



Universidad Autónoma del Estado de México

Centro Universitario UAEM Zumpango  
Ingeniería en Computación

# Interconexión de redes

M.T.I. Carlos Alberto Rojas Hernández

Agosto 2017





## Identificación de la Unidad de Aprendizaje (UA)

Nombre UA:

**Inter de redes (L41082)**

Total de horas a la semana: **3**      Créditos: **4**

Carácter de la UA: **Optativa**      Modalidad: **Presencial**

Tipo de curso: **Curso y laboratorio**

Núcleo de formación: **Integral**

UA Antecedente: **Ninguna**

UA Consecuente: **Ninguna**



## Presentación del programa

La interconexión de redes es la aplicación tecnológica basada en el conocimiento teórico y operativo de los diversos dispositivos capaces de transportar las señales analógicas y/o digitales responsables de la codificación de los datos que implícitamente viajan a través de las mismas.



## Presentación del programa

La necesidad de interconectar las muy variadas tecnologías actuales con el fin de que distintas redes como las de voz, datos y vídeo convivan exitosamente ubican a la interconexión de redes en un área de estudio obligada para el Ingeniero en Computación cuyo objetivo de aprendizaje sean las telecomunicaciones. Por lo tanto, la interconexión de redes, representaría una parte fundamental en la integración tecnológica del diseño e implantación de las redes de comunicaciones.



## Presentación del programa

La presente unidad de aprendizaje cubre parte de los requisitos RE2, RE5, RE9, RE11, RE12, RE14 y RE15 así como la totalidad de los requisitos RE1, RE3, RE4, RE6, RE7, RE8, RE10 y RE13, especificados en el manual del CONAIC sobre criterios de acreditación de Programas de Informática y Computación.

## Presentación del programa

La estructura planteada consta de cinco unidades de competencia. La primera unidad de competencia habilita al alumno con los conocimientos básicos sobre la interconexión de redes en sus aspectos físicos, mostrándole las posibilidades de interconexión entre las distintas redes de comunicación existentes: comunicación mediante cable de cobre y fibra óptica con los dispositivos intermedios necesarios para producir una transmisión exitosa de los datos. También se practica con los dispositivos de uso más frecuente en una LAN: switches y concentradores, puntos de acceso inalámbricos y convertidores de medios.

## Presentación del programa

Se especifica la diferencia entre conexiones rectas y cruzadas, y se introduce al alumno a la convergencia de medios mediante una práctica que utiliza adaptadores telefónicos de VoIP. Con este panorama inicial el alumno está capacitado para adquirir pericia en el diseño de una red de área local y la configuración de los dispositivos necesarios para producir la comunicación entre los usuarios de la red. En la segunda unidad de competencia, se introduce al alumno en la configuración básica de los switches y en la tercera unidad este conocimiento se amplía al implementar una red de área local virtual dentro de la configuración del switch.



## Presentación del programa

La cuarta unidad de aprendizaje corresponde a la configuración del enrutador como el dispositivo que interconecta las redes de área local y las Vlan. Por último, la quinta unidad de aprendizaje tiene por objetivo la interconexión de enrutadores mediante conexiones seriales y la configuración para su correcto funcionamiento. Se recomienda establecer un horario de tutorías de al menos 2 horas semanales donde el alumno pueda consultar al tutor sus dudas.





## Presentación del programa

La evaluación debe considerar en un bajo porcentaje la parte teórica y dar mayor peso a la práctica. Aún cuando el alumno aprobase un examen que evalúe los conocimientos teóricos necesarios, no se concederá la promoción si no demuestra pericia mediante una práctica o proyecto final.



## Propósito de la unidad de aprendizaje

Encuadrado en el Plan Flexible 2004 por Competencias de la UAEMex, presentar al alumno los fundamentos necesarios para la transmisión de señales a través de un medio conformando la base de las redes de comunicaciones, tales como establecen los objetivos del Plan Flexible 2004 por Competencias anteriormente mencionado.



## Unidades de competencia

- 1.- Adquirir los conocimientos específicos que produce la práctica con dispositivos de interconexión de redes
- 2.- Obtener pericia en la conexión y el diseño de redes.
- 3.- Implantar redes de área local que se adapten a las necesidades del usuario y del entorno físico.
- 4.- Configurar las conexiones de acuerdo a los diferentes dispositivos de interconexión.
- 5.- Completar las habilidades para interconectar redes con conocimientos específicos de cada tecnología.



# Unidad de competencia IV

Configurar las conexiones de acuerdo a los diferentes dispositivos de interconexión.

## Enrutamiento IP

# Conocimientos

- Configuración del Enrutamiento entre VLAN.
- Configuración del Enrutamiento estático.
- Funcionamiento y configuración de los protocolos de enrutamiento IP.
- Protocolos Vector Distancia: RIP v1, RIP v2, IGRP
- Protocolos Link State: OSPF

La función más importante de la capa de red es la de conducir los paquetes de datos de la fuente al destino.



Designaremos a esta función con el nombre de enrutamiento o encaminamiento.





Por lo que podemos definir al enrutamiento como:

“ El proceso de descubrir, seleccionar y emplear la mejor trayectoria o camino para transmitir un paquete de datos de un nodo a otro nodo através de un conjunto de redes o de la misma red (internetworking)”



Los protocolos que soportan la capa de red usan una técnica de identificación que garantiza que haya un identificador exclusivo (dirección).

El identificador lo determina el esquema de direccionamiento y el protocolo que se utilice (IP).

La fuente encapsula los datos entregados por el nivel superior (transporte) dentro de un datagrama y los envía al “siguiente salto” (next-hop).

El “siguiente salto” es un dispositivo que opera en la capa de red, al cual llamamos enrutador o encaminador (router)



Los enrutadores se “unen” entre sí, o interconectan, segmentos de una red o redes completas.





Las dos funciones principales del enrutador son:

Reenvío (forwarding)

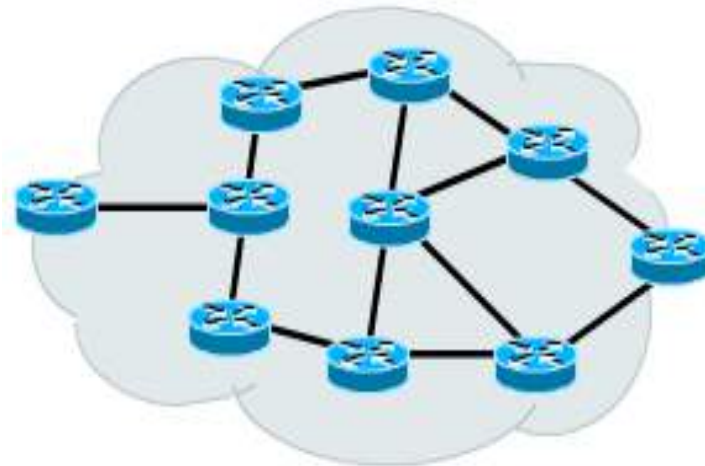
Cálculo de ruta (Enrutamiento)

Las dos funciones principales del enrutador son:

**Reenvío (forwarding):** Los enrutadores toman decisiones lógicas con respecto a la mejor ruta para el envío de datos a través de una una red y luego dirigen los paquetes hacia el segmento y el puerto de salida adecuado.

Las dos funciones principales del enrutador son:

Reenvío (forwarding)



Las dos funciones principales del enrutador son:

Cálculo de ruta (enrutamiento): Estas decisiones lógicas se basan en un protocolo de enrutamiento, el cual implementa (ejecuta) un algoritmo de enrutamiento.

