

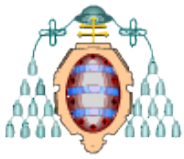
INGENIERÍA DE REDES

Grado en Ingeniería Informática

Tema 2:

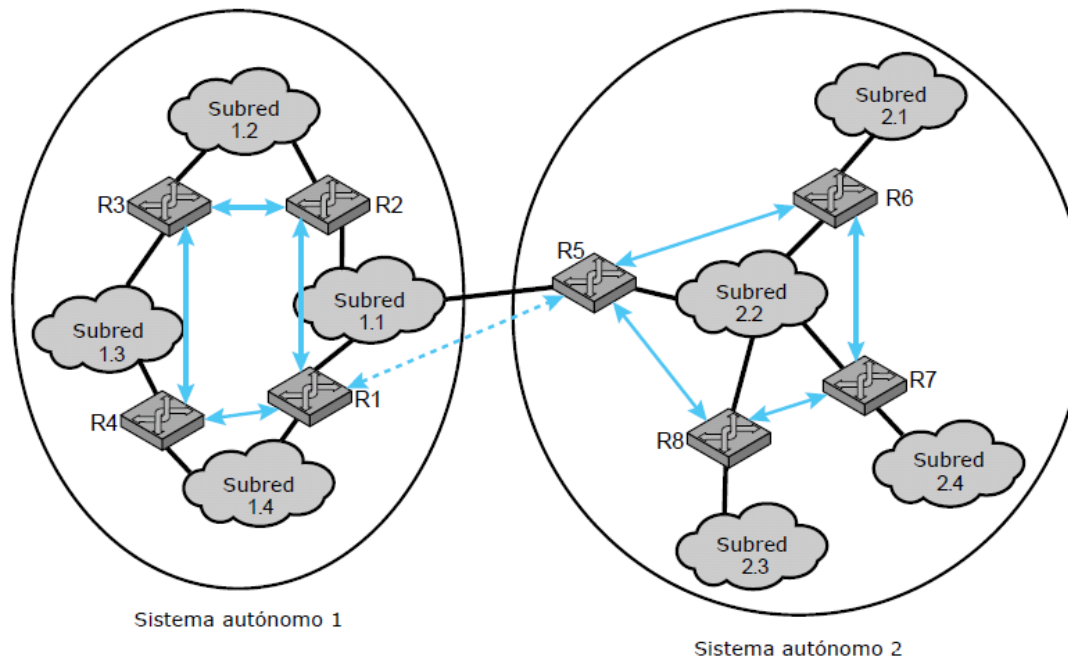
Interconexión de redes

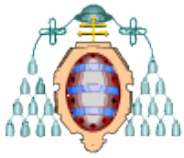
Jose Angel Vallejo Pinto
Roberto García Fernández
Área de Ingeniería Telemática
Universidad de Oviedo



ÍNDICE

1. Sistemas autónomos
2. Protocolos de encaminamiento
3. Protocolos de encaminamiento interior
4. Protocolos de encaminamiento exterior

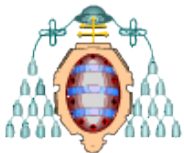




Sistema Autónomo (AS)

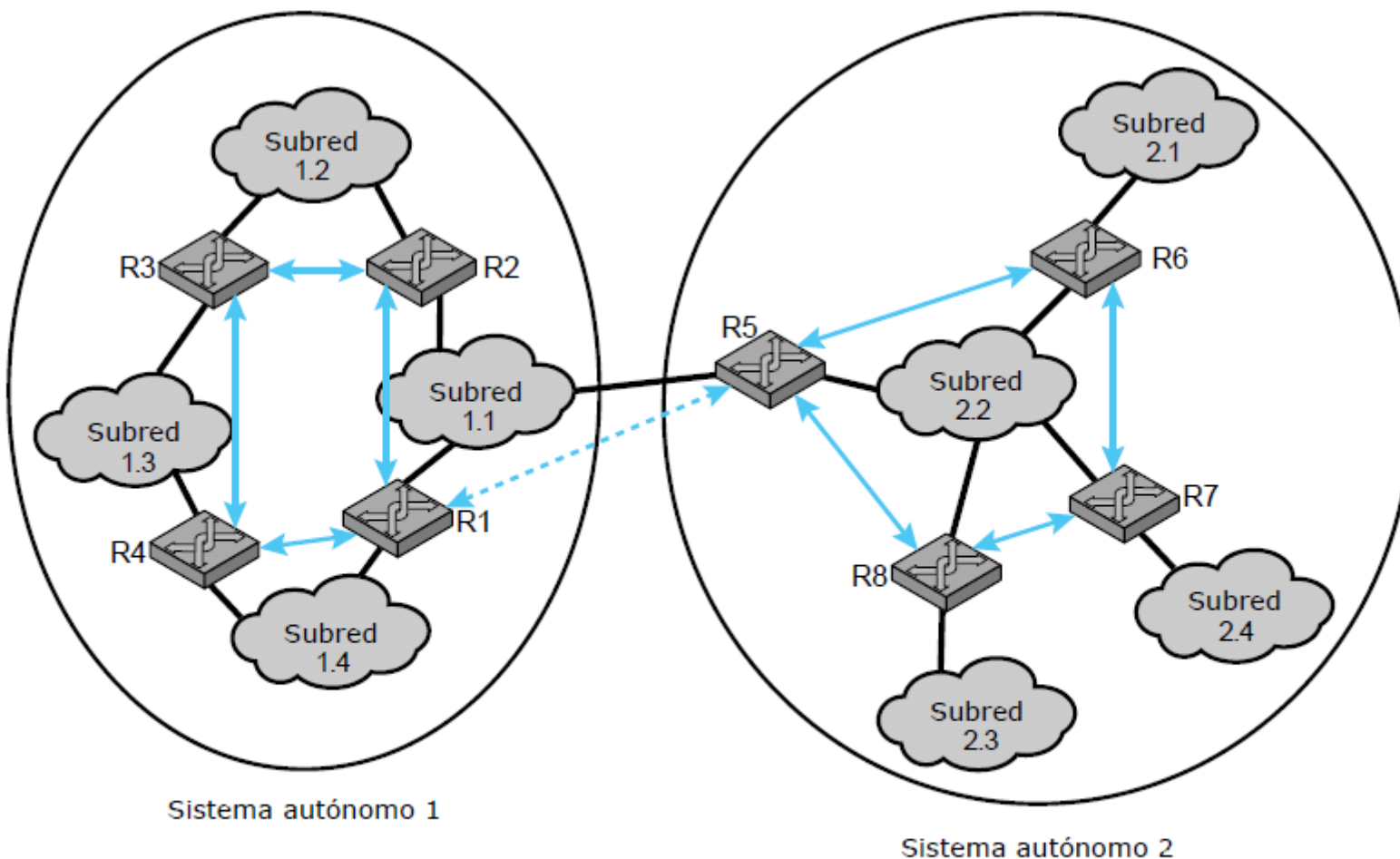
*Ingeniería
Telemática*



- Conjunto de redes y routers administrados por una única organización.
- Los routers suelen intercambiar información utilizando un protocolo de encaminamiento común.
- Aunque se empleen varios protocolos de encaminamiento, desde el exterior el AS debe mostrarse con un plan de encaminamiento interior coherente.
- Existe al menos una ruta o camino entre cada par de nodos.

