

Continuación de la Introducción

- Medio físico
- Centro de la red
- Modelo de la red

La red esta compuesta de forma muy simplificada de bordes (hosts y aplicaciones) y del centro (o *core*). La forma natural de hacer crecer a la red desde los extremos, también conocido como Redes de Acceso (RA). En las RA, la comprensión del medio físico es fundamental para entender la capacidad y comportamiento del bordes de la Internet.

Redes de Acceso y Medio Físico

A grosso modo hoy en día se puede hacer una llamada Skype desde casi cualquier red de acceso.

! ¿Cuales son las características de ancho de banda y delay que exige Skype para colocar una llamada en una conexión de tipo 3G?

En general, se tienen enlaces de comunicación alambrados e inalámbricos. En esta parte, haremos énfasis en el tipo de enlace. Esta es una manera de observar la Internet a través del tipo de conexión. La conexión sucesiva de los medios de transmisión nos ayuda a hacer circular la data a través de la Internet. Se puede hacer circular la información dentro de las zonas locales (pintadas de azul en el gráfico de la lámina) para luego llevarla hacia el core (los enrutadores) de la Internet.

Medio Físico

Se denota por la letra ϕ (phi) en la pila protocolar. En el curso vamos a ver someramente esta capa, pues para entenderla cabalmente se requiere una materia aparte.

La visión de la tecnología de capa física en redes, se limita a como vamos a controlar el acceso al medio. A su vez, es lo mas cerca que llegaremos a la capa *Medium Access Control* (MAC). El Wireshark nos permite ver hasta la capa MAC.

Tecnologías de Medio Físico:

DIAL UP y DSL: utilizan par trenzado

DSL: utiliza cable coaxial

Redes móviles: Ganancia en cobertura, que implícitamente sugiere movilidad. El impacto de las redes móviles se ve en las condiciones cambiantes de la conexión al punto de acceso (o depósito) de los datos. Estas condiciones cambian conforme cambia la movilidad.

En los actuales momentos, la movilidad y de las redes sociales (no a nivel aplicación como facebook sino a nivel enlace) se estudia como un individuo sirve de elemento repetidor (relay) de la información que se desea hacer circular. Esto corresponde a un principio oportunista para hacer pasar la información dentro y fuera de una red. Normalmente este tipo de redes se denomina ad-hoc si la información circula internamente, e infraestructura si existe un punto de salida de la información hacia la internet.

Medios guiados versus medios libres. Se dice guiado un cable y libre el campo electromagnético.

El par trenzado.

Es la tecnología mas barata y popular. Es heredada de las líneas telefónicas. Da buen rendimiento a la conexión pues, como medio guiado, es altamente eficiente. Hay conexión única desde el hogar hasta el Switch central, que funge de recolector (El objetivo del recolector es sacar la información lo mas rápidamente posible). Luego la central se encarga de encausar los datos hasta el destino (en el caso de datos) y en el caso de las llamadas igualmente la central se encarga de colocar la llamada en el destino final (establecer el circuito). Siempre se va directamente al switch para llevar una llamada y luego se mantiene la conexión.

El trenzado en el cable sirve para graduar el nivel de interferencia. Es duradero en el tiempo y se puede manejar velocidades de hasta 1 Gbps.

Categorías?

El Cable Coaxial.

Tiene una chaqueta metálica que sirve para ... y la data viaja por un elemento de cobre y en medio un elemento de aislamiento.

Tipo baseband: había un medio único compartido por todos los elementos transmisores, en donde antes de transmitir había que esperar el medio para poder poner la data.

Tipo Broadband: se utiliza para transmitir en modo punto a multipunto. Se puede tener un arbitraje del acceso al medio pues el cableado coaxial coincide en un punto común que arbitra el acceso de cada cliente. Utiliza una banda de frecuencia específica para transmitir la data.

En términos ponderados el par trenzado es más eficiente que el cable coaxial, es decir, se puede sacar mucha más información.

Fibra Óptica.

