primeros mecanismos de seguridad diseñados para protegerlas, terminaron siendo muy vulnerables. Sin embargo, los nuevos protocolos de seguridad (IEEE 802.11i) permiten que estas redes sean tanto o más seguras que sus contrapartes alámbricas. Sin embargo, activar correctamente los mecanismos de seguridad es relativamente complicado, por lo que se ha lanzado recientemente la iniciativa WPS (*WiFi Protected Setup*) como una norma para crear redes altamente seguras con mucha mayor facilidad (Cox, 2007).

Redes de campus (CAN, *Campus Area Network*)

Conforme fueron diseminándose las redes locales surgió la necesidad de conectarlas entre sí de manera eficiente en áreas que podían abarcar unos cuantos kilómetros, como hospitales, aeropuertos, campus universitarios, y edificios corporativos. Esta interconexión podía realizarse por medio de conmutadores ATM, o por medio de tecnologías específicas para ello, como FDDI (*Fiber Distributed Data Interface*). En la actualidad, la interconexión suele darse a través de enlaces punto a punto (típicamente enlaces ópticos) entre conmutadores Ethernet o enrutadores IP, por lo que para varios investigadores esta categoría ya no es relevante.

Redes de área metropolitana (MAN, *Metropolitan Area Network*)

Con una cobertura de decenas de kilómetros, en esta categoría suelen concentrarse dos grupos de tecnologías: aquellas utilizadas principalmente para interconectar redes locales dentro de una ciudad y aquellas utilizadas como redes de acceso, principalmente a Internet. Es en este último grupo en el que se ha dado una gran actividad en los últimos

⁹ <http://www.ieee802.org/11/>

¹⁰ *WiFi* es una contracción de *wireless fidelity*, una certificación proporcionada por una alianza de fabricantes de equipos para garantizar que los equipos cumplen con las normas y son interoperables entre sí.

años, por lo que se dedicará una sección especial a estas. Para la interconexión de redes locales, la tecnología dominante es MetroEthernet (IEEE 802.3ah) la cual evolucionó de las redes LAN, con las que los usuarios tienen una larga familiaridad. MetroEthernet puede ser implementada sobre líneas de cobre aunque con mayor frecuencia su infraestructura se basa en fibras ópticas. Si el proveedor utiliza DWDM (sección 4), puede alcanzar velocidades de hasta 100Gb/s (EFMF, 2004).

Redes de área amplia (WAN, *Wide Area Network*)

En esta categoría, en la que también se incluyen las redes de área regional (RAN, *Regional area network*), se cubren grandes extensiones, incluso varios países. La mayoría de estas redes está integrada a la infraestructura de transporte (alambrada) de los grandes operadores. Típicamente están formadas por nodos de conmutación de gran velocidad interconectados entre sí con enlaces de fibra óptica utilizando tecnologías como ATM, SONET/SDH y WDM.

La recientemente aprobada norma IEEE 802.22 (Cordeiro et. al., 2005), tiene como objeto proveer acceso inalámbrico fijo a regiones de hasta 100 km de radio en áreas con baja densidad poblacional. Utiliza frecuencias sin licencia en la banda originalmente establecida para la radiodifusión de televisión. El estándar hace uso de radios cognitivos (sección 4.2). Posee la gran ventaja de no interferir con dispositivos usando frecuencias con licencia. Esta tecnología resulta de particular interés en países en desarrollo y en áreas rurales.

Redes de área global (GAN, *Global Area Network*)

Las redes de área global cubren un área geográfica ilimitada interconectando una gran cantidad de redes. Este es el caso de las redes telefónicas fijas a escala mundial, e integradas casi totalmente con sus contrapartes celulares. Otro ejemplo evidente es Internet, la gran “red de redes”, que ha rebasado las fronteras de la tierra con iniciativas para lanzar sondas espaciales que utilizan enrutadores con el protocolo IP para enviar información a la tierra (Buster, 2005).

4. Avances y tendencias en infraestructura de redes

Siendo el sector donde se experimenta la mayor tasa de innovación y crecimiento en la actualidad, la capacidad de transmisión de las redes digitales se encuentra en constante crecimiento. De acuerdo a Phil Edholm, jefe de tecnologías de Nortel Networks, las tasas de transmisión de equipo digital crecen a un ritmo logarítmico (Cherry, 2004). Edholm agrupa las tendencias de crecimiento en tres categorías: fijas, nómadas e inalámbricas. Las tecnologías fijas no permiten la movilidad y se proveen por medios alambrados, por ejemplo, ADSL. Las tecnologías inalámbricas son aquellas que permiten desplazamientos limitados. Las redes locales inalámbricas caen en esta categoría. En la categoría de tecnologías nómadas, se incluyen aquellas que permiten un movimiento libre, como ocurre con la telefonía celular.

Como puede observarse en la figura 4, las tres categorías presentan crecimientos sostenidos en sus tasas de transferencia, aunque las tecnologías fijas lo hacen a un ritmo menor que las otras dos. Extrapolando este comportamiento, alrededor del año 2030 las tecnologías nómadas e inalámbricas ofrecerán la misma capacidad de transmisión que sus contrapartes alambradas, por lo que es válido imaginar que probablemente algún día no habrá necesidad de las tecnologías fijas, al menos en las redes de acceso. Mientras eso suceda, en la actualidad las redes alambradas siguen siendo dominantes. En esta sección se presentan brevemente los principales avances observados en las tecnologías más utilizadas tanto al interior de las redes (llamadas redes de transporte), como para acceder a ellas (llamadas redes de acceso).

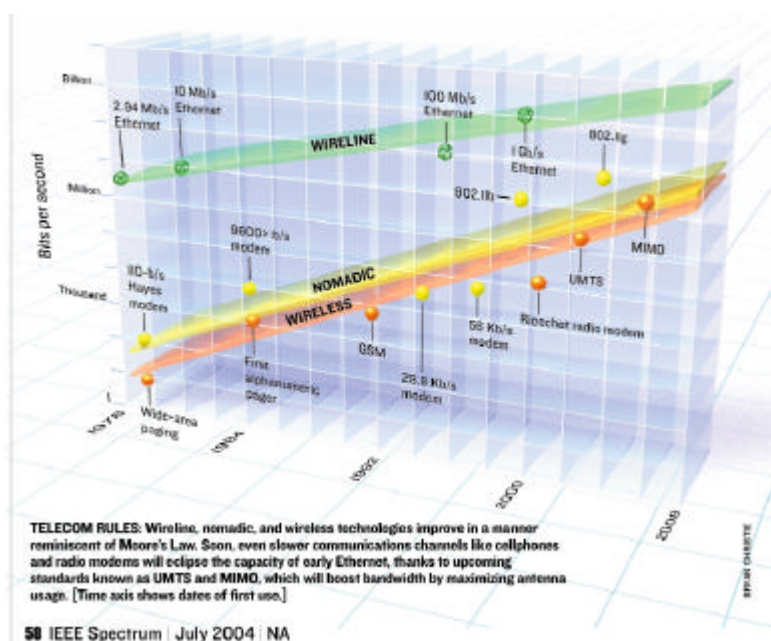


Figura 4. Crecimiento de tasas de transferencia (Cherry, 2004)

4.1 Antecedentes

Las redes de telefonía fija se desarrollaron y alcanzaron su auge en el siglo XX. Llegan a millones de hogares y empresas mediante pares de alambre de cobre trenzado que conectan los dispositivos de los usuarios (originalmente el aparato telefónico) con una central del operador. A esta red se le conoce como red de abonado, de acceso, o de última milla. Las redes telefónicas fueron desarrolladas específicamente para ofrecer los servicios de comunicación de voz, y las centrales telefónicas disponían de filtros que cortaban las señales de voz en la red de abonado a frecuencias entre 300 y 3,400 Hz (ver sección 2.2). Dada su ubicuidad, estas redes resultaban muy atractivas para enlazar computadoras digitales entre sí a través de módems (Moduladores-demoduladores) cuya función es transformar las señales digitales de las computadoras en tonos audibles que podían viajar por la red sin ser eliminados por los filtros.

El esquema anterior presenta al menos dos problemas: En primer lugar, los anchos de banda de 3,100 Hz disponibles, limitan severamente la velocidad de transmisión, alcanzando apenas los 56 kb/s con sofisticadas técnicas de procesamiento de señales. En la actualidad se requiere de tasas mucho mayores (a lo que suele llamarse *banda ancha*) para poder acceder conjuntamente a servicios de voz, datos y video. Por otra parte, la red telefónica opera con base en la reservación de recursos cuando se establece un circuito (durante la fase de marcado) entre el emisor y el receptor. Los recursos reservados no pueden ser compartidos por otros usuarios, lo que garantiza la calidad de la comunicación pero la hace muy costosa (sobre todo en enlaces de larga distancia) e ineficiente, pues el tráfico intercambiado entre computadoras es muy irregular, con grandes intervalos de silencio que podrían ser aprovechados por otras conexiones.

Esto dio origen a las redes de conmutación de paquetes (como X.25, Frame Relay y, por supuesto, Internet) concebidas para la comunicación eficiente entre computadoras. En estas redes, la información intercambiada es enviada en bloques llamados datagramas¹¹ a través de enlaces compartidos por datagramas de otras conversaciones, con ayuda de nodos de conmutación que los van encaminando hacia su destino final. Sin embargo, todavía era necesario enlazar las instalaciones del usuario con el punto de presencia (PoP) más cercano del operador de la red. Para conformar esta *red de acceso* a los servicios del operador, se utilizaban frecuentemente enlaces privados con costos muy elevados¹².

Durante los años 90 los usuarios empezaban a demandar con mayor intensidad servicios de acceso a redes de datos más versátiles y económicos, particularmente para acceder a Internet desde la oficina y el hogar, la cual comenzaba a adquirir una popularidad creciente. Esta demanda no ha dejado de crecer; tan sólo en los países que conforman la OCDE, los accesos de banda ancha se incrementaron en un 33% entre junio de 2005 y junio de 2006 para alcanzar una tasa de penetración de 15.5 por cada 100 habitantes (OCDE, 2006). Desgraciadamente, las tasas en América Latina y el Caribe son mucho menores, rebasando apenas el 2% en junio del 2006 (Ferraz, 2007).

4.2 Tecnologías de acceso

xDSL

En la demanda por utilizar servicios de voz y datos, los operadores telefónicos encontraron una oportunidad para explotar más eficientemente su red de abonado, incrementando así sus ingresos promedio por usuario (ARPU, *average revenue per user*) a través de una serie de tecnologías conocidas genéricamente como línea digital de suscriptor (DSL, *Digital Subscriber Line*). Sus dos exponentes más populares son ADSL (*Asymmetric DSL*) y VDSL (*Very high bit-rate DSL*). En las instalaciones del usuario se coloca un módem que procesa y agrupa las señales digitales con el canal telefónico, y las envía por el par de cobre de la red de abonado hacia la central telefónica. En ésta, un

¹¹ Dependiendo de la tecnología utilizada, también se les llama paquetes, tramas o celdas.

¹² De hecho, los enlaces privados como redes de acceso siguen siendo muy populares, y, gracias a la aparición de nuevas opciones tecnológicas, su costo ha disminuido sustancialmente en muchos países.

equipo llamado DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*) separa las señales de voz y datos y las envía, respectivamente a la red telefónica y a Internet.

Las capacidades ofrecidas por las tecnologías xDSL dependen de varios factores, en particular de la calidad del cableado desplegado, la distancia entre las instalaciones del usuario y el DSLAM, así como del número de pares de cobre (de accesos) en un mismo cable. Para obtener el mejor rendimiento de estas tecnologías, los operadores se ven forzados a reducir la distancia entre el módem y los DSLAMs, lo que representa fuertes inversiones en infraestructura para colocar los DSLAMs en los gabinetes de distribución garantizando condiciones apropiadas de suministro de energía, ambientales y de seguridad (Pozas, Sanchez, 2006).

ADSL está concebido específicamente para servicios de navegación por Internet y acceso a servidores de aplicaciones (correo, archivos, etc.). En estas aplicaciones, la cantidad de información que viaja en cada sentido es típicamente asimétrica: se envía mucha menos información hacia la red (en forma de consultas) de la que se recibe (los contenidos solicitados), por lo que la capacidad del enlace se distribuye en un pequeño canal *ascendente* (hacia la red) y uno mucho mayor *descendente* (hacia el usuario). De acuerdo a la norma ITU G.992.1 se pueden alcanzar tasas de 1 y 8 Mb/s en sendos canales, aunque los modelos de negocio de una gran cantidad de operadores ofrecen paquetes con distintas capacidades de subida y bajada.

Con una creciente demanda por mayores capacidades para acceder a servicios más demandantes como juegos en línea, descargas de música y servicios de video, hoy muchos operadores ofrecen ADSL2+ con canales de 24 y 1 Mb/s de bajada y subida respectivamente, y VDSL2 que alcanza tasas agregadas (ambos canales) de hasta 200 Mb/s en su última versión (ITU G.993.2), aunque esta tecnología es especialmente vulnerable a la separación entre módem y DSLAM: la capacidad se reduce a 100Mb/s a medio kilómetro y menos de 50Mb/s a un kilómetro.

Red de televisión por cable

Las redes de televisión por cable también llegan a millones de hogares y lo hacen con un cable coaxial que tiene características eléctricas muy superiores a las del par de cobre de la red de abonado en telefonía. Por ello, una red de televisión por cable necesita de pequeñas modificaciones para dotarla de la capacidad de transmisión de datos a alta velocidad. Hay varias maneras de lograr esto, la más común se basa en la norma DOCSIS 3.0 (*Data over Cable Service Interface Specification*) la cual permite tasas de transmisión mayores a los 160Mb/s, aunque, nuevamente, los operadores suelen limitar la capacidad ofrecida en función de sus estrategias de negocio. Por otra parte, la capacidad nominal es compartida por los usuarios de una zona de cobertura determinada, lo que significa una desventaja ante las tecnologías xDSL que entregan anchos de banda por usuario.

En Estados Unidos y Canadá el número de accesos por cable es superior a los accesos xDSL (OCDE, 2006); esto se explica en parte por el gran nivel de penetración de los servicios de televisión por cable en esos países, y en parte por su marco regulatorio que favorece un entorno altamente competitivo.

Red eléctrica

Desde mediados de los años 30 se propuso la idea de utilizar las redes de distribución de energía eléctrica para transportar información pero hasta muy recientemente no se le había prestado mucha atención (Palet, 2006). La idea básica consiste en montar sobre la señal de corriente eléctrica la información que se desea transferir. Existen varias tecnologías para ello y se conocen genéricamente como PLC (Power Line Communications)¹³. En la red de baja potencia, se puede ofrecer una capacidad de 45 Mb/s pero, como en DOCSIS, esta capacidad es compartida entre los usuarios.

Su principal ventaja es que la red eléctrica tiene una penetración aún mayor que las redes telefónicas y de televisión por cable (por ejemplo, en China hay 9 teléfonos fijos pero 32.1 aparatos de televisión por cada 100 habitantes) (Palet, 2006), por lo que su despliegue como red de acceso puede hacerse sumamente rápido y a bajo costo, ofreciendo una alternativa a DOCSIS y xDSL. Esta tecnología puede ser muy atractiva para aumentar la teledensidad en países emergentes o en zonas rurales que tienen una cobertura muy pobre de cable o de telefonía.