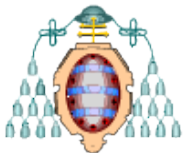


Sistema Autónomo (AS)

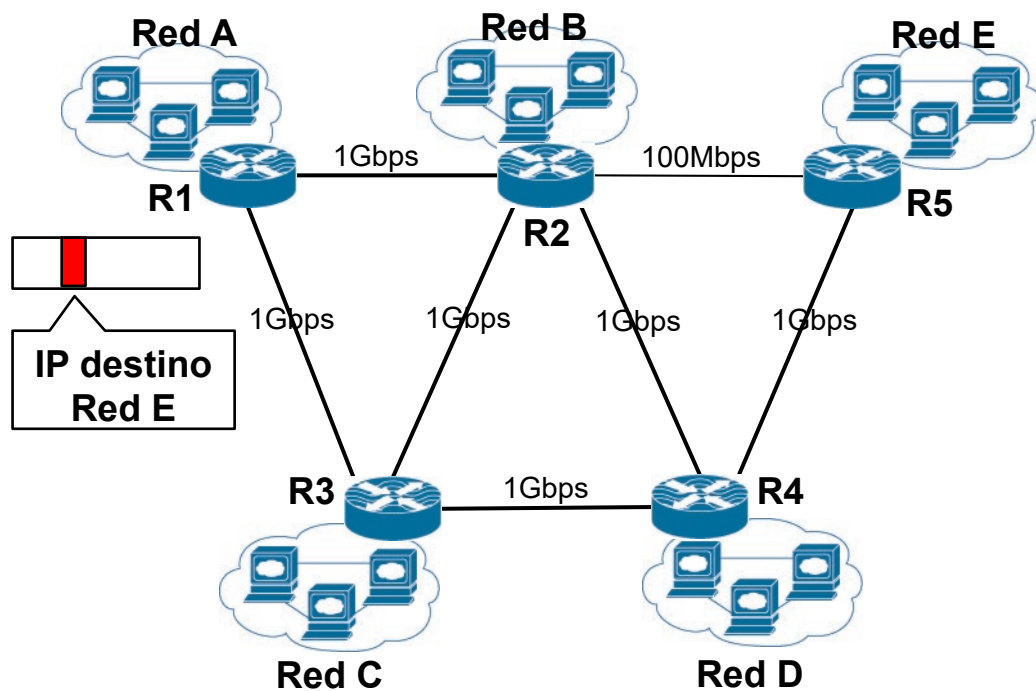
Ingeniería
Telemática



Protocolo de encaminamiento interior 
Protocolo de encaminamiento exterior 



Tablas de *routing*



R1# show ip route

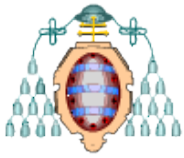
Dest	Next	Metric
A	R1	0
...
E	R2	1

R2# show ip route

Dest	Next	Metric
A	R1	1
B	R2	0
C	R3	1
D	R4	1
E	R4	2

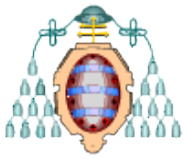
R4# show ip route

Dest	Next	Metric
A	R3	2
B	R2	1
C	R3	1
D	R4	0
E	R5	1



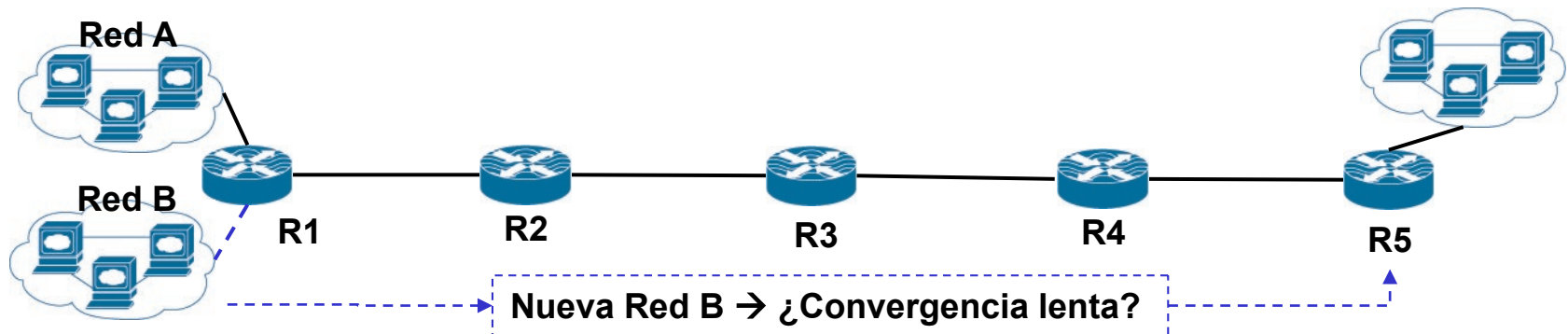
Tipos y protocolos de encaminamiento

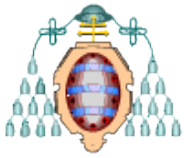
- El proceso realizado por los **dispositivos de encaminamiento** (routers) puede ser de dos tipos:
 - **Estático:** La tabla de encaminamiento se configura manualmente y no cambia.
 - **Dinámico:** La tabla de encaminamiento cambia para ajustarse a los cambios en la topología o en el tráfico.
 - Utiliza un **protocolo de encaminamiento para compartir** información entre los dispositivos de encaminamiento.
- Los protocolos de encaminamiento deben ocuparse de lo siguiente:
 - Recibir y reenviar paquetes a través del conjunto de redes interconectadas.
 - Evitar los tramos de red congestionados, para lo que necesitan **información de encaminamiento: conocer las redes accesibles, los** retardos, la topología de la red, etc.
 - Utilizan un **algoritmo de encaminamiento para la toma de** decisiones de encaminamiento para un datagrama en particular.
- Dentro de la arquitectura TCP/IP son necesarios métodos de gestión de tráfico y de control de congestión que admitan una gran diversidad de tráfico con distintos requisitos en cuanto a calidad de servicio (QoS).



Tiempo de convergencia

- La convergencia se produce cuando todos los routers de la red operan con el mismo conocimiento.
- Siempre que la topología de una red cambia por razones de crecimiento, reconfiguración o fallos, se deben recalcular las tablas de encaminamiento de tal forma que reflejen una visión exacta y coherente de la nueva topología.
- La convergencia rápida es una función de red deseable, ya que reduce el periodo de tiempo durante el cual los routers continúan tomando decisiones de encaminamiento incorrectas o que causan desperdicio del ancho de banda.
- El proceso y el tiempo necesarios para alcanzar la convergencia dependen del protocolo de encaminamiento utilizado.