Las dos funciones principales del enrutador son:

**Cálculo de ruta (enrutamiento):** El resultado del algoritmo de enrutamiento son las tablas de enrutamiento, las cuales indican cual es el siguiente enrutador en el camino hacia el nodo destino.



¿ Cómo contruye un enrutador las tablas de enrutamiento ?

a) De forma manual, las rutas son configuradas por un administrador.

× Desventaja: Los enrutadores NO son capaces de adaptarse de manera automática a los cambios en el tránsito de la red.

¿ Cómo contruye un enrutador las tablas de enrutamiento ?

b) Dinámicamente, por medio de un protocolo de enrutamiento.

✓ Ventajas: Los enrutadores pueden adaptarse de manera automática a los cambios en el tráfico de la red y son escalables al crecimiento de esta.

¿ Cómo contruye un enrutador las tablas de enrutamiento ?

b) Dinámicamente, por medio de un protocolo de enrutamiento.

× Desventaja: Algunos requieren una implementación compleja.



Enrutamiento dinámico o adaptivo: Emplea rutas seleccionadas de entre un conjunto posible.

Selecciona la ruta más adecuada analizando condiciones como:

Ancho de banda.

Retrazos.

Confiabilidad.

Tiempo.

Enrutamiento dinámico o adaptivo: Emplea rutas seleccionadas de entre un conjunto posible.

La "métrica" de enrutamiento ayuda a que los enrutadores encuentren el mejor camino para llegar a cada red o subred, se adaptan a las condiciones de la topología y tráfico actuales. La ruta que se obtiene irá cambiando en función de las condiciones de la red.

Enrutamiento dinámico o adaptivo: Emplea rutas seleccionadas de entre un conjunto posible.

Deciden la ruta óptima en función de la información conseguida en “tiempo real”.

El enrutamiento dinámico utiliza difusión de mensajes públicos (broadcast) para comunicarse con otros enrutadores.

## Enrutamiento Centralizado

Las decisiones de enrutamiento la toma una entidad central llamada Centro de Control de enrutamiento (RCC: Routing Control Center), cada nodo envía información de su estado actual al RCC.

## Enrutamiento Centralizado

Esta Información puede ser:

Lista de sus vecinos activos.

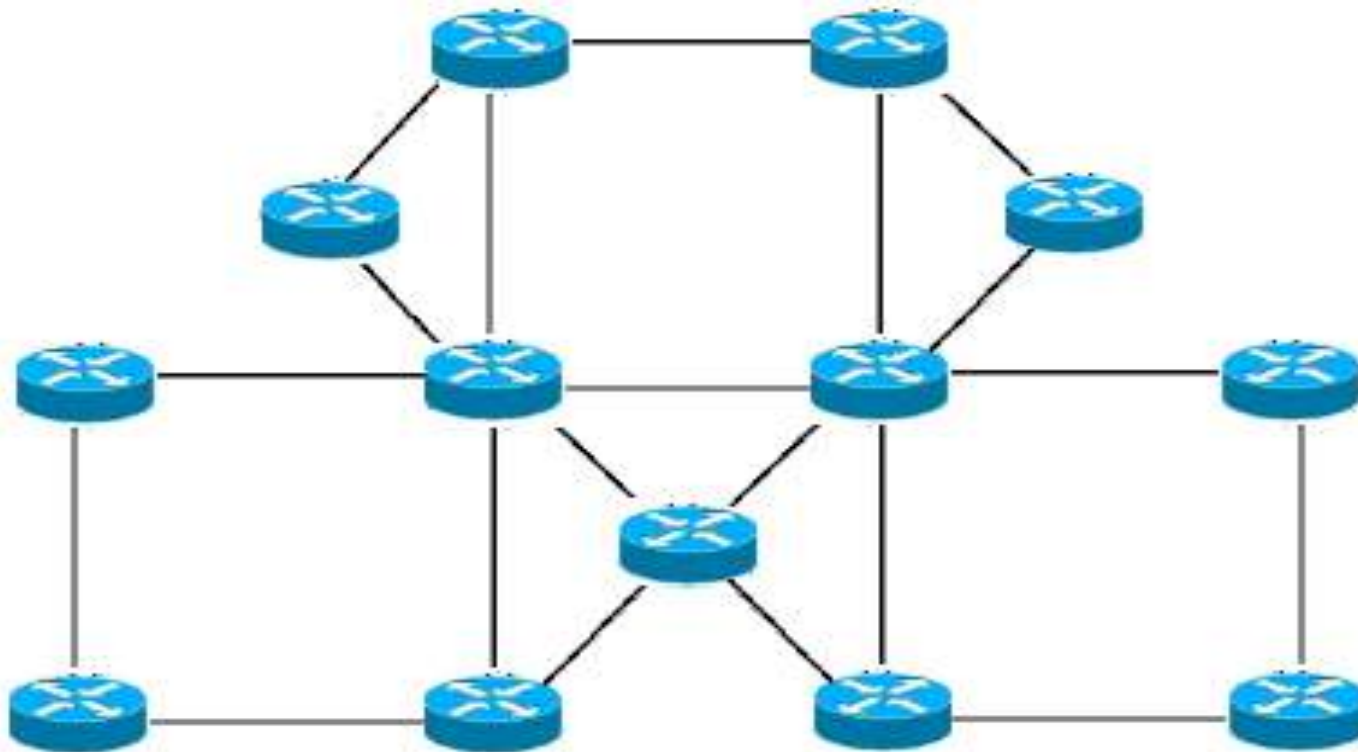
Longitud actual de las colas de espera.

Tráfico procesado.

Otros.



## Enrutamiento Centralizado



## Enrutamiento Centralizado

### Ventajas

Al conocer la información completa de la red, el RCC puede tomar decisiones de enrutamiento óptimas.

Libera a los nodos del trabajo de calcular las tablas de enrutamiento.

