

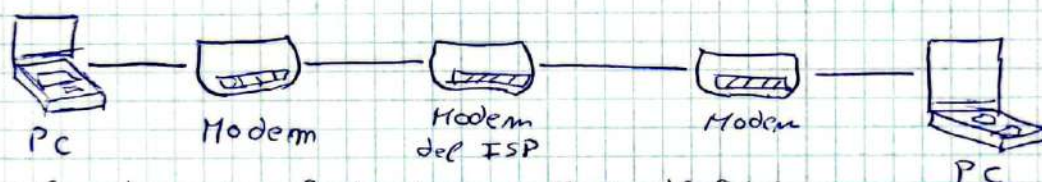
Bloque -1-

- Internet: Infraestructura de red que proporciona servicios a aplicaciones distribuidas.
- Hosts o sistemas terminales: Dispositivos que se conectan a Internet (PC, Play, teléfono, ...)
- Enlaces de comunicaciones: conexión de los distintos terminales entre sí
- La velocidad de transmisión se mide en bits/segundo
- Envío de info:
 - Segmenta los datos y añade bits de cabecera
 - Da como resultado los "paquetes", se envían
 - Se reciben y se vuelven a ensamblar
- Commutador de paquetes (routers, switches): Recibe un paquete y lo reenvía
- Los Hosts acceden a Internet a través de los ISP
- ISP: Proveedor de Servicios de Internet
 - Existen distintas formas de acceso (LAN, ADSL, Modem, ...)
 - Los ISP se interconectan mediante ISP nacionales o internacionales (AT&T)
- ISP de nivel superior: Routers de alta velocidad interconectados por fibra
- Cada ISP ejecuta el protocolo IP
- Protocolo TCP: Protocolo de Control de Transmisión
- Protocolo IP: Protocolo de Internet
 - Especifica el formato de los paquetes que se envían y reciben
- IETF: Desarrolladores de los estándares de Internet, RFC
- Aplicaciones distribuidas: Aquellas que implican a varios hosts que intercambian datos entre sí
 - Se ejecutan en los hosts, NO en los routers/switches
- Los hosts conectados a Internet proporcionan una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones)
- API: Especifica como un programa, ejecutado en un Hosts, suministra datos a un programa ejecutado en un hosts destino.
- Protocolo: Conjunto de reglas formales que describen como se transmiten los datos
 - Cualquier actividad entre 2 o más hosts, implica un protocolo



Los hosts pueden ser tanto clientes como servidores

- Un programa cliente es un programa que se ejecuta en un host y solicita y recibe un servicio de un programa servidor ejecutado en otro host
 - Al realizarse mediante Internet, es una aplicación distribuida
 - En la actualidad las aplicaciones realizan funciones de cliente y de servidor, por ejemplo P2P (Peer-to-Peer) BitTorrent, Skype, ...
- La conexión entre un host y otro muchas veces se usan tecnologías que son parte de la infraestructura de la telefonía cableada tradicional local (telco local)
- Cada casa dispone de un enchufe directo de cobre a un switch de la compañía telefónica situado en central telefónica.
 - En los 90, las casas accedían a Internet mediante las líneas telefónicas analógicas con un modem.
- El usuario llama al número de teléfono de un ISP y establece una conexión.



- El módem convierte una señal digital en analógica y al revés

- 2 inconvenientes

- Lento
- velocidad Máx. 56 Kb/s
- Ocupa la línea telefónica del usuario

• En la actualidad destacan 2 tipos acceso residencial (DSL, cable)

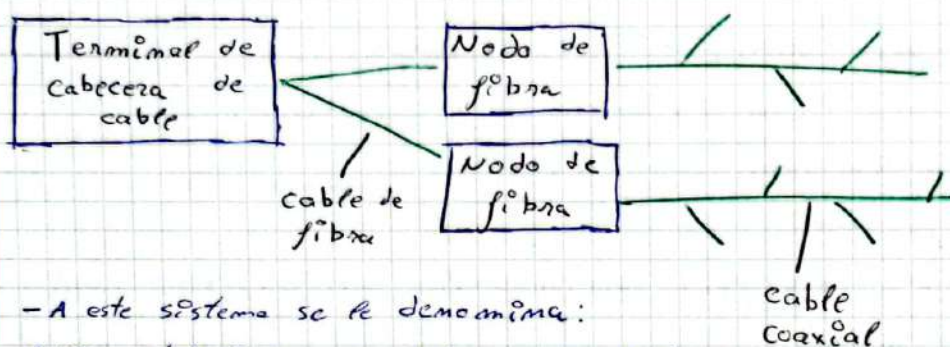
• DSL (Línea de Abonado Digital)

