

Resúmenes de *Redes y Servicios de Comunicaciones 1*

¿Te han servido estos apuntes?

Para sugerencias, agradecimientos o para comunicar erratas, escríbeme a:

luciano@loociano.com



Usted es libre de



copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra



hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes



Reconocimiento. Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciador (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o apoyan el uso que hace de su obra)



No comercial. No puede utilizar esta obra para fines comerciales

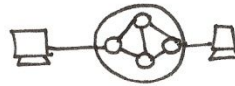


Compartir bajo la misma licencia. Si altera o transforma esta obra, o genera una obra derivada, sólo puede distribuir la obra generada bajo una licencia idéntica a ésta

RSC1: LUCIANO RUBIO ROMERO HOJA 1/3

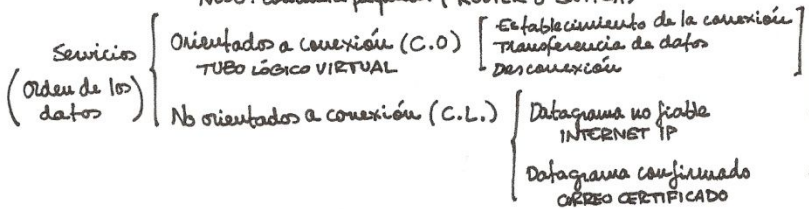
- LAN
- MAN
- WAN

HOST: terminal de usuario
 ENLACE TRONCAL: línea de transmisión
 BUCLE DE ABONADO: línea de HOST a la red
 SUBRED DE COMUNICACIONES: intercambio paquetes
 NODO: conecta paquetes (ROUTER o SWITCH)



Caudal efectivo:

$$C = \frac{\text{Tamaño paquete}}{\text{tiempo con TX, ACK, TP}}$$



Servicios (Calidad de servicio)

Fiables: no se pierden datos
 No fiables: no se garantiza la no pérdida.

$$\text{Caudal enlace} = \frac{\text{bits PDU enlace}}{T}$$

$$\text{Caudal red} = C_{\text{enlace}} \cdot \frac{\text{bits PDU red}}{\text{bits PDU enlace}}$$

$$T = T_{Tx} + T_{Tx} + T_{TP}$$

↑
bits PDU
Físico
Ack

Primitivas

C.O.
 listen()
 connect()
 receive()
 send()
 disconnect()

C.L.
 send()
 receive()

ETHERNET:

- Thick Ethernet (10Mbps)
- Thin Ethernet (con BNC)
- Ethernet actual
- Paralelizado
- 100 Mbps

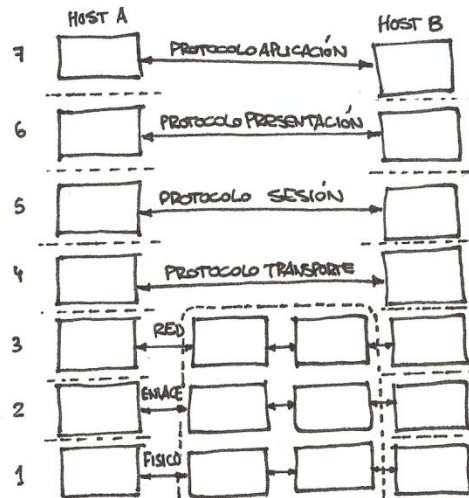
LAN Inalámbricas:

IEEE 802.11 { Infraestructura
 Ad-Hoc

2,4 GHz { 802.11 (1-2Mbps)
 802.11b (11Mbps)
 802.11g (54Mbps)

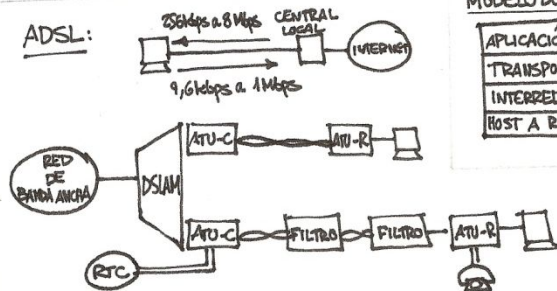
5GHz { 802.11a (54Mbps)

