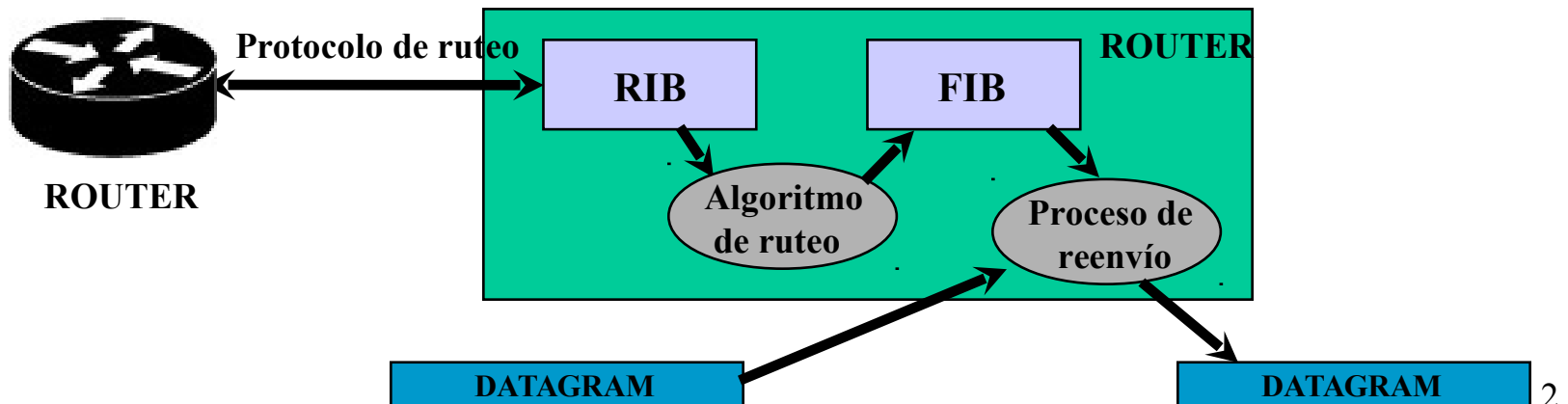


Ruteo

- **Función principal del nivel 3**
- **Consiste en determinar, desde un nodo dado, cómo llegar al destino**
- **Origen y destino pueden estar en distintas subredes**
- **Granularidad:**
 - **Datagram**
 - **Circuito virtual**
- **Tipos:**
 - **Source routing**
 - **Hop by hop routing**

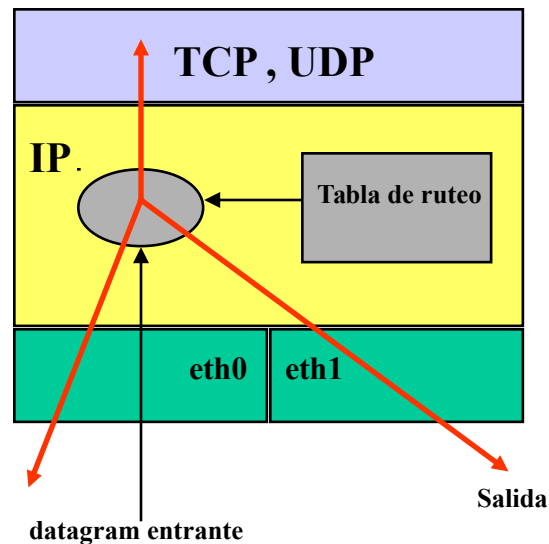
Componentes de la función de ruteo

- **Protocolos de ruteo**
 - **Difunden la información necesaria para ruteo**
- **Base de datos de información de ruteo (RIB)**
 - **Información en cada router acerca de las rutas a los distintos destinos, con cierta(s) métrica(s)**
- **Algoritmos de ruteo**
 - **Usan la información de la base de datos para determinar (cálculo en background) las rutas a seguir para cada destino. El reenvío de los paquetes (en tiempo real) se hará en base a estas tablas (FIB)**