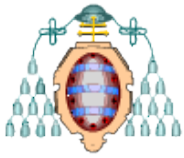




Clasificación de los protocolos de encaminamiento

*Ingeniería
Telemática*

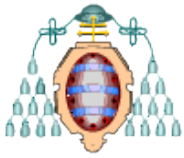
- **Protocolo de encaminamiento interior (IRP; Interior Routing Protocol).**
 - Utilizado por los routers de un sistema autónomo (AS) para intercambiar información de encaminamiento.
 - Ejemplos: RIP, OSPF, EIGRP, IS-IS, . . .
- **Protocolo de encaminamiento exterior (ERP; Exterior Routing Protocol).**
 - Utilizado por los routers de distintos sistemas autónomos para intercambiar información de encaminamiento.
 - Ejemplos: BGP, EGP, . . .



Características de los protocolos de encaminamiento interior

*Ingeniería
Telemática*

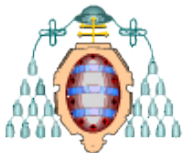
- Definen el conjunto de reglas que utiliza un dispositivo de encaminamiento (router) para compartir información con sus vecinos
- Los mensajes de los protocolos de encaminamiento se intercambian entre los routers
- Un protocolo de encaminamiento describe:
 - Cómo enviar actualizaciones.
 - Qué información contienen esas actualizaciones.
 - Cuándo enviar esa información.
 - Cómo localizar a los destinatarios de las actualizaciones.
- Cuando un router actualiza una tabla de encaminamiento, su objetivo principal es determinar cuál es la mejor información que debe incluir en la tabla
- Cada algoritmo de encaminamiento interpreta lo que es mejor a su manera
- El algoritmo genera un número, denominado **métrica**, para cada ruta a través de la red
- Normalmente, cuanto menor sea la métrica mejor será la ruta.



Protocolos de encaminamiento interior

*Ingeniería
Telemática*

- Son los protocolos que utilizan los routers dentro de un AS para intercambiar información de encaminamiento
- La mayoría de los IRP se pueden clasificar en uno de estos dos tipos:
 - **Vector-distancia (DS; Distance-Vector)**
 - **Estado de enlace (LS; Link-State)**
- Existen también algoritmos híbridos, que combinan aspectos de los algoritmos de estado de enlace y vector-distancia. Ejemplo: EIGRP.
- Vector-distancia:
 - Determinan la dirección (vector) y la distancia hacia cualquier enlace en la red.
 - Los routers no conocen la topología exacta de la red
 - Ejemplo: RIP, IGRP.
- Estado de enlace:
 - Recrean la topología exacta de toda la red o, por lo menos, de la parte donde se encuentra el router
 - Ejemplo: OSPF



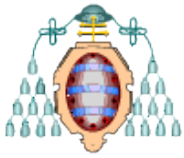
Protocolos de routing dinámico

Ingeniería
Telemática

	Protocolos IRP				Protocolos ERP
	Vector-distancia		Estado de enlace		Vector-ruta
IPv4	RIPv2	EIGRP	OSPFv2	IS-IS	BGP4
IPv6	RIPng	EIGRP para IPv6	OSPFv3	IS-IS para IPv6	BGP-MP

↑
**Métrica
número saltos**

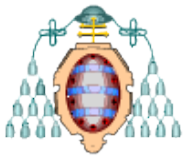
↑
**Métrica
coste enlace**



Protocolos de vector-distancia

Ingeniería
Telemática

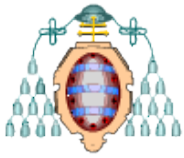
- Cada nodo, router o host, intercambia información con los nodos vecinos (directamente conectados a la misma red)
- Cada nodo mantiene un vector de costes de enlace para cada red conectada directamente y los vectores de distancia y siguiente salto para cada destino
 - Las tablas de encaminamiento contienen, para cada red de destino, la dirección lógica (**vector**) **del primer router de la ruta** y una cifra que indica la **distancia a la que se encuentra dicha** red por esa ruta (definida por la métrica)
- Requiere transmitir mucha información entre los routers
 - Vector de distancia a cada uno de sus vecinos, que contiene el coste estimado de la ruta a todas las redes de la configuración
 - La propagación de esta información puede llevar mucho tiempo
- Ejemplo de protocolo de este tipo: RIP



Protocolos de vector-distancia

Ingeniería
Telemática

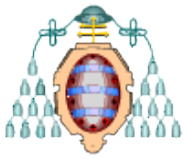
- El proceso que sigue un router que emplee un protocolo de vector-distancia es el siguiente:
 - Comienza identificando a sus vecinos. Una interfaz que conduce a redes conectadas directamente tiene una distancia de 0
 - Con la información que recibe de sus vecinos actualiza su tabla de encaminamiento aumentando en 1 el valor de la distancia
 - Según avanza el proceso de descubrimiento de la red, los routers descubren la mejor ruta hacia las redes de destino, de acuerdo a la información de vector-distancia que reciben de cada vecino
- El algoritmo acumula información acerca de las distancias a las que se encuentran las redes destino, lo que permite a cada router mantener una base de datos con la topología de la red. Sin embargo, **los protocolos de vector-distancia no permiten que un router conozca la topología exacta de una red, ya que cada router sólo ve a sus routers vecinos.**
- Las actualizaciones periódicas entre routers informan de los cambios en la topología. Estas actualizaciones avanzan paso a paso, de un router a otro.



RIP (Routing Information Protocol)

*Ingeniería
Telemática*

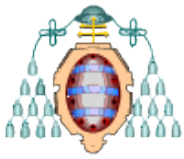
- Algoritmo de encaminamiento original de ARPANET
- Protocolo de encaminamiento por vector-distancia
- Versión distribuida del algoritmo de Bellman-Ford
- Métrica:
 - Número de saltos (nº de routers en el camino)
 - Si el número de saltos es superior a 15 el paquete se descarta
- Actualizaciones de encaminamiento:
 - Cuando se arranca la red se obtienen los vectores de los vecinos para establecer la ruta inicial
 - Después, se envían por difusión cada 30 segundos
 - Las actualizaciones se propagan a través de la red
 - El algoritmo converge en un tiempo finito proporcional al número de routers



RIP (Routing Information Protocol)

Ingeniería
Telemática

- Los mensajes de RIP se envían mediante UDP
- Los routers actualizan sus tablas tras la recepción de los vectores de distancia de sus vecinos
 - Añaden nuevas redes de destino
 - Reemplazan las rutas existentes por otras de menor coste (métrica).
 - Si un router debe actualizar su tabla con la información que recibe de un router R, actualizará todas las rutas usando R como siguiente salto y también actualizará la métrica
- Validez de las rutas
 - Un router marca una ruta como no válida cuando no recibe actualizaciones de un vecino durante un periodo de 180 segundos, ya que supone que hay un fallo en el enlace o que la conexión a la red es inestable
 - La distancia (métrica) para una ruta no válida se considera infinita: 16 saltos.