- Por lo general se contrata la línea telefónica y el DSL a la misma compañía actuando como ISP
- Cada módem DSL utiliza la línea telefónica para intercambiar datos con un multiplexor de acceso DSL (DSLAM)
- Transporta simultáneamente la línea telefónica y los datos codificados a frecuencias distintas
 - canal telefónico, banda de 0 a 4 KHz
 - Descarga de alta velocidad, " " 4 a 50 KHz
 - Carga de alta velocidad, " " 50 KHz a 1 MHz

- En el lado del cliente, las señales llegan a casa y se separan con un splitter entre datos y telefónicas
- En el lado de la compañía, el DSLAM envía la señal de datos a internet
- DSL tiene 2 ventajas:
 - Envía y recibe datos a mayor velocidad
 - Entre 1 y 2 Mb/s descarga
 - 128 kb/s y 1 Mb/s carga
 - Pueden hablar por teléfono y navegar al mismo tiempo

→ Cable:

- usa la infraestructura de la televisión por cable (EE.UU)
- La fibra conecta el terminal de cabecera de cable al vecindario

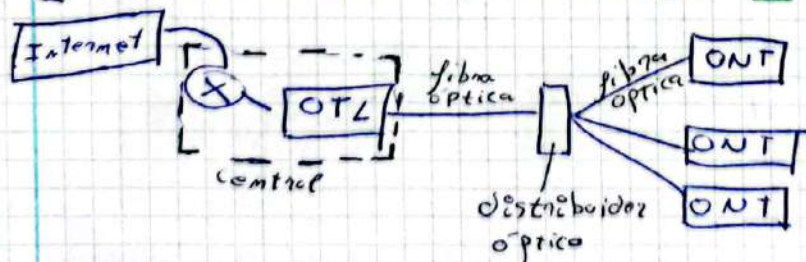


- A este sistema se le denomina:

HFC (Híbrido de fibra y coaxial)

• Tecnología FTTH (Fibra hasta el hogar)

- ofrece mayor velocidad
- Existen 2 tecnologías ópticas
 - Redes ópticas activas (AON)
 - Redes ópticas pasivas (PON)
- AON son redes Ethernet conmutadas
- PON agrupa la fibra de las viviendas de un vecindario en un cable que se conecta a una terminación de línea óptica (OLT) de la compañía telefónica.
- Cada domicilio tiene un router ONT (Terminal de modo óptico)



- Descarga 10 y 20 Mb/s
- Carga 2 y 10 Mb/s

- **Ethernet:**
 - Normalmente usado para universidades y empresas
 - Los host se conectan a un switch utilizando una LAN (Red de área Local)
 - La velocidad puede variar entre 10Mb/s , 100Mb/s , 1Gb/s , 10Gb/s
- **Wifi:**
 - Existen 2 tipos de acceso
 - LAN inalámbrica: (usuarios transmiten paquetes punto de acceso)
 - Redes inalámbricas de área extensa
 - Los paquetes se transmiten a una estación base
- **Redes domésticas:**
 - Mezcla de muchas de las anteriores tecnologías

Medio físico

- bit: se propaga entre pares emisor / receptor
- Enlace físico: lo que hay entre emisor y receptor
- Existen 2 categorías
 - Medios guiados
 - La señal se propaga por un medio sólido (fibra, coaxial, ...)
 - Medios No guiados
 - La señal se propaga libremente (radio)

• **Par trenzado**

- Consta de 2 cables de cobre aislados y trenzados
- El cable de categoría 5 puede alcanzar hasta 1Gb/s

• **Cable coaxial**

- Consta de 2 conductores de cobre concéntricos
- Esto permite velocidades + altas
- Bidireccionales
 - Banda base \rightarrow Canal único, Ethernet
 - Banda ancha \rightarrow Múltiples canales. HFC

• **Fibra Óptica**

- cable de fibra lleva pulsos de luz, cada uno es un bit
- Altísima velocidad

• **Radio**

- transmitida a través del espectro electromagnético (No cable)
- 3 grupos
 - áreas locales: pocos metros
 - área extensa: Km
 - satélite: tiene un retardo

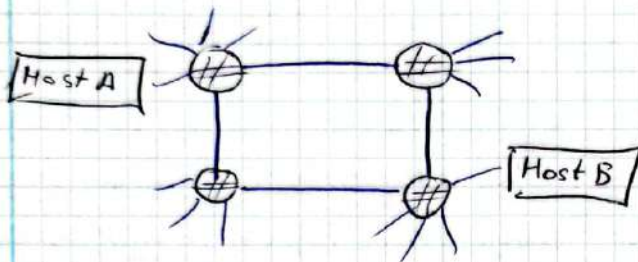
Núcleo de la red

- Cuando un emisor y un receptor quieren intercambiar información, se establece una conexión llamada círculo y se reserva una velocidad de transmisión constante. (teléfono)

- Con la conmutación de paquetes no se reserva un ancho de banda, si está colapsado tendrá que esperar en una cola en el lado del emisor.