Sin embargo, el transporte de datos en redes eléctricas presenta varios retos técnicos pues en muchos países las líneas eléctricas son altamente ruidosas y con variaciones eléctricas muy considerables. Además, no se ha definido un estándar para estas tecnologías; los primeros despliegues dependen en gran medida de estándares cerrados. La IEEE ha creado el grupo de trabajo P1901 con el fin de desarrollar un estándar abierto e interoperable que pueda alcanzar los 130 Mb/s.

Fibra óptica

Con la aparición de nuevos servicios ofrecidos a través de las redes digitales, como consulta de documentos multimedia, IPTV, juegos en línea, descarga de archivos de audio y video, etc., la demanda por mayores anchos de banda en la red de acceso crece enormemente. Varios autores estiman que en el corto plazo se necesitarán entre 50 y 100 Mb/s en el canal descendente y 30 Mb/s en el canal ascendente por usuario¹⁴ (Lepley, 2005, Pozas, Sanchez, 2006). Estas tasas llevan al límite la capacidad de las tecnologías de acceso fijas basadas en cobre, e inalámbricas, lo que ha incentivado el despliegue de fibra óptica en la red de acceso.

Para el transporte de información, la fibra óptica es sumamente atractiva dadas su total inmunidad a interferencias electromagnéticas, su poca atenuación, y sobre todo, a su enorme capacidad. Con las modernas técnicas de fabricación, se estima que una sola fibra puede alcanzar un ancho de banda de 2.5 Tb/s (Hurtado et al., 2006). Sin embargo, los despliegues de fibra óptica tienen un costo elevado, sobre todo a muy alta velocidad,

¹³ Existen otras tecnologías como HomePlug y CEPCA que utilizan la red eléctrica para interconectar dispositivos en el hogar. No se incluyen aquí pues no son redes de acceso.

¹⁴ Este cálculo supone el acceso simultáneo a tres canales de televisión de alta definición, sesiones de juegos en línea, telefonía IP, navegación intensiva y descarga de un archivo de video.

por lo que los operadores deben elegir cuidadosamente la arquitectura de red apropiada, y el momento oportuno para implementarla.

Típicamente, la red óptica está formada por un dispositivo llamado terminal de línea óptica (OLT, *Optical Line Terminal*) en las instalaciones del operador, un conjunto de terminales ópticos en las instalaciones del usuario (ONT, *Optical Network Terminal*) o cerca de él (ONU, *Optical Network Unit*) y elementos que agregan y desagregan las fibras individuales en la red de acceso. Estos elementos pueden ser activos (es decir, dispositivos electrónicos que requieren de energía eléctrica para operar) como multiplexores y conmutadores, o pasivos, llamados separadores ópticos (*splitters*). Las redes con elementos pasivos (PON, *Passive Optical Network*) son más atractivas económicamente y por consiguiente, son las más comunes.

Salvo en algunos casos, resulta inviable económicamente sustituir por completo la red de abonado con enlaces de fibra óptica, por lo que los operadores tienden a realizar los despliegues de fibra hasta un punto “x” de la red de acceso (FTTx, *fiber to the point x*), como se muestra en la figura 5.

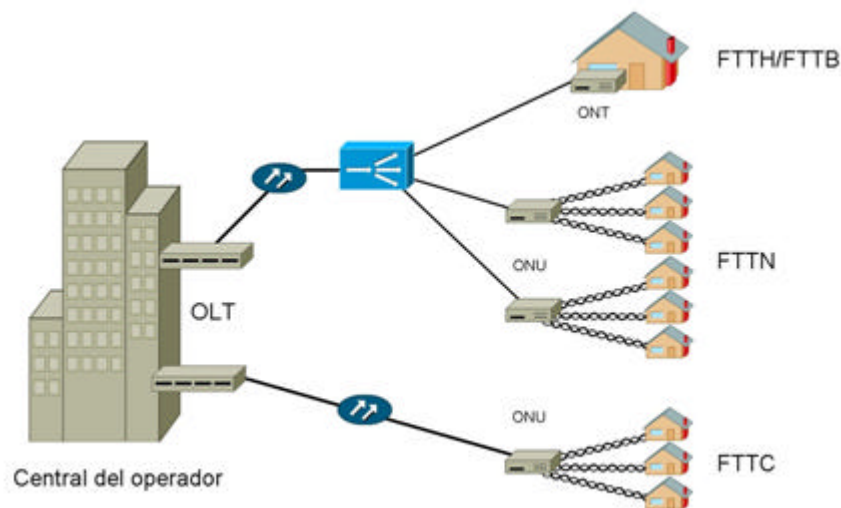


Figura 5. Arquitecturas de redes de acceso ópticas

En las redes FTTH/FTTB, la fibra llega hasta el hogar (“*H*ome”) o hasta el edificio (“*B*uilding”) del usuario. Esta arquitectura se puede utilizar para despliegues en nuevos desarrollos urbanos¹⁵ o para usuarios que requieren de accesos con un gran ancho de banda, como grandes empresas, escuelas y en general, centros con gran concentración de usuarios. Los despliegues FTTB son más viables pues el costo de la red se prorroga entre todos los departamentos.

¹⁵ En la actualidad, es común que se realicen despliegues paralelos de par de cobre y de fibra óptica en los nuevos desarrollos.

En las redes FTTC (*fiber to the curb*) y FTTN (*fiber to the node*) se aprovecha parte de la red de abonado telefónica, lo que abarata y simplifica el despliegue de la red de acceso. Los ONU se localizan en los gabinetes de cableado o en los postes de distribución y se encargan de realizar la conversión eléctrica-óptica de las señales, así como de la transformación entre los formatos de entramado utilizados en cada sección.

Como puede observarse, en las redes PON el ancho de banda de la fibra se comparte entre varios usuarios, por lo que es común limitar a 32 el número de accesos en los separadores ópticos. Existen varios estándares para las redes PON. El primero en aparecer fue APON (ITU G.983) y ofrece una capacidad de 622 Mb/s descendente y 19 Mb/s en el canal ascendente. BPON ofrece los mismos servicios y agrega un canal para distribución de video. GPON (ITU G.984) utiliza un entramado especial (*Generic Framing Procedure*) para ofrecer velocidades hasta de 2.5 Gb/s y 78 Mb/s en los canales descendente y ascendente. EPON (IEEE 802.3ah), es la norma que se utiliza en redes metropolitanas ofreciendo velocidades de 1G y 30 Mb/s. Una tecnología prometedora, WPON está en fase de estandarización. Basada en WDM (sección 4.3), la idea es que el separador óptico entregue una longitud de onda a cada usuario, lo cual permite incrementar sustancialmente la capacidad disponible para cada uno de ellos.

China, Corea y Japón han mostrado un gran interés por desplegar fibra óptica en la red de acceso. Japón es el líder indiscutible en este rubro con 6.3 millones de suscriptores (OCDE, 2006). En Estados Unidos, Verizon, SBC y BellSouth han iniciado agresivamente sus despliegues. En julio de 2005, 1.32% de los hogares americanos contaba con accesos de fibra y, de ellos, 13% habían contratado servicios (Mastrangelo, 2005).

En Europa y América Latina, el despliegue ha sido más lento, a veces promovido por los gobiernos locales directamente o en modalidades de co-inversión. Entre las razones que explican el desarrollo cauteloso en estas y otras regiones del mundo, suelen mencionarse la falta de certeza sobre el retorno de la inversión dado que el abanico de servicios que demandan gran cantidad de ancho de banda no han madurado lo suficiente, y, sobre todo, la falta de claridad de los marcos regulatorios. Para estimular la competencia, en muchos países los operadores dominantes son forzados a permitir que sobre sus redes de acceso, los operadores entrantes puedan prestar servicios a sus propios clientes. Si bien esto es benéfico para los consumidores, el operador dominante se encuentra poco motivado para modernizar su infraestructura (Pozas, Sánchez, 2006; i2010, 2006).

Red telefónica celular

Las redes de telefonía celular fueron desarrolladas en la segunda mitad del siglo XX para ofrecer servicios móviles de voz. En general, están conformadas por múltiples puntos fijos (radio-bases) interconectados entre sí. Estos puntos fijos ofrecen servicios a dispositivos inalámbricos dentro de un área geográfica determinada, llamada célula. La comunicación entre los dispositivos y las estaciones base utiliza señales de radio en frecuencias reservadas específicamente para ello. Al igual que el sistema telefónico

tradicional, este tipo de redes ha evolucionado para ofrecer servicios móviles de transferencia de datos.

La segunda generación de tecnología celular (2G) se caracteriza por el uso de señales digitales enfocadas al transporte de voz. Las redes de segunda generación ofrecen una limitada capacidad de transmisión de datos con protocolos como GPRS con tasas de 384 kb/s. La siguiente generación, 3G, está diseñada para ofrecer servicios simultáneos de voz y datos de banda ancha. Entre los estándares utilizados para este tipo de redes se encuentran CDMA-2000, EV-DO y UMTS. UMTS tiene una capacidad de 2 Mb/s para transmisión de datos. HSDPA, una actualización de UMTS, puede teóricamente alcanzar velocidades de 14.4 Mb/s, aunque típicamente se ofrecen servicios con velocidades de hasta 3.6Mb/s. Se está trabajando en una versión que ofrecerá 42 Mb/s.

WiMAX

Las tecnologías WiMAX (IEEE 802.16) y la recién estandarizada iBurst (IEEE 802.20) proveen servicios de banda ancha inalámbrica. En estas redes también se utiliza el concepto de célula pero abarca un área mucho mayor que en las de telefonía. Con línea de vista, el radio de la célula puede llegar a 50 km. Sin línea de vista, es decir, permitiendo obstáculos como árboles y edificios entre la estación base y el usuario, el radio se reduce a 15 km (Bray, Mahony, 2006). En áreas sin una infraestructura telefónica o de televisión por cable, estas tecnologías pueden resultar una opción sumamente atractiva para la oferta de servicios de banda ancha pues los costos de despliegue son sustancialmente menores que los incurridos al implementar redes alambradas.

WiMax ha sido muy apoyado por importantes fabricantes de semiconductores y se espera que aparezcan cada vez más dispositivos portátiles como laptops y PDAs preparados para utilizar esta tecnología como un sustituto más eficiente y –se espera– económico a las redes celulares de 3ª generación.

iBurst tiene como objetivo brindar movilidad a los usuarios con velocidades de desplazamiento de hasta 250 km/h. La norma IEEE 802.16e de WiMax también permite movilidad hasta 100 km/h. Las tasas de transferencia dependen de muchos factores como la distancia del usuario a la estación base, el nivel de interferencia, la movilidad del usuario, y el número de usuarios, pues la capacidad de la base es compartida por ellos. Aunque se habla de 70 Mb/s compartidos, en ambientes sin línea de vista es más común alcanzar tasas alrededor de 10 Mb/s. Sin embargo, nuevamente los modelos de negocio de los operadores pueden limitar los anchos de banda por usuario. Si bien estas tasas pueden no ser suficientes para los nuevos servicios multimedia, WiMax e iBurst resultan muy atractivas como alternativas flexibles de acceso a servicios más convencionales. Algunos operadores de redes, como Sprint en los Estados Unidos han seleccionado a WiMAX como la base para el desarrollo de sus redes celulares de cuarta generación.

Redes satelitales y plataformas de gran altitud

Los satélites artificiales de comunicaciones, funcionan como una estación de relevo de microondas. El satélite capta una señal enviada desde la tierra, la amplifica y la envía

de regreso. El área de cobertura de un satélite (su huella) es sumamente amplia por lo que son ideales para servicios de difusión. También son regularmente utilizados para establecer comunicaciones punto a punto, y en muchas regiones, son la única tecnología de comunicaciones disponible, por ejemplo, para establecer enlaces telefónicos en medio del océano, en picos montañosos y en otras regiones no habitadas.

Los satélites en el llamado Cinturón de Clarke, a 35,786 km sobre el nivel del mar en el plano ecuatorial, tienen un periodo de rotación de un día, por lo que dan la apariencia de estar fijos desde la tierra. Estos satélites, llamados geoestacionarios, son muy demandados para una gran cantidad de servicios de comunicaciones. Sin embargo, estas tecnologías tienen algunas limitantes, entre las que cabe destacar las siguientes:

- Costo. Una vez lanzado el satélite, ya no puede ser recuperado para su reparación, por lo que son construidos con los más altos estándares de confiabilidad. Además, tienen un tiempo de vida limitado, de alrededor de 10 años. Este tiempo depende, fundamentalmente, de la cantidad de combustible consumido por los motores que se utilizan esporádicamente para mantener al satélite en su posición¹⁶.
- Disponibilidad. Existe un número limitado de posiciones orbitales en el Cinturón de Clark las cuales son arbitradas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Para poder utilizar los servicios de un satélite determinado, es claro que éste debe ser “visible” desde la tierra. Por otra parte, algunas de las bandas de frecuencias utilizadas en las comunicaciones satelitales, son muy vulnerables a las condiciones atmosféricas, degradando la calidad de las comunicaciones.
- Latencia. El tiempo que tarda una señal en recorrer la distancia al satélite y de regreso, es de aproximadamente 240 mseg. Este retraso puede ser muy significativo para algunas aplicaciones, como juegos en línea, telemedicina, y aplicaciones de voz de alta calidad.

En respuesta a algunas de estas limitaciones, se ha propuesto lanzar redes o constelaciones de satélites en órbitas mucho más bajas, a centenas de kilómetros sobre el nivel del mar¹⁷. A estas distancias, los satélites tienen un periodo de rotación mucho menor a 24 horas, por lo que debe haber varios satélites orbitando simultáneamente si se desea tener contacto permanente con alguno de ellos. Se han propuesto varios proyectos de constelaciones satelitales como Iridium, Teledesic, Globalstar y Skybridge, pero la mayoría han sido abandonados. Iridium, quizás el más conocido de ellos, inició operaciones en 1998 y entró al proceso de reestructuración por quiebra (el famoso capítulo 11 de los Estados Unidos) en 1999. En 2001 reinició sus servicios bajo un nuevo consorcio y es financieramente estable gracias a grandes clientes como el Departamento de Defensa de los Estados Unidos.

¹⁶ Debido a las fuerzas gravitacionales que ejercen sobre el satélite diversos cuerpos celestes, éste tiende a salirse de su órbita.

¹⁷ A estos satélites se les llama de órbita baja (LEO, *Low Earth Orbit*).

Otra alternativa que está tomando una creciente atención, es el uso de plataformas a gran altitud (HAP, *High Altitude Platform*). Se trata de una propuesta para utilizar aviones no tripulados volando en un radio corto a 20 km de la superficie terrestre que, al igual que un satélite, refleja las señales enviadas en su radio de cobertura, de alrededor de 500 km. Estas plataformas serían operadas con energía solar y se estima que podrían tener una autonomía de 1 año (Bray, Mahony, 2006). La Unión Europea está financiando el proyecto Capanina¹⁸ para evaluar e implementar un sistema HAP. Entre las ventajas que se mencionan sobre estas tecnologías cabe destacar:

- Es un sistema muy atractivo para comunicaciones multimedia, pues su latencia es mucho menor que la de los satélites geoestacionarios. Puede ofrecer una gran variedad de servicios con altas tasas de transmisión. Por ejemplo, Capanina busca entregar 120 Mb/s en el enlace descendente.
- Se estima que el costo de una plataforma será 10 veces menor que el de un satélite geoestacionario. Además, estas sí pueden ser regresadas a la tierra para su reparación en caso de fallos, o para su actualización.
- Resultan una excelente opción para establecer rápidamente redes de comunicaciones que han sido destruidas por desastres naturales. También resultan atractivas para ofrecer servicios en países en vías de desarrollo.