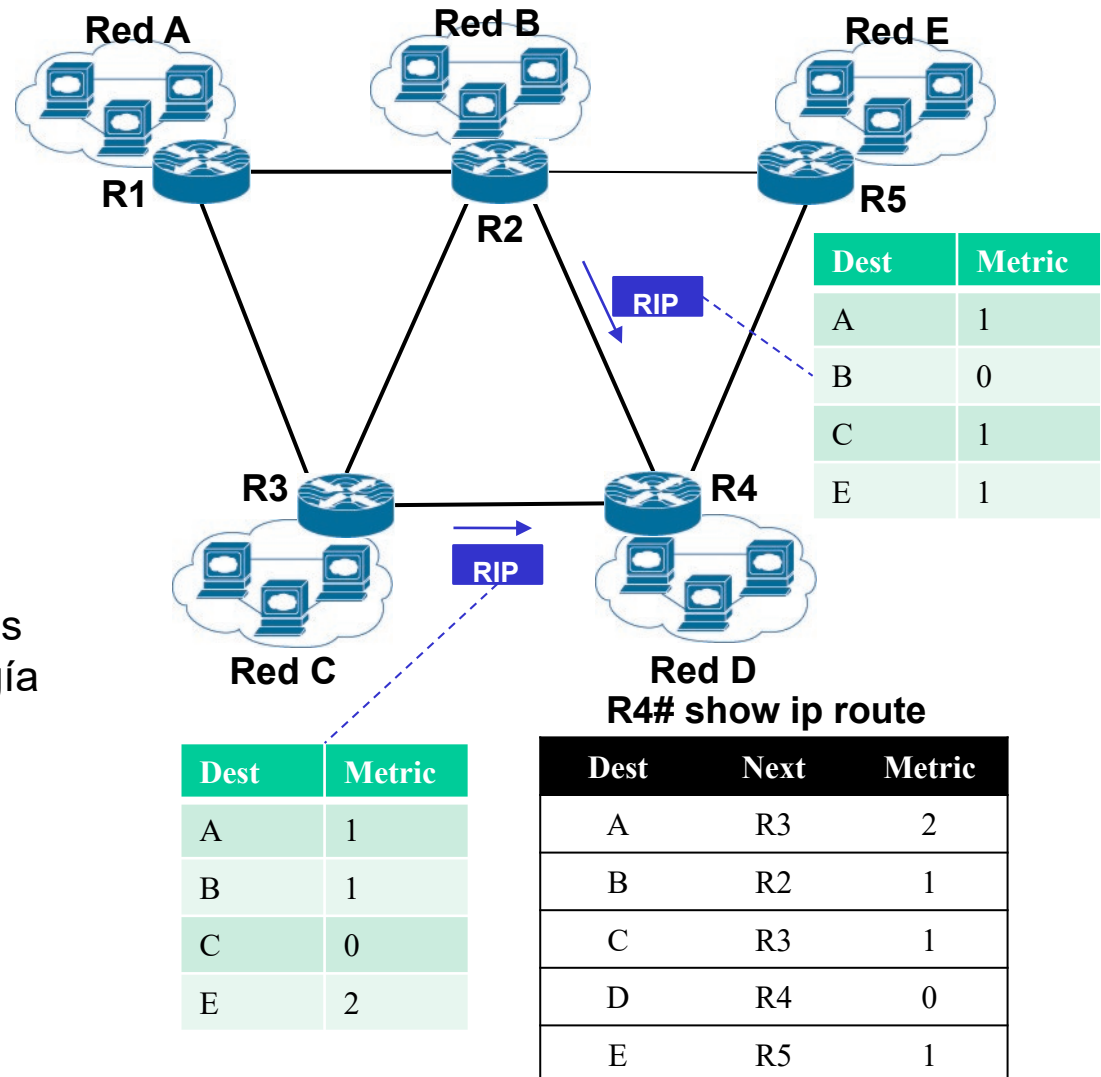


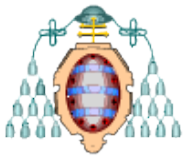
RIP (Routing Information Protocol)

Ingeniería
Telemática

Resumen RIP

- Tabla de rutas
 - Vector + distancia
- Métrica: # saltos al destino
- Envío rutas a vecinos
- Algoritmo de Bellman-Ford
- Actualizaciones rutas 30 segundos
- Tamaño máximo 15 saltos
- Distancia infinita 16 saltos
- Ruta no válida 180 segundos
- Routers no conocen topología de red
- RIPv1
 - no seguridad
 - no VLSM
- Solución RIPv2

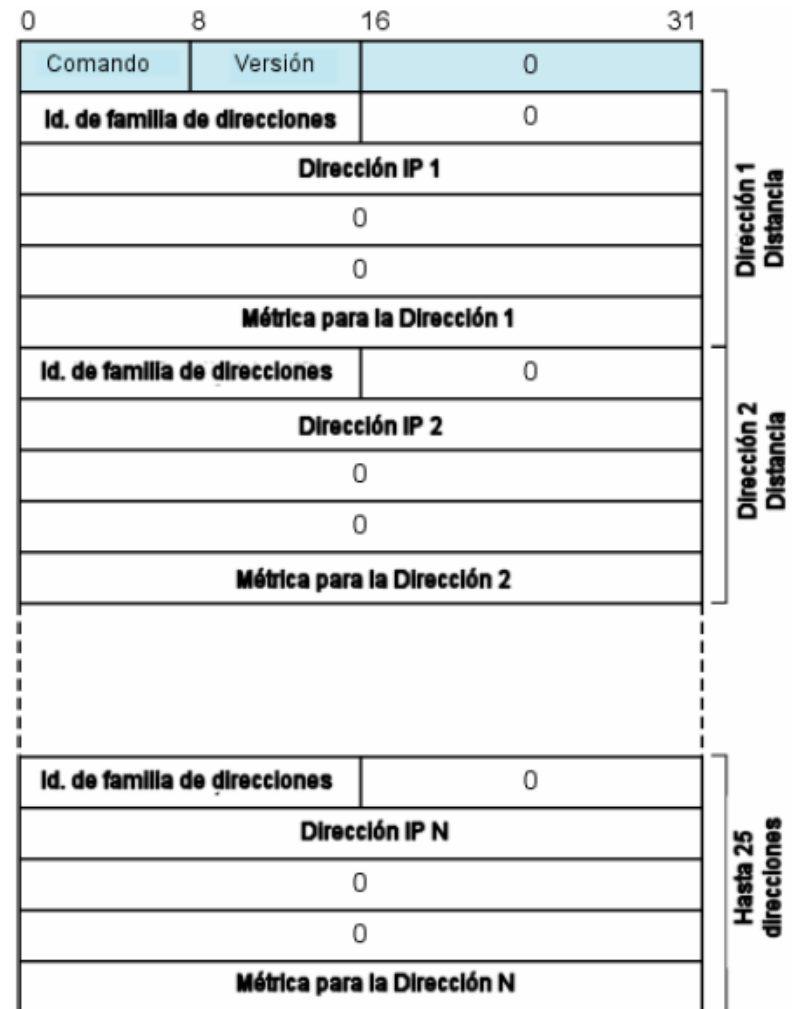


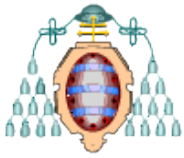


RIP: Formato de los paquetes

Ingeniería
Telemática

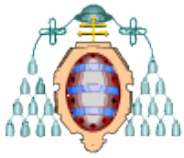
- Comando: 1=request, 2=reply
 - Las actualizaciones son respuestas (reply) tanto si se piden como si no
 - El nodo inicial difunde peticiones, que son respondidas inmediatamente
- Versión: 1 ó 2
- Familia de direcciones: 2 para IP
- Dirección IP de la red destino, con la parte de red distinta de cero y la parte de host a cero
- Métrica
 - Distancia desde este router hasta la red
 - Cuenta de saltos