MODELO OSI:

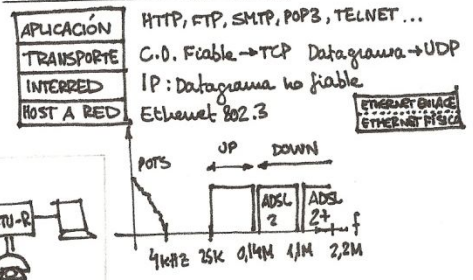


- Aplicaciones de usuario: Email, Directorio, Transferencia de ficheros, Operaciones remotas
- Representación de la información: Little/Big Endian, Codificaciones
- Diálogo: control mediante reglas, Sincronización, Gestión de testigos
- Comunicaciones extremas a extremo: Sin errores, Fiables → Sin pérdidas, Control de flujo, C.O. → Ordenado
- Garantizar que los paquetes lleguen al destino: Enrutamiento, Control de congestión, Internet
- Canal libre de errores: Codigos correctores, Acceso Múltiple, Principio y fin de trama, Fiable → ACK
- Transferir bits de datos sobre el canal físico: Electrónico, Mecánico

ADSL:



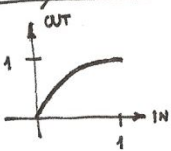
MODELO DE INTERNET (TCP/IP):



MUESTREO:

EEUU → 128 niveles mínimos
 EUROPA → 256 niveles, 8 bits/simetría

LEY μ, LEY A



T₁ (EEUU):

125 μs
 $R_{\text{canal}} = 64 \text{ kbps}$ Caudal = 56 kbps
 $R = \frac{193 \text{ bits}}{125 \mu s} = 1,544 \text{ Mbps}$
 24 canales + 1 bit sincronismo = 193 bits
 Canal { 7 bits datos
 1 bit serializ.

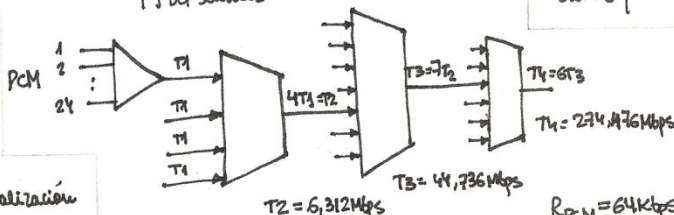
E₁ (EUROPA):

32 canales { 30 voz
 2 sincronismo
 Canal { 8 bits
 E₁ canal 16
 $R_{E1} = \frac{32 \cdot 8}{125 \mu s} = 2048 \text{ kbps}$
 $R_{\text{canal}} = 64 \text{ kbps}$

RDS1:

canales dúplex simétrico

23 canales { 7 bits info
 1 bit serialización
 1 canal control común



AMPS



K: Factoro reutilización
 Q: 70 canales
 A: 1-10
 B: 11-20
 G: 61-70

DIGITAL AMPS:

Subida { 1 2 3 4 2 3 } 18,50,01 MHz
 Bajada { 3 1 2 3 1 2 } 19,30,05 MHz
 Intervalo: 324 bits { 159 bits info
 104 protección errores
 64 bits control

LUCIANO RUBIO ROMERO HOJA 2/3

PARTE II: TEORÍA DE TRÁFICO

$A/B/X/Y$ → Capacidad colas+servid.
 ↑ ↑ ↑
 disti. dist. n° servidores
 llegadas servicio

$\rho \equiv$ Factor de utilización, prob. de servidor ocupado

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

$$E(W) = E(\tau) - \frac{1}{\mu}$$

LITTLE:

$$E(n) = \lambda E(\tau)$$

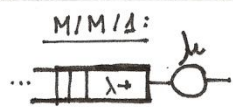
$$E(\tau) = E(W) + \frac{1}{\mu}$$

$$E(q) = \lambda E(W)$$

Retardo mínimo = $\frac{1}{\mu}$ (primer paquete)

$$E(\tau) = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad E(n) = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