Radios cognitivos

Un área que ha tomado bastante interés, es el uso de interfaces de radio configuradas por software (SDR, *Software defined radio*), por ejemplo, interfaces que pueden elegir sus frecuencias de operación por software. Bajo esta definición se ubican los teléfonos celulares multi-banda que pueden operar en distintas redes, como WiFi, GSM o WiMax, y que seleccionan el servicio en función de la cobertura, el costo, y los criterios del usuario (Berberana, et al., 2006).

En esta categoría entran también los radios cognitivos o ágiles los cuales buscan utilizar más eficientemente el espectro radioeléctrico al detectar y operar bandas de frecuencia no utilizadas. Por ejemplo, dos equipos terminales con radios cognitivos, podrían detectar que en cierta región un determinado canal de UHF no está siendo utilizado, y lo tomarían para su comunicación. Si en algún momento detectan que hay transmisión en esa frecuencia, en cuestión de micro segundos saltarían a otro canal o a otra banda que estuviera libre.

La gran motivación detrás de este modelo de configuración y re-asignación dinámica de ancho de banda, es que permitiría un aprovechamiento óptimo del espectro, un recurso escaso y muy desperdiciado en ciertas regiones, como las bandas para televisión UHF y para televisión digital (Faulhaber, Farber, 2002).

Como puede inferirse, para que este modelo se implemente en todo el espectro, sería necesario revisar el marco regulatorio, pues en la mayoría de los países se asignan regiones del espectro a servicios específicos (radio difusión, televisión, telefonía celular,

¹⁸ <http://www.capanina.org>

etc.) siguiendo las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, y sin permitir que esas frecuencias se utilicen para otros servicios. Aún si las autoridades locales cuentan con políticas de uso flexible para las regiones concesionadas, la puesta en operación de radios cognitivos podría requerir de acuerdos de negocio entre un número importante de concesionarios (Faulhaber, Farber, 2002).

4.3 Red de transporte

La red de transporte es la infraestructura que utilizan los operadores para interconectar los equipos en sus instalaciones (centrales, telefónicas, puntos de presencia, etc.) y prestar servicios a sus clientes. Típicamente, la infraestructura de red de los operadores, y en particular de los grandes operadores, reflejaba claramente la evolución de las redes de comunicaciones: el despliegue de grandes cantidades de fibra óptica para atender la creciente demanda de ancho de banda de los usuarios, y una serie de plataformas superpuestas orientadas a servicios específicos, como conmutadores de circuitos para telefonía, conmutadores de paquetes y de circuitos virtuales para servicios de datos (Frame Relay e IP), conmutadores ATM par unir ambos, etc. Administrar todas estas redes, resultaba muy costoso y muy ineficiente.

Ante un mercado sumamente competitivo, una migración en las preferencias de los usuarios hacia servicios de datos, y sobre todo, la demanda de nuevos servicios, los operadores se han visto en la necesidad de adoptar estrategias que les permitan maximizar su infraestructura, minimizar sus costos de operación y agilizar la puesta en operación de servicios de valor agregado con alta rentabilidad.

Red óptica

Con base en las enormes ventajas que ofrece la fibra óptica para transportar información, y atendiendo a la creciente demanda de capacidad, la gran mayoría de los operadores migró durante los años 90, su infraestructura de cable y microondas a enlaces de fibra óptica. Típicamente, estos enlaces integran anillos metropolitanos SONET/SDH y mallas que enlazan estos anillos (Hurtado et al., 2006).

En esa década se lograron también grandes avances en tecnologías de multiplexaje por división de longitud de onda (WDM, *wavelength division multiplexing*). Esta tecnología permite enviar varias portadoras con distintas longitudes de onda¹⁹ a través de la misma fibra, con lo que aumenta enormemente su capacidad. A fines de los años 90, WDM denso, DWDM, permitía transportar hasta 160 portadoras espaciadas a intervalos de 25 GHz, con lo que se alcanzan tasas de 80 Gb/s por fibra. En la fibra, los haces se envían en regiones del espectro en los que la atenuación óptica es menor. La primera de estas regiones, llamadas ventanas, se encuentra alrededor de los 850 nm²⁰. Más adelante se empezaron a utilizar ventanas en los 1310 nm y 1550 nm que tienen una atenuación

¹⁹ Informalmente suele decirse que se transportan haces de distintos colores, aunque en realidad las señales están fuera del espectro de luz visible.

²⁰ Nm, nanómetro, es 1 mil millonésimo de metro.

menor. Actualmente se encuentran en desarrollo sistemas capaces de operar en una cuarta ventana cercana a los 1625 nm.

Entre las ventanas de 1310 nm y 1550 nm existía una zona de absorción de partículas OH conocida como el pico de agua. Las técnicas de construcción de fibra actuales han permitido la eliminación de ese pico, proporcionando una ventana continua de 1260 nm a 1625 nm; una capacidad de 54000 GHz en la que pueden insertarse hasta 1000 portadoras distintas. Si se considera que en cada portadora se pueden enviar 2.5 Gb/s y que un cable contiene cientos de fibras ópticas, se entenderá porqué en la actualidad se considera que existe una enorme capacidad de fibra desplegada.

Otra aportación importante a fines de los años 90, fue el desarrollo de amplificadores ópticos que compensan las atenuaciones de las señales sin tener que pasarlas al dominio eléctrico para su regeneración, pues la conversión óptica-eléctrica-óptica introduce severos retrasos en la propagación de la información. Los amplificadores ópticos más comunes están formados por fibras dopadas con tierras raras, principalmente erbio, cuyos iones proporcionan una ganancia óptica cuando son excitados por un láser de alta potencia. Estos amplificadores operan solamente en la ventana de 1550 nm, pero recientemente se han introducido los amplificadores de efecto Raman, en los cuales la fibra misma tiene un efecto amplificador en cualquier ventana cuando se inyecta un láser con las características adecuadas (Hurtado et al., 2006).

Típicamente, las redes de fibra óptica utilizan un modo de conmutación de circuitos: La trayectoria que recorre la información del origen al destino, se configura con anterioridad en los nodos de conmutación. Por lo general, se trata de dispositivos electrónicos, aunque existen dispositivos pueden realizar conmutaciones en el dominio óptico utilizando micro espejos MEMS (*Microelectromechanical Systems*) que dirigen el haz hacia el puerto de salida correspondiente. La siguiente evolución contemplaría dispositivos capaces de conmutar dinámicamente, en los que las ráfagas de información fueran encontrando la ruta hacia su destino conforme se propagan dentro de la red óptica.

Para los operadores, una infraestructura de red totalmente óptica resulta muy atractiva: además de su enorme capacidad, disminuye el número de equipos óptico-electrónicos en la red, y con ellos, el costo de operación, mantenimiento y consumo de energía. Sin embargo, no se espera un despliegue masivo totalmente óptico en el núcleo de los operadores en el corto plazo por varias razones. En primer término, con las tecnologías DWDM, en los países desarrollados no parece haber necesidad de más capacidad en el corto plazo; en segundo lugar, y más importante aún, esta red debe tener una muy alta disponibilidad, por lo que se tenderá a integrar únicamente tecnologías bien conocidas y de probada fiabilidad (Hurtado et al., 2006; Blumenthal et al., 2005).

Redes de Siguiete Generación (NGN)

El concepto de NGN (*Next Generation Network*) consiste en crear una arquitectura donde todos los servicios puedan ser entregados mediante una única red conmutada por paquetes. Una consolidación horizontal de este tipo ofrece ventajas tales como la reducción de costos de operación y mantenimiento, la convergencia de diferentes servicios

y redes, y la puesta en marcha de nuevos servicios combinados. Una red NGN debe responder a las exigencias de fiabilidad, disponibilidad, calidad y capacidad de las redes tradicionales.

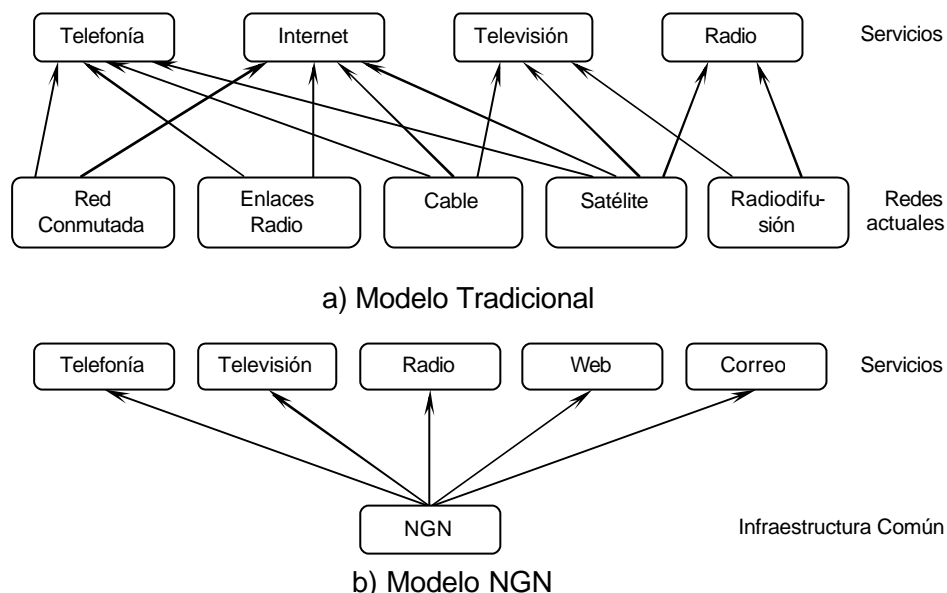


Figura 6. Modelos de aprovisionamiento de servicios

La ITU (2004) define a una red NGN como una red de paquetes conmutados para proveer servicios que incluyen servicios de telecomunicación, y capaz de utilizar múltiples tecnologías de transporte de banda ancha con mecanismos de calidad de servicio (QoS, *Quality of Service*), y donde las funciones relacionadas al servicio son independientes de las tecnologías de transporte de bajo nivel. Ofrece acceso irrestricto de los usuarios a diferentes proveedores de servicio.

Es importante resaltar las diferencias entre Internet y una red NGN. A pesar de que ambas puedan utilizar el protocolo IP como elemento aglutinador de servicios, en el modelo de Internet la red es transparente y los servicios se proveen mediante dispositivos conectados a los extremos. En cambio, en una red NGN los proveedores de servicio y el operador de red controlan el acceso a los servicios y recursos de la red, que pueden ser cobrados a los usuarios. A cambio de este ambiente controlado, los usuarios obtienen niveles de calidad de servicio y autenticación única (Knightson et al., 2005). Por lo tanto, en una red NGN, los operadores añaden valor al uso de su red dejando de ser simples conductos de bits (Cuevas et al., 2006). Los operadores de red se desplazan al centro de la cadena de valor.

La recomendación Y.2011 de la ITU define un modelo de alto nivel de una arquitectura NGN (ITU, 2004-2). Este modelo contempla un plano de servicios separado de un plano de transporte. Cada uno define funciones que pueden ser utilizadas para la

composición final de servicios. Lo que esta arquitectura no define, es un plano de control y señalización, que puede ser proporcionado por la plataforma IMS.

IP Multimedia Subsystem

Una de las tecnologías propuestas para la construcción de una red NGN es *IP Multimedia Subsystem* (IMS), una plataforma definida por el consorcio 3GPP como parte de la especificación UMTS Release 6 (3G Americas, 2005). IMS define una capa de control por encima de redes móviles y fijas basadas en IP que permite la provisión de servicios multimedia [6]. Originalmente diseñado para redes celulares, ahora incorpora mecanismos para la integración de cualquier tecnología de acceso a la red.

IMS utiliza protocolos de Internet y estándares abiertos. La base de IMS se compone de IPv6 como protocolo de red, el protocolo SIP (*Session Initiation Protocol*) para la señalización y control de sesiones y los protocolos RTP y RTCP (*Real Time Transmission Protocol* y *Real Time Control Protocol*) para la transmisión de flujos multimedia. Se divide en tres planos: transporte, control y servicio. Los planos de transporte y control se relacionan directamente con la entrega del servicio, entre sus funciones está la negociación de la calidad de servicio, la autenticación de usuarios y la gestión de la sesión. En el plano de servicio se definen los mecanismos para la ejecución de servicios tales como mensajería, servicios de voz, videoconferencia y de presencia.

Los grandes operadores están muy interesados en IMS. Duffy (2007) estima que entre 2006 y 2011 se invertirán más de diez mil millones de dólares para la puesta en marcha de IMS, con la esperanza de obtener ingresos cinco veces superiores. En contra partida, diversos analistas cuestionan este modelo, pues con él, además de los servicios ofrecidos por ellos, los operadores controlan el acceso a Internet y pueden monitorear, bloquear el acceso, hacer cobros preferenciales y dirigir el tráfico a los sitios de proveedores con quienes tienen relaciones comerciales. Como se verá en la siguiente sección, estas acciones cambiarían radicalmente la Internet tal como se conoce hoy, y puede afectar gravemente el desarrollo de países emergentes, aumentando la brecha digital (Waclawsky, 2005).

5. Internet

Internet es un éxito incuestionable y un fenómeno sorprendente. De sus orígenes como una herramienta de investigación ha pasado a ser, en un muy breve lapso de tiempo, la infraestructura global de la sociedad de la información. Pensada originalmente para compartir archivos y recursos, acceso y colaboración remota, de ella han surgido aplicaciones que han transformado a nuestra sociedad, como el correo electrónico, la mensajería instantánea y, desde luego, la *World Wide Web*. De acuerdo al Reporte Internet 2006 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, 2006), actualmente existen poco más de mil millones de usuarios de Internet, de los cuales el 8% se encuentra en Latinoamérica (ver figura 7).

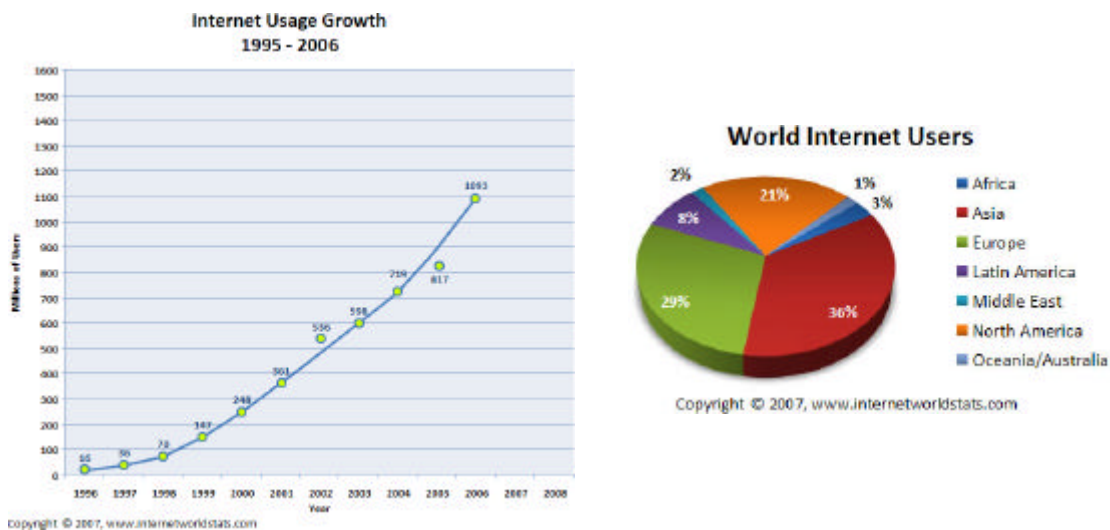


Figura 7. Crecimiento de usuarios de Internet y distribución mundial (ITU, 2006)

Internet ofrece enormes oportunidades para el desarrollo social y económico, con una cantidad siempre creciente de usuarios y nuevos servicios multimedia como telón de fondo (Talbot, 2005). Internet goza claramente de las características de una economía de red con un valor inmenso, en concordancia con la Ley de Metcalfe, según la cual el valor de la red es proporcional al cuadrado del número de nodos en el sistema (Weinberger, 2002).