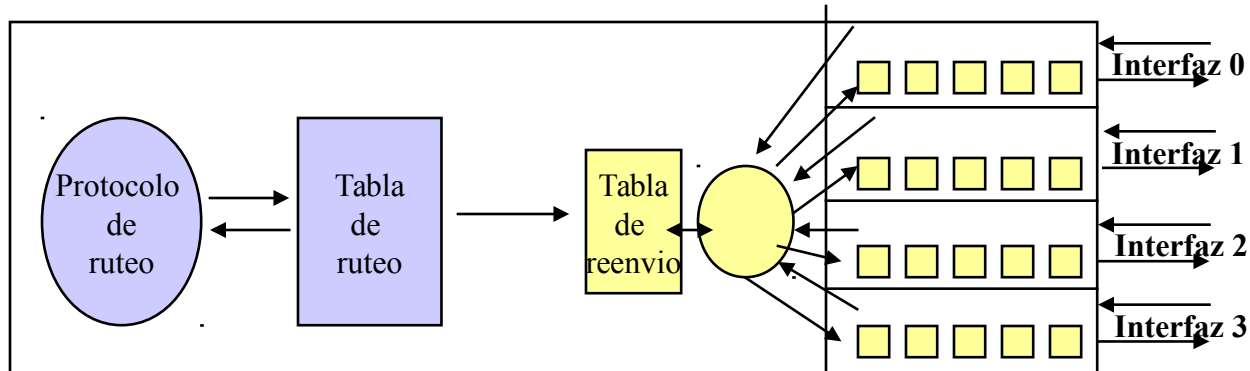
Reenvío de paquetes

- **Función correspondiente al nivel IP**
- **Para un datagram (originado en el equipo o entrante) debe decidirse, en base a su dirección de destino, hacia qué equipo enviarlo**
- **La decisión se toma en base a tablas de ruteo**
- **Las tablas pueden ser estáticas o dinámicas (si se utiliza un protocolo de ruteo)**
- **Un equipo que sólo funcione como host no reenvía datagrams**



Relación ruteo/reenvío

- **Ruteo**
 - Envío de un paquete a su destino de la manera más eficiente posible
 - Requiere un conocimiento global de la topología de la red
 - Se adquiere a través de un protocolo de ruteo
- **Reenvío**
 - Proceso local en un router
 - Cada paquete, se debe enviar lo más rápidamente al siguiente router camino al destino
 - El reenvío se realiza en base a información provista por el componente de ruteo



Algoritmos de ruteo

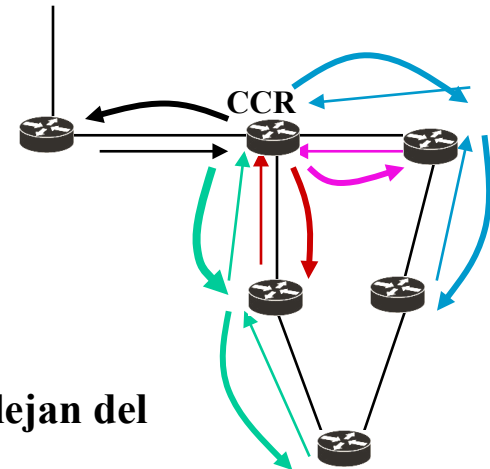
- **Estrechamente relacionados con el protocolo de ruteo**
- **Características deseables**
 - **Correctitud**
 - **Simplicidad**
 - **Resistencia a fallas**
 - **Estabilidad**
 - **Equitatividad**
 - **Optimalidad (criterios: demora, throughput de la red, costo, hops, etc)**
- **Recursos que utilizan**
 - **Memoria (tablas: RIB, FIB)**
 - **Tiempo de CPU**
 - **Ancho de banda (intercambio de información entre routers)**
 - **Tiempo de administración (si requieren configuración manual)**