## Enrutamiento Centralizado

### Desventajas

Aumento considerable del tránsito

La red queda muy vulnerable a los problemas en el RCC

Alta concentración de tránsito en los enlaces cercanos al RCC

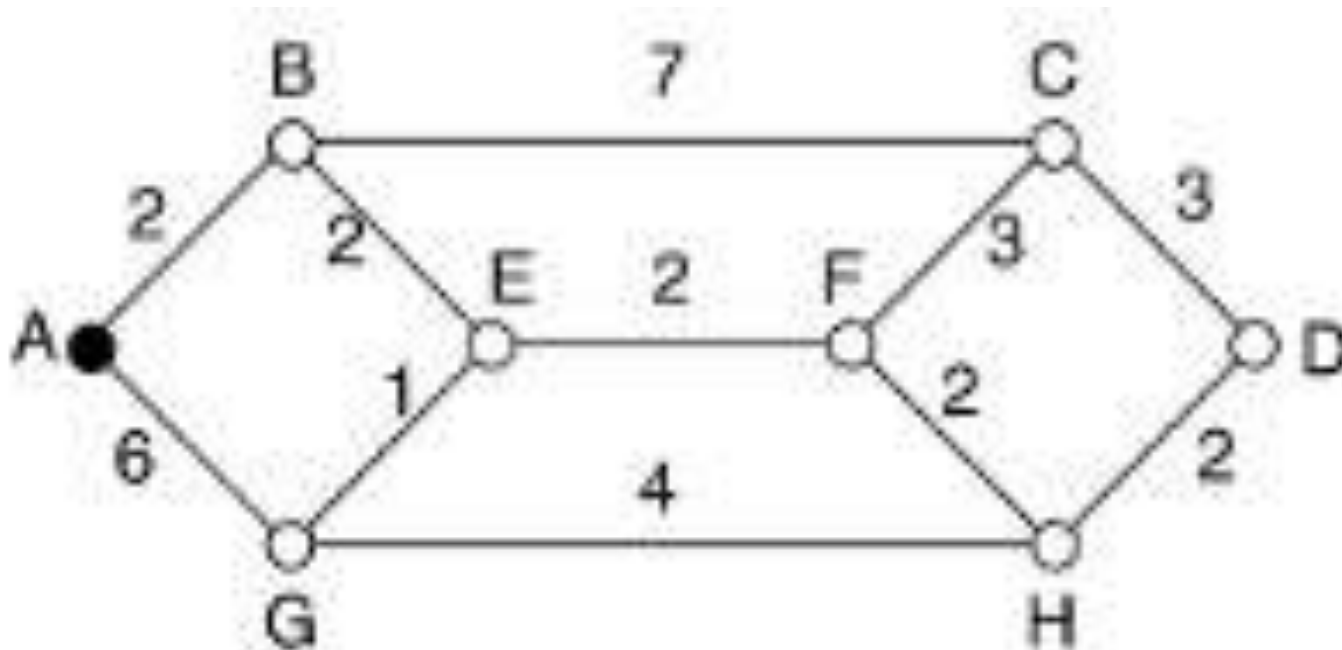
Los nodos cercanos conmutarán primero a las nuevas rutas, provocando desfases entre nodos lejanos.

## Enrutamiento del camino más corto

Se calculan los caminos más cortos usando alguna métrica.

Posibilidades: el número de saltos, la distancia física, el retraso de transmisión por un paquete de prueba, el ancho de banda, el tráfico promedio, el costo de comunicación, etc.

## Enrutamiento del camino más corto



## Enrutamiento por inundación

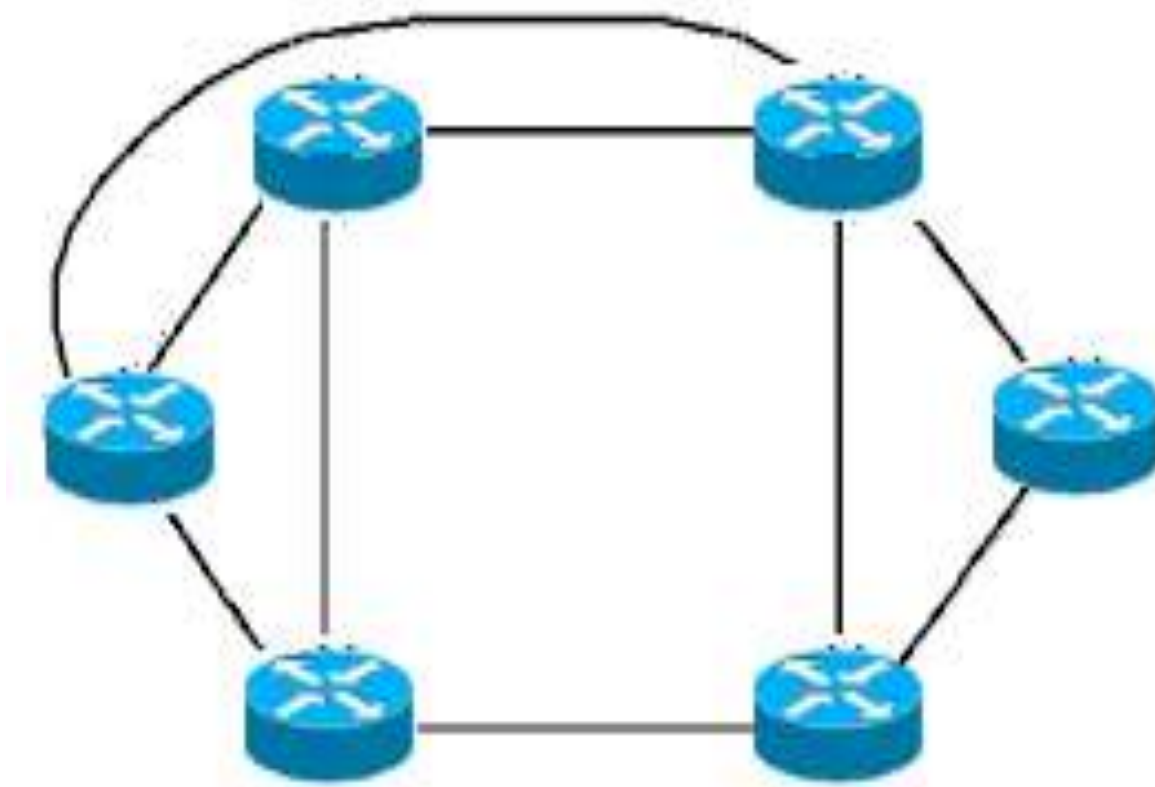
Se manda cada paquete que llega sobre todas las líneas.

Se puede usar un contador de saltos en cada paquete que se decrementa después de cada salto. Cuando el contador es cero se descarta el paquete.

## Enrutamiento por inundación

Se pueden guardar números de secuencia agregados por cada enrutador a los paquetes. Los enrutadores mantienen listas de los números de secuencia más altos vistos y descartan los paquetes que son duplicados.

## Enrutamiento por inundación





## Enrutamiento por inundación

### Ventajas

Técnica más simple

No requiere información de la red

Robusto ante fallas de la red

“El paquete llega a su destino porque llega”

## Enrutamiento por inundación

### Desventajas

Puede generar un número infinito de paquetes, así que se necesita un método para restringir la inundación.

Es ineficiente en el uso de los recursos de la red

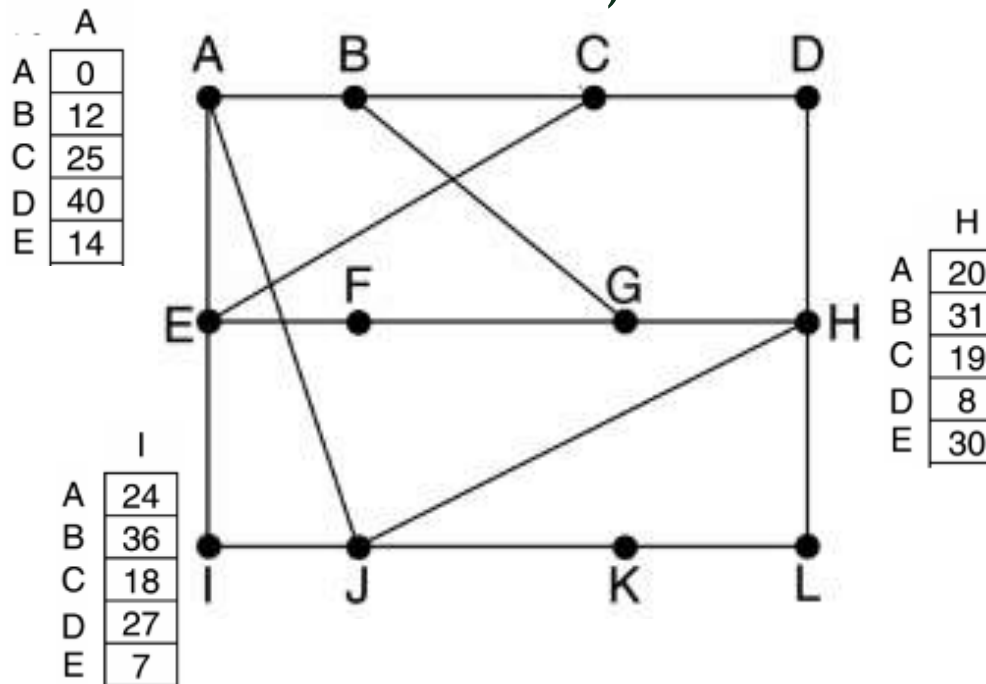


## Enrutamiento por vector distancia

- Utiliza los Algoritmos *Bellman-Ford* y *Ford-Fulkerson*.
- Son los algoritmos originales de enrutamiento de la ARPANET (antecedente directo de internet).