5.1 Arquitectura

El éxito de Internet se explica en gran medida por determinadas decisiones fundamentales con las que fue diseñada (Saltzer, et al., 1984). Su objetivo primordial es interconectar redes heterogéneas entre sí (de ahí su nombre) de manera sencilla. Para ello, todos los dispositivos conectados deben “hablar” y “entender” un “lenguaje” común: el protocolo IP. Homogeneizando las comunicaciones con IP, se ocultan las características físicas y tecnológicas de las redes individuales y se logra la conectividad global entre ellas. Esta característica permite, además, incorporar cualquier nueva tecnología de conexión. Por otra parte, se trata de una arquitectura sencilla, abierta, descentralizada y distribuida, basada en protocolos de uso libre con una comunidad de investigadores que aportan constantemente nuevos mecanismos y validan los ya existentes.

Otra consideración de diseño es que cualquier red estaría sujeta a fallas de transmisión impredecibles, por lo que la responsabilidad para garantizar la integridad de las comunicaciones se delega a los equipos terminales utilizando el protocolo TCP. Los nodos al interior de la red, llamados enrutadores, carecen de la inteligencia para coordinar una conversación entre dos dispositivos. Su única función es encaminar los datagramas que conforman la conversación, hacia sus respectivos destinos.

Para comunicarse, cada dispositivo necesita de un identificador único llamado la dirección IP que está formado por dos partes: un identificador de la red a la que está conectado el dispositivo y un identificador de su interfaz en esa red. Los enrutadores intercambian periódicamente anuncios sobre las redes que conocen con lo que cada uno va formando un criterio sobre la trayectoria que deben seguir los datagramas para alcanzar una red determinada, y de ahí, el equipo terminal del destinatario.

Encima de esta infraestructura simple de interconexión, se ofrecen en los extremos de la red todos los servicios que se utilizan cotidianamente, como el correo electrónico, la mensajería instantánea, los servicios P2P, el comercio electrónico, la navegación en la Web y la telefonía por Internet.

Estos principios de diseño y la gran creatividad de miles de investigadores han permitido que durante más de treinta años Internet crezca hasta convertirse en la mayor plataforma de acceso a información y comunicaciones que jamás haya existido. Hasta ahora, el ingenio de la comunidad de investigadores ha sabido resolver los principales retos encontrados durante su evolución. Algunos ejemplos sobresalientes son la incorporación en los años 80 de mecanismos adaptables en los protocolos de transporte para control de congestión; la definición de arquitecturas de calidad de servicio en los años 90 para proteger flujos de aplicaciones multimedia y de misión crítica; la creciente puesta en marcha de mecanismos de seguridad para proteger la privacidad de las comunicaciones y la integridad de la infraestructura; y la definición de un nuevo protocolo de red (IPv6) para garantizar el crecimiento de Internet.

Las direcciones IP utilizadas en la actualidad, tienen una longitud de 32 bits, con lo que, en principio, se podrían asignar más de 4 mil millones de identificadores únicos; un número bastante significativo para la época en que fue definido el protocolo IP. Sin embargo, debido a las políticas iniciales de asignación de direcciones y al totalmente inesperado crecimiento de la red, a principios de los años 90 se observó que las direcciones IP podrían agotarse muy rápidamente. La comunidad reaccionó con varias propuestas, entre las que cabe destacar *a*) una política mucho más restrictiva de asignación de direcciones; *b*) la definición y uso de bloques de direcciones privadas para ser utilizadas al interior de las organizaciones, junto con un esquema dinámico de traducción a direcciones públicas para aquellos flujos que debían atravesar la Internet; *c*) la definición de una nueva versión del protocolo de red, IPv6.

IPv6 ofrece un espacio de direcciones varios órdenes de magnitud mayor al disponible actualmente. La longitud de una dirección es de 128 bits, que de acuerdo a algunas estimaciones pesimistas, permite contar con más de 1,500 direcciones únicas por metro cuadrado de la superficie terrestre (Hinden, 1995). Desafortunadamente, IPv6 no es compatible con su predecesor, por lo que su despliegue requiere de mecanismos para la coexistencia temporal de ambos protocolos, lo que se traduce en mayores costos de mantenimiento y gestión. Esto, aunado al hecho de que en los Estados Unidos el problema de agotamiento de direcciones no es tan grave, ha provocado que el despliegue de IPv6 sea particularmente lento en ese país, a diferencia de países como Corea y Japón, donde ha adquirido una atención especial. En 2005 el Gobierno estadounidense decretó

un plazo de tres años para que todos sus productos de TI fueran compatibles con IPv6, por lo que se espera un estímulo importante en la adopción del protocolo en el sector privado en ese país (Garreston, 2005).

5.2 Problemática actual

Además de resolver el agotamiento potencial de direcciones, IPv6 buscaba hacer frente a otros problemas identificados en la época en que fue diseñado, en particular en las áreas de seguridad, calidad de servicio y movilidad. Desgraciadamente, su despliegue ha sido mucho más lento que la velocidad a la que se ha transformado Internet en los años recientes. A lo largo de su corta historia, Internet pasó de ser una herramienta para compartir datos entre investigadores y académicos, a una mega infraestructura de acceso a información; de tener metas en común entre sus usuarios, a integrar grupos heterogéneos con intereses diversos e incentivos comerciales; de operar bajo relaciones de confianza, a una pérdida absoluta de ellas; de considerar la conectividad y la robustez la característica más importante, a la existencia de intereses externos que vulneran la coherencia de Internet.

Internet se ha convertido en una infraestructura crítica de la que depende cada vez más la sociedad contemporánea y al mismo tiempo se enfrenta a una serie de problemas crecientes que cuestionan su viabilidad a largo plazo. Para Larry Peterson, director del proyecto PlanetLab²¹, entre los más críticos se encuentran los aspectos de seguridad, soporte a dispositivos inalámbricos a gran escala (teléfonos celulares, redes de sensores, etc.), identificación de recursos para ofrecer nuevos servicios (cómputo ubicuo, aprovisionamiento de servicios basados en localización, etc.) (Talbot, 2005b).

Internet no es una infraestructura segura. En su diseño, la seguridad no era un elemento prioritario. La comunidad científica poseía fuertes vínculos de confianza y un espíritu de colaboración muy distinto a los intereses que mueven a la red comercial de la actualidad. En la red actual, se han desplegado varios mecanismos como IPsec y TLS que protegen satisfactoriamente la privacidad e integridad de las comunicaciones, posibilitando el manejo de transacciones comerciales en la red. Sin embargo, el número de ataques documentados en forma de virus, usurpación de identidad, denegación de servicio, recepción de correo no deseado, entre otros, ha crecido de forma alarmante en los últimos años. Existen algunos servicios críticos, como el sistema de resolución de nombres de dominio (DNS, *Domain Name System*) que son especialmente vulnerables y, que de recibir un ataque coordinado, podrían lograr que la red se colapsara (Albert, Jeong, et al., 2000).

La Internet actual no es capaz de explotar el potencial de tecnologías emergentes. Por ejemplo, hacer posible que millones de sensores inteligentes compartan información es casi imposible. Más allá del limitado espacio de direcciones, que puede ser resuelto con IPv6, las características de comunicación inherentes a estos dispositivos, son muy distintas a los flujos de red convencionales y podrían provocar focos rojos de congestión y retardos intolerables. En la misma línea se encuentra el problema de la movilidad.

²¹ <http://www.planet-lab.org>

Internet fue pensada para conectar dispositivos fijos y las soluciones propuestas para dar soporte a dispositivos que se mueven de una red a otra, demandan una gran cantidad de recursos, limitando severamente su escalabilidad. Este es un problema grave si se observa que el crecimiento más importante de dispositivos con capacidad de conexión a Internet es precisamente el de los dispositivos que facilitan la movilidad: computadoras portátiles, agendas digitales y, sobre todo, teléfonos celulares.

Internet no fue diseñada pensando en configuraciones que simplificaran la detección de problemas y fallas en la red, simplificando así su gestión. En la actualidad, el mantenimiento y gestión de grandes redes demanda de personal altamente capacitado y con experiencia, lo que, por desgracia, en vez de garantizar una red libre de fallas, incrementa la posibilidad de que éstas ocurran: un gran porcentaje de fallas se debe a causas humanas.

El diseño de la Internet actual impone barreras a la inversión por parte del sector privado. Por ejemplo, el tráfico de voz sobre Internet ha sido siempre un tema en discusión ya que los operadores de redes de datos son también operadores de redes telefónicas. Ante un mercado que tiende fuertemente hacia la convergencia digital, la falta de modelos claros de negocio, la falta de un marco regulatorio claro y flexible han limitado en muchas regiones, la creación y el despliegue de nuevos servicios.

5.3 La Internet del futuro

Para muchos investigadores, las soluciones con que se han resuelto algunos de los problemas anteriores, no son más que paliativos de corto plazo que aumentan la complejidad de la red, y la hacen cada vez más difícil de gestionar y mantener, aumentando su fragilidad. Hay una opinión creciente de que es necesario crear tecnologías que vayan más allá de lo que ofrece IP o IPv6. Junto con otros investigadores de gran renombre, David D. Clark, uno de los ingenieros detrás del protocolo IP, considera que *“es tiempo de repensar la arquitectura básica de Internet, de potencialmente comenzar con un diseño fresco e igual de importante, una estrategia para verificar su viabilidad tal que permita una oportunidad de implementación”* (Talbot, 2005). Clark propone las siguientes metas para una posible Internet del futuro:

1. Establecer una arquitectura básica de seguridad.
2. Permitir que cualquier dispositivo de cualquier tamaño pueda conectarse a Internet.
3. Diseñar protocolos que permitan a los proveedores de servicio mejorar el enrutamiento de tráfico y colaborar para ofrecer servicios avanzados sin comprometer sus negocios.
4. Añadir tecnología que haga a la red más fácil de gestionar y resistente a fallos y ataques.
5. Elevar los niveles de disponibilidad de Internet y alcanzar por los menos los niveles de la red telefónica

Un nuevo diseño permitiría convertir a Internet en una verdadera infraestructura de información: segura, escalable y sustentable. La investigación para construir esta arquitectura ya está en marcha a través de iniciativas muy serias apoyadas por distintas organizaciones. Se presentan a continuación algunas de ellas.

El gobierno chino desarrolla la red CNGI (*China Next Generation Internet*) (CNGI). Uno de sus componentes, la red dorsal CERNET-2, conecta a doscientas universidades y más de cien institutos de investigación con tecnologías ópticas de vanguardia y con IPv6 como protocolo de red. La investigación realizada en la CNGI se enfoca al desarrollo de arquitecturas y tecnologías de calidad de servicio, servicios inalámbricos y móviles. Otro de sus objetivos es desarrollar tecnologías de bajo costo para incentivar el uso de Internet. Se calcula que para el año 2020, el número de usuarios chinos alcanzará los 500 millones de personas, lo que equivaldrá a una penetración del 40%.

En Europa, el proyecto FIRE (*Future Internet Research and Experimentation*) (FIRE) tiene como objetivo asegurar la competitividad europea en la Internet del futuro. Esta iniciativa conduce investigación de largo plazo para construir paradigmas y plataformas experimentales para la Internet del futuro. En este proyecto se exploran nuevos diseños de arquitecturas de red y se experimenta con conceptos y servicios centrados en el usuario. La investigación se realizará mediante la construcción de infraestructura física y virtual que permitirá verificar nuevas ideas.

En los Estados Unidos, la *National Science Foundation* financia la construcción una plataforma de pruebas con la intención de construir una red que sea cualitativamente mejor que la Internet actual. GENI (*Global Environment for Network Innovations*) estará diseñada de tal manera que permita a los investigadores ensamblar un amplio conjunto de recursos distribuidos en una red virtual (Clark, 2006). Esta plataforma se divide en dos: 1) un substrato físico de red y 2) una estructura de gestión global. El substrato físico se constituirá a partir de bloques tales como una red dorsal óptica de punta, redes locales, redes de sensores, mallas ad-hoc inalámbricas, redes suburbanas con tecnologías 3G y WiMAX, así como Radios Cognitivos. La estructura de gestión global podrá agregar y manejar agregados de bloques de manera independiente de cada uno. GENI probablemente allane el camino hacia el descubrimiento de nuevos servicios o aplicaciones de red. El objetivo es ser una caja de resonancia que permita transformar la arquitectura y las aplicaciones de Internet.

La Universidad de Stanford mantiene el proyecto interdisciplinario *Clean-Slate Design for the Internet* cuya premisa central es que la nueva Internet debe ser diseñada partiendo de cero y con un horizonte de 15 años. Se busca que las ideas generadas sean creativas e innovadoras, sin ninguna dependencia con la arquitectura de la Internet actual. Las áreas de investigación en que trabajan van de la arquitectura de red, a la concepción de aplicaciones heterogéneas, pasando por la definición de políticas y modelos económicos que hagan de Internet un recurso sustentable (McKeown, Girod, 2006).

5.4 Otros retos actuales

Gobernanza de Internet

La gobernanza de Internet se refiere al control de las diferentes funciones que hacen posible el funcionamiento de la red. Es cierto que la red está compuesta por una multitud de redes y que no existe un nivel operativo global, pero existen áreas críticas que necesitan una estricta coordinación y vigilancia para el funcionamiento adecuado de Internet (Cukier, 2005). Entre ellas se incluyen:

- El sistema de nombres de dominio: Son una ayuda para poder asignar un nombre a un dispositivo en Internet, como www.cepal.org que se traduce en una dirección IP en particular. Este es un sistema altamente distribuido con una fuerte jerarquización de responsabilidades. Sin embargo, las bases de datos que contienen información en la raíz de la jerarquía deben ser controladas por una entidad. La Internet actual ha limitado a trece estos servidores, de los cuales diez se encuentran en los Estados Unidos y los restantes en Amsterdam, Tokio y Estocolmo.
- Direcciones IP: Debido a la limitante impuesta por el tamaño de una dirección IP, y a la limitada difusión de IPv6, la asignación de direcciones IPv4 debe ser controlada.
- Estándares técnicos: a través de ellos se definen los protocolos que permiten la operación de Internet.

