

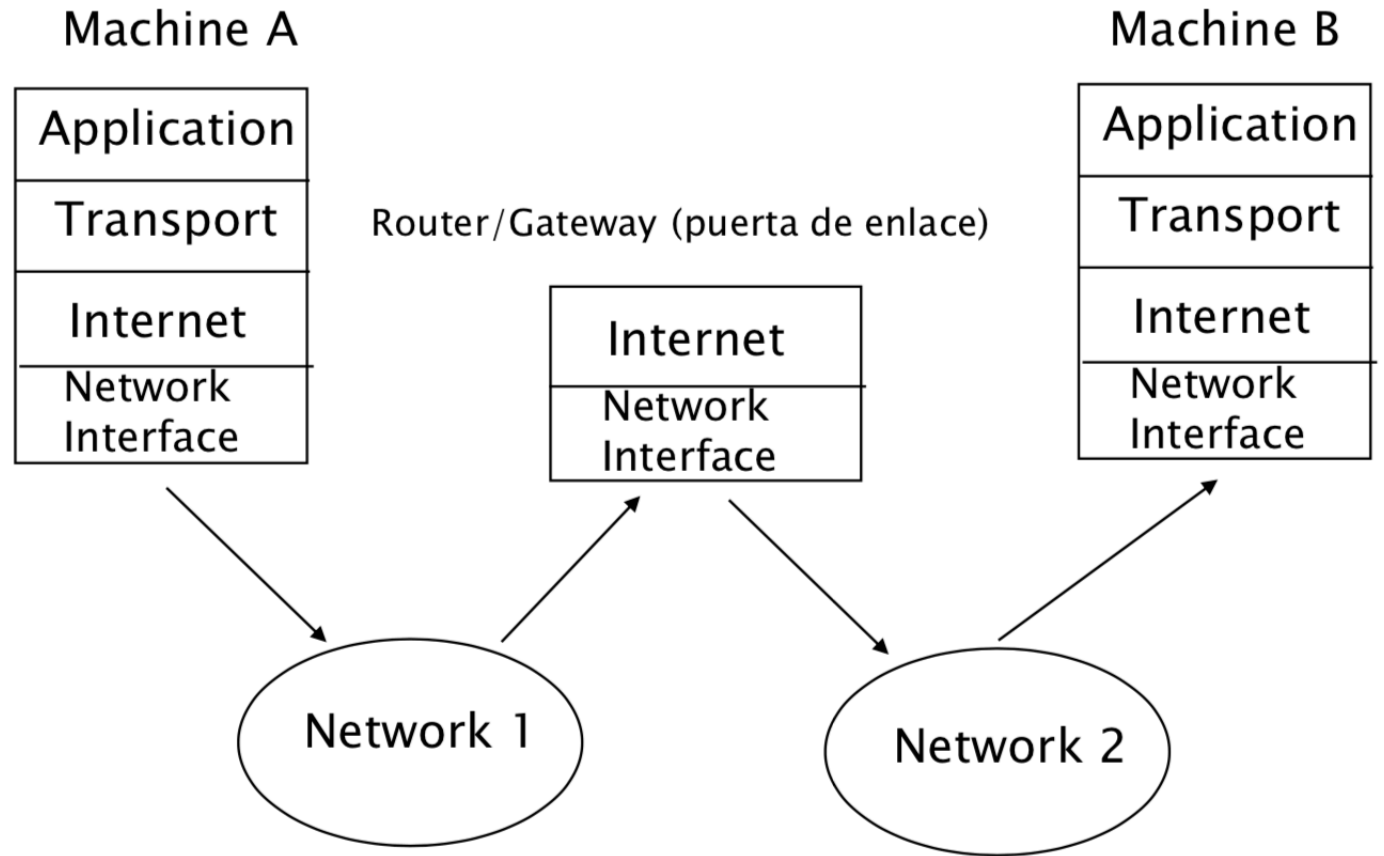
Capa 3

Ing. Manuel Santizo

Introducción

- Su principal función es la de llevar paquetes desde un “origen” hasta un “destino”, el cual puede requerir varios “saltos” entre diferentes subredes.
- Para llevar a cabo los “saltos” entre diferentes subredes, la capa de red utiliza dispositivos llamados “ruteadores (o routers)”, los cuales a menudo son llamados dispositivos de capa 3.
- También es necesario que la capa de red conozca la topología de comunicación entre subredes para poder escoger las “rutas” adecuadas para enviar los paquetes.