Clasificación de los Algoritmos de ruteo

- **Según dónde se toman las decisiones**
 - **Centralizados:** Se toman en un unico nodo
 - **Distribuidos:** Cada nodo decide en funcion de las decisiones de los demas
 - **Aislados:** Cada nodo decide independientemente
- **Según la estrategia de ruteo**
 - **No adaptativos:** no se adaptan a ningun cambio
 - **Adaptativos:** se adaptan a cambios en la topologia
 - **Dinámicos:** se adaptan a cambios en la topologia y en el trafico
- **Según el origen de la información**
 - **Local:** Los nodos deciden basados en lo que ellos perciben de la red
 - **Nodos adyacentes:** Los nodos deciden en base a informacion de sus adyacentes
 - **Todos los nodos:** Los nodos deciden en funcion de informacion proveniente de todos los demas nodos

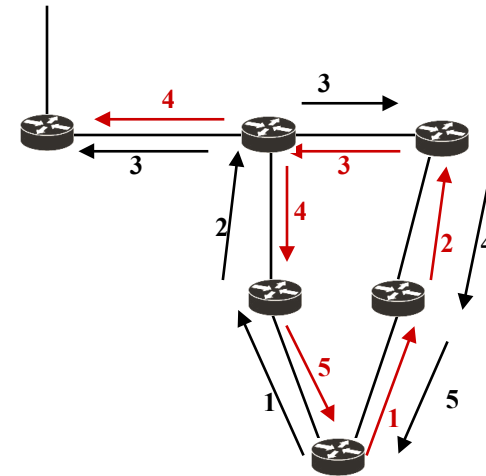
Ruteo centralizado

- Se designa un equipo como controlador central de rutas
- Los nodos envían información periódicamente
- El CCR realiza desiciones de ruteo óptimas y basadas en un conocimiento de la totalidad de la red
- Es vulnerable a fallas en el CCR
- Información desactualizada a medida que los nodos se alejan del CCR
- Saturación de líneas en las adyacencias del CCR



Flooding

- **Ruteo estático, aislado**
- **Cada paquete es enviado por todos los vínculos excepto por el que llegó**
- **Muy resistente a fallas**
- **Llega por el camino más corto**
- **Genera gran overhead en la red**
- **Usos**
 - **Aplicaciones militares**
 - **Bases de datos distribuidas**
- **Mejoras**
 - **No reenviar un paquete más de una vez**
 - **Contador de nodos y eliminación de paquete**
 - **Flooding selectivo**



Ruteo jerárquico

- **Se subdivide una red en regiones**
- **N niveles**
- **La topología de una región no es visible a las demás**

- **Se logra disminuir el volumen de información que deben manejar los routers (OSPF: no más de 200 routers)**
- **Es posible utilizar diferentes métricas o políticas de ruteo en las distintas regiones**

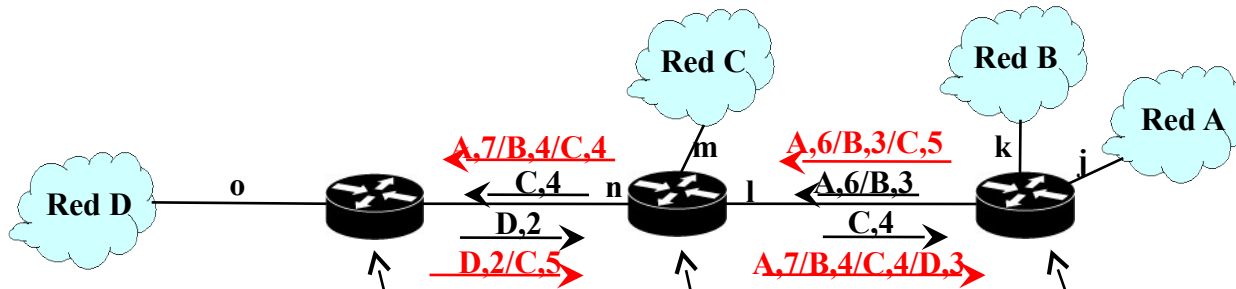
- **Produce caminos con mayor costo**

Distance vector

- **Utilizado en la Internet, RIPv1(Dominio público), RIPv2(DP), IGRP (Cisco), EIGRP (Cisco)**
- **Está siendo reemplazado por ruteo link state (OSPF)**
- **Simple de instalar y administrar**
- **Puede soportar una métrica (pura o combinada)**
- **Limitado en cuanto al diámetro máximo de la red**
- **Presenta problemas de convergencia (count to infinity)**