Elemento bastante prometedor, el que reemplazará la tec coaxial y par trenzado que puede llegar hasta el hogar. Se transmiten pulsos de luz. Hay muy poca interferencia. Es más segura que el resto de las tecnologías pues es difícil intervenir o escuchar la información ilícitamente. Se muestra como OC-n (optical carrier). La n indica la velocidad de la tecnología. La "n" ayuda a expresar la velocidad con múltiplos de 51.8 Mbps.

Tiene poca atenuación, pero swicheo de alto costo. La luz se defleca mecánicamente y esto vuelve costoso a los equipos. Por lo general son los cuellos de botella. Deben haber espejos que muevan los paquetes rápidamente dentro de la red óptica.

Estos equipos se encuentran en el backbone, ofreciendo velocidades de entre 51.8 Mbps y 39 Gbps.

Radio Terrestre.

Tiene la gran ventaja de que no necesita cable. Tiene entonces problemas ligados a la propagación. El ancho de banda varía mucho debido al

ensombrecimiento de la señal: mientras más distante se encuentre del punto de origen menos intensidad (potencia) tendrá la señal. Allí es donde hace falta un nuevo punto de acceso a la red para recobrar la calidad de la señal. El multipath fading es debido a los distintos caminos que puede tomar la señal debido a los objetos que interfieren, cuando se propaga la señal. Finalmente también la interferencia de otras ondas también fastidia a la señal.

Varios ejemplos: microonda terrestre (wimax), LAN (wifi), celular, satélite.

Satelites GEO y LEO.

GEO: geoestacionario está 35Km de altura fijo en el espacio, haciendo de un gran cable. Gira con la tierra. Tiene un punto de control central y el resto de estaciones clientes remotas.

LEO: Low earth orbit. Son más eficientes en términos de retardo de los paquetes. Comparado con los satélites GEO (con 400-800ms de retardos) los satélites LEO tienen entre 200-300 ms de retardo. Los satélites LEO más cerca de la tierra (a 780 Km) y están en movimiento, más rápido que el de la tierra y se necesita establecer un sistema operativo a nivel de capa MAC para poder dar el servicio de enrutamiento de los paquetes entre dos puntos cualquiera. Ejemplo: la red iridium.

Uso: telemedicina, video a la demanda, cobertura de sitios remotos de manera sencilla.

El acceso a las redes satelitales es por lo general muy costosa.

Las distintas tecnologías van a dar distintas distancias de cobertura.

! Para el siguiente gráfico, ubique cada una de las diferentes tecnologías de acceso para cada una de los tipos de celdas.

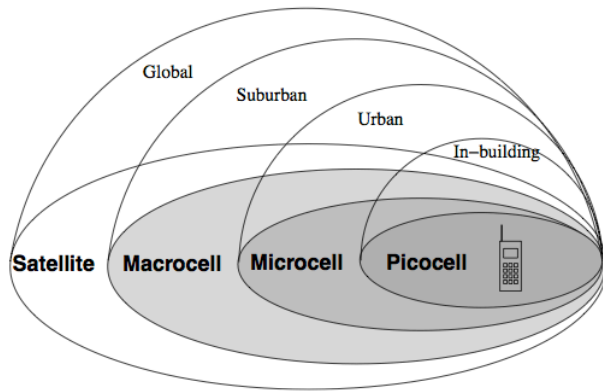


Figure 2.3: IMT-2000 vision of integrated wireless networks [31].

Centro de la Red:

¿Qué pasa en el centro de la red una vez que los paquetes entran y hay que llevarlos al destino final?

Potencialmente se tienen 2 tipos de envío. En forma de circuito y en forma de paquete. Vamos a tratar los circuitos con el objeto de justificar la orientación a paquetes. ¿Qué conceptos vamos a reutilizar de la orientación a circuitos?

La red a circuitos funciona por reservación. Por ejemplo cuando usted alza el teléfono y disca un número, el tiempo que hay entre el último número discado y el repique es el tiempo que toma al sistema de calcular la ruta de la llamada y la reserva de circuitos. La calidad de servicio no cambia en una llamada pues usted tiene reservado un circuito. Pero, cuando cambia la calidad de servicio? Cuando usted es sacado del sistema (su llamada es cortada). Cuando suena ocupado, es decir, no hay capacidad para darle servicio.