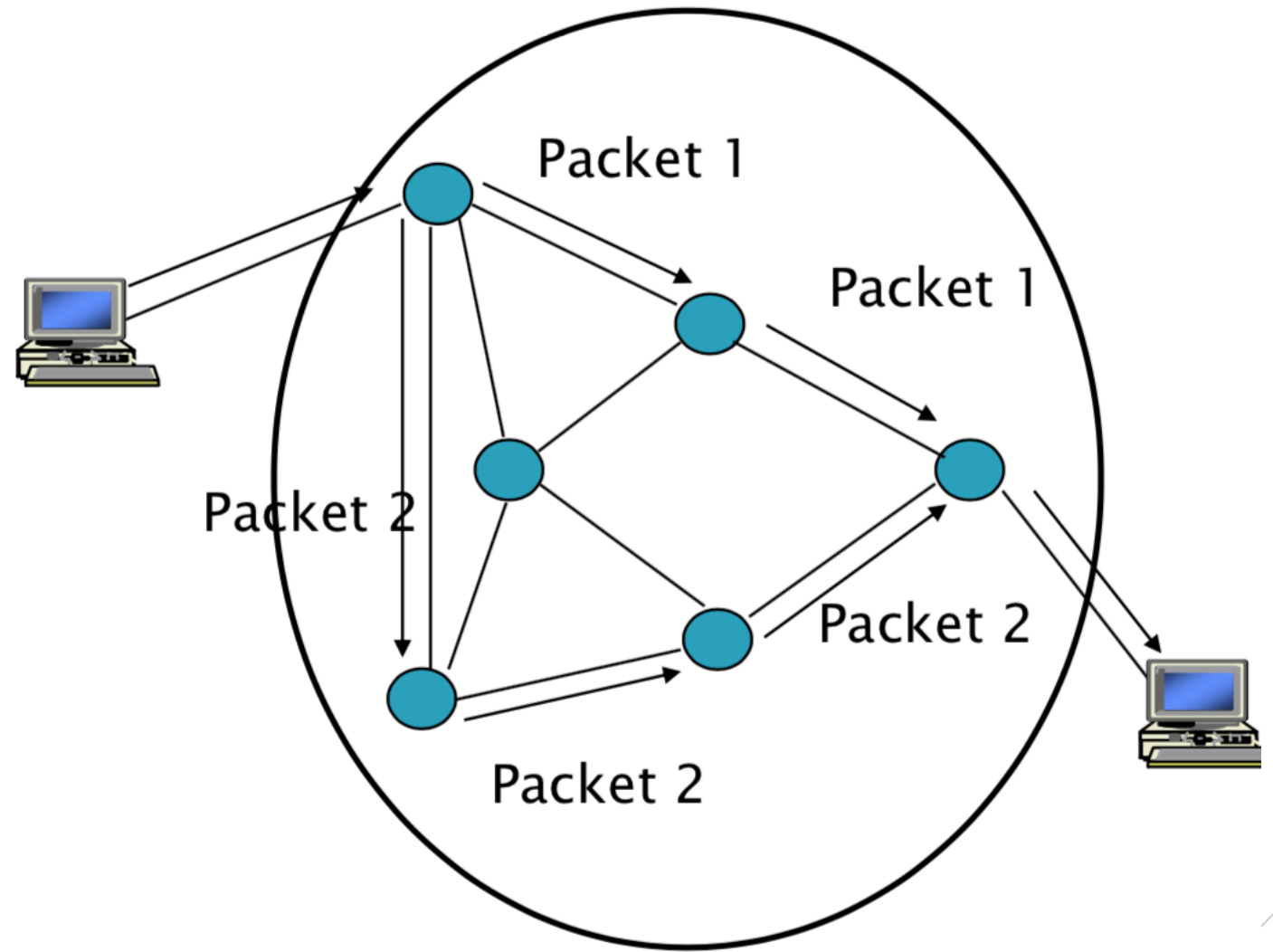
Ruteo entre subredes (Tcp/Ip)



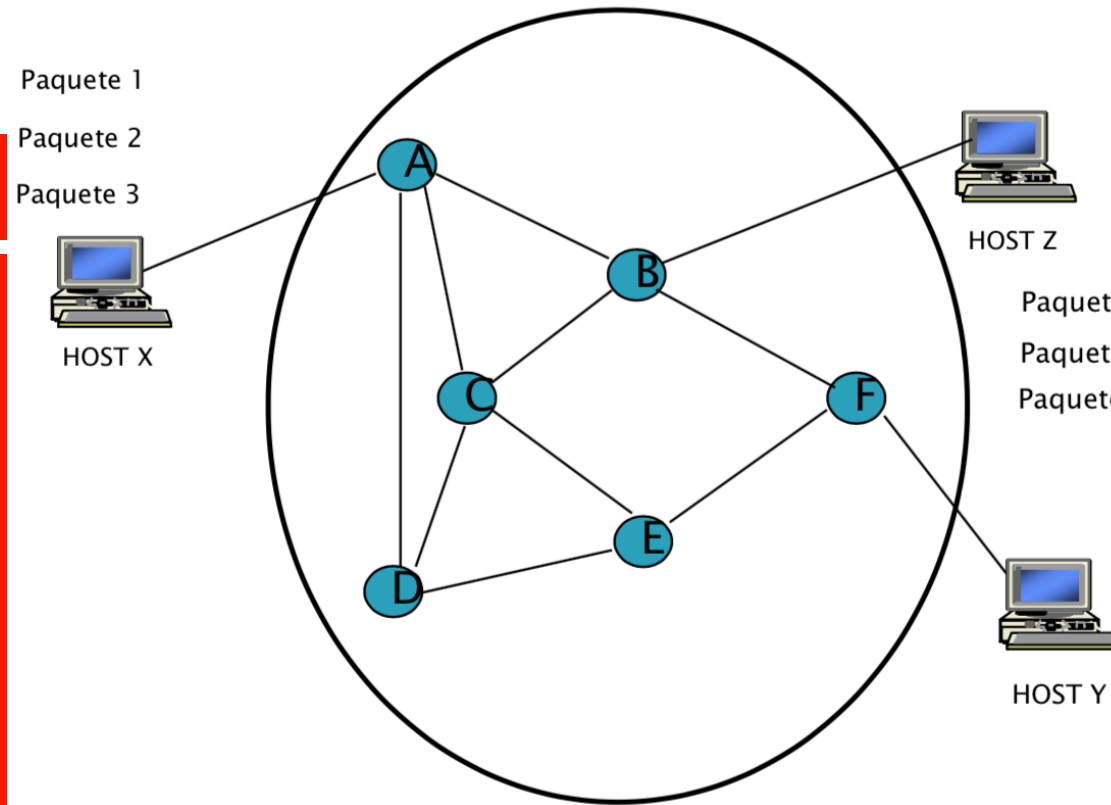
Servicios de la capa

- Los servicios de la capa de red hacia la capa de transporte deben cumplir con las siguientes metas:
 - Servicios independientes de la tecnología del ruteador
 - La capa de transporte no debe saber nada acerca del número, tipo y topología de las subredes
- La comunicación en la capa de red no es confiable, por lo que el host debe encargarse de manejar los errores y el control del flujo, quitando esta complejidad de la subred.
- Este servicio es No Orientado a la conexión y utiliza datagramas (paquetes independientes).
- En la capa de red la comunicación puede hacerse confiable utilizando circuitos virtuales, en los cuales se establece una conexión y todos los paquetes viajan a través de él.