Actualmente, las dos primeras funciones son realizadas por la Internet Corporation for Assigned Names and Numbers (ICANN), una organización privada y no lucrativa con sede en California y supervisada por el Departamento de Comercio de los Estados Unidos. La última área es competencia de la *Internet Engineering Task Force*, una comunidad internacional de diseñadores de red, operadores, vendedores e investigadores.

Esta estructura ha generado preocupación en la comunidad internacional. Muchos gobiernos sienten que Internet debe administrarse mediante un tratado multilateral. La Organización de las Naciones Unidas, con base en las discusiones de la Cumbre Mundial de la Sociedad de Información, ha establecido el Foro de Gobernanza de Internet. El propósito de este foro es discutir asuntos relacionadas con las políticas públicas relacionadas con Internet y realizar recomendaciones a la comunidad internacional. El trabajo y las funciones del foro serán multilaterales, involucrando a todas las partes interesadas (gobiernos, sector privados, sociedad civil y organizaciones internacionales), democráticos y transparentes. Es decir, la construcción de una estructura de gobernanza de acuerdo a los principios de apertura y cooperación que están incrustados en Internet (Castells, 2001). El Foro tendrá un término de cinco años. El primer encuentro del Foro de Gobernanza de Internet se realizó en el año 2006 en Grecia.

La gestión internacional de Internet debería garantizar una distribución equitativa de los recursos, facilitar el acceso de todos y garantizar un funcionamiento estable y seguro tomando en cuenta la diversidad lingüística y cultural (ITU, 2006). El foro se preocupa

por lograr el mejoramiento de la coordinación de las organizaciones internacionales, intergubernamentales y organizaciones interesadas en la gobernanza de Internet, la importancia de regular la ciber-delincuencia, el correo no deseado (*spam*), y sobre todo, la libertad de investigar, recibir, difundir y utilizar información para la creación, compilación y disseminación del conocimiento.

Neutralidad en Internet

En Internet no existen, hasta ahora, mecanismos de validación ni de control de acceso más allá del contrato que se establece entre el cliente y el proveedor de servicios. Una vez que un paquete entra a la red, es tratado exactamente igual que cualquier otro independientemente de quién es el emisor, el receptor, o el tipo de información que transporta. Se considera que este “principio de neutralidad” ha sido fundamental para el éxito de Internet. Sin embargo, muchos operadores consideran que este no es el modelo más apropiado y quisieran dotar de cierta “inteligencia” a la red para filtrar u otorgar prioridades a los flujos de sus clientes. De alguna manera, las grandes inversiones en IMS son incentivadas por esta tendencia.

Quienes defienden la idea de dar un trato diferenciado al tráfico, argumentan que de esta manera pueden proteger los flujos sensibles al retardo, como VoIP y video, de los flujos más tolerantes al retardo, como descargas y transferencias de archivos. También podrían introducir más fácilmente políticas para resguardar la seguridad de la red. Finalmente, los operadores tendrían un esquema de mayor rentabilidad por usuario, y podrían utilizar las ganancias adicionales para actualizar su infraestructura, ofreciendo así mejores servicios.

Quienes están a favor de que se mantenga el principio de neutralidad, entre los que se encuentran proveedores de servicios como Google y Skype, así como una gran cantidad de investigadores, opinan que los operadores podrían utilizar indebidamente el control que adquirirían sobre la red. Por ejemplo, podrían bloquear o enviar por las rutas de menor capacidad el tráfico de sus competidores o de proveedores con quienes ellos no tienen acuerdos comerciales (García et al., 2006).

La brecha digital

El término brecha digital (*digital divide*) se refiere a la disparidad en el acceso y explotación de las tecnologías de información y de comunicaciones (TICs) en general, y de Internet en particular. La brecha digital se hace presente sobre todo entre las sociedades industrializadas y aquellas en vías de desarrollo, aunque de igual manera se puede aplicar en términos sociales y demográficos.

A manera de ejemplo, la figura 8 ilustra los niveles regionales de penetración de servicios de telefonía fijos, móviles y acceso a Internet en el continente americano en el año 2004. Es de llamar la atención la gran diferencia que existe en los niveles de

teledensidad y ciberdensidad²² entre América del Norte y el resto del continente, especialmente con América Central y del Caribe. También puede resaltarse el crecimiento que han tenido los servicios de telefonía celular comparados con la telefonía fija. Las tecnologías inalámbricas desempeñarán un papel de desarrollo muy importante en toda Latinoamérica.

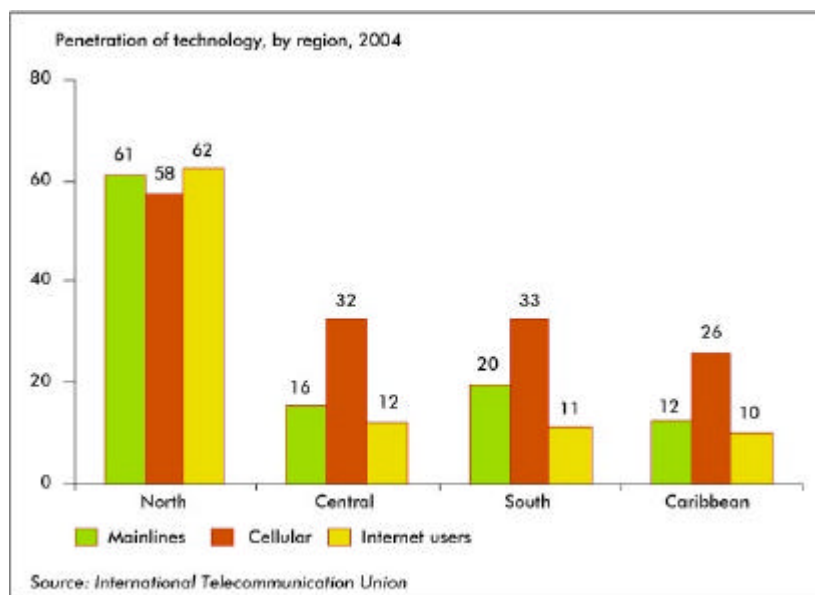


Figura 8. Penetración telefónica fija, celular y acceso a Internet

El desarrollo de las TICs ha transformado las relaciones productivas; la carencia de acceso a estas tecnologías debilita la competitividad y limita el desarrollo local. La reducción de esta brecha es fundamental para los países en desarrollo, y no se limita únicamente al acceso a estas tecnologías; implica también habilidades tecnológicas y barreras lingüísticas. Por desgracia, siendo América Latina una de las regiones más desiguales del mundo, la brecha digital doméstica, es decir, la que se manifiesta entre distintos grupos de una misma sociedad, es también muy grande y está directamente relacionada, entre otros, con los niveles de ingreso y de educación de los ciudadanos. Hilbert y Katz (2003) han calculado que si los gobiernos no toman medidas drásticas para reducir esta brecha, no será antes del año 2020 cuando la región pueda alcanzar los niveles de ciberdensidad que hoy tienen países como Estados Unidos, Suecia o Singapur.

La comunidad internacional se ha manifestado a favor de ofrecer las mismas oportunidades a los ciudadanos de los países menos desarrollados. Con el fin de discutir las políticas y los esfuerzos necesarios para aliviar la fractura digital, la Organización de las Naciones Unidas estableció la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información. La primera parte de esta Cumbre se realizó en Ginebra en el año 2003 y la segunda en Túnez en el 2005. De la primera emanaron una declaración de principios y un plan de

²² La teledensidad indica el porcentaje de personas que disponen de una línea telefónica y suele utilizarse como un indicador del nivel de desarrollo de un determinado país o región. De manera similar, la ciberdensidad indica el porcentaje de la población que tiene acceso a Internet.

acción con la meta de asegurar que la mitad de la población mundial tuviese acceso a alguna forma de comunicación electrónica para el año 2015. La Declaración de Ginebra pone de manifiesto el compromiso de (Cumbre, 2003):

“construir una Sociedad de la Información centrada en la persona, integradora y orientada al desarrollo, en que todos puedan crear, consultar, utilizar y compartir la información y el conocimiento, para que las personas, las comunidades y los pueblos puedan emplear plenamente sus posibilidades en la promoción de su desarrollo sostenible y en la mejora de su calidad de vida”.

El plan de acción compromete a los gobiernos, al sector público y la sociedad civil a coadyuvar en el desarrollo de políticas públicas que permitan alcanzar estos objetivos. Además, resalta que las fuerzas de mercado por sí solas no pueden garantizar la plena participación de los países en desarrollo en el mercado global de los servicios habilitados por las TICs (Cumbre, 2005). Durante estos encuentros se hizo un llamado a crear tecnologías que permitan dar un salto cualitativo del mundo en desarrollo.

Fruto de estos encuentros, la Unión Internacional de Telecomunicaciones desarrolló un índice que permite evaluar los avances mundiales en el establecimiento de la Sociedad de la Información. El Índice de Oportunidad Digital (DOI, *Digital Opportunity Index*) es un mecanismo para comprender y analizar la situación de cada país con relación a las TICs. Está compuesto con base en varios indicadores divididos en tres áreas: utilización, infraestructura y oportunidad (ITU, 2006). El área de oportunidad se refiere al potencial de la población para usar TICs en términos de cobertura y accesibilidad; bajo infraestructura se agrupan los indicadores relativos a la penetración de tecnologías de acceso; y, en utilización se captura la participación de la población en el uso de las TICs, incluyendo tecnologías como banda ancha e Internet móvil.

En el mapa de la Figura 3 se despliegan los índices nacionales de oportunidad digital. Con excepción de Chile, todos los países latinoamericanos poseen índices de oportunidad digital intermedios.

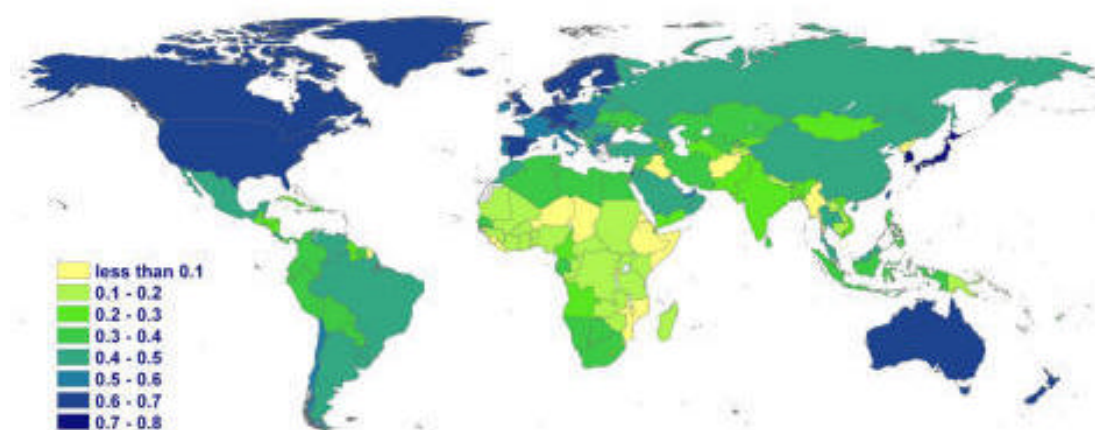


Figura 3. Índices nacionales de oportunidad digital, 2005

6. Avances y tendencias en servicios y contenidos digitales

Toda la infraestructura de red presentada en las secciones anteriores tiene como finalidad dar el soporte para ofrecer una creciente variedad de servicios a los usuarios. Es esta gama de servicios la que distingue a la sociedad contemporánea como la sociedad de la información, y le ha permitido establecer nuevas formas de acceso a bancos de información, de interacción, de relaciones comerciales, y de entretenimiento, entre otros. Un elemento notable de esta transformación es la interactividad: en una cantidad de servicios, es el usuario quien decide qué acceder, cuándo, desde dónde y durante cuánto tiempo. Se trata de un modelo en que el usuario demanda (*pull*) contenidos, diametralmente distinto al tradicional en el que los distribuidores seleccionan y presentan (*push*) el contenido, en especial en radio y televisión. Esta transformación requiere de cambios en los modelos de negocio y en las interrelaciones entre los participantes en la cadena de valor, lo cual no ha sido sencillo. En esta sección se presentan algunos comentarios relacionados con la difusión de contenidos digitales, su estado actual y los obstáculos que deben salvarse para su disseminación. Se profundizará brevemente en los servicios de televisión debido a que ésta ha sido el medio de entretenimiento por excelencia en las últimas décadas.

6.1 Contenidos digitales

Telefonía.

Como se ha mencionado en las secciones anteriores, prácticamente toda la red de los operadores telefónicos ha sido digitalizada y muchas de ellas se están transformando siguiendo el modelo NGN para incrementar la gama de servicios ofrecidos. Lo común en la actualidad es que el tráfico telefónico se transporte sobre el protocolo IP (VoIP) y un número creciente de operadores está llevando este modelo hasta las instalaciones del usuario, ofreciendo servicios de telefonía sobre IP. La razón de ello es compensar con tráfico de datos, las caídas en ingresos por servicios de voz que han sufrido en un mercado muy competido, y ante la aparición de servicios de telefonía sobre Internet como Skype y Vocaltec.

Ante el interés de mantener su ARPU, los operadores empiezan a introducir nuevos servicios vinculados a la telefonía sobre IP como video-telefonía, mensajería multimedia y servicios basados en la localización (gestión de presencia). Para apoyar sus inversiones en IMS, y en contra de los principios de neutralidad en la red, argumentan que un control sobre el tráfico de sus usuarios les permitirá ofrecer mejores servicios, con una calidad incluso superior que la obtenida en la red telefónica pública convencional.

Música

La calidad del contenido digital en música es ampliamente conocida a través de los discos compactos que sustituyeron a los viejos discos de vinilo. También son muy conocidos los servicios en línea de distribución musical, primero con el muy polémico (y finalmente ilegal) sistema de compartición de archivos Napster, y en la actualidad, con la dominancia absoluta iTunes Music Store de Apple. Este servicio es sumamente exitoso; se espera que entre 2005 y 2010 las ventas de música en línea se multipliquen por 10 tan sólo en Europa, representando el 20% de los ingresos totales del sector (CE, 2006).

Estas son excelentes noticias para los distribuidores de música, así como para los fabricantes de reproductores MP3²³, quienes también han visto grandes incrementos en sus ventas, pero no así para los creadores de contenidos y los distribuidores tradicionales (las grandes empresas disqueras), quienes han percibido una caída neta en sus ventas en los últimos años. Por una parte, han sido fuertemente afectados por la piratería, pero por otra, han sido muy lentos en incorporarse a la ola digital, cediendo terreno a los nuevos participantes. Últimamente se ha visto una reacción por su parte, buscando acercarse más a los usuarios finales, ofreciéndoles una gama de nuevos servicios, como incluir material suplementario (entrevistas, segmentos de video, etc.) en la venta de música en línea; configurar “canales” de difusión musical personalizados infiriendo los gustos de usuario; ofrecer videos musicales en demanda para diversos tipos de dispositivo; establecer alianzas estratégicas con operadores de redes digitales. Todavía es muy temprano para saber si estas iniciativas les permitirán recuperar su dominancia en la distribución de música.

Radio

A nivel mundial, la difusión de emisiones de radio en formato digital es común en sistemas de televisión restringida (cable, satélite), pero en sustitución de la radio analógica (AM y FM) convencional, ha tenido un éxito moderado a pesar de las ventajas ya mencionadas que la digitalización trae consigo. Esto responde a una amplia diversidad de factores (CE, 2006) algunos de los cuales se describen a continuación.