# Protocolos de enrutamiento por vector distancia

La tabla de un enrutador almacena una entrada para cada uno de los enrutadores en la subred (los enrutadores son los índices).



# Protocolos de enrutamiento por vector distancia



Las entradas almacenan la línea preferida de salida y una estimación del tiempo

J	
8	A
20	A
28	I
20	H
17	I

O puede ser:

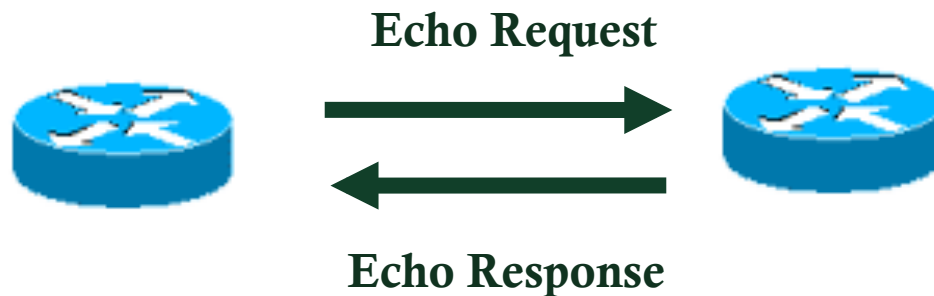
La distancia al destino.

A	
A	0
B	12
C	25
D	40
E	14

Se pueden usar métricas distintas (saltos, retrazos, etc.).

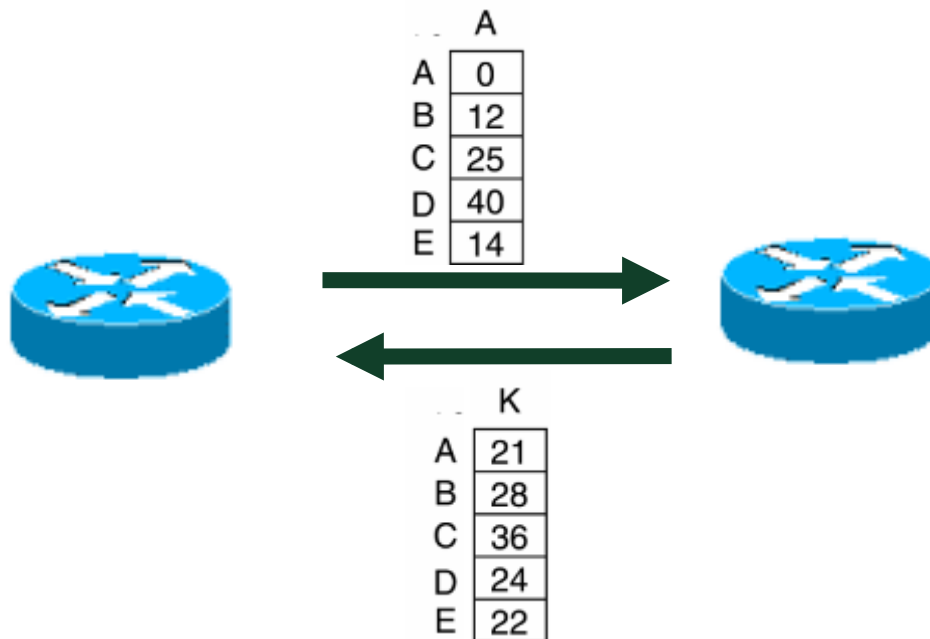
# Protocolos de enrutamiento por vector distancia

Cada enrutador tiene que medir las distancias a sus vecinos. Por ejemplo, si la métrica es el retraso, el enrutador la puede medir usando paquetes de eco.



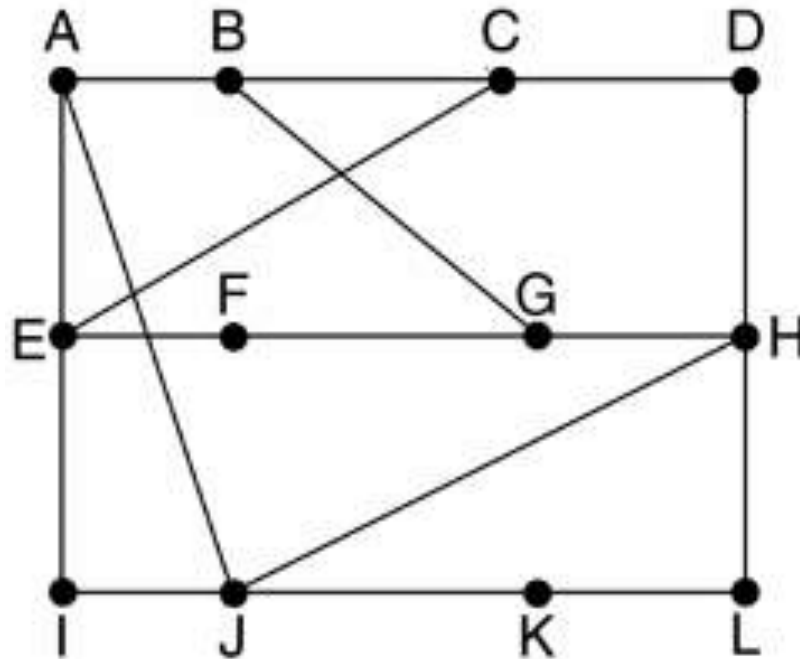
# Protocolos de enrutamiento por vector distancia

Cada “T” msecs los enrutadores intercambian sus tablas con sus vecinos. Un enrutador usa las tablas de sus vecinos y sus mediciones de las distancias a sus vecinos para calcular una nueva tabla.



# Protocolos de enrutamiento por vector distancia

- ✓ Ejemplo (Tanenbaum): A continuación se muestra una red, en el cual los enrutadores utilizan el algoritmo de vector distancia





# Protocolos de enrutamiento por vector distancia

Ejemplo: Ahora se muestran los vectores de retardo de los vecinos de J

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

# Protocolos de enrutamiento por vector distancia



UAEM

Ejemplo: Suponga que J ha medido o estimado el nuevo retardo de sus vecinos en:

A retardo de 8 mseg.