Red de intercambio



Red con Circuitos virtuales



En la conexión se establece el circuito virtual:

Al conectarse el Host X al Host Y se establece el circuito virtual: A→B→F

El Host Z para transmitir al Host X establece el circuito virtual B→C→D→A

También se pudo haber elegido una ruta mas corta: B→A (menos saltos), pero posiblemente el enrutador no estaba disponible (por un fallo por ejemplo)

The background features a series of concentric circles in light gray, some solid and some dashed, creating a ripple effect. Overlaid on this is a large red speech bubble with a pointed bottom, containing the text "Algoritmos de ruteo" in white.

Algoritmos de ruteo

Algoritmos de ruteo (II)

- Los algoritmos de enrutamiento son los responsables de decidir por que “salida” enviar un paquete que recibe un enrutador
- Cuando se utilizan circuitos virtuales, la decisión de toda la ruta se realiza en la conexión
- Al enviar datagramas, cada ruteador decide la ruta através de un algoritmo de enrutamiento
- Un algoritmo de enrutamiento debe poseer las siguientes características:
 - Simplicidad (No complicar la decisión para tomar una ruta)
 - Robusto (manejar fallos de hardware y software)
 - Equitativo (no saturar un enlace)
 - Estable (sin fallos)
 - Optimo (Elegir la mejor ruta)
 - Escalable (Capacidad para adaptarse a cambios)

Clasificación

Globales

- Todos los routers conocen toda la topología y el costo de cada enlace

Algoritmos “Link State” (LS)

Distribuidos o Descentralizados

- Los routers conocen solamente a sus “vecinos” (topología y costos de enlace), los cuales están conectados en sus redes adyacentes.

Algoritmos de Vector de Distancia

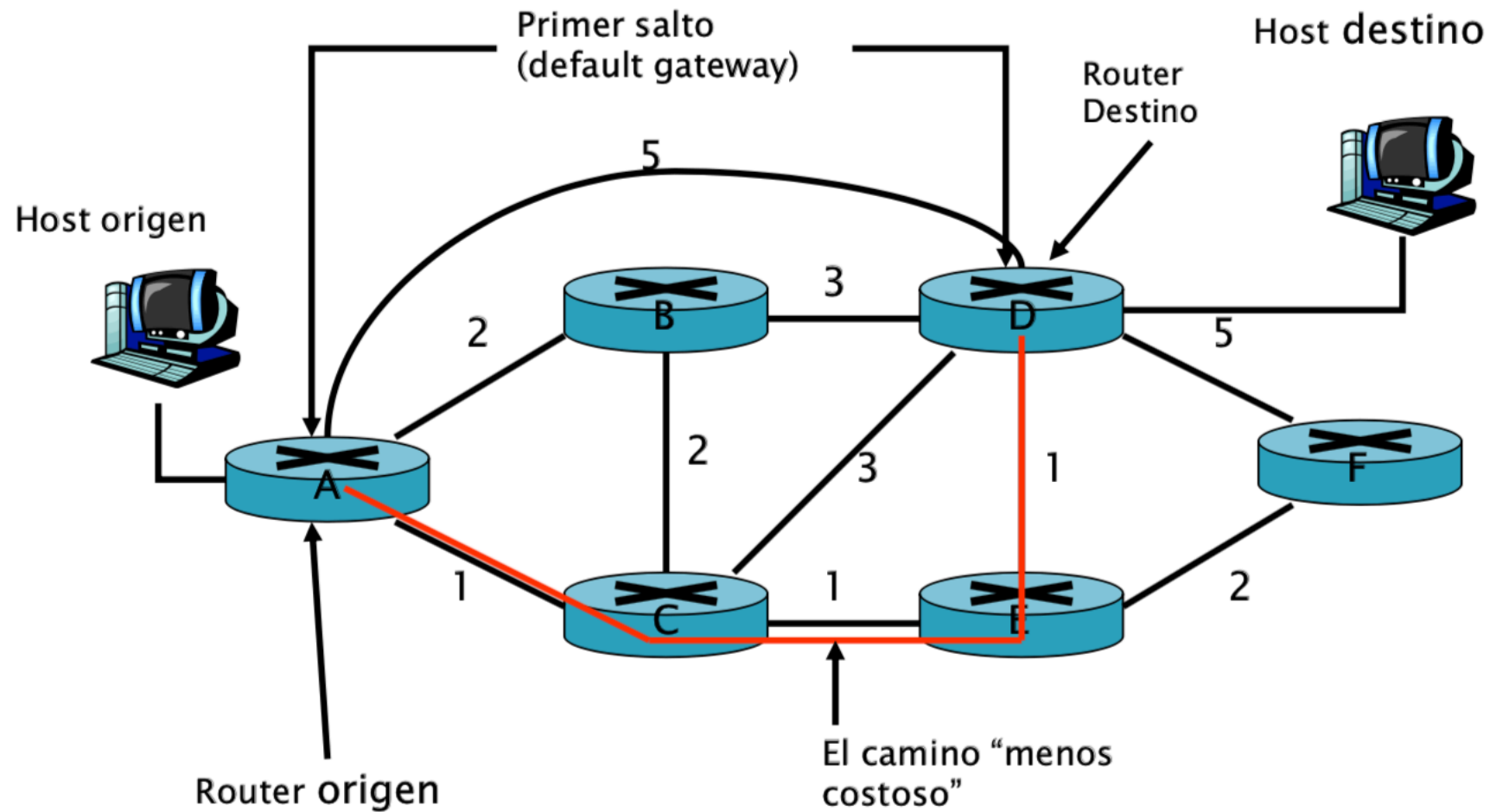
Estáticos (no adaptables)

- Las rutas cambian muy lentamente

Dinámicos (adaptables)

- Las rutas cambian mas rápidamente
- Actualizaciones periódicas
- Cuando hay cambios en los costos de los enlaces toma las acciones necesarias

