

PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN DE RED

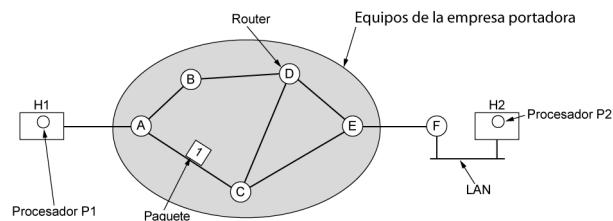
Clase 4: Capa de Red

Lic. Rubén G. Apolloni

Área de Sistemas de Computación
 Universidad Nac. De San Luis
 (5700) San Luis – San Luis

Objetivo

- Llevar los paquetes desde el origen al destino.
- Puede requerir saltar a través de varios routers.
- Debe conocer la topología de la subred.
- Debe seleccionar las rutas “**adecuadas**” para cada paquetes que debe rutear.
- Balancear la carga de las líneas y los routers.
- Solucionar los problemas de viajar a través de diferentes redes.



Funcionalidades

- ⦿ Ruteo de paquetes.
- ⦿ Control de congestión.
- ⦿ Calidad de servicio.

Conmutación de Paquetes de Almacenamiento y Reenvío.

- ⦿ El host origen transmite al router más cercano.
- ⦿ El paquete se almacena en el route, hasta que arribe completamente.
- ⦿ Se comprueba la verificación.
- ⦿ Se reenvía al siguiente router.
- ⦿ Y se continua repitiendo la operación hasta que arribe al host destino.

Servicio:

- ⦿ Proporciona servicios a la capa de transporte:
 - Orientado a la conexión.

 - No orientado a la conexión.

Servicio no orientado a la conexión

- ⦿ Los paquetes se colocan individualmente en la subred y se rutean de manera independiente.
- ⦿ Los paquetes se denominan **datagramas** y la subred **subred de datagramas**.
- ⦿ Cada router tiene una tabla interna que indica a donde enviar cada paquete para cada destino.
- ⦿ Cada entrada de la tabla contiene: destino y línea de salida.
- ⦿ Algoritmo de ruteo: maneja la tabla y realiza las decisiones de ruteo.

Servicio no orientado a la conexión

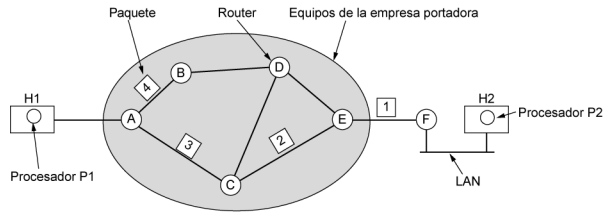


Tabla de A

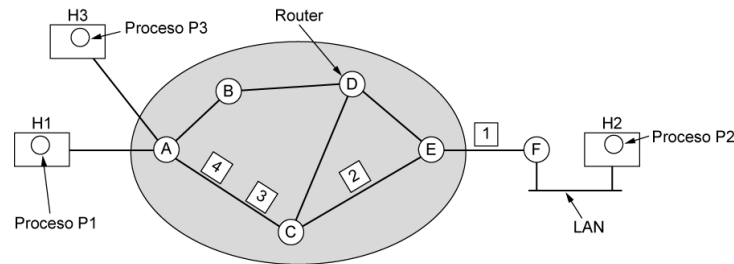
Inicial	Posterior	Tabla de C	Tabla de E
A : -	A : -	A : A	A : C
B : B	B : B	B : A	B : D
C : C	C : C	C : -	C : C
D : B	D : B	D : D	D : D
E : C	E : B	E : E	E : -
F : C	F : B	F : E	F : F

Dest. Línea

Servicio orientado a la conexión

- Se establece una ruta del origen al destino, antes de comenzar a enviar los paquetes de datos.
- Las conexiones o rutas se denominan circuito virtuales.
- Los circuitos virtuales evitan tener que elegir una ruta nueva para cada paquete ha enviar.
- Cuando se establece una conexión se elige una ruta de la maquina origen a la de destino y se almacena en las tablas de los routers que componen la ruta.
- Cuando se libera la conexión, también se cierra el circuito virtual.

Servicio orientado a la conexión



Tablas de A		Tablas de C		Tablas de E	
H1: 1	C: 1	A: 1	E: 1	C: 1	F: 1
H3: 1	C: 2	A: 2	E: 2	C: 2	F: 2
Entrada	Salida				

Servicio orientado a la conexión vs. Servicios no orientado a la conexión.