Distance vector

- Cada nodo conoce el costo de cada uno de sus vínculos (distancia, demora, etc)
- Un nodo intercambia periódicamente sus tablas de ruteo con sus nodos adyacentes
- El cálculo del camino más corto se realiza distribuido entre los nodos



Estado inicial
 Envío tablas estado inicial
 Genera estado 1
 Envío tablas estado 1
 Genera estado 2
 CONVERGENCIA

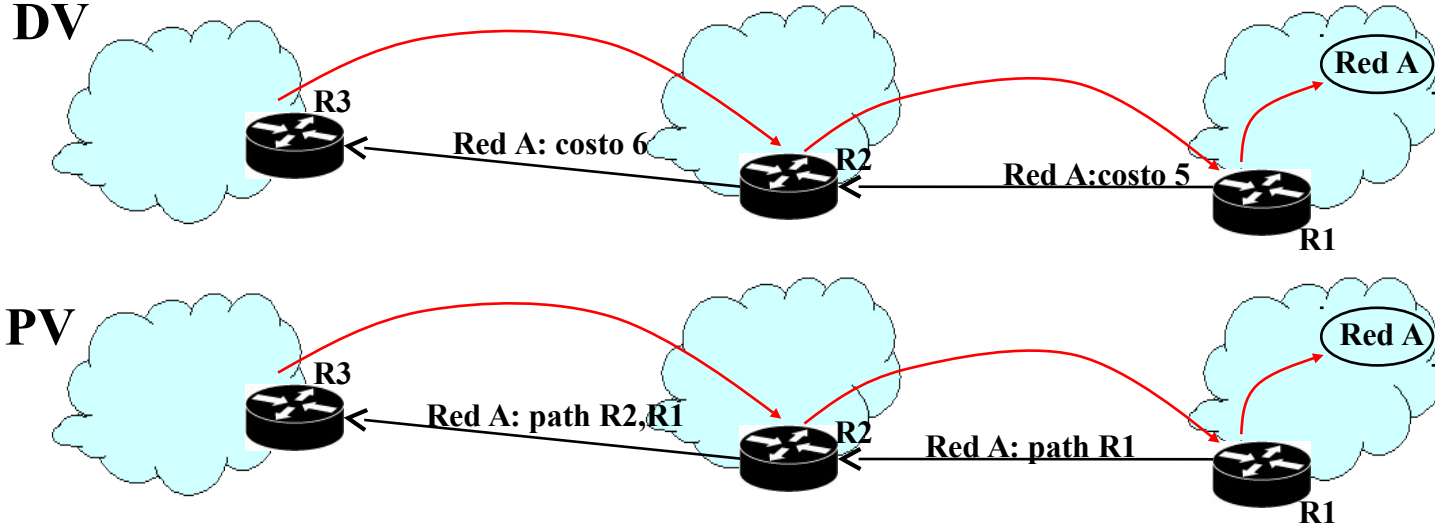
Dst	Costo	Link
D	2	o
C	5	n
A	8	n
B	5	n

Dst	Costo	Link
C	4	m
A	7	l
B	4	l
D	3	n

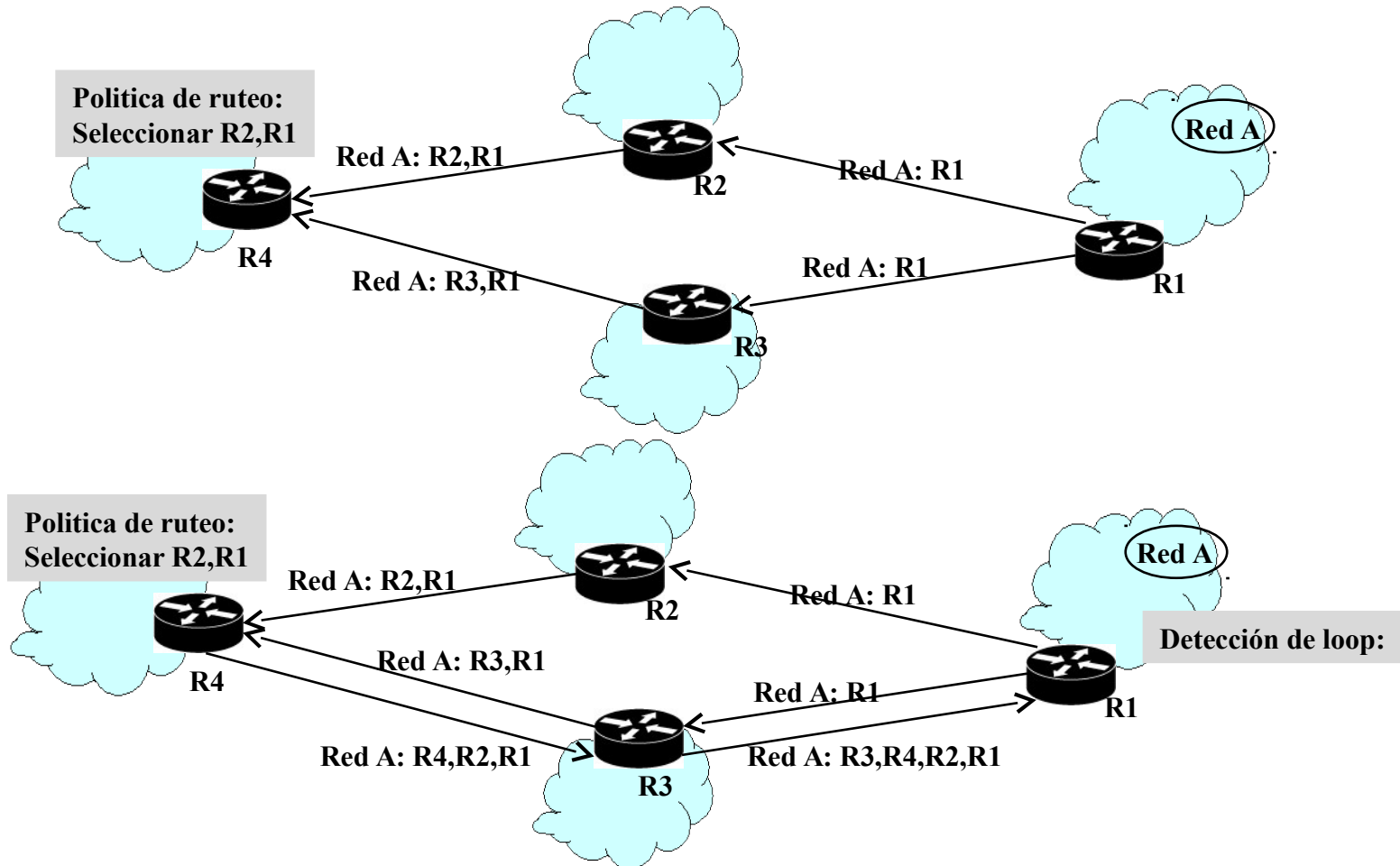
Dst	Costo	Link
A	6	j
B	3	k
C	5	l
D	4	l

Path vector

- **Extension de ruteo distance-vector**
- **No provee noción de distancia**
- **Soporta aplicación de políticas de ruteo**
- **Evita el problema de conteo a infinito**
- **Un router publica el camino hacia un destino, en lugar de su costo (distancia)**
- **Utilizado en Border Gateway Protocol (BGP)**
- **Elección de ruta a un destino**
 - **Distance vector: La ruta de menor costo**
 - **Path vector: De las rutas sin loops, una que coincida con las políticas configuradas en el router**