Orientación a paquetes no hay reserva. Pero existe una espera constante más difícil de predecir y varía dependiendo, por ejemplo, de la conducta de trabajo de los seres humanos. Hay episodios en el día donde se tienen grandes esperas y otros más baja espera. En orientación por paquete entonces se envía la data en pequeños trozos que son por lo general reordenados (puestos en orden) en los extremos.

Para eso se cuenta con la ayuda de un protocolo control de la transmisión para tal fin (TCP). En orientación por paquete (OPP) no hay manera de dar una tasa constante de transmisión. Se puede ofrecer un rango en la velocidad de transmisión. En OPP es difícil el control de paquetes. Esta red tiene como principio la entrega en Best Effort (mejor esfuerzo) donde hay un compromiso de intento de entrega del paquete (no más). Entonces los extremos deben ponerse de acuerdo para ver si los paquetes llegaron o no. La red no le da garantías ni indicación de si los paquetes enviados desde las aplicaciones llegaron a su destino.

Los elementos del centro de la red llegan hasta capa 3 y los de los extremos llegan hasta la capa 4.

! Desarrolle el ejemplo de las autopistas (con autos) versus las vías férreas (con trenes) para hacer la comparación entre las redes orientadas a paquetes y orientadas a circuitos.

¿Cuál es la forma del centro de la red?

Es en forma de malla para llegar a un destino.

En circuit switching tenemos subcanales para repartir "equitativamente" el ancho de banda. Son de uso dedicado, los subcanales no se comparten. Tienen la forma de circuito. Es decir, voy a garantizar un performance. Puedo decir que un circuito ofrecido puede tener 64 Kbps (por ejemplo). Hay un periodo de negociación de la llamada. Hay que pasar por un proceso largo de control de negociación de la llamada. En general se puede ser perfectamente equitativo. También se sabe cual es la ruta del circuito, establecida durante el proceso de negociación. En resumen cada enlace puede tener un total de N circuitos para garantizar N posibles conexiones. Lo malo de este enfoque es que el recurso ocioso se pierde.

Pero, ¿Cómo se reserva el ancho de banda?

Por frecuencia FDM (frequency división multiplexing), o por tiempo TDM (time división multiplexing). FDM asigno un canal (parte del ancho de banda) a un cliente. TDM asigno slots de tiempo, numerados, periódicos al cliente. Por ejemplo, si son N trozos de tiempo podría asignar los trozos $M \cdot N + 1$ al primer cliente, donde M corresponde al total de trozos

de ancho de banda en bits por segundo a asignar. Los detractores de Circuit Switching es que se malgasta el tiempo ocioso (por las aplicaciones). Ej: Hacer una sesión de Facebook en una red CS. Cuando se analiza un contenido (se lee por ejemplo) se desperdicia la capacidad de transmitir información.

! ¿Qué sucedería si más de N usuarios intentan utilizar un enlace de capacidad N ? ¿Cómo resolvería usted este problema? Vea el ejemplo numérico que está en las láminas.

Packet Switching

Es el paradigma opuesto a las redes CS. Las redes van a intercambiar mensajes que se pican. Cuando tengo una parte de ese mensaje, se le otorga todo el ancho de banda para el paquete a transmitir.

Hay un fenómeno de las PS: las pérdidas. Es decir, los paquetes pueden dejar de existir. Partamos del principio más sencillo. Pensemos en las pérdidas que me dicen que no debería estar transmitiendo a la velocidad que estoy haciendo en este momento. Existe un buffer de salida que retiene paquetes hacia uno de los destinos. En el momento en que los elementos de entrada superan la velocidad de servicio, entonces la cola se llena hasta que se pierdan los paquetes.