	Subred de datagramas	Subred de circuitos virtuales
Configuración del circuito	No necesaria	Necesaria
Direccionamiento	Cada paquete contiene dir. origen y dir. destino	Cada paquete contiene un número de Circ. Virtual
Información de Estado	Los routers no poseen información del estado de las conexiones	Cada Circ. Virtual necesita espacio de tabla del router por conexión.
Enrutamiento	Cada paquete se rutea de manera independiente	Se establece la ruta de antemano. Todo los paquetes siguen la ruta

Servicio orientado a la conexión vs. Servicios no orientado a la conexión.

	Subred de datagramas	Subred de circuitos virtuales
Efecto de falla del router	Ninguno, excepto los paquetes perdidos durante una caída	Se rompen todos los circuitos que pasa a través del router
Calidad de servicio	Difícil	Fácil si se pueden asignar suficientes recursos por adelantado para cada Circ.Virtual
Control de congestión	Difícil	Fácil si se pueden asignar por adelantado

Algoritmos de Enrutamiento

- Software de la capa de red encargada de decidir la línea de salida por la que se transmitirá un paquete de entrada.
- Red de Datagramas: se decide cada vez que llega un paquete.
- Red de Circuitos Virtuales: se decide cuando se establece la conexión.

Algoritmos de Enrutamiento

- ⦿ Los routers realizan dos procesos:
 - **Reenvío:** manejar cada paquete entrante, buscando en las tablas de enrutamiento la línea de salida por la cual enviar el paquete.
 - **Enrutamiento:** ejecutar algún algoritmo de enrutamiento para llenar y/o actualizar las tablas de enrutamiento.

Algoritmos de Enrutamiento

- ⦿ Exactitud: entrega de los paquetes al host correcto.
- ⦿ Sencillez: Los algoritmos deben ser fácil y simples de ejecutar.
- ⦿ Robustez: manejar los cambios de topología y tráfico sin requerir el reinicio de la red con una caída de un router.
- ⦿ Estabilidad: deben mantener las rutas por un tiempo.
- ⦿ Equidad: que todo los host tengan la oportunidad de enviar paquetes.
- ⦿ Optimización: deben determinar la mejor ruta para los paquetes

Algoritmos de Enrutamiento

- ◉ **Algoritmos no adaptativos (enrutamiento estático):** Las tablas se cargan anticipadamente cuando se inicializa el router. No tiene en cuenta el estado de las conexiones, topología, tráfico, etc.
- ◉ **Algoritmos adaptativos:** Cambian las tablas internar en base al estado actual de la topología, trafico, etc.
 - De donde se obtienen información.
 - Momento de cambiar la/s ruta/s.
 - Métricas.

Algoritmos de Enrutamiento Estático: La Ruta más Corta.

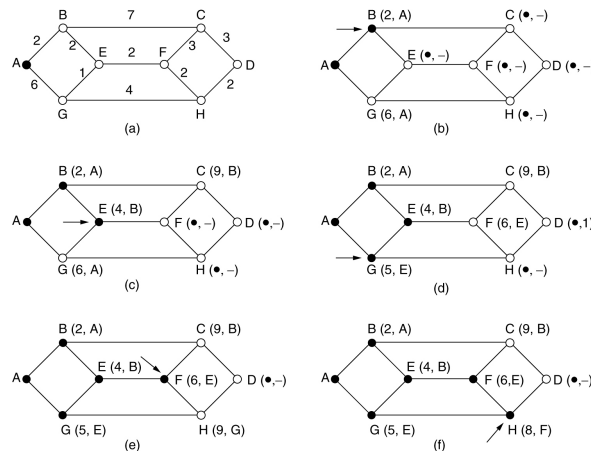
- ◉ Para elegir una ruta entre dos routers, el algoritmo simplemente encuentra en el “grafo de la red” la ruta más corta.
- ◉ Ruta más corta: se utilizan distintas métricas:
 - Cantidad de saltos.
 - Distancia geográfica.
 - Retardo medio de alojamiento y retransmisión.
 - Función de costo calculado en base a una combinación de métricas, p.e: distancia, ancho de banda, tráfico medio, costo de comunicación, longitud media de colas, etc.
- ◉ Existen varios algoritmos para calcular la ruta más corta entre dos nodos de un grafo, p.e: Algoritmo de Dijkstra.

Algoritmos de Enrutamiento Estático: La Ruta más Corta.

- Algoritmo de Dijkstra: calcular la ruta mas corta entre dos nodos de un grafo.
 - Cada arco del grafo se etiqueta (con alguna métrica).
 - Cada nodo del grafo se etiqueta con su distancia al nodo de origen a través de la ruta mas corta conocida.
 - Inicialmente no se conocen rutas, por lo tanto todo los nodos tienen la etiqueta infinito.
 - A medida que se ejecuta el algoritmo y se encuentran las rutas, las etiquetas cambian reflejando mejores rutas.
 - Las etiquetas pueden ser:
 - Tentativas: Inicialmente todas las etiquetas son tentativas.
 - Permanentes: cuando se detecta que la ruta más corta se vuelve permanente.