Path Vector



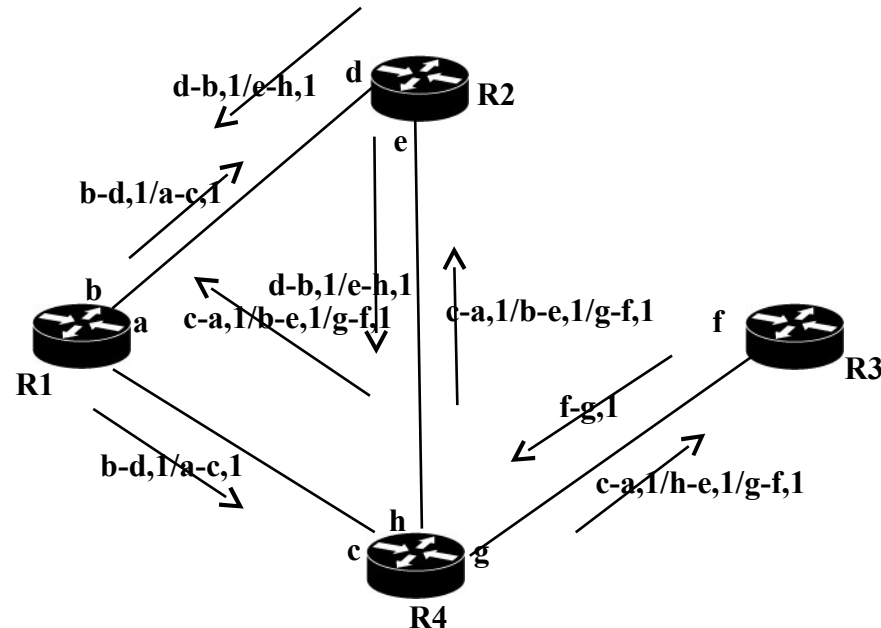
Link state

- **Ruteo dinámico, distribuido**
 - **Utilizado en la Internet, OSPF (incluido en Quagga)**
 - **Reemplazó al ruteo Distance vector (RIP), OSPF es un standard desde 1990**
 - **Puede soportar varias métricas (posibilidad de QoS)**
 - **Puede soportar caminos alternativos (para balanceo de carga)**
 - **Convergencia rápida**
-
- **Cada router genera y propaga información acerca de sus links (costos)**
 - **Los routers intercambian entre sí información topológica**
 - **Todos los routers adquieren una visión completa e idéntica de la topología de la red**
 - **El cálculo de rutas se realiza por separado en cada nodo**
 - **Puede presentar picos de cálculo en la red**
 - **Mayor complejidad que un Distance vector para instalar y administrar**

Generación de información topológica en Link State

- Cada nodo detecta los links y los propaga junto con sus costos
- Los nodos retransmiten la información recibida
- Cada nodo construye una tabla con la topología de la red
- Aplicación del algoritmo de Dijkstra para obtener caminos de costo mínimo

Link	Costo	Link
b-d	1	R1
a-c	1	R1
c-a	1	R4
h-e	1	R4
g-f	1	R4
d-b	1	R2
e-h	1	R2
g-f	1	R4
f-g	1	R3



Ruteo para envío grupal

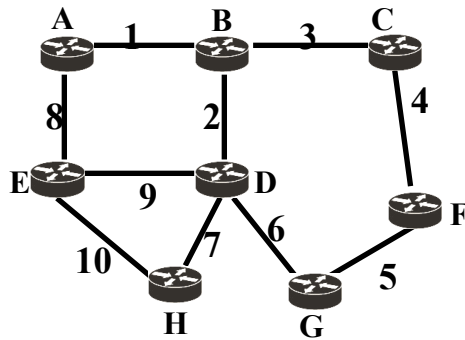
- **Consiste en enviar un paquete a todos los hosts de la red**
- **Requerido por algunas aplicaciones**
- **Muy simple en redes multiacceso broadcast y en redes multiacceso no broadcast, complejo en redes punto a punto**