RIP: Problemas

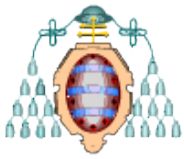
- Los destinos con una métrica superior a 15 son inalcanzables
- Si se permitiese una métrica mayor la convergencia sería muy lenta
- El uso como métrica de una simple cuenta de saltos puede dar lugar a rutas no óptimas
 - Los paquetes se pueden enviar por enlaces demasiado lentos
- La versión 1 presenta problemas adicionales:
- Falta de seguridad
 - Un router acepta actualizaciones RIP procedentes de cualquier dispositivo
 - Un dispositivo mal configurado o intencionado podría hacer que funcionase mal toda la configuración de la red
- No admite redes con máscara de subred de tamaño variable



Problemas de los protocolos de vector-distancia

*Ingeniería
Telemática*

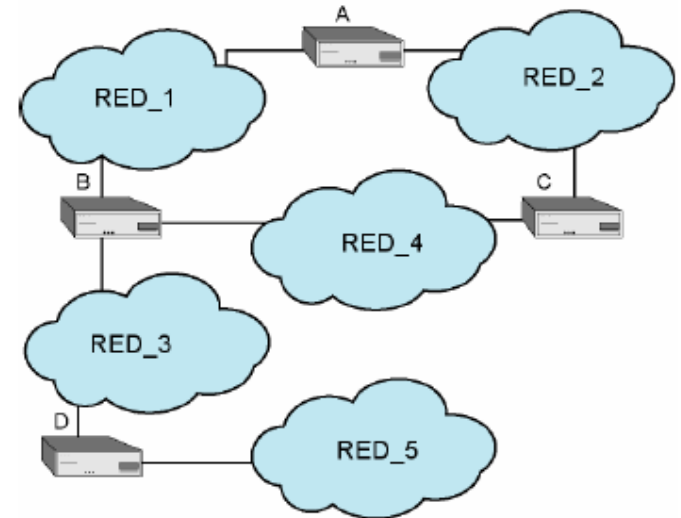
- **Los bucles de enrutamiento**
 - Los provoca un tiempo de convergencia excesivo. Cuando falla un enlace, la información que contienen las tablas de encaminamiento de los routers puede no ser coherente desde que se produce el fallo hasta que se alcanza la convergencia, lo que puede producir bucles en el proceso de encaminamiento de los paquetes.
 - Se soluciona mediante estrategias como:
 - Horizonte dividido.
 - Actualizaciones inversas envenenadas.
 - Actualizaciones desencadenadas.
- **Cuenta al infinito**
 - Se deriva del problema anterior, puesto que las actualizaciones erróneas continuarán generando bucles hasta que algún otro proceso lo detenga. De no ser así, los paquetes recorrerán la red en un ciclo continuo.
 - Para evitar este problema, los protocolos de vector-distancia definen el infinito como un número máximo específico en función de la métrica utilizada.



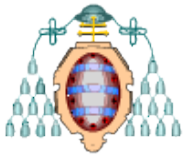
El problema de la cuenta al infinito

Ingeniería
Telemática

- B estima que la distancia hacia Red 5 vale 2 a través de D
 - A y C estiman una distancia de 3 hacia Red 5 a través de B



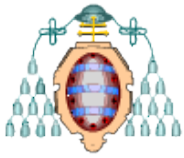
- **Si el router D falla:**
 - B determina que Red 5 ya no es alcanzable, actualiza su tabla y le asigna una distancia 4, en base a la información enviada por A y C
 - Después B envía su tabla a A y C, que actualizan la distancia hasta Red 5, que ahora valdrá 5 (4 desde B más 1 para alcanzar B)
 - B recibe de A y C el valor 5 para esa distancia y le asigna un valor 6
 - Esto se repite hasta que la distancia llega al valor 16 (infinito)
 - La ruta hacia Red 5 tarda de 8 a 16 minutos en resolverse



Soluciones para el problema de la cuenta al infinito

Ingeniería
Telemática

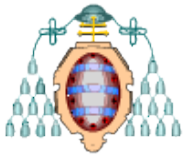
- **Horizonte dividido.**
- Se debe a una confusión entre B y A, y entre B y C, ya que cada uno de ellos cree que Red 5 se puede alcanzar a través del otro.
- La solución consiste en no enviar información sobre una ruta por el mismo enlace por el que ha llegado, para que quien envía la información esté más cerca del destino que quien la recibe.
- La ruta errónea se elimina en un periodo de 180 segundos (fin de temporización de las actualizaciones).
- Evita los bucles y disminuye el tiempo de convergencia.
- **Actualizaciones inversas envenenadas.**
- Consiste en enviar actualizaciones hacia los vecinos con una métrica de valor 16 para todas las rutas aprendidas a través de esos vecinos.
- Si dos routers tienen rutas apuntando uno al otro, el anuncio de una ruta inversa con métrica 16 deshace el bucle inmediatamente.
- **Actualizaciones desencadenadas.**
- Cuando un router cambia el coste de una ruta, envía la tabla de vectores distancia modificada a los dispositivos vecinos.
- Las notificaciones de cambios en la topología se propagan rápidamente, sin esperar al intervalo periódico normal.



Protocolos de estado de enlace

*Ingeniería
Telemática*

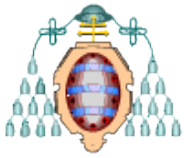
- Representan la segunda generación de protocolos de encaminamiento
- Los routers mantienen una base de datos compleja, con la información de la topología de la red completa, que incluye a los routers lejanos y a cómo están interconectados. Los protocolos de vector-distancia, por el contrario, proporcionan información indeterminada sobre las redes lejanas y no tienen información acerca de los routers distantes
- Se basan en:
 - **Mensajes LSA (Link State Advertisements)**; Publicaciones de estado de enlace): son mensajes de pequeño tamaño que comunican los cambios en la topología
 - Cada router, en paralelo con los demás, genera una base de datos topológica con todos los LSA generados en la red
 - Con esta base de datos cada router construye un árbol, en cuya raíz estará situado él mismo, y que contendrá todas las rutas posibles hacia cualquier red de destino. Entonces clasifica las rutas en busca del camino más corto, utilizando un algoritmo SPF (Shortest Path First), que suele ser el algoritmo de Dijkstra pero podría ser otro
 - Una tabla de encaminamiento.
- Ejemplo de protocolo de este tipo: OSPF (Open Shortest Path First).