Ante la carencia de economías de escala, los receptores digitales son mucho más costosos que los analógicos, y los usuarios no encuentran que los servicios ofrecidos justifiquen el costo adicional. Por su parte, los radiodifusores deben realizar grandes inversiones para transformar su infraestructura, sin tener claro un modelo de negocio que les permita recuperar estas inversiones. Hay un creciente número de servicios que compiten con la radiodifusión, como la distribución de música MP3, los *podcasts*, e IPTV. De hecho, es alarmante el desinterés por las emisiones de radio entre las jóvenes generaciones. Por otra parte, existe una amplia variedad de estándares para radio digital (DAB, IBOC, DMB, DRM, DVB-T) y no se sabe cuáles serán retenidos en una determinada región. Esta diversidad también contribuye a encarecer los receptores digitales.

²³ MP3 es el formato de compresión de audio más popular en la actualidad para almacenar música.

Una primera estrategia que han seguido muchas radiodifusoras, es la distribución simultánea de sus emisiones al aire y por Internet buscando así captar una audiencia mayor. Sin embargo, esta estrategia no permite explotar el potencial de servicios interactivos y explotar nuevos modelos de negocio. Además, las estaciones de radio frecuentemente tienen un fuerte componente de contenido local, por lo que su presencia en Internet no necesariamente incrementa de manera importante su audiencia. Por otra parte, mientras que el radio suele escucharse mientras se realizan otras actividades: en el auto, en la cocina, durante el baño, por ejemplo, la conexión en línea continua todavía se da, en general, a través de una computadora personal. Recientemente se han empezado a comercializar radio receptores WiFi.

Algunas radiodifusoras han empezado a aprovechar las ventajas de las redes digitales al ampliar sus emisiones con servicios multimedia e interactivos con el fin de competir con otros medios que se han digitalizado. En la medida en que su oferta sea original y atractiva, podrán encontrar su lugar entre los consumidores, estableciendo, por ejemplo, servicios basados en suscripciones y programación personalizada, entre otros.

Televisión y distribución de películas

La televisión está muy ligada a la cultura de las sociedades contemporáneas. Es, por mucho, el sistema de entretenimiento con mayor penetración a nivel mundial y su potencial, al integrarse a las redes digitales, es muy grande. Los primeros sistemas de televisión digital aparecen para explotar sus bondades técnicas (menor ancho de banda por canal, mayor calidad de imagen y audio, facilidades para tratamiento de imagen, etc.) en las redes de distribución convencionales (difusión terrestre, satelital y cable), hasta llegar a la televisión de alta definición (HDTV), muy popular en los Estados Unidos.

Básicamente existen tres estándares para la transmisión de video digital: DVB (*Digital Video Broadcast*), ATSC (*Advanced Television Systems Committee*) e ISDB (*Integrated Services Digital Broadcasting*). ATSC, definido en los Estados Unidos, también es utilizado en Canadá, México, y algunos países asiáticos. Su diseño fue muy influenciado por el interés de difundir eficientemente HDTV. DVB es la norma europea y también se utiliza en Australia y varios países asiáticos. Privilegia los servicios interactivos y la difusión restringida (*multicasting*). En realidad se trata de una familia de protocolos para distintas redes de difusión (satelital, DVB-S, terrestre, DVB-T, por cable, DVB-C, móvil, DVB-H) y servicios asociados. ISDB es una norma basada en DVB modificada para atender características particulares del mercado japonés, en particular, para dar soporte a dispositivos móviles.

En América Latina, Brasil realizó una serie de pruebas intensivas entre las tres normas para elegir su estándar nacional. Se encontró que ATSC tenía un desempeño mediocre para dispositivos móviles en zonas urbanas debido al efecto de trayectorias múltiples. En general, DVB tenía un mejor desempeño que ISDB aunque esta última ofrece más flexibilidad para combinar distintos servicios a móviles. Finalmente se eligió la norma japonesa.

Más allá de los criterios técnicos, el gobierno brasileño tomó en cuenta otros factores como el impacto en la industria doméstica y los planes de despliegue de la infraestructura necesaria. Al optar por ISDB, Brasil establece una estrecha alianza tecnológica con las empresas japonesas y recibe un enorme apoyo de Japón para desarrollar su infraestructura. Por su parte, México, a pesar de reconocer los resultados de las evaluaciones brasileñas, consideró que sus vínculos comerciales con los Estados Unidos eran muy estrechos y ha optado por retener la norma ATSC, beneficiándose así de las economías de escala estadounidenses.

Al llevar la televisión digital a redes IP (IPTV), ya sea a través de Internet o de las redes de los operadores de telecomunicaciones (posibilitando el *triple-play*), se crea una oportunidad inigualable para transformar el modelo de comunicación y la experiencia del usuario, por medio de servicios interactivos (iTV) dentro de un muy amplio abanico de opciones. Desde servicios básicos como la consulta de información complementaria sobre una emisión determinada, y la contratación de programas en modalidad de pago por evento y video en demanda, pasando por votaciones y juegos en línea, servicios de telemarketing y comercio electrónico, hasta la creación y difusión de contenidos completamente interactivos en los que se involucra activamente al espectador de forma que determine la secuencia de la obra²⁴.

Los servicios de video bajo demanda (VoD) han recibido mucha atención en los medios y de hecho, un número creciente de operados los han incorporado a su gama de servicios. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, en la modalidad de descarga de contenido, puede resultar en una experiencia bastante frustrante debido a los tiempos de descarga incurridos. Como se ha comentado, porcentaje muy pequeño de la población tiene acceso a servicios de banda ancha de alta velocidad. Aún con enlaces de 2 Mb/s, descargar una película de dos horas con calidad de alta definición podría tardar 8.5 horas o más si el enlace se utiliza simultáneamente para otras funciones (Deloitte, 2007). Conforme la red de acceso evolucione, los servicios de VoD deberán observar un crecimiento explosivo si los contenidos se ofrecen a precios competitivos.

A nivel social, la televisión sobre IP tiene un componente adicional sumamente atractivo. Si el receptor de TV (o un equipo intermedio) tiene conectividad con Internet, la ciber-densidad de una población determinada podría crecer sustancialmente, y se podrían ofrecer servicios complementarios como e-aprendizaje, e-salud, e-gobierno, entre otros (Hilbert, Kats, 2003).

En Japón y Corea, los servicios de televisión digital en dispositivos móviles han tenido una buena aceptación, mientras que en el resto del mundo ésta ha sido más discreta, salvo en eventos excepcionales como el mundial de fútbol en el año 2006, o para la visualización (en *streaming* o por descarga) de pequeños video-clips. Esto es así porque la pantalla del móvil es muy pequeña y los contenidos deben adaptarse a esa resolución, lo que es lento y costoso. Sin embargo, se espera mucho de los servicios de televisión en móviles en las redes celulares de 4^a generación.

²⁴ Ver, por ejemplo, <http://www.ist-nm2.org>

De manera creciente, el teléfono celular no debe verse únicamente como el equipo terminal para servicios de video. Este podrá fungir como estación de relevo recibiendo el contenido digital del operador para retransmitirlo a un dispositivo con una pantalla más grande en el hogar (Deloitte, 2007b). Así mismo, será un generador de contenidos conforme crezca el número de teléfonos móviles con capacidad de grabación de video de aceptable calidad, aunque para ello, será necesario que las redes de acceso cuenten con enlaces simétricos de alta velocidad, con tecnologías como VDSL2.

Juegos

El uso de redes digitales para servicios relacionados con juegos, está en constante crecimiento y toma muy diversas formas. La más sencilla, es servirse de Internet como canal de distribución para descargar nuevos juegos, actualizaciones, y paquetes de expansión. En realidad, se trata únicamente de una aplicación de comercio electrónico y/o de servicios de valor agregado para el cliente. En general, este modelo funciona bastante bien, aunque el limitado acceso a banda ancha de alta velocidad puede empezar a ser una limitante para descargar nuevas versiones de juegos que ocupan varios gigabytes de espacio. Los juegos bajo demanda (GoD, *Game On Demand*) se han vuelto muy populares. Básicamente se descarga solo una parte del juego (típicamente la interfaz y un núcleo de elementos muy utilizados) mientras que el resto (los datos del momento) se despliegan en modalidad de *streaming* conforme se van necesitando.

Casi todos los usuarios que utilizan a Internet de forma regular, han accedido alguna vez a juegos en línea basados en navegadores²⁵ en los que a través de su interfaz o de componentes instalados (*plug-ins*), se puede participar en juegos sencillos. A través de Internet también se puede acceder a juegos masivos en línea (*MMoG*, *Massively multiplayer online game*) en los que miles de usuarios participan concurrentemente en un juego que nunca termina. Entre los más populares en esta categoría se encuentra *World of Warcraft*, aunque en los últimos meses el ambiente *Second Life* ha resultado todo un fenómeno digno de ser estudiado por su gran impacto social. Un número importante de empresas ha encontrado en este mundo virtual un escaparate de publicidad y han instalado representaciones de sus servicios en este ambiente. Algunos especialistas estiman que los ingresos generados por SecondLife en el año 2007 ascenderán a 700 millones de dólares.

Con la llegada de consolas de juego con conectividad a Internet, como la PS3 de Sony, la Xbox 360 de Microsoft, la Wii de Nintendo y las consolas portátiles PSP y DS, se han hecho populares los juegos interactivos en línea, aunque típicamente el número de participantes en una sesión está limitado. Estos juegos necesitan de una red de acceso con poca latencia para que la experiencia del usuario sea satisfactoria. Además, el acceso a Internet también se utiliza para descargar actualizaciones y expansiones.

En algunos países asiáticos, las empresas de telefonía celular han encontrado un excelente mercado en la venta y distribución de juegos para dispositivos móviles, y muy recientemente este modelo de negocio empieza a difundirse en Estados Unidos y Europa. De hecho, en esta última región se estima que el 6% de los ingresos totales de la industria

²⁵ Ver como ejemplo <http://www.websudoku.com>

del juego estuvo ligado a dispositivos móviles y que este porcentaje llegará a 15% en el 2008 (CE, 2006).

Web 2.0

La influencia de Internet a nivel social se ve reflejada claramente en la forma en que ha transformado los paradigmas de comunicación entre los individuos a través de aplicaciones como correo electrónico, mensajería instantánea, y servicios de VoIP, etc. Sin embargo, se está dando una ola de transformación social de Internet aún más poderosa en la que los usuarios pasan de un papel pasivo de consulta de información, a uno muy activo de generación de contenidos. De manera informal, se llama Web 2.0 al conjunto de tecnologías basadas en Web que facilitan la colaboración de los usuarios e incluyen herramientas como servicios web especializados, arquitecturas de *peering*, *Weblogs (blogs)*, *wikis*, *podcasts*, *sindicación de contenidos*, y *redes sociales*, entre otros.

La participación de los usuarios como generadores de contenido se pone de manifiesto a través de la enorme popularidad que han tomado sitios como Flickr, YouTube, y MySpace. Los wikis permiten la edición colaborativa de contenidos y su mejor exponente es, por mucho, la wikipedia²⁶ la cual ha sido comparada, por la diversidad y calidad de sus contenidos, con la enciclopedia británica. Los *blogs* son diarios en línea, típicamente con contenidos multimedia, que permiten que cualquier usuario de Internet se convierta en un editor. Se estima que hay más de 80 millones de *blogs* en la red en la actualidad²⁷, aunque, salvo algunas autoridades muy reconocidas, sus páginas son poco visitadas. De hecho, con los blogs se pone de manifiesto uno de los problemas de Internet en la actualidad: la necesidad de filtrar el exceso de información para evitar la saturación o la recepción de información falsa o mal intencionada.

Sorprendentemente, el uso de estas herramientas no se limita a interacciones sociales informales. De acuerdo a un reporte reciente, las empresas están muy interesadas en estas tecnologías para facilitar la comunicación con sus clientes y socios de negocio, así como para facilitar el flujo de información y la generación de ideas innovadoras al interior de la organización (McKinsey, 2007).

6.2 Retos actuales

La Comisión Europea solicitó un estudio para identificar el impacto y evaluar problemas potenciales relacionados con la explotación de diversas formas de contenido digital a través de distintas plataformas de distribución (CE, 2006). El consumo de contenido digital está creciendo notablemente, por lo que se puede deducir que, en general, no hay grandes obstáculos para su diseminación. Sin embargo, sí se identificaron algunos obstáculos que pueden influir en la velocidad a la que estas tecnologías se difunden en Europa. Los obstáculos identificados estaban vinculados con aspectos tecnológicos, de gestión de derechos de autor, piratería, aspectos legales y regulatorios, y

²⁶ <http://es.wikipedia.org> para la versión en español.

²⁷ <http://www.technorati.com/about>

aspectos de negocio. A continuación se presentan brevemente algunas de sus conclusiones, pues éstas también son aplicables a regiones ajenas a la Unión Europea.

Obstáculos tecnológicos

El primero de ellos es, por supuesto, la carencia de acceso a banda ancha, sobre todo bi-direccional de alta velocidad. Como se recordará, este es un problema complejo pues en tecnologías xDSL, la calidad del acceso depende de la distancia entre las instalaciones del usuario y el DSLAM, la cual puede ser muy variada aún dentro de una misma ciudad. En algunas zonas rurales el problema es mayor carecen de toda tecnología de banda ancha, las opciones satelitales pueden ser muy costosas, y tecnologías alternas como HAPs, aún son proyectos teóricos. Aún si se dispone de banda ancha, la capacidad ofrecida puede ser insuficiente para algunos de los servicios ofertados. Por ejemplo, descargar una película de alta definición de 90 minutos, puede tomar más de 8 horas en un enlace de 2 Mb/s.

Otro problema identificado es la falta de estándares en varios niveles. Por ejemplo, los productores de contenidos para dispositivos móviles se han visto en la necesidad de adaptarlos para los distintos tipos de fabricantes que hay en el mercado. Por su parte, al existir distintas normas para la difusión de televisión a dispositivos móviles, los fabricantes se ven obligados a implementar distintas tecnologías en sus dispositivos, haciéndolos más costosos y complejos. Problemas similares enfrentan fabricantes y usuarios de equipos en redes de acceso fijas.

También se presenta un problema con los modelos de negocio, las estrategias de tarificación y los mecanismos que permiten realizar pagos por acceder a contenidos de manera segura. En este punto, los operadores de servicios celulares tienen una ventaja pues su modelo de negocio tradicional contempla una robusta arquitectura de tarificación.

Piratería y propiedad intelectual

La gestión de derechos de autor es muy compleja pues la cadena de valor se ha transformado completamente, forzando a empresas de distintos sectores, con intereses diversos, a establecer relaciones comerciales entre ellas. Dado que aún se están definiendo los modelos de negocio para la oferta de contenidos digitales, no es claro cómo circular los derechos de autor, distribuir las ganancias, salvar obstáculos derivados de las regulaciones locales, etc. Se deben establecer consensos que protejan los intereses de todos los participantes en la cadena, pero que no frenen el desarrollo de estos mercados. Hasta ahora, los acuerdos entre particulares y esquemas de auto-regulación parecen dar resultado.