Objetivo principal del algoritmo de ruteo: Obtener el camino menos costoso

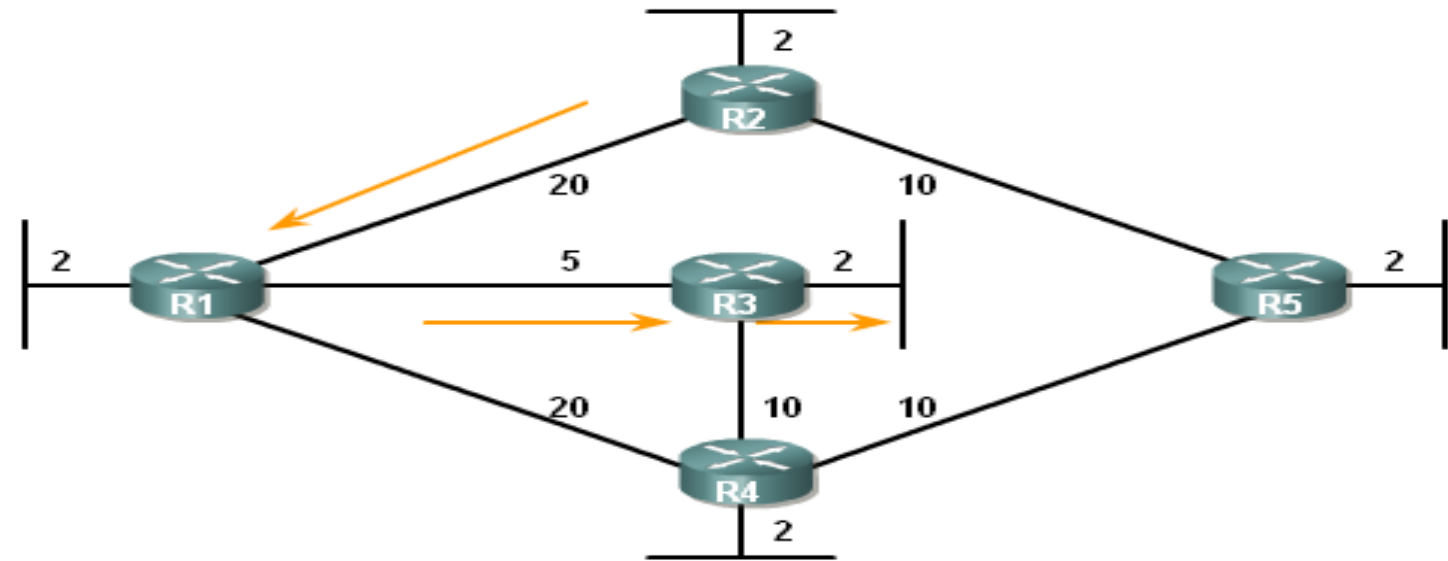


Algoritmos de vector de distancia

- Requiere que sus routers “vecinos” (conectados en la misma red adyacente), le informen sobre cambios en la topología periódicamente
- La información hacia los otros enrutadores se envía en vectores o arreglos de datos, conteniendo información sobre la distancia (costo), para llegar a otro enrutador
- Ejemplos de este tipo de algoritmos:
 - RIP (Routing Information Protocol)
 - IGRP (Interior Gateway Routing Protocol) de Cisco
- Presentan problemas como “cuenta al infinito”, causando que el calculo de la ruta sea muy lento y que se den “ciclos”
 - RIP soluciona este problema utilizando algoritmos de “horizonte dividido” con “envenenamiento reverso”
 - El objetivo principal es anunciar las rutas que no están disponibles, colocando un costo infinito a uno de los routers que causan el ciclo infinito. Este cambio es llamado envenenamiento.

Algoritmos de estado de enlace

Dijkstra's Shortest Path First Algorithm



Shortest Path for host on R2 LAN to reach host on R3 LAN:
 $R2 \text{ to } R1 (20) + R1 \text{ to } R3 (5) + R3 \text{ to LAN } (2) = 27$

Classification of Routing Protocols

| | Interior Gateway Protocols | | | | Exterior Gateway Protocols |
|------------------|-----------------------------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------------------|
| | Distance Vector Routing Protocols | | Link State Routing Protocols | | Path Vector |
| Classful | RIP | IGRP | | | EGP |
| Classless | RIPv2 | EIGRP | OSPFv2 | IS-IS | BGPv4 |
| IPv6 | RIPng | EIGRP for IPv6 | OSPFv3 | IS-IS for IPv6 | BGPv4 for IPv6 |