Conmutación de circuitos:

- Los conmutadores de circuitos están interconectados por enlaces.
- Cada uno de los enlaces tiene n circuitos \Rightarrow da soporte a n conexiones
- Cuando 2 host quieren comunicarse, la red establece una conexión terminal a terminal



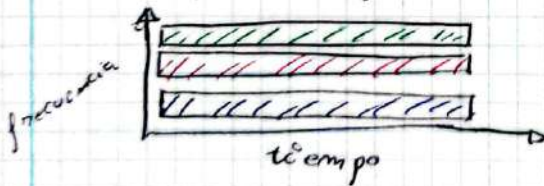
- Como el enlace tiene n circuitos, asignará a cada conexión terminal a terminal $\frac{1}{n}$ de ancho de banda

tipos:

- FDM (Multiplexación por división de Frecuencia)
- TDM (" " " " tiempo)

- FDM:

• El espectro de frecuencia se divide entre el número de conexiones.



- TDM:

• El tiempo se divide en marcos de duración fija



9/2

¿cuánto se tarda en enviar un archivo de 640.000 bits a través de una red de conmutación de circuitos?

- velocidad de todos los enlaces: 1536 Mb/s
- cada enlace usa TDM con 24 particiones
- 500 ms para establecer el circuito

$$\frac{1536 \text{ Mb/s}}{24 \text{ part.}} = 64 \text{ Mb/s partición}$$

$$t_{\text{part.}} = \frac{640.000 \text{ bits}}{64 \text{ Mb/s}} = \frac{640.000 \text{ bits}}{2^{26} \text{ b/s}} = 0'01 \text{ seg}$$

$$t_{\text{total}} = 0'5 + 0'01 = \underline{0'51 \text{ s}}$$

Commutación de paquetes

- El origen divide los mensajes largos en fragmentos, llamados paquetes
- Estos paquetes se envían a través de conmutadores de paquetes (routers/switches)
 - la mayoría de conmutadores emplean el método de transmisión de almacenamiento y reenvío
- tiene que recibir el paquete por completo antes de enviarlo

||

- tiene un buffer de salida para almacenar los datos (Retardo de cola)
- si el buffer está lleno, se perderán los paquetes

• Ventajas:

- mejor compartición del ancho de banda
- más sencilla y eficiente

9/3

- Enlace de 4 Mb/s
- cada usuario 100 kb/s cuando está activo

a) ¿Nº de usuarios simultáneamente? (Commutación de circuitos)

$$N = \frac{4 \text{ Mb/s}}{100 \text{ kb/s}} = \frac{4096 \text{ kb/s}}{100 \text{ kb/s}} = 40 \text{ usuarios simultáneamente}$$

b) ¿Probabilidad de $P(x > N)$ si hay M usuarios conectados con una probabilidad del 50%? (Commutación paquetes)

Probabilidad de que un usuario esté emitiendo = $p = 50\%$

$$P(x > 40)$$

$$\sum_{k=N+1}^M \binom{M}{k} \cdot p^k (1-p)^{M-k} \Rightarrow p = \sum_{k=41}^{60} \binom{60}{k} \cdot 0.5^k \cdot (0.5)^{60-k} = \underline{0.11\%}$$

• Retraso, Pérdida y tasa de transferencia

$$d_{\text{total}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{cola}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

d_{proc} (proceso modelo)

- comprueba errores de bit
- determina donde hay que enviarlo
- $< 1\text{ms}$

d_{cola} (Retardo de cola)

- tiempo de espera en el enlace de salida para la transmisión
- Depende del nivel de congestión del router

d_{trans} (Retardo de transmisión)

- L : longitud de paquete (bits)
- R : ancho de banda del enlace (b/s)

$$d_{\text{trans}} = \frac{L}{R}$$

- (poner los bits en la línea)

d_{prop} (retardo de propagación)