Protocolos de estado de enlace

*Ingeniería
Telemática*

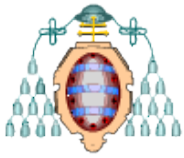
- Siempre que cambia la topología, el router que primero lo advierte informa a los demás o a un router designado, que los demás pueden usar para realizar las actualizaciones. Esto implica el envío de la misma información de encaminamiento a todos los routers de la red
- Para lograr la convergencia, cada router debe hacer lo siguiente:
 - Mantener un seguimiento de los routers vecinos: nombre, si se encuentra conectado o desconectado y coste del enlace
 - Construir un paquete LSA con los nombres de los routers vecinos y los costes de enlace, incluyendo los nuevos vecinos, los vecinos desconectados y los cambios en los costes
 - Enviar el paquete LSA a todos los demás routers
 - Cuando un router recibe un paquete LSA, lo registra en la B.D. para actualizar el último generado por cada router. Después, completa el mapa de la red usando datos de los paquetes LSA acumulados y calcula las rutas hacia todas las demás redes con el algoritmo SPF
 - Cada vez que un paquete LSA provoca un cambio en la B.D., el algoritmo recalcula las mejores rutas y actualiza la tabla de encaminamiento. Desde ese momento, cada router tiene en cuenta el cambio de topología al determinar las rutas más cortas.



OSPF (Open Shortest Path First)

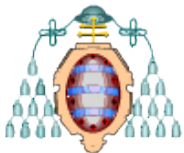
*Ingeniería
Telemática*

- Protocolo de estado de enlace
- Cada router mantiene una B.D. con la topología de la red, almacenada como un grafo dirigido y construida con la información de estado de enlace enviada por otros routers
 - Vértices o nodos
 - Router
 - Red
 - Arcos
 - Conexiones entre routers
 - Conexión de un router a una red
- Un router mantiene la descripción del estado de los enlaces locales
- Cuando se produce una actualización en el estado de un enlace envía información a todos los routers que conoce
- Cuando un router recibe una actualización debe enviar una confirmación, lo que genera mucho tráfico



OSPF: Coste del enlace

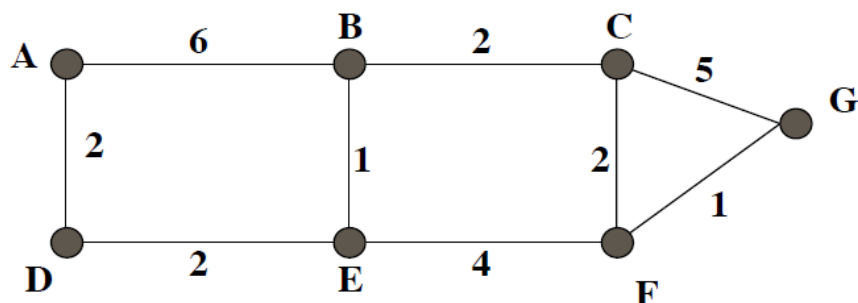
- Métrica:
 - Coste de cada salto en cada dirección
- OSPF proporciona un esquema de métrica flexible basado en el tipo de servicio (TOS)
 - Normal (TOS 0)
 - Minimizar coste monetario (TOS 2)
 - Maximizar fiabilidad (TOS 4)
 - Maximizar rendimiento (TOS 8)
 - Minimizar retardo (TOS 16)
- Cada router genera 5 árboles de expansión y 5 tablas de rutas



Arbol SPF- Algoritmo de Dijkstra

Ingeniería
Telemática

- Ejemplo: Árbol SPF (Shortest Path First) para el router C

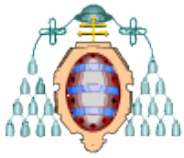


<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>	<u>D</u>	<u>E</u>	<u>F</u>	<u>G</u>
B/6	A/6	B/2	A/2	B/1	C/2	C/5
D/2	C/2	F/2	E/2	D/2	E/4	F/1
	E/1	G/5		F/4	G/1	