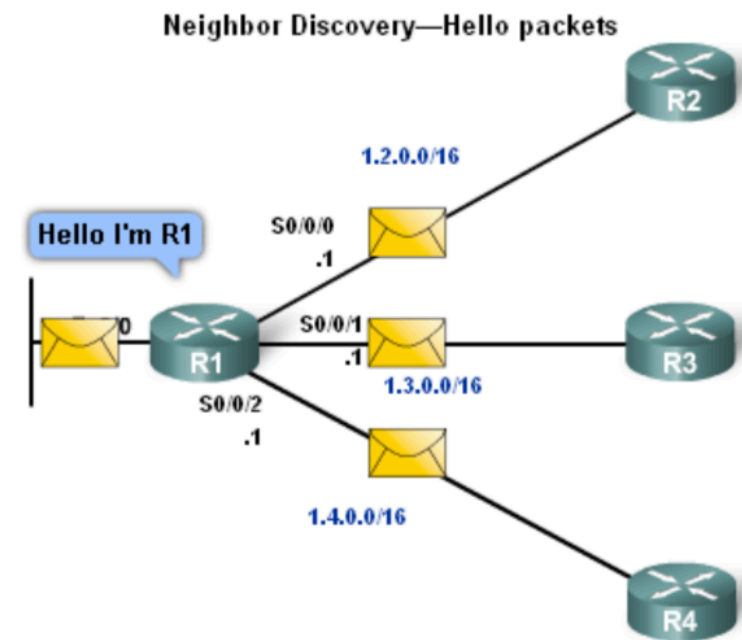
Clasificación

Link State

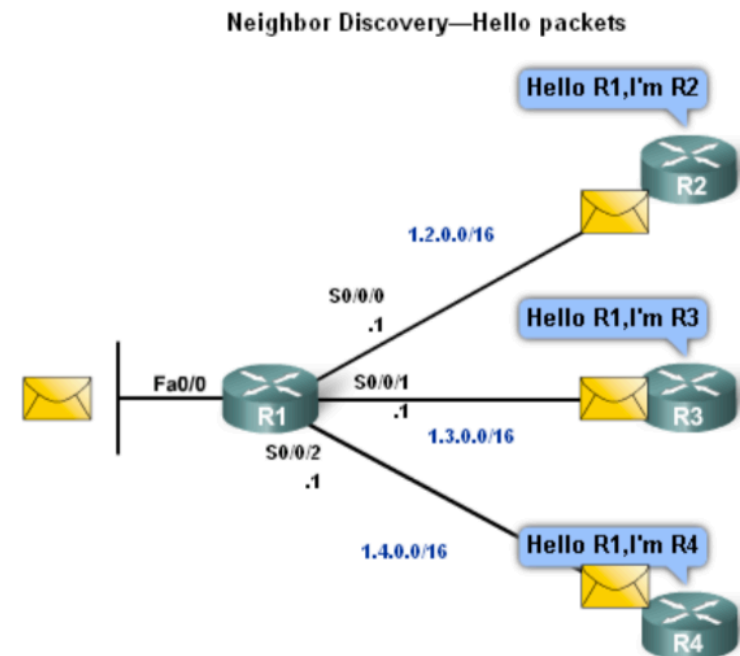
- Cada router aprende solamente de las redes que tienen conectadas directamente (adyacentes a sus interfaces)
- Cada router que tiene el protocolo de LS, envía un mensaje “HELLO” a todos sus vecinos
- Cada router construye su propio paquete “Link State” (LSP), el cual incluye información acerca de sus vecinos, tales como ID de vecino (neighbor ID), tipo de enlace y ancho de banda
- Después de que el LSP es creado, el router inunda a todos sus vecinos, quienes almacenan la información y la reenvían hasta que todos los routers tengan la misma información
- Una vez que todos los routers han recibido todos los LSPs, estos construyen un mapa de la topología de la red, la cual es utilizada para determinar las mejores rutas para cada destino

- Envío de paquetes “HELLO”

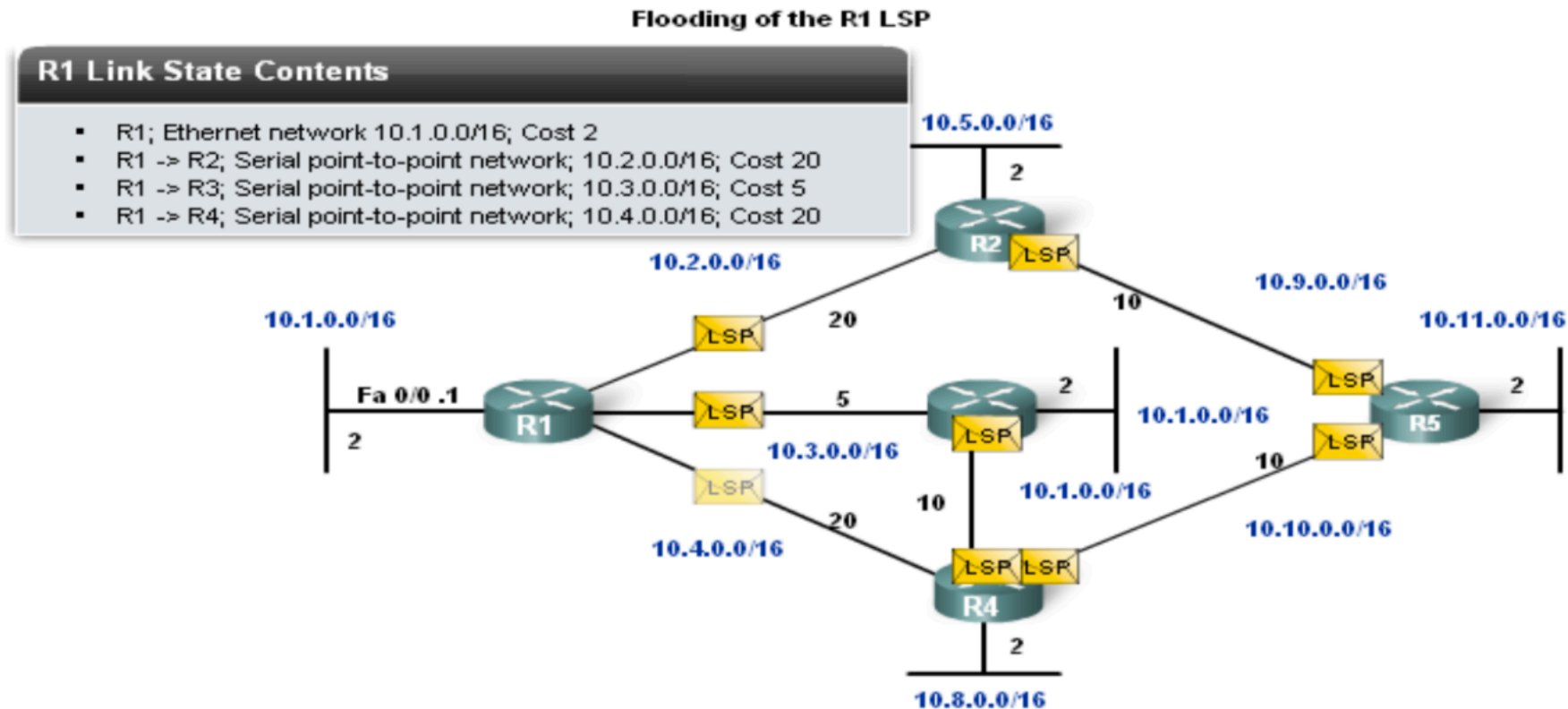
Todas las interfaces conectadas usan el mismo protocolo LS para intercambiar paquetes “HELLO”