Un problema serio para la gestión de derechos de autor, es la falta de estandarización en la industria. Existen al menos tres tecnologías para proteger la propiedad intelectual: CPS (*Content Protection System*), CAS (*Conditional Access System*) y DRM (*Digital Rights Management*) y varias implementaciones propietarias y desgraciadamente éstas no son interoperables entre sí. La iniciativa *Coral Consortium* es un serio esfuerzo de las

empresas para definir un marco global común. Por desgracia, actores esenciales del sector, como Apple y Microsoft no han querido formar parte de este grupo.

Adicionalmente, estos sistemas han despertado una gran polémica pues se considera que pueden afectar a usuarios legítimos, restringir los derechos que tienen sobre el material adquirido, y los obligan a la adquisición de dispositivos o software adicionales.

Aparentemente hay un acuerdo generalizado en que debe enfrentarse el problema de la distribución ilegal de contenido digital, más aún cuando la duplicación de la obra se reduce a la copia de un archivo. El principal reto es encontrar un nivel adecuado de protección sin que el sistema propuesto termine bloqueando ideas creativas para establecer nuevos modelos de negocio o de tecnologías innovadoras. Esto puede ejemplificarse con claridad mediante las arquitecturas P2P (*peer to peer*), que pueden ser sumamente útiles para distribución y respaldo de información, pero que suelen asociarse a la distribución ilegal de música y videos.

Protección al consumidor

El marco regulatorio también debe revisarse para atender a los derechos del consumidor y proteger su integridad. Los dos elementos más apremiantes son la protección de grupos vulnerables y menores de edad contra la exposición de contenidos potencialmente dañinos o violentos, y la protección de la privacidad de los usuarios. Este último aspecto va cobrando mayor importancia conforme las redes digitales potencian las relaciones interactivas entre usuarios y entre éstos y los mismos sistemas.

La incapacidad de la industria para mantener la seguridad y privacidad de la información ha limitado el crecimiento y aceptación del comercio y gobierno electrónicos. A pesar del uso de certificados digitales, firmas electrónicas y otros candados de seguridad, hay una sensación de escepticismo sobre en quién se puede confiar (Mercury, 2005). En un estudio realizado en Alemania en 2002, se reportó que el 75% de los encuestados temían por un mal uso de información navegando por Internet, 60% evitaba ciertos sitios web y 47% daban datos falsos (Berendt, et al, 2005).

El marco regulatorio existente sólo resuelve de manera parcial este problema, y, en general, su ámbito de validez es local, muchas veces insuficiente para atender las problemáticas de la aldea global. Más aún, iniciativas como el Acta PATRIOT en los Estados Unidos sugieren –cuestionablemente- sacrificar la privacidad de los individuos en aras de proteger la seguridad de la comunidad (Neuman, 2004).

6.3. La convergencia digital

A lo largo del presente reporte se han mostrado algunos avances tecnológicos que conducen hacia la visión de las redes convergentes (i2010, 2006):

Cualquier usuario es capaz de conectarse en cualquier momento, desde cualquier lugar a través de cualquier dispositivo para acceder a contenidos de calidad y a servicios de comunicación en un ambiente seguro y accesible.

Es cada vez mayor el número de personas que pueden acceder, difundir, descargar y compartir contenidos digitales desde plataformas diversas, incluidas, desde luego, las redes móviles. Sin embargo, la transición hacia redes convergentes, supone mucho más que una migración técnica.

Al transformar una serie de mercados verticales en el modelo convergente de la figura 6 en el que se separa por completo la infraestructura de los servicios ofrecidos, se afectan todos los sectores involucrados en la cadena de valor: creadores de contenido, operadores y distribuidores, fabricantes de equipo, entre otros. Los modelos de negocio tradicionales con que se ofertaban servicios específicos, son insuficientes para satisfacer una creciente diversidad de opciones; empresas que tradicionalmente estaban completamente separadas, ahora se encuentran compitiendo entre sí o estableciendo alianzas estratégicas para posicionarse en el mercado

Un ejemplo claro de consolidación industrial ante la convergencia digital, es el caso del grupo *Sony*, que inició como una compañía dedicada al diseño, fabricación y comercialización de equipos electrónicos para el hogar -televisores, equipos de sonido, etc.-, se ha diversificado para llegar a producir equipos de telefonía fija y móvil, cámaras digitales, auto-estéreos, y computadoras personales portátiles. Además, ha incursionado en la producción y administración de derechos de contenidos musicales y programas de televisión, a través de las empresas *Sony Music* y *Sony Entertainment*. Por su parte, la empresa *Warner Brothers*, que inicialmente se dedicaba a la producción de películas y programas de televisión, recientemente ha incursionado en la distribución de televisión por cable con la compañía *Time Warner Cable*.

La convergencia digital en los dispositivos, llamada convergencia funcional, es cada vez más visible. Si bien la computadora personal es, y seguirá siendo el principal dispositivo para acceder a Internet, no es, desde luego, la única terminal con capacidades de conexión. Hace tiempo que los teléfonos celulares permiten acceder a servicios de redes digitales incluyendo, por supuesto, acceso a Internet. Recientemente también se conectan a Internet las consolas de videojuegos, algunos electrodomésticos, las llamadas *set-top boxes* que permiten visualizar programación digital en las televisiones analógicas convencionales, etc.

Al mismo tiempo, un teléfono celular se transforma en una terminal de radio y televisión, en un reproductor musical y hasta en una cámara de video para generar contenidos digitales, mientras que desde el decodificador de la televisión por cable es posible programar las emisiones bajo demanda, participar en concursos interactivos y solicitar información adicional de algún producto en telemarketing. Los dispositivos ya no se distinguen por el servicio que prestan sino por sus características asociadas: la resolución de la pantalla, la cantidad de memoria, las facilidades de movilidad y los modos de conexión, por ejemplo.

Como se ha mencionado, esta convergencia funcional puede ayudar a reducir la brecha digital pues estos dispositivos dentro de una red en el hogar, abrirán el acceso a contenidos digitales a un mayor número de personas (Deloitte, 2007b). Estos dispositivos estarán en el hogar junto con la computadora personal, podrán ser utilizados simultáneamente y tendrán una interfaz más intuitiva para explotar, sin saberlo, las capacidades de las redes digitales.

7. Conclusiones

Las redes digitales conforman la infraestructura básica de comunicación e interacción en las sociedades contemporáneas y su relevancia no hará más que incrementarse en los próximos años. El ejemplo más sobresaliente de redes digitales, Internet, es el motor que impulsa las nuevas economías, y a la Sociedad de la Información en su conjunto. Dentro de un círculo virtuoso, se apoya, y es motor generador, de tecnologías innovadoras que conducen a hacer realidad la visión de convergencia digital: Acceso a información y servicios de calidad, para todos, en cualquier momento, desde cualquier lugar, y a través de una gama amplia de dispositivos.

Un elemento clave para que las redes digitales llegaran a ocupar el papel central que gozan en la actualidad, ha sido la rápida y exitosa evolución de los dispositivos que las conforman, tanto en las redes de acceso como en las de los operadores. En su corta historia, las velocidades de transmisión se han incrementado en varios órdenes de magnitud, mejorando al mismo tiempo la calidad de los servicios prestados, y disminuyendo los costos por estos servicios.

Sin embargo, no en todas las sociedades la evolución de las redes digitales se ha dado al mismo ritmo. Por ejemplo, mientras que en los Estados Unidos y Canadá la penetración de Internet es de casi 70%, en América Latina sólo alcanza un 17.3%, y dentro de la región, también se perciben enormes diferencias con países como Chile con una caber-densidad superior al 42% mientras que Nicaragua apenas alcanza el 2.5%²⁸. La exclusión de acceso a las redes digitales es una de las formas más dañinas de exclusión de la economía y la cultura. Consciente de ello, la Organización de las Naciones Unidas ha lanzado iniciativas y planes de acción que contribuyan a reducir la brecha digital y ello debería convertirse en prioridad para las naciones.

Por otra parte, derivado de los nuevos servicios que se han integrado a las redes digitales, se presenta una segunda forma de brecha digital: aquellos que pueden acceder a redes de banda ancha y los que no. En 2007, menos del 5% de la población mundial tiene acceso a redes de banda ancha, y de éstos, únicamente el 7% lo tiene con velocidades superiores al 2 Mb/s (Deloitte, 2007b).

En su círculo virtuoso, sin embargo, la evolución de las tecnologías hacia la convergencia digital conlleva beneficios inesperados. En América latina, como en muchas

²⁸ <http://www.internetworldstats.com>

otras partes del mundo, la industria de la televisión es sumamente importante y se estima que el 83% de los hogares en la región tiene un aparato de televisión. Al incorporar los servicios de televisión a las redes digitales, los aparatos receptores (posiblemente con equipos intermedios) podrán ofrecer conectividad a Internet, y de esta forma, se podrían ofrecer servicios complementarios como eaprendizaje, e salud, e gobierno, entre otros (Hilbert, Katz, 2003).

La evolución de las redes digitales es hacia la convergencia de contenidos digitales en una misma infraestructura basada en el protocolo IP. Esta separación simplifica la gestión de la red y facilita la creación y oferta de nuevos servicios para los usuarios. Sin embargo, también rompe con los esquemas de mercados verticales característicos de los servicios de telecomunicaciones tradicionales. Esta ruptura no es suave pues se crean distorsiones a lo largo de la cadena de valor, surge la necesidad de definir nuevos modelos de negocio y de conciliar intereses entre organizaciones y sectores que nunca se habían encontrado en el pasado.

Junto con las enormes oportunidades que trae consigo la convergencia digital, surgen retos que deben ser enfrentados a la brevedad. Las autoridades deben establecer un entorno que promueva la competencia sin desincentivar la creación de nuevos servicios. También deben velar porque estas tecnologías fomenten el desarrollo social dentro de un modelo económico sustentable; que fomenten la comunicación y la integración pero que preserve la identidad y la diversidad cultural; que estimule la colaboración y la expresión individual, sin comprometer la dignidad de la condición humana y los valores de la sociedad.

La tecnología no se detiene y el potencial que se vislumbra para las aplicaciones de las redes digitales, parece no tener límites. Encauzadas en los marcos regulatorios, legales, económicos y sociales apropiados, se vislumbra un optimista panorama con una sociedad más colaborativa, más equitativa y más próspera; una sociedad que valore en su justa dimensión la palabra comunicación: hacer común, compartir.

Referencias

- (3G Americas, 2005) 3G Americas, *The Global Evolution of UMTS/HSDPA - 3GPP Release 6 and Beyond*, White Paper, Dec. http://www.3gamericas.org/pdfs/UMTS_Rel6_Beyond-Dec2005.pdf
- (Albert, Jeong, et al., 2000) Albert, R., Jeong, H., Barabási, A.-L., *Error and attack tolerance of complex networks*. *Nature*, Vol. 406, pp. 378-482.
- (Berendt et al., 2005) Berendt, B., Günther, O., Spiekermann, S., *Privacy in e-commerce: stated preferences vs actual behavior*, *Communications of the ACM*, Vol. 48, No. 4, Abr. pp. 101-106.
- (Bluethoth) IEEE 802.15 WPAN Task Group 1. <http://www.ieee802.org/15/pub/TG1.html>
- (Blumenthal et al., 2005) Blumenthal, D., Bowers, J., Partridge, C. Ed., *Mapping a Future for Optical Networking and Communications*, GENI NSF Workshop Report, GDD-05-03, July
- (Bray, Mahony, 2006) Bray, M., Mahony, M., *The missing link – Broadband Access Networks* U. of Essex, U.K., January.
- (Buster, 2005) Buster, D., *Towards IP for space based communications systems; a Cisco Systems assessment of a single board router*, IEEE MILCOM 2005, unclassified track, Atlantic City, October, pp. 2851-2857
- (Castells, 2000) Castells, M., *The Rise of the Network Society – The Information Age: Economy, Society and Culture – Volume I of the Trilogy*, Blackwell.
- (Castells, 2001) Castells, M., *The Internet Galaxy: Reflections on the Internet, Business and Society*, Oxford University Press
- (CE, 2006) Screen Digest, Ltd., CMS Hasche Sigle, Goldmedia GMBH, Rightscom Ltd, *Interactive content and convergence: Implications for the information society* Final Report, European Commission-Information Society and Media, October, 308 pp.
- (Clark, 2006) Clark, D. et al, *GENI: Global Environment for Network Innovations. Conceptual Design Project Execution Plan*. <http://www.geni.net/GDD/GDD-06-07.pdf>
- (CNGI) Next Generation China Education and Research Network (CNGI-CERNET2/6IX). http://www.nrc.tsinghua.edu.cn/7_english/Situation3.htm.
- (Cordeiro, et. al., 2005) C. Cordeiro, K. Challapali, D. Birru, and Sai Shankar N, *IEEE 802.22: The First Worldwide Wireless Standard based on Cognitive Radios*, IEEE DySPAN, pp.328-337, Nov.
- (Cox, 2007) Cox, J., *CES makes wireless LANs hot again*. NetworkWorld Executive Guide. Keeping up with the wireless whirlwind.
- (Cuevas et al., 2006) Cuevas, A. Moreno, J.I. Vidales, P. Einsiedler, H., *The IMS service platform: a solution for next-generation network operators to be more than bit pipes*, *Communications Magazine*, IEEE. Vol. 44, No. 8, Aug.
- (Cukier, 2005) Cukier, K., Who will control the internet?. *Foreign Affairs* Nov-Dic.
- (Cumbre, 2003) Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información, *Declaración de Principios*. 2003. <http://www.itu.int/wsis/docs/geneva/official/dop-es.html>
- (Cumbre, 2005) Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información, *Agenda de Túnez para la Sociedad de la Información*. 2005. <http://www.itu.int/wsis/docs2/tunis/off/6rev1-es.html>
- (Cherry, 2004) Cherry, S., *Edholm's law of bandwidth*. *Spectrum*, IEEE, July
- (Deloitte, 2007) *Media Predictions. Technology, Media & Telecommunications Trends 2007* Deloitte Touche Tohmatsu.
- (Deloitte, 2007) *Telecommunications Predictions. Technology, Media & Telecommunications Trends 2007* Deloitte Touche Tohmatsu.
- (DOCSIS) Data Over Cable Service Interface Specification. <http://en.wikipedia.org/wiki/DOCSIS>