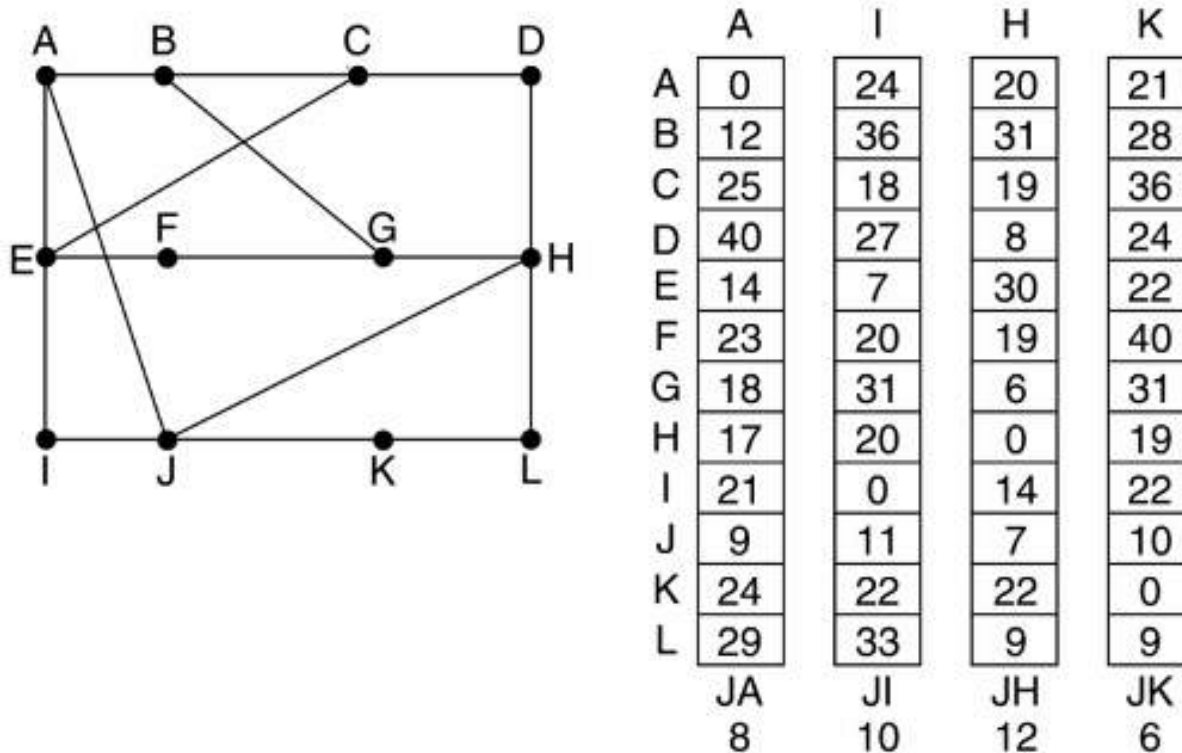
I retardo de 10 mseg.

H retardo de 12 mseg.

K retardo de 6 mseg.

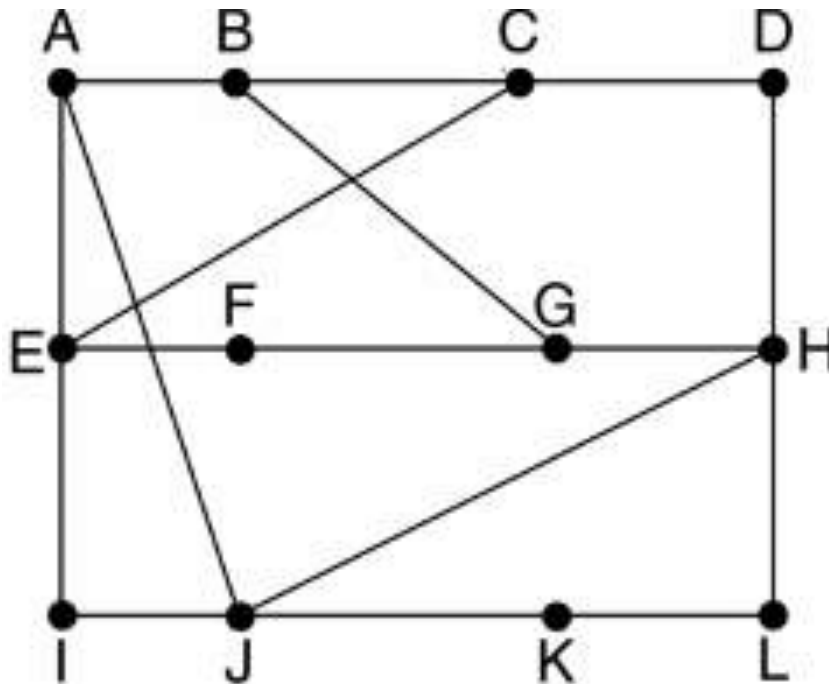
# Protocolos de enrutamiento por vector distancia

Ejemplo: Por lo tanto J debe de calcular las nuevas rutas, si desea enviar un datagrama.



# Protocolos de enrutamiento por vector distancia

Ejemplo: La nueva tabla de enrutamiento calculada por J es:



J

A	8	A
B	20	A
C	28	I
D	20	H
E	17	I
F	30	I
G	18	H
H	12	H
I	10	I
J	0	-
K	6	K
L	15	K

## RIP: Routing Information Protocol

Fue desarrollado por Xerox y adoptado por el Protocolo de Internet (IP) a principios de la década de 1980.

Esta definido en el RFC 1058

En su funcionamiento utiliza el algortimo de vector distancia Bellman-Ford

## RIP: Routing Information Protocol

### Características

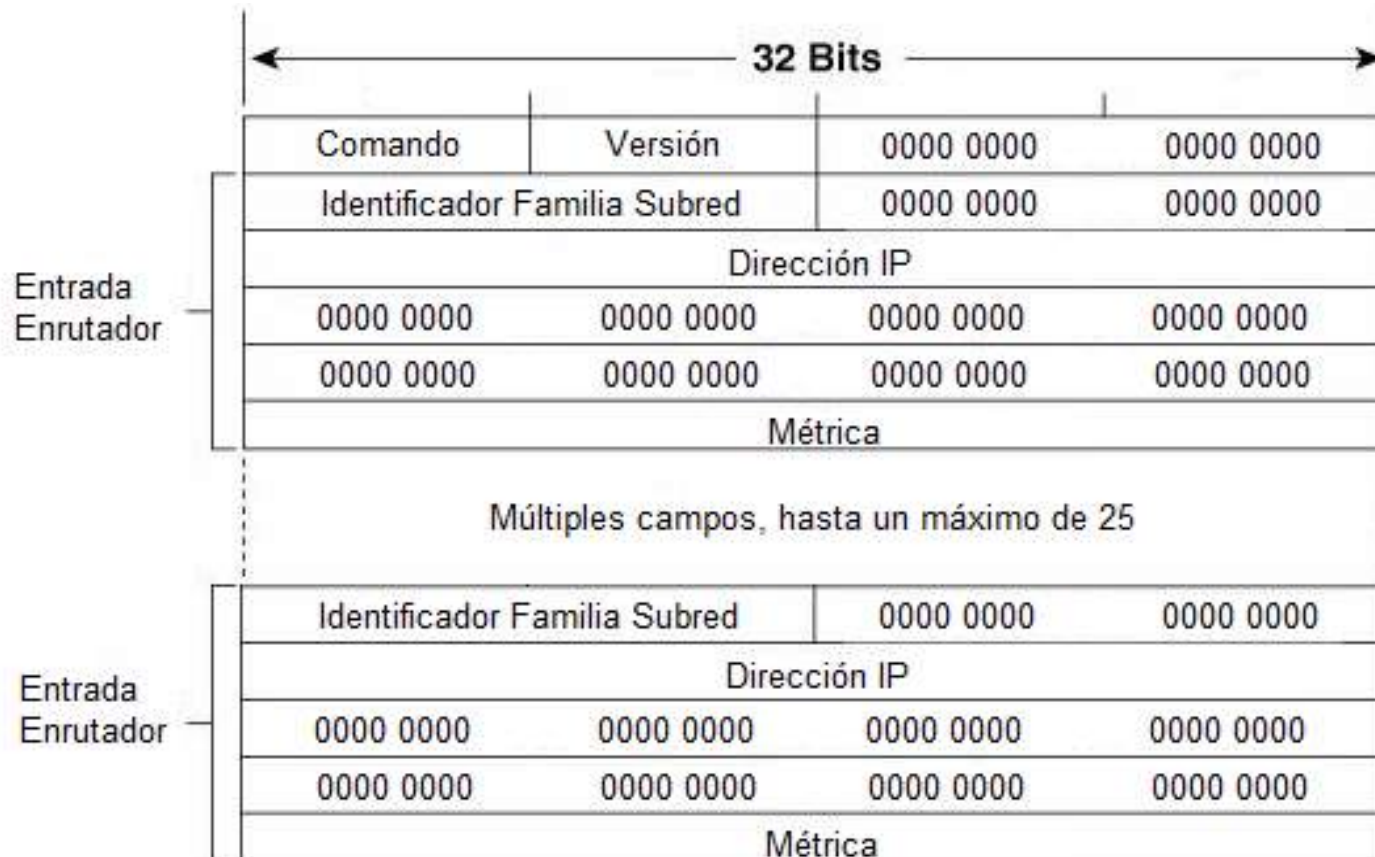
- El número de saltos se utiliza como métrica para la selección de rutas.
- Cada enrutador envía a sus vecinos su vector de distancia cada 30 segundos.
- Si el número de saltos es mayor que 15 el paquete se descarta (inalcanzable).