- **Alternativas**
 - **Enviar paquetes a cada destino individualmente**
 - **Consumo de gran ancho de banda**
 - **Es necesario conocer todos los destinos**
 - **Flooding**
 - **Consumo de gran ancho de banda**
 - **Ruteo multidestino**
 - **El paquete lleva una lista de destinos**
 - **Cada router selecciona las líneas de salida (mejores rutas) para subconjuntos de destinos, modifica los destinos del paquete y reenvía**
 - **Ruteo utilizando un spanning tree**
 - **Utilizando información topológica si está disponible (link state)**
 - **Utilizando reverse path forwarding**

Ruteo broadcast: Reverse path forwarding

- Los routers no tienen información topológica
- Cuando llega un paquete broadcast con origen X, el router sólo lo envía (por los restantes vínculos) si llegó por el vínculo que es su mejor ruta al nodo X. Si llega por otro vínculo, asume que es duplicado y lo descarta

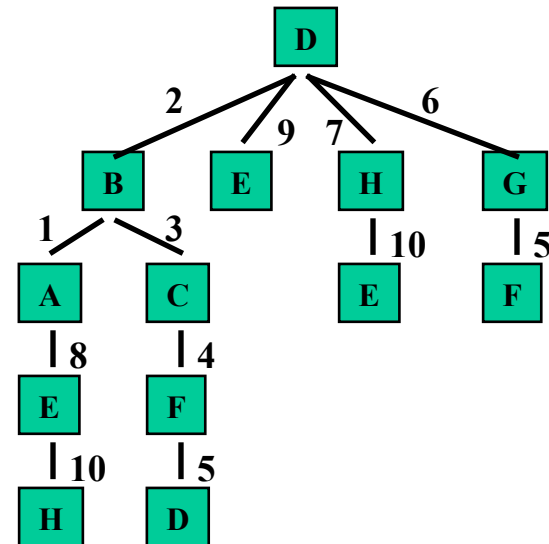
Subred



Mejores rutas a D
(tablas de ruteo)

A a D por 1
B a D por 2
C a D por 3
E a D por 8
F a D por 4
G a D por 6
H a D por 7

Caminos seguidos por un paquete
broadcast emitido por D



Ruteo multicast

- Si el destino es un pequeño porcentaje de nodos de la red, el envío broadcast consume recursos (ancho de banda y proceso en routers y hosts)
- Es conveniente el manejo de diferentes grupos a los que se envía un paquete (todos los routers de la red, etc.)
- Ruteo Multicast
 - Manejo de grupos
 - Creación de grupo
 - Destrucción de grupo
 - Conexión a un grupo
 - Desconexión de un un grupo
 - Envío de la información
 - Pruned spanning trees (n -routers- spanning trees por grupo)
 - Core based trees (un spanning tree por grupo)
- MBONE: Backbone multicast experimental en la Internet

Ruteo anycast

- **Dirección anycast**
 - **Una dirección unicast que se asigna a más de una interfaz en diferentes equipos**
 - **Util para localizar servidores**
- **Se envía la información al nodo más cercano que tiene asignada la dirección anycast**
- **Se utilizan los mismos protocolos de ruteo que para unicast**
 - **Distance Vector: no requiere modificaciones**
 - **Link State: requiere cambios**

Arquitectura de ruteo en la Internet

- **Ruteo Host-router**
 - **Objetivo:** establecer conectividad (quién está en la subred y cómo llegar -dirección de hardware)
 - **Descarga al host de la función de ruteo**
 - **Paradigmas:**
 - **request/replay (ARP)**
 - **Anuncio (Hello)**
- **Ruteo Router-router**
 - **Dentro de un dominio (Sistema autónomo)**
 - **Normalmente un protocolo, puede haber más**
 - **Objetivo: optimalidad**
 - **Importante la cantidad de recursos que consumen (puede usarse jerarquía)**
 - **Ejemplo: OSPF, RIP**
- **Ruteo entre Sistemas Autónomos**
 - **Protocolos orientados a facilitar la implementación de políticas de ruteo**
 - **Ejemplo: BGP-4**

Ruteo entre SAs (BGP-path vector-)