- (Duffy, 2007) Duffy, J., *IMS Network face security challenges*, NetworkWorld Magazine, Aug, <http://www.networkworld.com/news/2007/050807-next-generation-multimedia.html>
- (EFMF, 2004) IEEE standard. P802.3ah Ethernet in the First Mile over Fiber. <http://www.ieee802.org/3/efm/>
- (Ferraz, 2007) Ferraz, C., *Tendencias en Telecomunicaciones* KBS Brasil http://www.jdsu.com/mexico/mx_news_and_events/JDSU%20feb07%20TELMEX.pdf
- (FIRE) FIRE: Future Internet Research and Experimentation
| <http://cordis.europa.eu/ist/fet/comms-fire.htm>
- (Garcia et al., 2006) García, F., Conzález, L., Alemán, S., *Pasado, presente y futuro de Internet*, Comunicaciones de Telefónica I+D, No. 39, Octubre, pp. 57-76
- (Garreston, 2005) Garreston, C., *Federal mandate to boost IPv6*. Network World, Jan. <http://www.networkworld.com/news/2005/080105-ipv6.html>
- (Hilbert, Katz, 2003), Hilbert, M., Katz, J., *Building an Information Society: a Latin American and Caribbean Perspective*, CEPAL, ONU, LC/L.1845/I <http://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/publicaciones/xml/2/11672/P11672.xml&xsl=/ddpe/tpl-1/p9f.xsl&base=/socinfo/tpl/top-bottom.xslt>
- (Hinden, 1995), Hinden, R., *IP Next Generation Overview*. <http://playground.sun.com/pub/ipng/html/INET-Ipng-Paper.html>
- (Hochmuth, 2007) Hochmuth, P., *Will Wi-Fi kill wired Ethernet at the LAN edge?* NetworkWorld Executive Guide. Keeping up with the wireless whirlwind.
- (Hurtado et al., 2006) Hurtado M., J., Lobo P., J., Pèrez R., L., *Tendencias en capa óptica de red*, Comunicaciones de Telefónica I+D, No. 38, Marzo, pp. 43-68
- (i2010, 2006) i2010 High Level Group, *The Challenges of Convergence*, Discussion Paper, EU, Dec.
- (IIET, 2005) Instituto de Investigaciones en Electrónica y Telecomunicación de Corea del Sur I Body Area Networking. http://www.boingboing.net/2005/06/23/body_area_networking.html
- (ITU, 2004) International Telecommunications Union. Draft ITU-T Recommendation Y.2001, "General Overview of NGN, December
- (ITU, 2005) International Telecommunications Union. ITU Internet Report 2005: The Internet of Things. 2005. <http://www.itu.int/osg/spu/publications/internetofthings/>
- (ITU, 2006) International Telecommunications Union. *World Information Society Report 2006*. 2006. <http://www.itu.int/osg/spu/publications/worldinformationsociety/2006/report.html>
- (Kerner, 2006) Kerner, S., *The Road to 100 Gigabit Ethernet*. Internet News, Feb 8th. <http://www.internetnews.com/infra/article.php/3583631> [3] (OECD, 2006) OECD Committee for Information, Computer and Communications Policy. *Workshop "The Future of the Internet". Proceedings*.
- (Knightson et al., 2005) Knightson, K.; Morita, N.; Towle, T. *NGN architecture: generic principles, functional architecture, and implementation*, Communications Magazine, IEEE. Vol. 43, No. 10, Oct.
- (Lepley, 2005) Lepley, J., *The evolution of the access network: options for fibre penetration into the access network*, MUSE Summer School on Broadband Access Technologies, London, U.K., July. http://www.ist-muse.org/Documents/NOC2005/Summer_School/Jason_Lepley_Fibre_Penetration_in_XDSL_Networks.pdf
- (Mastrangelo, 2005), Mastrangelo, T., *High fiber diets for providers: health or hardships?* Telecommunications Americas pp. 30-31
- (McKeown, Girod, 2006) McKeown, N., Girod, B., Eds., *Clean-Slate Design for the Internet. A Research Program at Stanford University*, White Paper, Ver. 2.0, April
- (McKinsey, 2007) McKinsey & Company, *How businesses are using Web 2.0*, The

- McKinsey Quarterly, March
- (Mercuri, 2005) Mercuri, R., *Trusting in transparency*, Communications of the ACM, Vol. 48, No. 5, May, pp. 15-19.
- (Neuman , 2004) Neuman, P., *The big picture*, Inside Risks, Communications of the ACM Vol. 47, No. 9, Sep.
- (Metcalf and Boggs, 1976) Metcalfe, R., Boggs, D., *Ethernet: Distributed Packet Switching for Local Computer Networks*, Communications of the ACM, Vol. 19 No. 5, pp. 395-405.
- (OECD, 2006) Directorate for Science, Technology and Industry, Information and Communications Policy, *OECD Broadband Statistics to June 2006*
http://www.oecd.org/document/9/0,2340,en_2649_34223_37529673_1_1_1_1,00.html
<http://www.hhi.fraunhofer.de/english/os/Projects/OTDM/otdm.html>
- (P1901) IEEE P1901 Draft Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications. <http://grouper.ieee.org/groups/1901/>
- (Palet, 2003) Palet, J., *Addressing the Digital Divide with IPv6-enabled Broadband Power Line Communications*, ISOC Member briefing No. 13, <http://www.isoc.org/briefings/013/>
- (Pozas, Sánchez, 2006) Pozas Álvarez, J., Sánchez Y., M., *Acceso fijo: Perspectivas de evolución*, Comunicaciones de Telefónica I+D, No. 68, Abril, pp. 64-85.
- (Rheingold , 2000) Rheingold, H., *Tools for Thought: The History and Future of Mind -Expanding Technology*, The MIT Press.
- (Saltzer et al., 1984) Saltzer, J., Reed, D., Clark, D., *End-To-End Arguments in System Design* ACM Transactions on Computer Systems, Vol. 2, No. 4, pp. 277-288.
- (Stallings, 2007) Stallings, W., *Data and Computer Communications*, Prentice Hall
- (Talbot, 2005) Talbot, D., *The Internet is Broken*. MIT Technology Review, Dec. http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=16051&ch=infotech
- (Talbot, 2005b) Talbot, D., *The Next Internet* MIT Technology Review, Dec. <http://www.technologyreview.com/Infotech/16077/page1/>
- (Tanenbaum, 1996) Tanenbaum A., *Computer Networks* 3th Ed. Prentice Hall Inc. ISBN 0-13-349945-6
- (Vazquez et al., 2006) Vazquez, J., Berberana, I., Warzanskyj, W., Becerra, A., *Perspectivas de evolución de los sistemas radio*. Comunicaciones de Telefónica I+D, No. 38, Abril, pp. 21-42.
- (VDSL) Very High Speed Digital Subscriber Line 2.
http://en.wikipedia.org/wiki/Very_High_Speed_Digital_Subscriber_Line_2
- (Waclawsky, 2005) Waclawsky, J., *IMS: A critique of the grand plan*, Business Communications Review, April,
http://www.bcr.com/equipment/briefing/ims:_a_critique_of_the_grand_plan_200510011016.htm
- (Weinberger , 2002) Weinberger, D. *Small Pieces Loosely Joined: A Unified Theory of the Web*. Perseus Books
- (WUSB) Certified Wireless USB. <http://www.usb.org/developers/wusb/>

Glosario²⁹

- **Ancho de banda:** Rango de frecuencia donde se concentra la mayor parte de la potencia de una señal. Es común denominar ancho de banda digital a la cantidad de datos que se pueden transmitir en una unidad de tiempo.
- **ADSL:** *Asymmetric Digital Subscriber Line*. Tecnología para transporte de datos en la red de abonado telefónica.
- **Bit:** Es el acrónimo de dígito binario (Binary Digit). Un bit puede representar dos estados: encendido o apagado. El bit es la unidad mínima de información empleada en informática, en dispositivos digitales o en teoría de la información
- **Banda ancha:** Cualquier tecnología de acceso que ofrezca tasas mayores a 256 kb/s
- **Brecha digital:** Es una expresión que hace referencia a la diferencia socioeconómica entre aquellas comunidades que tienen Internet y aquellas que no.
- **Byte:** Conjunto de 8 bits.
- **Célula:** En telefonía móvil, el área de cobertura de una estación inalámbrica.
- **Convergencia:** Se refiere a la tendencia de tecnologías originalmente diferentes de evolucionar a tecnologías que se traslapan.
- **Decibel:** unidad para expresar la relación entre dos magnitudes, acústicas o eléctricas, o entre la magnitud que se estudia y una magnitud de referencia.
- **DOCSIS:** *Data Over Cable Systems Interface Specifications*. Estándar para transferencia de datos en redes de televisión por cable
- **DSLAM:** *Digital Subscriber Line Access Multiplexer*. Dispositivo en las instalaciones del operador para redes xDSL
- **DVB:** *Digital Video Broadcasting* Conjunto de estándares para difusión digital de video en distintos medios
- **Frecuencia:** es una medida para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en una unidad de tiempo.
- **HAP:** *High Altitude Platform* Aeronave en la estratosfera para establecer enlaces de comunicaciones similares a los ofrecidos por los satélites geo-estacionarios a un costo mucho menor.
- **Hz, Hertz** unidad de frecuencia que mide el número de repeticiones por segundo de una señal. Llamada así en nombre del físico alemán Rudolph Hertz.
- **HTTP:** El protocolo de transferencia de hipertexto (HyperText Transfer Protocol) es el protocolo usado en cada transacción de la Web (WWW).
- **HSDPA:** *High Speed DownLink Packet Access* Actualización de UMTS para alcanzar tasas teóricas de 14.4 Mb/s
- **IEEE:** Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, una asociación técnico-profesional mundial dedicada a la estandarización.
- **IMS:** *IP Multimedia Subsystem*, es una plataforma para la construcción de redes de siguiente generación.
- **ITU:** La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) es el organismo especializado de las Naciones Unidas encargado de regular las telecomunicaciones, a nivel internacional, entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

²⁹ Cabe mencionar que varias de las definiciones que aparecen en el glosario, provienen de la enciclopedia libre que se encuentra en Internet: Wikipedia.

- **IP:** Protocolo de Internet encargado del direccionamiento y entrega de paquetes entre subredes.
- **IPTV:** Televisión sobre IP.
- **LOS:** *Line of sight*. Línea de vista, es un requerimiento de ciertas tecnologías de radiofrecuencia, en el que los dispositivos que se comunican no deben tener ningún obstáculo entre sí que pueda bloquear la señal que se está transmitiendo.
- **NGN:** *Next Generation Network*. Es una arquitectura de alto nivel basada en el protocolo IP para proporcionar servicios de red independientes de la infraestructura de transporte.
- **P2P:** Una red informática entre iguales, es decir, que no tiene clientes ni servidores fijos, sino una serie de nodos que se comportan simultáneamente como clientes y como servidores.
- **Ruido Térmico:** Ruido producido por el movimiento de los electrones en los elementos integrantes de los circuitos.
- **Quadruple play:** Define la oferta de voz, datos y video (*triple play*) sobre redes inalámbricas capaces de agregar el servicio de movilidad.
- **SDH/SONET:** *Synchronous Digital Hierarchy/Synchronous Optical Network*. Son normas de telecomunicaciones que definen una jerarquía digital de altas velocidades de transmisión y los formatos de multiplexaje síncrono correspondientes para uso en sistemas de transmisión en fibra óptica.
- **Señal:** Variación de una corriente eléctrica u otra magnitud física que se utiliza para transmitir información.
- **Spam:** son mensajes no solicitados, habitualmente de tipo publicitario, enviados en cantidades masivas.
- **Tasa de transferencia:** Cantidad de datos transferidos por unidad de tiempo.
- **Triple play:** Se llama así a la oferta conjunta de servicios de voz (telefonía), datos (acceso a Internet) y video (televisión) por un solo proveedor.
- **TCP:** El Protocolo de Control de Transmisión se encarga de proveer servicios de conexión segura en redes IP.
- **Teledensidad:** Es la tasa de líneas telefónicas por cada 100 habitantes.
- **UMTS:** *Universal Mobile Telecommunications Service* Estandar de telefonía celular de 3ª generación. Transferencia de datos hasta 2 Mb/s
- **VoD:** Video en demanda es un sistema que permite acceder a contenidos televisados de manera personalizada.
- **VoIP:** Voz sobre IP.
- **WDM:** *Wavelength Division Multiplexing*. Tecnología que permite transportar haces con distintas longitudes de onda dentro de una misma fibra óptica
- **WWW:** World Wide Web es la colección de documentos enlazados entre sí por hipertexto. Para acceder a estos documentos se utilizan peticiones http.

Sitios y lecturas recomendadas sobre redes digitales

Internet Society

<http://www.isoc.org>

La Sociedad Internet (Internet Society, ISOC) es la única organización dedicada exclusivamente al desarrollo mundial de Internet, con la tarea específica de concentrar sus esfuerzos y acciones en asuntos particulares sobre Internet; fundada en 1991 por una gran parte de los "arquitectos" pioneros encargados de su diseño, la ISOC tiene como objetivo principal ser un centro de cooperación y coordinación global para el desarrollo de protocolos y estándares compatibles para Internet.

Edholm's Law of Bandwidth

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6/29070/01309810.pdf>

Las tasas de transmisión de los equipos digitales crecen de manera exponencial.

The Internet Is Broken

http://www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=16051&ch=infotech

De acuerdo a David D. Clark, las fallas en la Internet actual causan pérdidas millonarias e impiden el despliegue de nuevas tecnologías. Por lo tanto, es tiempo de rediseñar la arquitectura básica de la red.

Pew/Internet Institute Report on Internet Evolution: The Future of the Internet II

http://www.pewinternet.org/PPF/r/188/report_display.asp

Una encuesta a analistas, activistas y líderes de Internet para predecir la Internet del año 2020.

GENI Global Environment for Network Innovations

<http://www.geni.net>

Global Environment for Network Innovations (GENI) es una plataforma de concepto explorada por la comunidad científica norteamericana. La misión de la investigación desarrollada en GENI es constituir la punta de lanza a una Internet del futuro.

Reportes Internet de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

<http://www.itu.int/osg/spu/publications/#intrep>

Reportes anuales que analizan diversos temas relacionadas al desarrollo de Internet.

Trends in Optical Fiber Communication Technology and Industry, and Proposals for Future Directions -Towards the Fusion of Seeds and Needs -

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/stfc/stt015e/STTqr15.pdf>

Este artículo examina el estado actual de las redes fotónicas y ofrece propuestas de investigación y desarrollo.

OECD ICCP Workshop: "The Future of the Internet"

http://www.oecd.org/document/5/0,2340,en_2649_34223_36169989_1_1_1_1,00.html

En el taller de la OCDE acerca del Futuro de Internet se exploraron los aspectos tecnológicos, económicos y de regulación para aumentar la confianza en Internet, promover su desarrollo e identificar oportunidades para la cooperación internacional.

NSF/OECD Workshop “Social and Economic Factors Shaping the Future of the Internet”

http://www.oecd.org/document/59/0,2340,en_2649_34223_37921851_1_1_1_1,00.html

En este taller se exploraron los factores económicos y sociales que influyen en el desarrollo de Internet.

Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información

<http://www.itu.int/wsis/index-es.html>

La Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI) se desarrolló en dos fases. La primera fase tuvo lugar en Ginebra acogida por el Gobierno de Suiza, del 10 al 12 de diciembre de 2003 y la segunda en Túnez acogida por el Gobierno de Túnez, del 16 al 18 de noviembre de 2005.

Internet Governance Forum

<http://www.intgovforum.org/>

El propósito del Internet Governance Forum es ser un espacio de diálogo acerca de las políticas de desarrollo de Internet.

ITU Report on the Information Society 2006

<http://www.itu.int/osg/spu/publications/worldinformationsociety/2006/report.html>

El Reporte evalúa las dinámicas de cambio de la Sociedad de la Información.

Current and Future Trends in Sensor Networks

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9810/30940/01436087.pdf?arnumber=1436087>

Los autores analizan los aspectos más significativos en el desarrollo presente y futuro de las redes de sensores.

i2010 - A European Information Society for growth and employment

http://ec.europa.eu/information_society/europe/i2010/index_en.htm

i2010 es la iniciativa de la Comisión Europea para la creación de directrices de políticas públicas para la Sociedad de Información hasta el año 2010.