Mensajes LSP recibidos en C

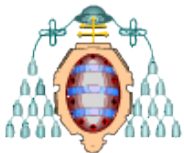
- Árbol SPF aplicando Dijkstra

Fuente: William Stallings
Data Computer and Communications

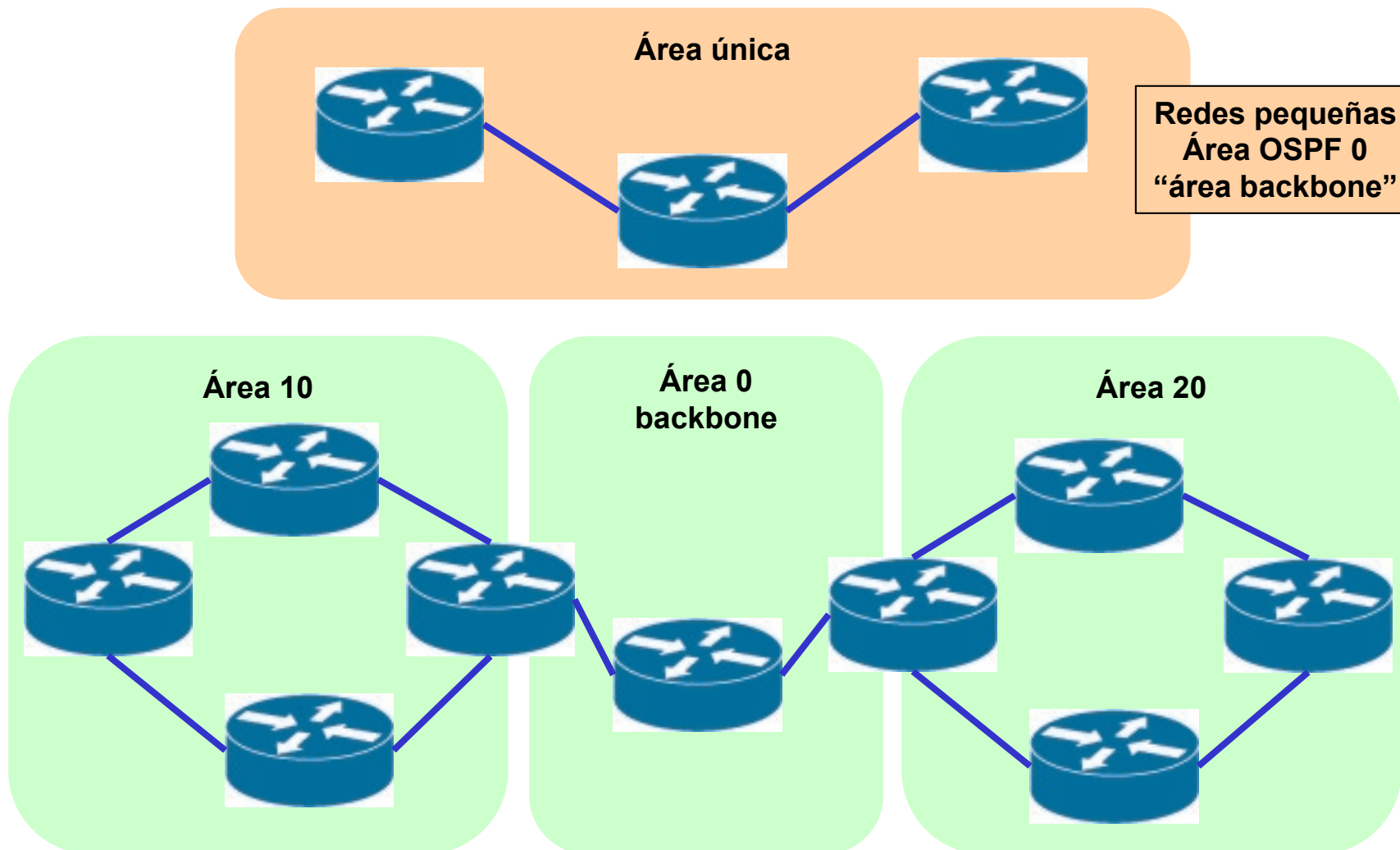


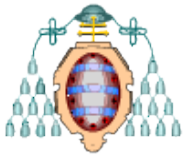
OSPF: Áreas

- Para gestionar una interconexión de redes muy grandes se hace una división en varias áreas más una red troncal
- **Área**
- Formada por un conjunto de estaciones de trabajo y redes
- contiguas, más los routers pertenecientes a dichas redes
- **Red troncal o área 0**
- Formada por una colección contigua de redes no contenidas en ninguna área, los routers conectados a ellas y los routers que pertenecen a más de una área
- Cada área ejecuta una copia separada del algoritmo de estado de enlace
- Mantiene una base de datos con la topología del área
- La información de estado de enlace se difunde sólo entre los routers del área, lo que reduce el tráfico
- El encaminamiento dentro del área (intra-área) se basa únicamente en información de estado de enlace local



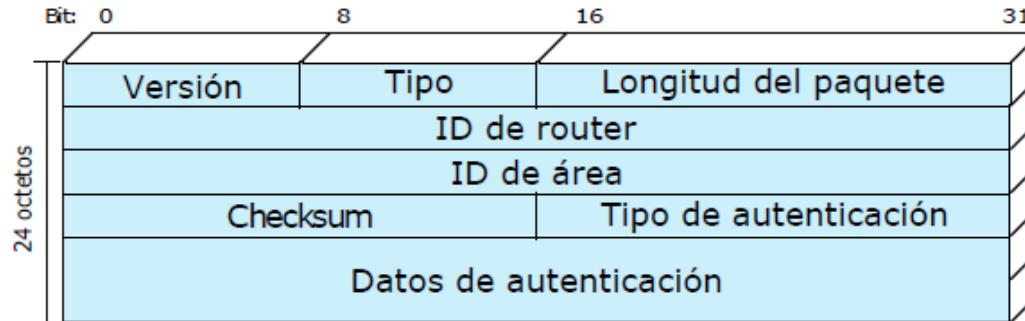
OSPF de área única



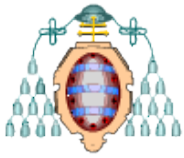


OSPF: Formato de los mensajes

Ingeniería
Telemática



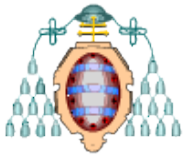
- Versión: 2
- Tipo:
 - **Hello:** Utilizado en el descubrimiento de vecino
 - **Database description:** Define un conjunto de información de estado de enlace presente en la base de datos de cada router
 - **Link state request:** Petición de estado de enlace
 - **Link state update:** Actualización de estado de enlace
 - **Link state acknowledgement:** Confirmación de estado de enlace
- Longitud del paquete: En bytes, incluyendo la cabecera
- Id de router: Origen de este paquete (32 bits)
- Id de área: Área a la que pertenece el router
- Tipo de autenticación: Nula, contraseña simple o cifrado
- Datos de autenticación: Para el procedimiento de autenticación



Problemas de los protocolos de estado de enlace

*Ingeniería
Telemática*

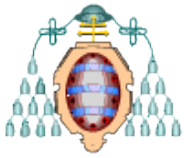
- El aspecto más complejo y más importante del encaminamiento por estado de enlace es asegurarse de que todos los routers obtengan los paquetes LSA necesarios
- Si la distribución de las LSA a todos los routers no se realiza correctamente, el encaminamiento por estado de enlace puede dar como resultado rutas no válidas. La ampliación de redes de gran tamaño con protocolos de estado de enlace puede agravar el problema de distribución incorrecta de paquetes LSA. Si una parte de la red se activa antes que otras, el orden para enviar y recibir paquetes LSA varía. Esta variación puede alterar e impedir la convergencia. Puede que los routers obtengan distintas versiones de la topología antes de construir sus árboles SPF y tablas de encaminamiento. En una red de gran tamaño, las partes que se actualizan más rápidamente pueden provocar problemas a las partes que se actualizan con más lentitud
- Los routers con distintos conjuntos de LSA calculan las rutas tomando como base distintos datos topológicos, lo que provoca que algunas redes sean inaccesibles debido al desacuerdo entre los routers acerca de un enlace



Protocolos de vector-distancia vs estado de enlace

*Ingeniería
Telemática*

- **Visión de la red**
 - Vector-distancia: obtiene datos topológicos mediante la información de la tabla de encaminamiento de sus vecinos. Los routers tienen poco conocimiento de las redes distantes y ninguno sobre los routers distantes. Determina la mejor ruta sumando el valor métrico que recibe al pasar la información de enrutamiento de un router a otro.
 - Estado de enlace: obtiene una visión de la topología de red completa acumulando todas las LSA necesarias. Permiten que un router conozca perfectamente cuáles son los routers distantes y cómo se interconectan. Cada router trabaja de forma independiente para calcular su propia ruta más corta hacia las redes de destino
- **Tiempo de convergencia**
 - Vector-distancia: los cambios en la topología se comunican mediante los intercambios periódicos de las tablas de encaminamiento entre vecinos. La información pasa de un router a otro, y como resultado se produce una convergencia más lenta
 - Estado de enlace: las actualizaciones provocan los cambios en la topología. Las LSA relativamente pequeñas que se pasan a todos los routers dan como resultado tiempos de convergencia menores



Protocolos de vector-distancia vs estado de enlace

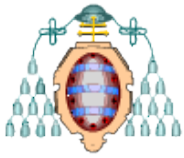
*Ingeniería
Telemática*

- **Memoria en los routers**

- Los protocolos de encaminamiento por estado de enlace requieren más memoria y más procesamiento en los routers que los protocolos de vector-distancia