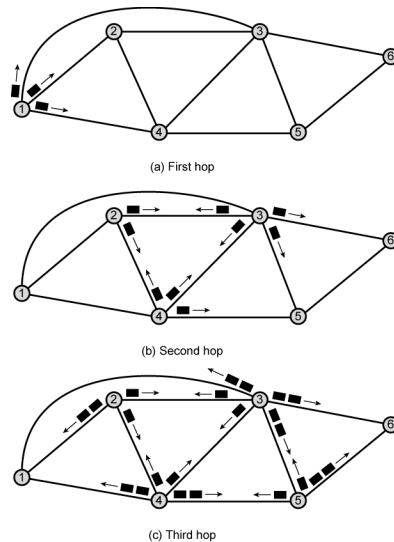
Algoritmos de Enrutamiento Estático: La Ruta más Corta.

- Algoritmo de Dijkstra:



Algoritmos de Enrutamiento Estático: Inundación.

- Cada paquete entrante se envía por cada una de las líneas de salida, excepto por la línea que llegó.
- Esa misma operación se repite en cada ruter de la red.
- De todo los paquetes enviados alguno logrará alcanzar el destino.
- Genera grandes cantidades de paquetes duplicados (infinitos).



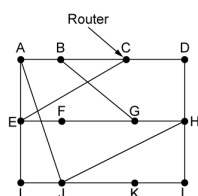
Algoritmos de Enrutamiento Estático: Inundación.

- Mejoras:
 - Integrar un contador de saltos en el encabezado de cada paquete, que disminuya con cada salto.
 - Cada router lleve un registro de los paquetes que ya difundió para no volverlos a difundir.
 - **Inundación selectiva:** solo se reenvían los paquetes por las líneas que se aproximen a la dirección correcta.
- Utilización:
 - Aplicaciones militares.
 - Aplicaciones distribuidas de bases de datos.
 - Redes inalámbricas.
 - Para tomar mediciones de métricas de enrutamiento.

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Vector de Distancia.

- La información de la tabla se actualiza intercambiando información con los routers vecinos
- Routers vecinos: si están directamente conectados.
- Las actualizaciones se llevan a cabo periódicamente (p.e. cada 30 seg.).
- Cada router mantiene una tabla con la mejor distancia conocida a cada destino y la línea de salida que puede ser utilizada para llegar.
- Métricas: cantidad de saltos, retardo, longitud de las colas a lo largo de las rutas.

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Vector de Distancia.



	A	I	H	K	Nuevos retardos estimados desde J
A	0	24	20	21	8 A
B	12	36	31	28	20 A
C	25	18	19	36	28 I
D	40	27	8	24	20 H
E	14	7	30	22	17 I
F	23	20	19	40	30 I
G	18	31	6	31	18 H
H	17	20	0	19	12 H
I	21	0	14	22	10 I
J	9	11	7	10	0 -
K	24	22	22	0	6 K
L	29	33	9	9	15 K

Retardo JA es de 8, Retardo JI es de 10, Retardo JH es de 12, Retardo JK es de 6

Vectores recibidos de los 4 vecinos de j

Nueva tabla de enrutamiento para J

- El router J calcula la nueva ruta al router G:
 - $JAG = 8 + 18 = 26$
 - $JIG = 10 + 31 = 41$
 - $JHG = 12 + 6 = 18$**
 - $JKG = 6 + 31 = 37$

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Vector de Distancia.

- ⊙ Problemas:
 - Tarda mucho tiempo en converger (Problema de la cuenta hasta el infinito).
 - Reacciona con rapidez a las buenas noticias.
 - Reacciona con lentitud a las malas noticias.
- ⊙ Algoritmo utilizado en ARPANET
- ⊙ Posteriormente utilizado en Internet con el nombre de RIP (Protocolo de Información de Enrutamiento)

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Estado del Enlace.

- ⊙ Cada router debe realizar 5 pasos:
 1. Reconocimiento de la vecindad.
 2. Medir costo de cada línea.
 3. Construcción de los paquetes de estado del enlace.
 4. Distribución de los paquetes de estado del enlace.
 5. Calculo de las nuevas rutas.

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Estado del Enlace.

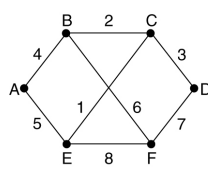
- Paso 1: Reconocimiento de la vecindad:
 - Cuando se pone en funcionamiento, debe: averiguar los routers vecinos y anunciarse como nuevo vecino.
 - Envía un paquete HELLO a cada línea de salida.
 - Los vecinos responderán con la información de quienes son ellos.