## RIP: Routing Information Protocol

### Características

- Una entrada de la tabla de enrutamiento se vuelve inválida si pasan 180 segundos sin que sea actualizada.
- Los mensajes RIP se encapsulan en datagramas UDP, pueden enviarse hasta 25 entradas del vector de distancia.
- Para transportar vectores grandes se utilizan varios mensajes (segmentación).

## Formato del mensaje RIPv1





## RIPv2: Routing Information Protocol

RIP ha evolucionado de Classful Routing Protocol RIP Version 1 (RIPv1) a Classless Routing Protocol RIP Version 2 (RIPv2)

- Classful: La máscara de subred tiene la misma longitud
- Classless: Diferente longitud en la máscara de subred

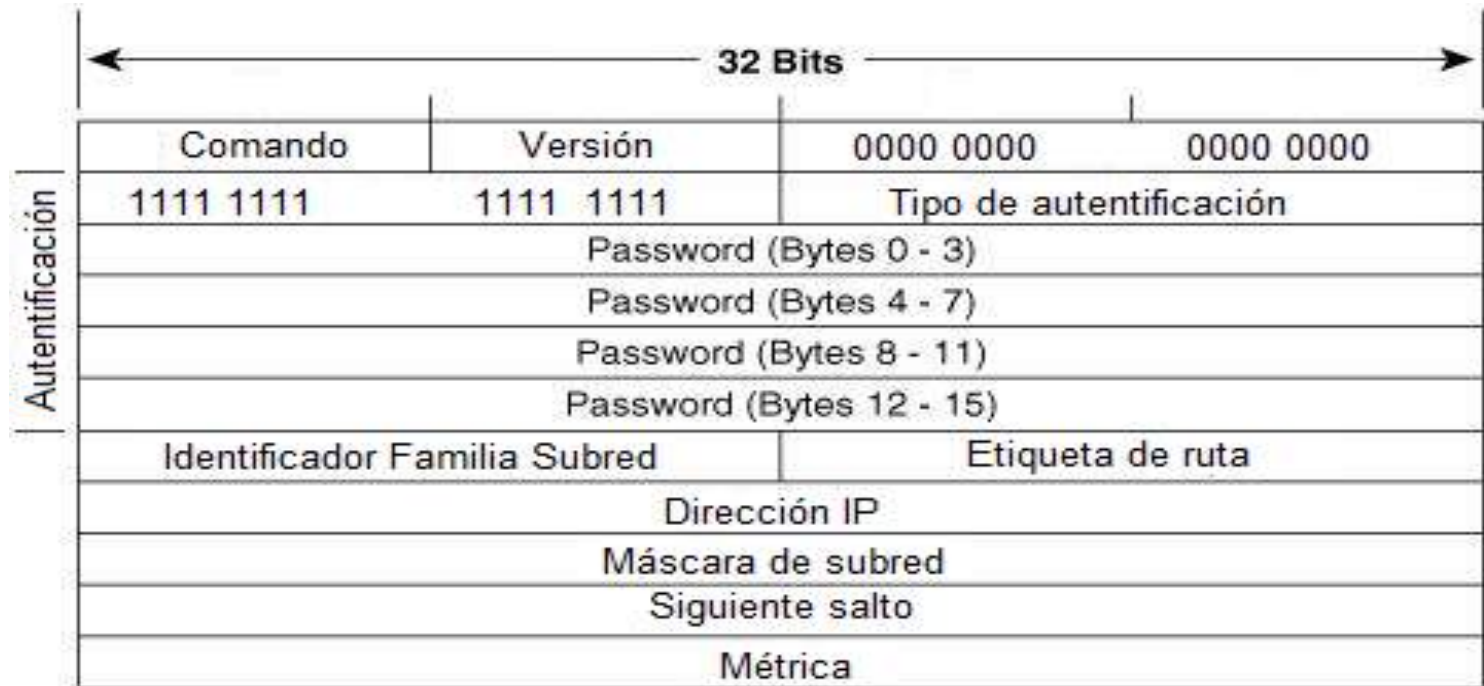


## RIPv2: Routing Information Protocol

Las mejoras de RIP v2 incluyen:

- Envía la máscara de subred.
- Soporta Variable Length Subnet Masking (VLSM).
- Tiene un mecanismo de autenticación: Password o MD5.
- Utiliza multicast (224.0.0.9) en lugar de broadcast

## Formato del mensaje RIPv2



Múltiples campos, hasta un máximo de 25

## IGRP: Interior Gateway Routing Protocol

Interior Gateway Routing Protocol es un protocolo propietario de Cisco que utiliza el algoritmo de vector de distancia (como RIP)

Utilizado en los equipos Cisco, como los que utilizamos en el simulador Packet Tracer

## IGRP: Interior Gateway Routing Protocol

### Características

- A diferencia de RIP el número de saltos no está limitado a 15.
- Las actualizaciones se envían cada 90 segundos, por lo que se carga menos la red con información de enrutamiento.
- Puede balancear la carga entre múltiples rutas que tienen una distancia equivalente.

## IGRP: Interior Gateway Routing Protocol Características

- Utiliza una métrica compuesta (ancho de banda, carga, latencia, fiabilidad).

Media	Bandwidth	BW <sub>IGRP</sub>	Delay	DLY <sub>IGRP</sub>
100M ATM	100000K	100	100mS	10
Fast Ethernet	100000K	100	100mS	10
FDDI	100000K	100	100mS	10
HSSI	45045K	222	20000mS	2000
16M Token Ring	16000K	625	630mS	63
Ethernet	10000K	1000	1000mS	100
T1	1544K	6476	20000mS	2000
DS0	64K	156250	20000mS	2000
56K	56K	178571	20000mS	2000
Tunnel	9K	1111111	500000mS	50000

## EIGRP: Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

EIGRP es la versión mejorada del IGRP también de Cisco.