Esto origina a su vez otro fenómeno denominado contención de recursos. Es decir, que hay una demanda agregada o conjunta de todos los elementos que llegan a los switches y que quieren hacer salir sus paquetes. Esta demanda agregada supera la tasa de servicio. Entonces se produce un fenómeno importante que ha dado mucho trabajo desde el año 1988, denominado **congestión**. Este fenómeno ha evolucionado conforme evolucionan las redes.

La congestión hace que yo lidie con el performance de las aplicaciones. Lidiar con la congestión es lidiar con el performance de las aplicaciones. La congestión podría definirla como la concurrencia de la información en un mismo punto que no es capaz de procesarla. Hay un principio fundamental de las redes: store & forward, guardar y reenviar. Si se tiene un enlace guardado con Q elementos, enviándose a R bps, entonces un

paquete de tamaño L (en bits) tardaría en hacer cola QL/R. Básicamente los que se obtiene con L/R es el tiempo de emisión de 1 solo paquete. Recordemos que los nodos reciben "todo" el paquete antes de reenviarlo.

! ¿Por qué no se reenvía un paquete directamente desde el primer bit?

Comparación entre PS y CS.

PS se tiene una conducta denominada el multiplexaje estadístico. Multiplexaje dice de como se mezclan los paquetes de distintos flujos y de distintos usuarios. Estadístico se refiere al patrón que tenga el flujo que tenga un flujo en particular. Podríamos resumir que el ME es la mezcla aleatoria de los paquetes que entran (y salen) a un punto de swicheo.

La orientación a circuitos, contrariamente no existe este fenómeno puesto que tengo el canal despejado. Hace años había una tendencia a pensar que las redes orientadas a paquetes no servían para la telefonía. Esto ha sido desmitificado con servicios como Skype (ha visto cuantos millones de usuarios puede atender "en línea"?). Los defensores de packet switch a este respecto dicen que, PS hace la mejor distribución de recursos posible. Ahora, que se esta administrando cuando se tiene una red orientada a paquetes. La respuesta es el "ancho de banda".

El paradigma PS permite implementaciones mas sencillas de la técnica de envío de datos. Por último es mucho más económica.

Multiplexaje Estadístico.

Tratemos el ejemplo de los usuarios (varios) que utilizan un enlace simultáneamente. Demos a este enlace una capacidad de 1 Mbps. Si el usuario está ocioso el 90%, éste cede el recurso. Por ende el otro 10% el podría estar ocupado con la transmisión de la información.

Si tuviéramos CS, entonces podríamos tener un máximo de 10 usuarios a 100 Kbps por usuario. Esto es una especie de conducta capitalista. La probabilidad $P(\text{activo}) = 0.1$

Ahora en PS, tenemos que considerar ciertas hipótesis para considerar el perfil de uso de los recursos. ¿Cuáles son las aplicaciones que se ejecutan? En un ambiente "normal" se dice que para la cantidad de ancho de banda disponible presentada previamente, la probabilidad de usuarios activos $P(\text{usr_activos}) \geq 11) = 0.0004$. Es decir, que tener menos de 10 usuarios es $P=0.9996$, que es una probabilidad muy alta. Es decir, que puedo ofrecer un servicio equiparable al canal dedicado, sabiendo que puedo servir a 35 usuarios con el mismo performance que CS.

Ver la lamina como los paquetes se mezclan y son servidos. Observe los espacios en blanco en el canal de comunicación ¿A que se deben? Observe las colas intermedias.

Ver la lamina con el ejemplo de 2 saltos a la misma tasa de transmisión. Deduzca como se calculó el tiempo de viaje (emisión + propagación) de un paquete de tamaño L.

! En la computación existen otras formas de recursos reservados versus recursos compartidos. Busque 2 ejemplos de cada uno. (ayuda: sistemas operativos, sistemas distribuidos)

¿Gana siempre PS?

Puede siempre ganar y en especial para la data que viene en ráfagas. Sin embargo algo que no es conveniente es el pago que debe hacerse por el tratamiento de la información control de cada paquete. En las redes CS se paga una sola vez y al principio. En PS puede ser tan ineficiente podría generarse un encabezado de 40 o mas bytes por tan poco como 1 byte.