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Estado del Enlace.

- Paso 2: Medir costo de cada línea:
 - Enviar un paquete ECHO a través de la línea
 - Cuando llega al otro extremo de la línea, el router debe devolverlo inmediatamente.
 - Se mide el tiempo de ida y de vuelta y divide por 2.
 - Se puede repetir la prueba varias veces y se toma el promedio.

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Estado del Enlace.

- Paso 3: Construcción de los paquetes de estado del enlace:
 - una vez recabada toda la información, cada routers construye un paquete con toda la información.
 - El paquete contiene: identidad del emisor, número de secuencia, edad y la lista de vecinos.
 - ¿Cuándo construir el paquete? Periódicamente o cuando suceden eventos significativos.



(a)

Link		State		Packets	
A	B	C	D	E	F
Seq.	Seq.	Seq.	Seq.	Seq.	Seq.
Age	Age	Age	Age	Age	Age
B 4	A 4	B 2	C 3	A 5	B 6
E 5	C 2	D 3	F 7	C 1	D 7
	F 6	E 1		F 8	E 8

(b)

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Estado del Enlace.

- Paso 4: Distribución de los paquetes de estado del enlace:
 - A medida que se distribuyen los paquetes se instala la nueva información en cada router.
 - Se realiza por medio de inundación.
 - La inundación se controla por medio del número de secuencia.
 - Si es un paquete nuevo entonces contiene información del estado más actualizada.
 - Entonces se distribuye por el resto de las líneas.
 - Existen mejoras para solucionar algunos problemas.

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Estado del enlace.

- Paso 5: Calculo de las nuevas rutas:
 - A partir de la información del estados de los enlaces recibida, cada router construye las nuevas rutas.
 - La información permite reconstruir el grafo que representa a la red.
 - Se pueden aplicar diferentes algoritmos para construir las rutas más corta a cada nodo de las red. Por ej.: el algoritmo de Dijkstra.

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Estado del enlace.

- Paso 5: Calculo de las nuevas rutas:
 - Problemas con redes muy grande, en espacio de almacenamiento y en tiempo de cálculo.
 - Problemas de hardware o software pueden ser critico en los algoritmos de enrutamiento:
 - Si se utilizan en el algoritmo líneas que no existen, o no se tiene en cuenta líneas que si existen.
 - Si falta memoria.
 - Si se ejecuta mal el algoritmo de cálculo de las rutas.

Algoritmos de Enrutamiento Dinámico: Estado del Enlace.

- Se emplea actualmente en las redes.
- OSPF: empleado con mayor frecuencia en Internet.
- IS-IS (Sistema Intermedio – Sistema Intermedio):
Desarrollado por DECnet y adoptado por la ISO. Empleado en las redes troncales de Internet.
- El Novell NetWare emplea una variante de IS-IS para enrutar los paquetes en IPX.

Algoritmos de Enrutamiento: Jerárquico.

- Las redes pueden crecer hasta el punto que es imposible que cada router mantenga una entrada para todos los routers que componen la red.
- Enrutamiento jerárquico: los routers se dividen en regiones.
- Cada router mantiene información para enrutar paquetes a destinos dentro de su región.
- Una red puede estar dividida en dos o más regiones o jerarquías.
- Redes muy grandes se pueden dividir en: grupos, cada grupo en zonas, cada zona en clústeres y cada clúster en regiones.

Algoritmos de Enrutamiento: Jerárquico.

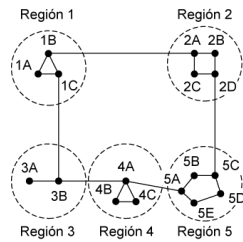


Tabla para 1A

Dest.	Línea	Salto
1A	—	—
1B	1B	1
1C	1C	1
2A	1B	2
2B	1B	3
2C	1B	3
2D	1B	4
3A	1C	3
3B	1C	2
4A	1C	3
4B	1C	4
4C	1C	4
5A	1C	4
5B	1C	5
5C	1B	5
5D	1C	6
5E	1C	5

Tabla jerárquica para 1A

Dest.	Línea	Satos
1A	—	—
1B	1B	1
1C	1C	1
2	1B	2
3	1C	2
4	1C	3
5	1C	4

Algoritmos de Enrutamiento: Jerárquico.

- ⦿ Ventajas:
 - Reduce el tamaño de las tablas de cada router.
- ⦿ Inconvenientes:
 - Longitud de ruta puede no ser la óptima.
 - Difícil determinar la cantidad de niveles.