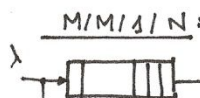
Convergencia $\rho < 1$



$$\rho_0 = (1 - \rho)$$

$$\rho_n = (1 - \rho) \rho^n$$

$$\rho_B = 0$$



$$\delta = \lambda(1 - \rho_B)$$

$$\rho_0 = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}}$$

$$\rho_n = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}} \cdot \rho^n$$

$$\rho_B = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}} \cdot \rho^N \quad \text{Utilización} = \rho(1 - \rho_B) = \frac{\rho}{\mu}$$

APROXIMAC. INFINITA:

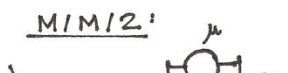
$$\rho_n = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}} \cdot \rho^n \xrightarrow{\rho^{N+1} \ll 1} \rho_n \approx (1 - \rho) \rho^n$$

$$E(n) \approx \frac{\rho}{1 - \rho}$$

$$\rho_B \approx (1 - \rho) \rho^N$$

$$E(\tau) \approx \frac{1}{\mu(1 - \rho)} = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$$\rho \approx 1 - \rho$$



$$\lambda_n = \lambda \quad \forall n \geq 0$$

$$\mu_n = \begin{cases} \mu & n=1 \\ 2\mu & n \geq 2 \end{cases}$$

Retardo mínimo = $\frac{1}{\mu}$ (primer paquete)

$$\rho_0 = \frac{1 - \rho}{1 + \rho} \quad \rho = \frac{\lambda}{2\mu} < 1 \quad (\text{igual que M/M/1})$$

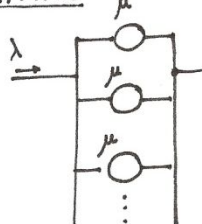
$$\rho_n = 2\rho_0 \cdot \rho^n \quad \forall n \geq 0$$

$$E(n) = \frac{2\rho}{1 - \rho^2}$$

$$E(\tau) = \frac{E(n)}{\delta} = \frac{2\rho}{\lambda} = \frac{1}{\mu(1 - \rho^2)}$$

$$\text{Utilización} = \rho$$

M/M/∞:



$$\lambda_n = \lambda \quad \forall n \geq 0$$

$$\mu_n = n\mu \quad \forall n \geq 0$$

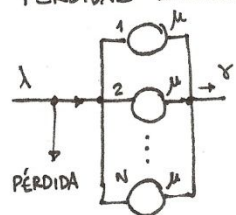
$$\rho_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} \frac{A^n}{n!}} = e^{-A}$$

$$\rho_n = \frac{A^n}{n!} e^{-A}$$

$$E(n) = A$$

$$E(\tau) = \frac{1}{\mu}$$

SISTEMA DE PÉRDIDAS M/M/N/N:



$$\lambda_n = \lambda \quad \forall n \leq N$$

$$\mu_n = n\mu \quad \forall n \leq N$$

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

$$\rho_B = E_1(N, A)$$

Si tenemos n servidores que se llaman entre sí, la carga total son los ERLANGS de una más la otra.

$$\rho_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^N \frac{A^n}{n!}}$$

$$\rho_n = \frac{A^n/n!}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k/k!}$$

1ª dist. ERLANG

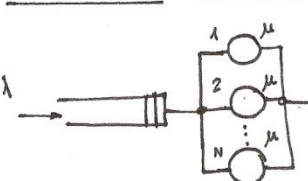
$$\rho_B = \rho_N = \frac{A^N/N!}{\sum_{k=0}^N \frac{A^k/k!}$$

$$E(n) = A(1 - \rho_B) \quad E(W) = 0$$

$$E(\tau) = \frac{E(n)}{\delta} = \frac{1}{\mu} \quad E(q) = 0$$

$$\delta = \mu E(n)$$

SISTEMAS DE ESPERA M/M/N:



Usuarios sistema
Usuarios en cola

$$E(n) = A + \frac{A}{N - A} \rho_D$$

$$E(q) = \frac{A}{N - A} \rho_D$$

Tiempo cola

$$E(W) = \frac{E(q)}{\lambda} = \frac{1}{\mu} \frac{\rho_D}{N - A}$$

Tiempo sistema

$$E(\tau) = \frac{1}{\mu} + E(W)$$

$$\rho_n = \rho_0 \prod_{i=1}^n \frac{\lambda_{i-1}}{\mu_i} \begin{cases} \rho_0 \frac{A^n}{n!} & n < N \\ \rho_0 \frac{A^n}{N! N^{n-N}} & n \geq N \end{cases}$$

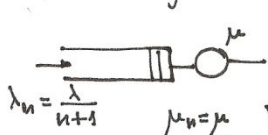
$$\rho_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{N-1} \frac{A^n}{n!} + \frac{A^N}{N! (N - A)}} \quad A < N \quad \rho = \frac{\lambda}{N\mu} < 1$$

$$\rho_D = \rho_0 \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N - A} \quad \text{ERLANG-C}$$

$$\text{Utilización} = \rho = \frac{\lambda}{N\mu} < 1$$

$$\rho_D = E_2(N, A)$$

• Caso de llegadas no obs



$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n+1}$$

$$\mu_n = \mu \quad \forall n \geq 0$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda}{n+1} \quad \forall n \geq 0$$

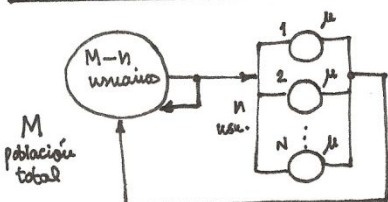
$$\rho_0 = e^{-\lambda/\mu}$$

$$\rho_n = \frac{\lambda^n}{\mu^n n!} e^{-\lambda/\mu}$$

$$E(n) = \frac{\lambda}{\mu} \quad \delta = \mu(1 - e^{-\lambda/\mu})$$

$$E(\tau) = \frac{E(n)}{\delta}$$

SISTEMAS POBLACIÓN FINITA:



M población total

$$\mu_n = n\mu \quad 0 \leq n \leq N$$

$$\lambda_n = (M - n)\lambda \quad 0 \leq n \leq N$$

$$\rho_L = \frac{(M-1) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N}{\sum_{k=0}^N (M-k) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}$$

$$\rho_B = \rho_N = \frac{(M) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^N}{\sum_{k=0}^N (M-k) \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k}$$

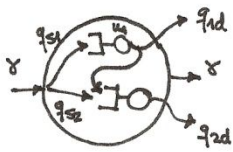
$$\rho_L(M) = \rho_B(M-1)$$

Si $M \gg N \Rightarrow \lambda_n \approx (M - n)\lambda \approx M\lambda \quad \rho_B \rightarrow E_2(N, A)$
 APROX. A ERLANG-B

$$A = \frac{M\lambda}{\mu}$$

REDES DE COLAS: LUCIANO RUBIO ROMERO HOJA 3/3

Probabilidades de estado:



$$P(\vec{n}) = \prod_{i=1}^M p_i(n_i)$$

CONDICIONES DE JACKSON:

Existe solución en forma de producto:

- Llegadas poissonianas
- Servicios exponenciales, independ.
- Tránsito aleatorio y de prob. fija.
- Sin pérdidas

El tiempo de un determinado trayecto:

$$E(\tau) = \sum_{i \text{ saltos}} E(\tau_i) = \sum \frac{1}{\mu_i - \lambda_i}$$

El tiempo medio de la red:

$$E(\tau) = \frac{E(n)}{\delta} = \frac{1}{\delta} \sum_{i \text{ nodos}} \frac{p_i}{1 - p_i} = \frac{1}{\delta} \sum_{i \text{ nodos}} \frac{\lambda_i}{\mu_i - \lambda_i}$$

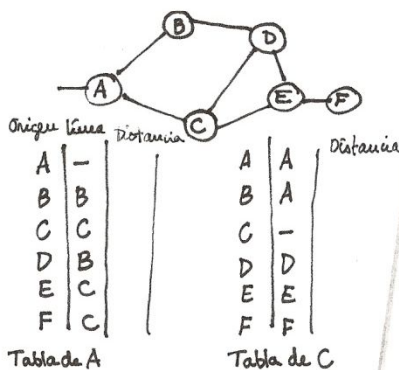
$$p_i < 1$$

NIVEL DE RED:

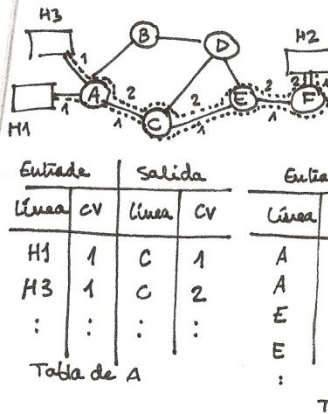
CONS → Circuitos virtuales

CLNS → Datagramas

Datagrama: tablas de encaminamiento.



Circuitos virtuales



ALGORITMOS:

Estadísticos: no adaptativos

Dinámicos: se toman decisiones, cambios periódicos

PRINCIPIO DE OPTIMALIDAD:

subred → árbol de alcanzabilidad

Dijkstra:

Se quiere ir de A a D:

- Se rellenan los vecinos con distancias al nodo A:
- Se coge la mejor etiqueta y se itera rellorando sus vecinos
- Cuando se llegue a D tendremos la etiqueta de mejor encaminamiento.

FLOODING:

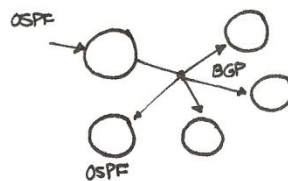
Cada router "inunda" propagando los paquetes a todos sus vecinos
Solución: se aplica un contador de saltos para detectar duplicados y algunas reglas más.

VECTOR DE DISTANCIAS:

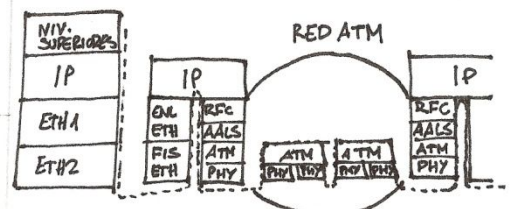
Contiene la distancia aproximada a los demás nodos de la red (TODOS), sin embargo se envía a los vecinos.

A	B	C	D	E	F	G	H	...
0	12	25	40	14	23	18	17	...

Autonomous Systems:



INTERNETWORKING:



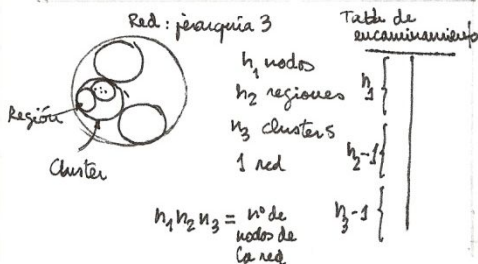
ESTADO DE LOS ENLACES:

Open Shortest Path First (OSPF)
Paquetes "Hello" de info

LSP (Link Status Packet)

A
Nº Secuencia
EDAD
B 4
C 3
D 1
E 4

Se envía a todos los nodos de la red, y contiene información de los vecinos.
(Inundación LSP)



ANCHO DE BANDA VD / LSP:

Si M nodos y N vecinos cada nodo

$$BW_{VD} = M \cdot \left[\begin{matrix} N \cdot M \cdot \text{bits cada} \\ \text{entrada} \end{matrix} \right] \cdot V$$

(nodos) VD que entra cada nodo nº entradas vector velocidad envío

$$BW_{LSP} = \left[\begin{matrix} N + (M-1)(N-1) \\ \text{de quién lo origina} \end{matrix} \right] \cdot M \cdot \text{tamaño LSP} \cdot V$$

(nodos) inundación tamaño LSP velocidad de envío

VD en cada enlace:

$$BW_{enlace} = (\text{bits VD}) \cdot V \quad \left| \quad BW = BW_{enlace} \cdot \left[\begin{matrix} \text{Salidas} \\ \text{1 simplex} \\ \text{2 duplex} \end{matrix} \right] \cdot [\text{enlaces}]$$

TORRES DE PROTOCOLOS EN RED CON SWITCHES