Las redes PS necesitan entonces un protocolo de control de congestión para poder lidiar con el paso de la información confiable. Este protocolo debe vivir (por principio de diseño) en los extremos. Es decir, los paquetes no son cambiados de camino cuando hay congestión intermedia, como de pronto podría hacerlo un vehículo en una carretera. En PS el paquete debe llegarse hasta el final del camino para darme cuenta que un paquete se ha perdido o tiene retardo excesivo.

¿se puede proveer una conducta tipo circuito en una red a paquetes?

Pues en términos generales se puede decir que sí. Se puede garantizar en ciertos puntos críticos de la red (el acceso por ejemplo). Sin embargo, el problema no está resuelto todavía.

Ahora, ¿Cómo se hace en las redes modernas para acelerar los servicios concurridos?

¿Cómo viajan los paquetes?

Los enrutadores tienen tablas y algoritmos que le permiten calcular rutas más cortas sin que los extremos se den cuenta. Aunque el orden de magnitud de los cambios en las rutas es el orden de los minutos. El proceso de detección de la congestión ocurre en el orden de los milisegundos.

A los extremos lo que le interesa es que la información llegue al destino y poder tener feedback.

En la tarea específica de enrutamiento, ahora nos centraremos en el backbone de la internet (la espina dorsal de la internet). Se puede definir como la parte central de la internet por donde viajan los datos con el único propósito de alcanzar al otro extremo. Un PC o terminal (extremo) está conectado a un ISP local con tecnología alamburada (par trenzado, coaxial) o inalámbrica (wifi, 3G, etc).

Internet se puede entonces definir recursivamente como una Red de Redes. En el core (o centro) se encuentran los proveedores de los proveedores finales. Siempre habrá entonces la noción de un elemento que reagrupa conexiones para hacer pasar la data más cerca de la salida. Estos elementos del centro de la red son autónomos.

También existe el intercambio de grandes volúmenes de datos, realizadas a través de puntos de intercambio con beneficios recíprocos. Por ejemplo entre dos compañías ISP.

Sin esbozar una distribución perfecta de la distribución de tráfico. Se puede decir que la internet está compuesta por una estructura piramidal compuesta por capas o tajos (tiers). A medida que subo a la punta de la

pirámide obtendré velocidades de conexión mucho más rápidas, estos son los llamados tier-1. Aquí, en este nivel se tiene un dominio de la transferencia de la data bastante confiable. Ejemplo de estos proveedores de servicio son Verizon, AT&T, etc. Estos proveedores no están en Venezuela.

Normalmente las compañías en el nivel 1 se denominan pares. Estos pares tienen políticas entre ellos para hacer el intercambio de datos a alta velocidad y con ciertas políticas de calidad de servicio. Hoy por hoy el problema de intercambio de datos respetando el QoS es tema actual de investigación. Se tratan preguntas como: ¿Cómo hace **Verizon** para no verse afectada por el tráfico de **Sprint**? Y viceversa? Las velocidades que allí se manejan están en el orden de los cientos de los megabits por segundo o de los gigabits por segundo. Los proveedores están distribuidos equitativamente a lo largo de un territorio (país). Los puntos de intercambio de información se denominan Point of Presence (POP).

Hay organizaciones 'independientes' que proveen conexión a organizaciones regionales (más pequeñas). Estas organizaciones son llamadas tier-2. También puede haber comunicación directa entre ellas para hacer intercambio de tráfico.

Finalmente se tienen los proveedores de internet locales. Son los proveedores que mejor conocemos, se pueden subdividir en 2 o más proveedores regionales que van ligados a la distribución geográfica.

Recordemos que el viaje de los paquetes en el core de la red es transparente para el usuario. Las rutas podrían cambiar en el orden de los minutos y el tráfico, en cambio puede experimentar altos y bajos en el retardo en el orden de los milisegundos (ver traceroute).

Finalmente podríamos decir que en cantidad de elementos, se tienen docenas de T1 y T2, y por otro lado miles de T3.

(ver resumen de los 3 tipos de tajos: Internet Backbone).