- Al igual que los anteriores, es un protocolo de enrutamiento de vector distancia pero mejorado.
- Usa balanceo de cargas unequal-cost y equal-cost.
- Usa una combinación de capacidades del vector distancia y estado del enlace.
- Usa Diffused Update Algorithm (DUAL) para calcular el camino más corto.



## Enrutamiento basado en estado del enlace

Este enrutamiento sustituyó al algoritmo de vector distancia que fue utilizado en ARPANET hasta 1979.

### Problemas que resolvió

- “Cuenta hasta infinito”
- No se tomaba en cuenta el ancho de banda





## Enrutamiento basado en estado del enlace

Esta fundamentado en 5 principios:

- Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones
- Medir el retardo y costo para cada vecino
- Construir un paquete informando de su aprendizaje
- Enviar el paquete a los enrutadores conocidos
- Calcular la ruta más corta a todos los enrutadores

## Enrutamiento basado en estado del enlace

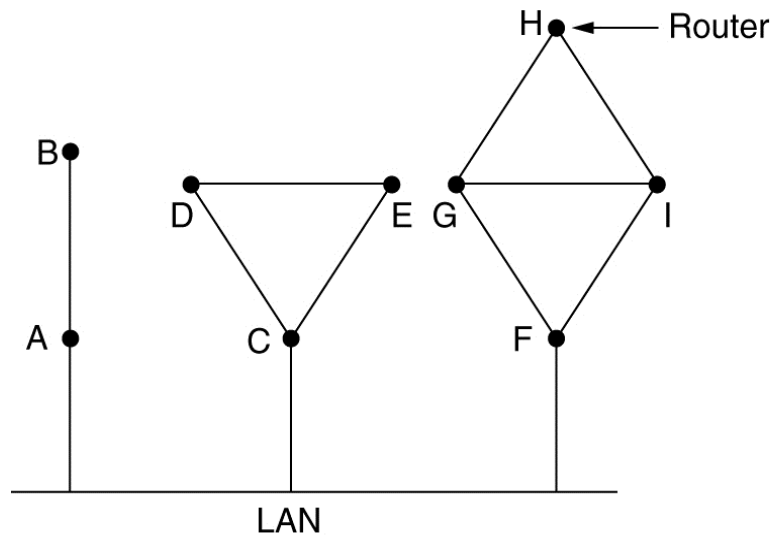
1. Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones

Para “descubrir” a sus vecinos envía un paquete HELLO a cada enlace y espera una respuesta.

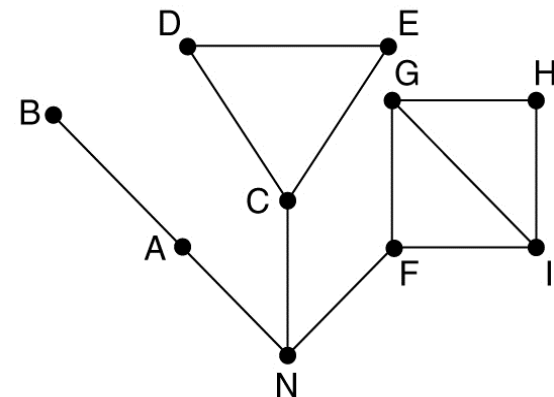
**Importante: Los “nombre” de los enrutadores deben ser únicos globalmente**

## Enrutamiento basado en estado del enlace

### 1. Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones



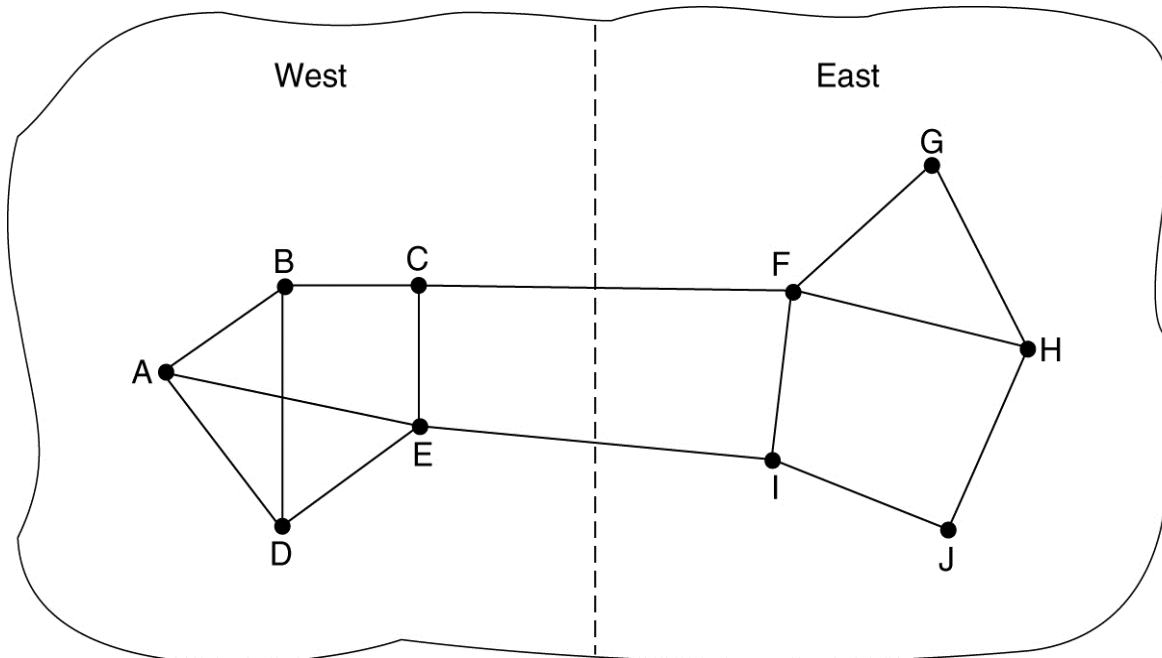
(a)



(b)

## Enrutamiento basado en estado del enlace

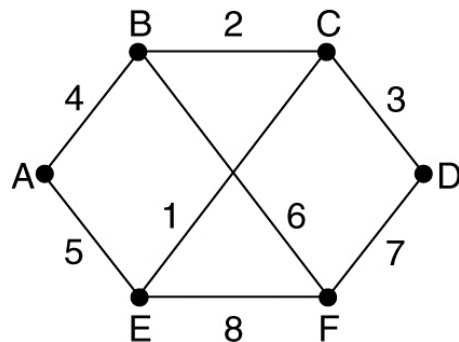
### 2. Medir el retardo y costo para cada vecino



## Enrutamiento basado en estado del enlace

### 3. Construir un paquete informando de su aprendizaje

Una vez recabada la información en el paso 2, se construye un paquete que los contenga; ID del emisor, número de secuencia, edad, Lista de vecinos



(a)

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

(b)



## Enrutamiento basado en estado del enlace

### 3. Construir un paquete informando de su aprendizaje

¿ Con qué frecuencia se contruyen los paquetes ?