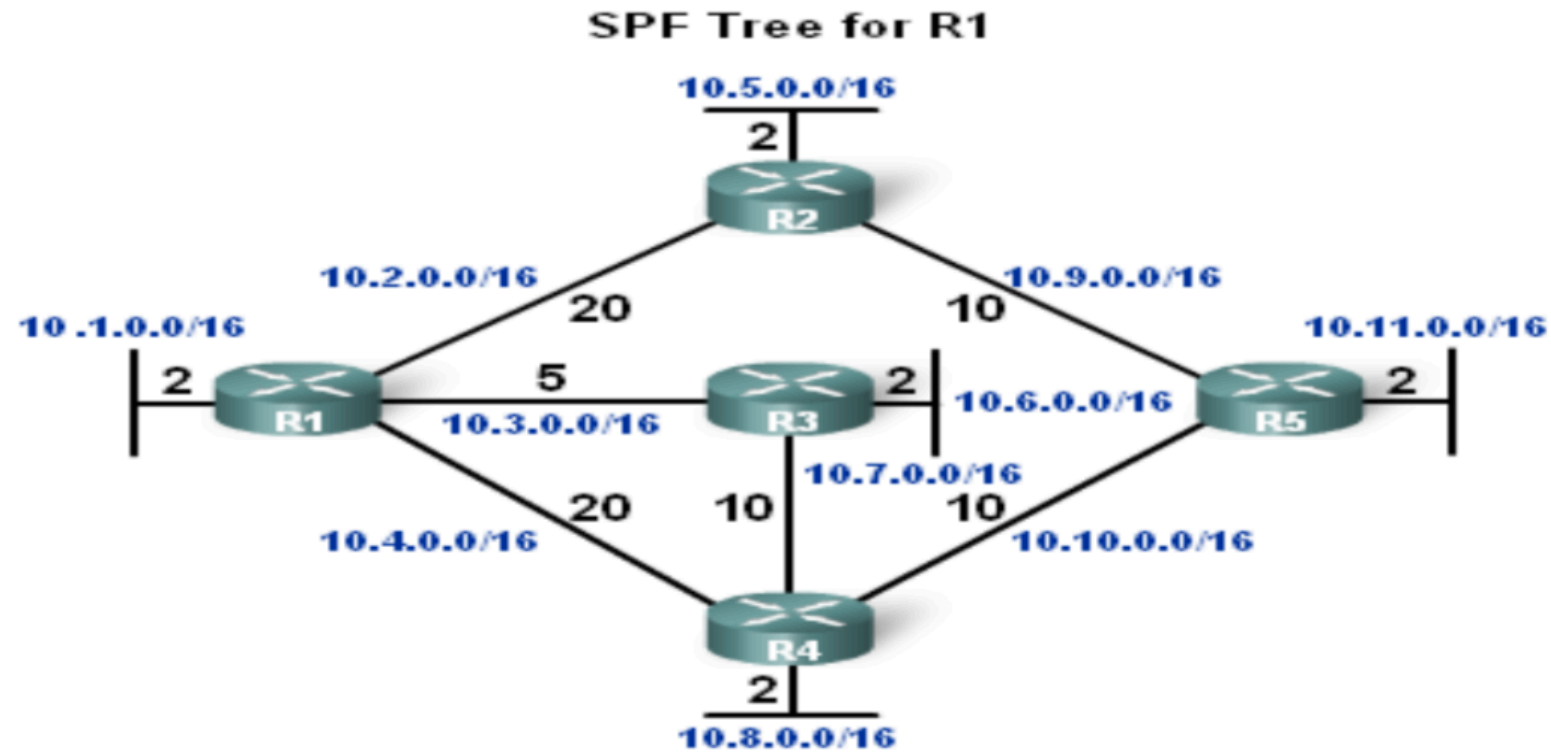
- Cuando los routers aprenden de otros vecinos forman “adyacencias”
- Dos vecinos adyacentes intercambian paquetes “HELLO” con cierta frecuencia
- Este intercambio de paquetes sirve para validar que el vecino aun esta “VIVO” (keep-alives)



- Cuando se envían los LSPs?
 - Cuando se conecta el router por primera vez o se inicializa
 - Cuando hay cambios en la topología



Con toda la información de la topología, se obtiene un mapa, el cual se utiliza para calcular la ruta menos costosa.



| Destination | Shortest Path | Cost |
|-------------|----------------------|------|
| R2 LAN | R1 to R2 | 22 |
| R3 LAN | R1 to R3 | 7 |
| R4 LAN | R1 to R3 to R4 | 17 |
| R5 LAN | R1 to R3 to R4 to R5 | 27 |

Link State

Consideraciones para usar protocolos LS:

- Un protocolo LS, utiliza mas memoria que un protocolo VD
- Un protocolo LS, requiere mayor capacidad de procesamiento que un protocolo de VD
- Un protocolo LS consume gran cantidad de ancho de banda cuando esta siendo inicializado