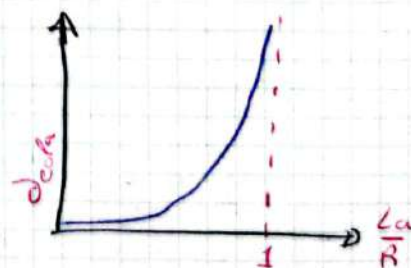
- d : longitud del enlace físico
- s : velocidad de propagación en el medio ($\sim 2 \cdot 10^8 \text{ m/s}$)

$$d_{\text{prop}} = \frac{d}{s}$$

• Retardo de cola (d_{cola})

- λ : tasa promedio de llegada de paquetes
- R : ancho de banda del enlace (b/s)
- L : longitud del paquete (bits)

$$\frac{L\lambda}{R} = \text{Intensidad de tráfico}$$



- $\frac{L\lambda}{R} > 1$ Llega más trabajo del que podemos atender
- $\frac{L\lambda}{R} \sim 0$ d_{cola} pequeño
- $\frac{L\lambda}{R} \approx 1$ d_{cola} grande

- Si al llegar un paquete la cola del router está llena \Rightarrow lo elimina

- Retardo de un terminal a otro

$$d_{\text{terminal-terminal}} = N(d_{\text{proc}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}})$$

$N = \text{n}^{\circ}$ de routers

• Programa Traceroute

- se utiliza para saber el retardo real

- El origen envía 3 paquetes a cada router y este los devuelve al origen junto a su nombre y su dirección

- El origen calcula el retardo de esta respuesta



Devuelve:

- 1^ª columna:

n° de router a lo largo de la ruta

- 2^ª columna:

Nombre del router

- 3^ª columna

Dirección del router (xxx.xxx.xxx.xxx)

- 4^ª, 5^ª, 6^ª columna

- tiempo transcurrido en ida y vuelta de cada paquete

- si se pierde alguno de los paquetes, se pone *

22/11

• Tasa de transferencia

- Velocidad (bits) a la que se transfieren bits entre emisor y receptor

- instantánea: En cualquier instante de tiempo

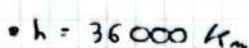
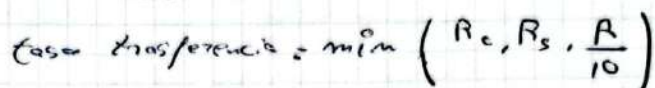
- media: velocidad promedio



- La tasa de transferencia será $\min\{R_s, R_c\}$.

- El tiempo que se tardará en enviar un archivo F será

$$\frac{F}{\min\{R_s, R_c\}}$$



$$\partial_Q = \frac{P}{\mu - 1}$$

Em la cola

Resumen M/M/1

R : velocidad de transmisión

L : longitud promedio de los paquetes

μ : tasa de salida [paquetes/s]

$$\mu = \frac{R}{L}$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

λ : paquetes por segundos en promedio

N : Promedio de paquetes en el sistema

$$N = \frac{\rho}{1-\rho} \quad [\text{paquetes}]$$

$W (= d_{\text{cola}})$ Retardo de cola promedio

$$W = \frac{\rho}{\mu - \lambda}$$

en el router

$$N = \frac{\rho}{1-\rho}$$

$$T = \frac{\rho}{\mu - \lambda}$$

En la cola

n : paquetes en cola del router

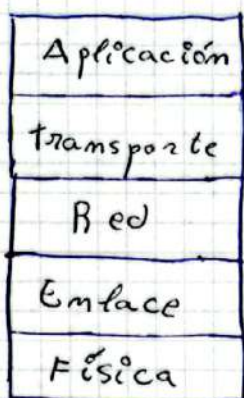
$$N_Q = \frac{\rho^2}{1-\rho}$$

Retardo de cola promedio

$$d_Q = \frac{\rho}{\mu - \lambda}$$

Capas de protocolos

- Al utilizar un sistema por capas, nos facilita el mantenimiento y la actualización del sistema



• Aplicación: Da servicio a las aplicaciones de red
FTP, SMTP, HTTP

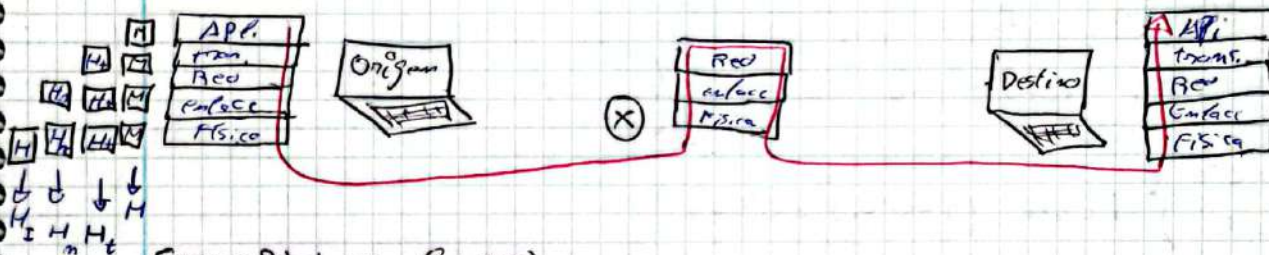
• Transporte: Transferencia de datos de un proceso a otro proceso
TCP, UDP