A intervalos regulares (periódicamente)

Ante eventos ocurridos en la red



## Enrutamiento basado en estado del enlace

### 4. Enviar el paquete a los enrutadores conocidos

Es la parte más complicada del algoritmo, debido a que los distintos enrutadores podrían estar usando versiones diferentes de la topología, por lo que se cae en inconsistencias, paquetes duplicados, ciclos o destinos inalcanzables



## Enrutamiento basado en estado del enlace

### 4. Enviar el paquete a los enrutadores conocidos

- Cada paquete posee un número de secuencia y emisor.
- Usa inundación selectiva para informar a enrutadores.
  - Si es nuevo se envía
  - Si es duplicado se descarta
- Si llega un paquete con número de secuencia menor, se rechaza por obsoleto.
- El Campo Edad (age) se decrementa a medida que circula por los enrutadores, si el valor es 0, se descarta





## Enrutamiento basado en estado del enlace

### 5. Calcular la ruta más corta a todos los enrutadores

- Cada enrutador obtiene un mapa de la subred
- Busca rutas óptimas (camino más corto)
- Almacenamiento en cada enrutador suficiente  
n enrutadores con k vecinos = Memoria proporcional a nk

Ejemplo: OSPF usado en Internet y basado en este esquema



## OSPF: Open Shortest Path First

La evolución de los protocolos de enrutamiento llevo a desarrollar un protocolo que cumpliera con los siguientes requisitos:

- No propietario
- Deberi tenet soporte para diversas métricas
- Adaptativo
- Utilizaría enrutamiento por tipo de servicio



## OSPF: Open Shortest Path First

La evolución de los protocolos de enrutamiento llevo a desarrollar un protocolo que cumpliera con los siguientes requisitos:

- Debe ser capaz de un balanceo de cargas sobre los enlaces
- Utilizar un enrutamiento jerárquico para alcanzar escalabilidad
- Mejorar el nivel de seguridad para la información de los enrutadores



## OSPF: Open Shortest Path First

OSPF soporta:

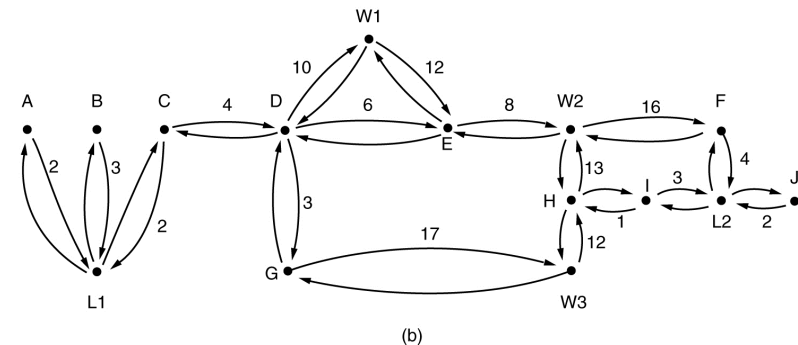
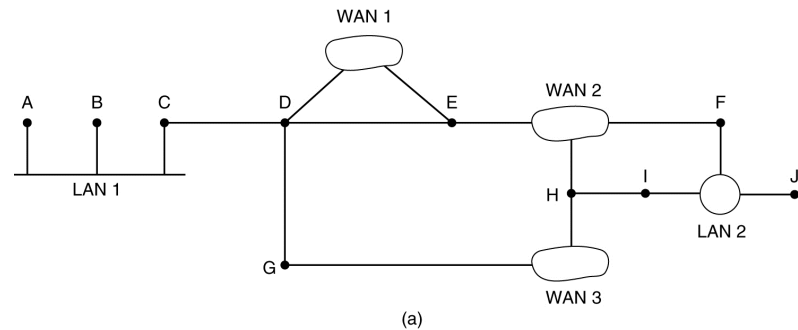
- Conexiones punto a punto.
- Redes de acceso múltiple acceso y redes de área local (broadcast).
- Redes de múltiple acceso sin broadcast, es decir, redes de paquetes conmutados)

## OSPF: Open Shortest Path First

Este protocolo trabaja mediante la utilización de un grafo:

Nodo: Enrutador o Red de acceso múltiple

Arco: Enlace (métrica)

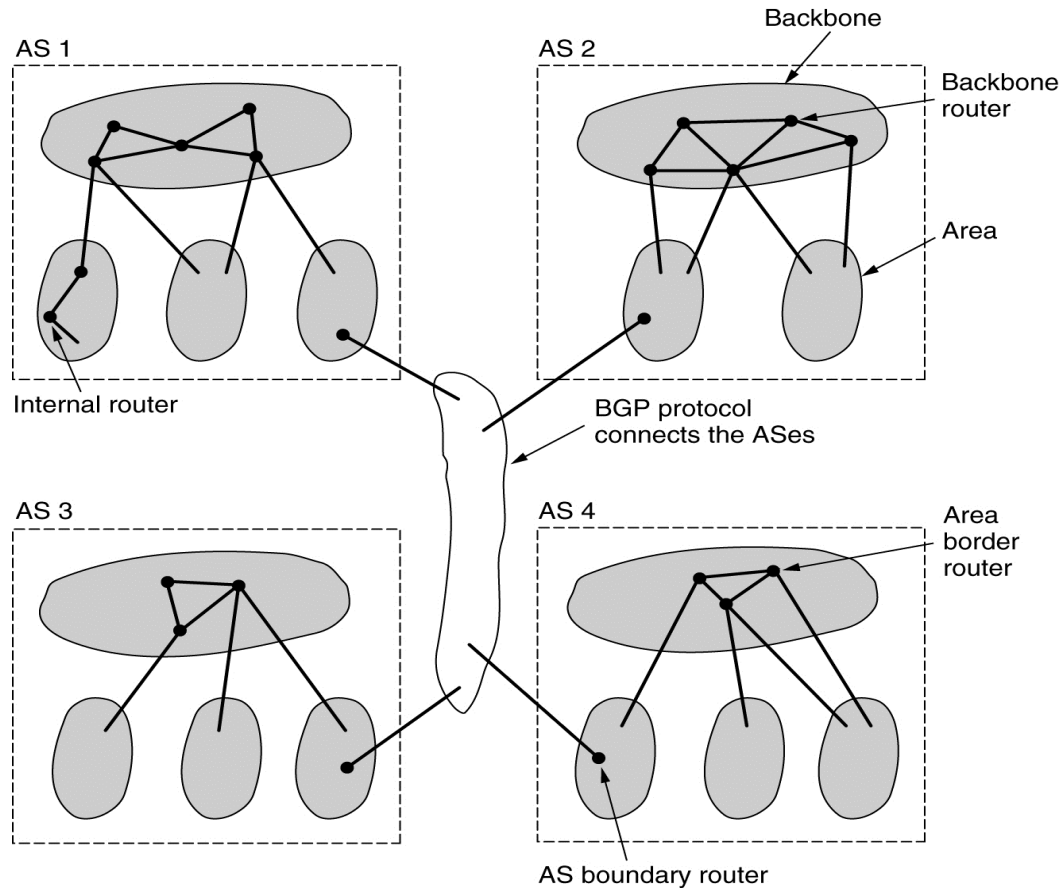




## OSPF: Open Shortest Path First

- Con el protocolo es posible subdividir las redes en áreas
- Los enrutadores pueden pertenecer o no a las áreas
- Todas las áreas poseen red de trocal (backbone)

## OSPF: Open Shortest Path First



[1] Tanenbaum, Andrew S. , "Redes de computadoras", Quinta Edición, Editorial Pearson Educación de México, 2011, ISBN 9786073208178.

[2] Stallings, William, "Data and computer communications", Novena Edición, Pearson Prentice Hall, 2011, ISBN 9780131392050

[3] Parkhurst, Bill, "Routing first-step ", Cisco Press, 2005, ISBN 978-1587201226

[4] Natalia Olifer, Victor Olifer, "Redes de computadoras : principios, tecnologías y protocolos para el diseño de redes" Primera edición, McGraw Hill, 2009, 978970107249



# GRACIAS

Dudas, preguntas, comentarios...



# UAEM