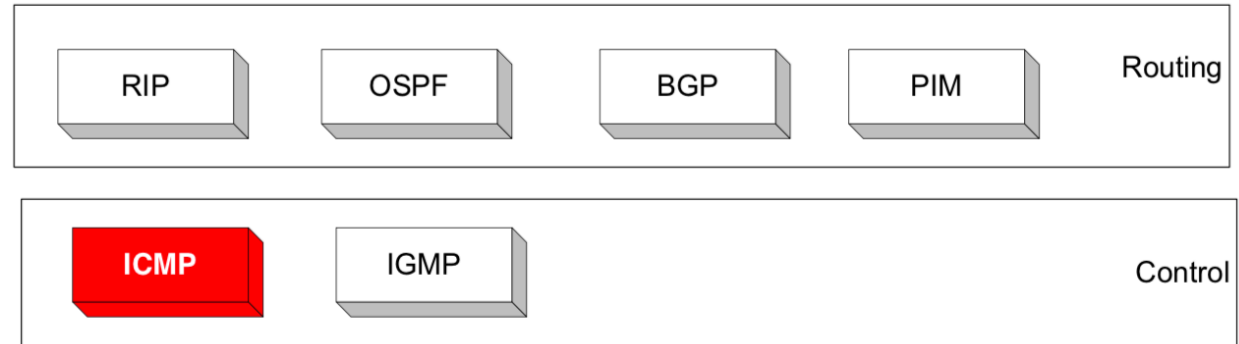
| Protocolo | ¿Construye un mapa de la Topología ? | ¿Un ruteador puede determinar la ruta mas corta por el mismo ? | Convergencia (tiempo en el que encuentra la ruta mas corta) | Los cambios en la topología generan eventos que envían actualizaciones? | Usan LSP | Cantidad maxima de Saltos |
|---------------------|--------------------------------------|--|---|---|----------|--|
| Vector de Distancia | No | No | Lento | Generalmente NO | No | 16 |
| Link State | Si | Si | Rapido | Generalmente SI | Si | Ilimitada (o el tamaño máximo de la tabla de ruteo del router) |

Comparación

The background features a series of concentric circles in light gray, some solid and some dashed, creating a ripple effect. A large, solid red oval is positioned in the center-right of the frame. A dark gray, curved, brushstroke-like shape is located to the left of the red oval, partially overlapping it.

Internet Control Message Protocol (ICMP)

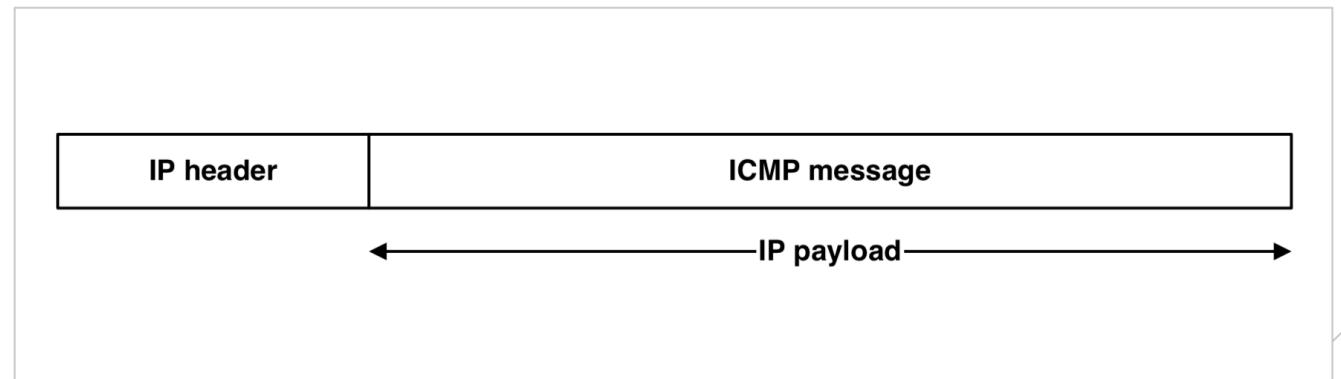
Introducción



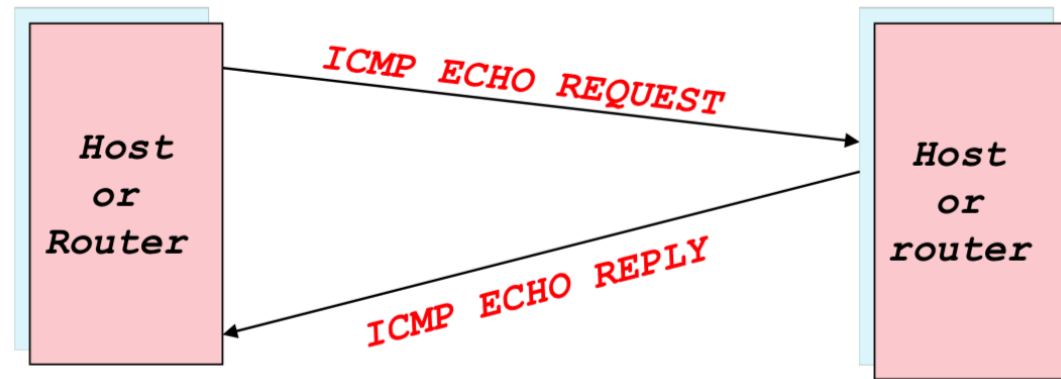
- El protocolo IP, confía en varios protocolos para ejecutar funciones de control y ruteo.
 - Funciones de Control (ICMP)
 - Señalización multicast(IGMP)
 - Administración de tablas de ruteo (RIP, OSPF, BGP)

ICMP

- El ICMP (Internet Control Message Protocol) es un protocolo que ayuda al protocolo IP con:
 - Reporte de errores
 - Consultas simples