• Red: Enrutamiento de datagramas (paquetes) de fuente a destino

• Enlace: Transferencias de datos entre elementos vecinos

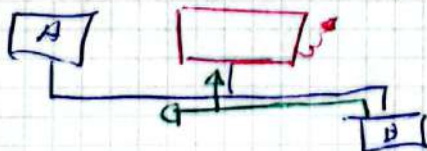
• Física: bits "en el cable".

-(Modelo OSI tiene 2 capas más y es la referencia)-



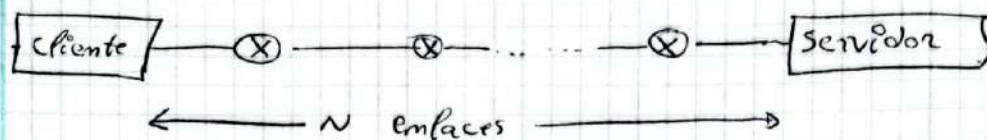
Seguridad en la red

- Virus: Infección por recepción de un objeto (adjunto e-mail)
- Troyano: Parte (oculta) de un programa normal
 - Plugins de paginas web
- Gusano: Infección por recepción pasiva que llega a ejecutarse
- Denegación de servicios (DDoS)
 - 1º seleccionar el objetivo
 - 2º Crear una botnet
 - 3º Enviar paquetes al objetivo desde los zombies
- Packet sniffing
 - Un usuario lee/graba los paquetes que se pasan (wireshark)



- IP spoofing: Suplantación de IP
- Grabar y reproducir

P21



se pierden paquetes con una probabilidad 'P'
 a) ¿Probabilidad de que un paquete llegue sin errores?

$$P_{\text{éxito}} = (1-p)^N$$

b) Cuando un paquete se pierde, se retransmite

c) Probabilidad promed. de reenvío?

$$P_{\text{éxito}} = \frac{\text{Cuántos llegan}}{\text{Cuántos enviamos}}$$

$$\bar{m} = \frac{\text{envíos}}{\text{llegadas}} = \frac{1}{P_{\text{éxito}}}$$

$$\text{Probabilidad reenvío} = \bar{r} = \bar{m} - 1 = \frac{1}{P_{\text{éxito}}} - 1$$

$$\left. \begin{array}{l} c) P=2\% \\ N=5 \end{array} \right\} P_{\text{éxito}} = (1-0.02)^5 = 0.904$$

$$\bar{r} = \frac{1}{0.904} - 1 = 0.106$$

• Para que lleguen 1000 paquetes

$$1000 = \bar{m} = 1000 \cdot 1.111 = 1111.11 = \underline{1112} \text{ paquetes}$$

P/4.32 • archivo de F bits

- De host A a B con N enlaces consecutivos
- Tasa de transmisión R
- Retardo de transmisión (d_{tras})
- Usa segmentos de S bits y una cabecera de H bits

$$\text{tamaño paquete} = L = S + H$$

a) ¿Retardo total?

$$\frac{F}{S} \text{ paquetes}$$

- 1^{er} paquete tarda en reconocer el 1^{er} enlace $\frac{S+H}{R}$

⇓

$$\text{N enlaces} = \left(\frac{S+H}{R} \right) \cdot N$$

- El siguiente paquete $\left(\frac{S+H}{R} \right)$ después que el primero

⇓

$$\text{El último tarda } \left(\frac{H+S}{R} \right) \cdot \left(\frac{F}{S} - 1 \right) \text{ después del primero}$$

$$t_{\text{total}} = \left(\frac{H+S}{R} \right) \cdot N + \left(\frac{H+S}{R} \right) \cdot \left(\frac{F}{S} - 1 \right)$$

b) ¿Valor de S minimiza el t_{total} ?

$$\frac{d}{dS} t_{\text{total}} = 0 \quad \Rightarrow \quad S_{\text{min}} = \sqrt{\frac{(N-1) \cdot FH}{N-1}}$$