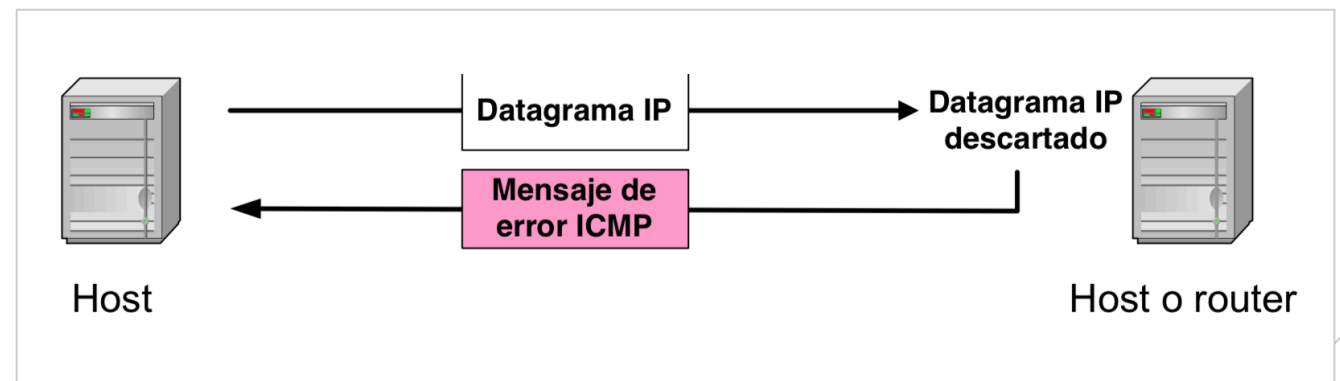
Ejemplo



- El Ping, es manejado directamente por el sistema operativo
- Cada ping se convierte a un ICMP Echo Request
- El host al que se le hace ping, responde con un ICMP Echo Reply

MENSAJES DE ERROR ICMP

- Los mensajes de error de ICMP reportan “condiciones de error”
- Típicamente se envían cuando un datagrama es descartado o rechazado
- El mensaje de error a menudo se pasa de ICMP a la aplicación

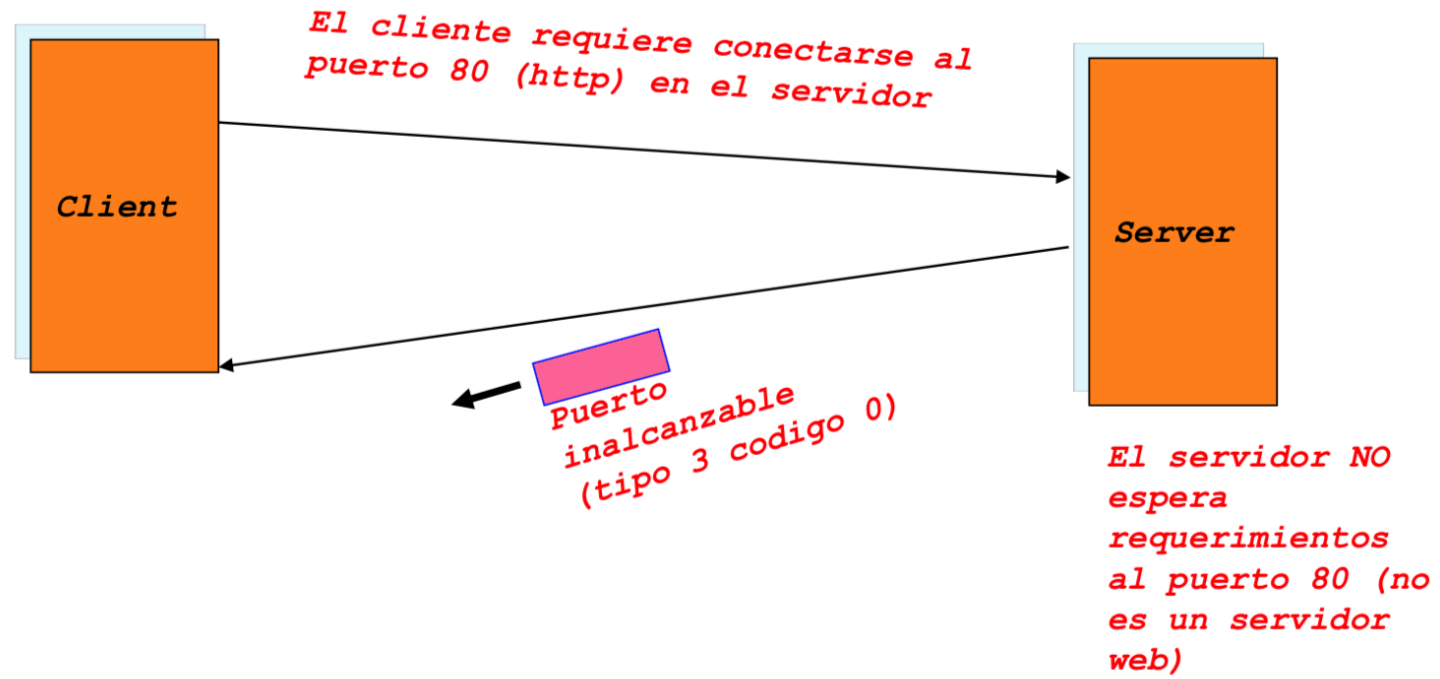


Mensajes frecuentes

| Tipo | Código | Descripción | |
|------|--------|-------------------------|--|
| 3 | 0–15 | Destino Inalcanzable | Notificación que indica que un datagrama IP no pudo ser reenviado y fue eliminado. El número de código contiene la explicación |
| 5 | 0–3 | Redirección | Informa sobre una ruta alternativa para el datagrama y debe resultar en una actualización en la tabla de ruteo |
| 11 | 0, 1 | Tiempo excedido | Se envía cuando el TTL llega a 0 (codigo 0) o cuando hay timeouts al reensamblar segmentos (código 1) |
| 12 | 0, 1 | Problema con parámetros | Se envía cuando un header de ip no es válido o cuando falta una opción en el encabezado IP. |

Algunos tipos de código inalcanzable

| Código | Descripción | Razón del error |
|--------|---|---|
| 0 | Red inalcanzable | No existe ninguna ruta en la tabla de ruteo disponible para la red de destino |
| 1 | Host Inalcanzable | El host de destino debería ser alcanzable pero no responde a las solicitudes ARP |
| 2 | Protocolo Inalcanzable | El protocolo incluido en el campo protocolo del encabezado IP no esta soportado por el destino |
| 3 | Puerto Inalcanzable | El protocolo de transporte en el host destino no puede pasar el datagrama a la aplicacion (a través de un puerto) |
| 4 | Se necesita Fragmentar y el bit DF (Don't Fragment) esta en 1 | El datagrama IP debera ser fragmentado, pero el bit DF (No Fragmentar) esta en 1 |



Ejemplo