- **Ancho de banda**

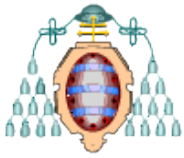
- Durante el proceso de descubrimiento inicial de la red, todos los routers que utilicen protocolos de estado de enlace envían paquetes LSA a los demás routers. Esta acción reduce temporalmente el ancho de banda disponible para el tráfico de datos de usuario. Después de esta fase de inundación inicial, los protocolos de estado de enlace generalmente requieren un ancho de banda mínimo para enviar paquetes LSA en comparación con el ancho de banda que requieren los protocolos de vector-distancia, que intercambian la tabla de encaminamiento entera a intervalos periódicos



Protocolos de encaminamiento exterior

*Ingeniería
Telemática*

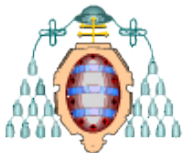
- Los protocolos de vector-distancia y estado de enlace no son adecuados como protocolos de encaminamiento exterior por diversas razones:
 - Distintos AS pueden utilizar distintas métricas
 - Los protocolos de vector-distancia asumen que todos los routers usan la misma métrica como distancia
 - Distintos AS pueden tener diferentes restricciones
 - Por ejemplo, que prohíban el acceso a otros sistemas autónomos. Los protocolos de vector-distancia no dan información sobre los sistemas autónomos visitados en la ruta hacia el destino
 - Por otra parte, el envío de información de estado a todos los routers como hacen los protocolos de estado de enlace no es viable
- En los protocolos de encaminamiento exterior es necesario emplear técnicas distintas



Protocolos de encaminamiento exterior

*Ingeniería
Telemática*

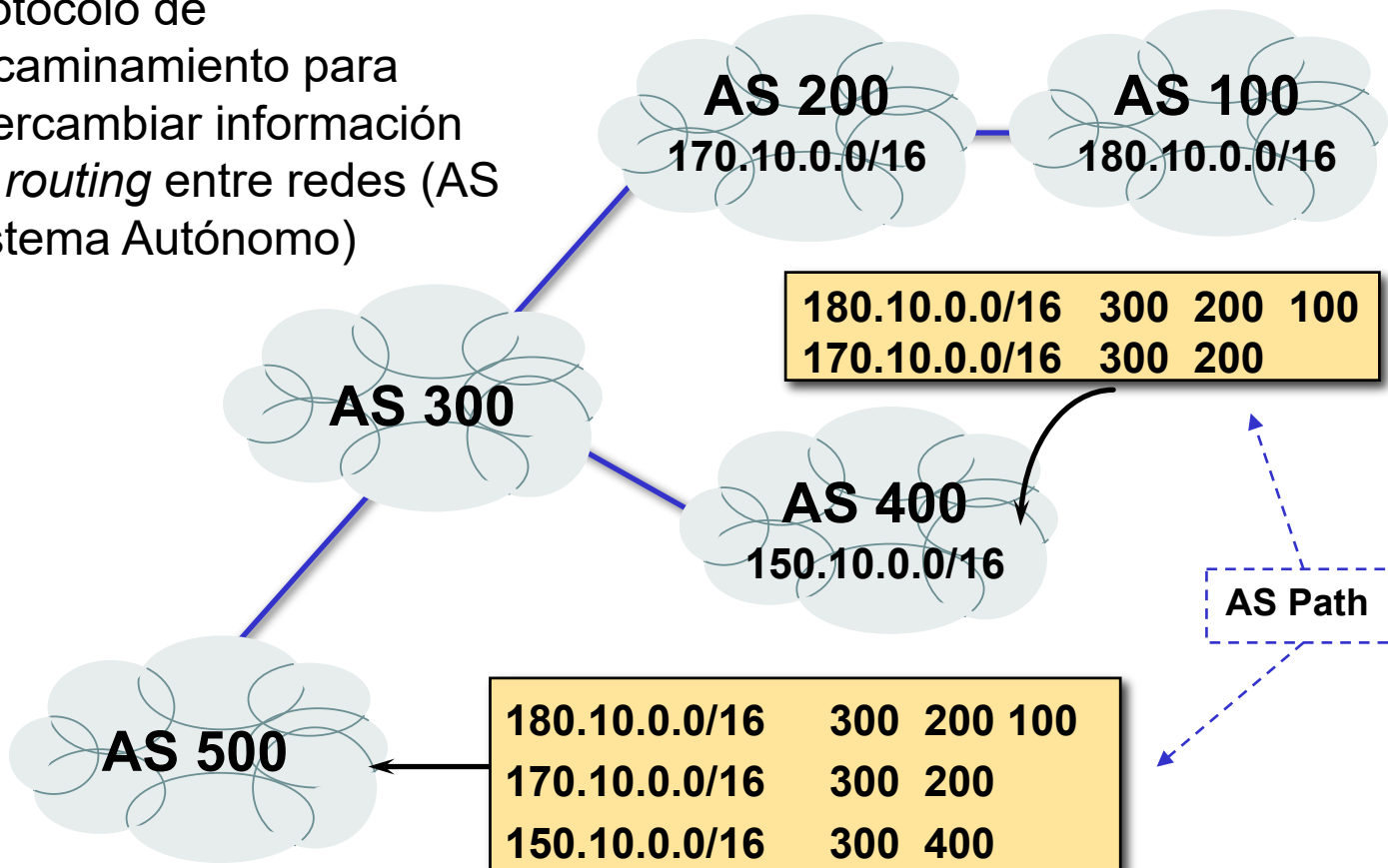
- No usan métricas
- Proporcionan información sobre cuáles son las redes que puede alcanzar un router y los sistemas autónomos que es necesario cruzar para llegar hasta ellas
 - No incluyen distancias o estimación de coste
- Cada bloque de información que se intercambia contiene todos los sistemas autónomos visitados a lo largo del camino
 - Permite al router llevar a cabo una política de encaminamiento. Por ejemplo, evitar un camino que atravesase un determinado AS, tener en cuenta la velocidad del enlace, capacidad, tendencia a congestión, seguridad, QoS o el número de AS que atravesar
- Un ejemplo de protocolo de encaminamiento exterior es BGP (protocolo de pasarela frontera)



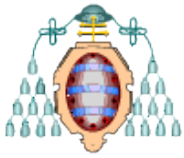
BGP (Border Gateway Protocol)

Ingeniería
Telemática

Protocolo de
encaminamiento para
intercambiar información
de *routing* entre redes (AS
Sistema Autónomo)



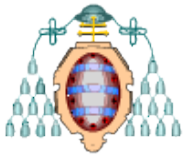
Fuente: BGP Deployment & Scalability. Cisco Systems



BGP (Border Gateway Protocol)

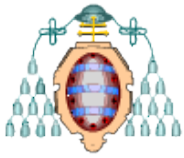
*Ingeniería
Telemática*

- Se utiliza en redes TCP/IP
- Es el protocolo de encaminamiento exterior estándar en Internet
- Se diseñó para el intercambio de información de encaminamiento entre routers de diferentes AS
- Los mensajes BGP se envían utilizando conexiones TCP y son los siguientes:
 - **Open** (abrir relación)
 - **Update** (actualizar)
 - **Keepalive** (mantener vivo)
 - **Notification** (notificación)
- Procedimientos BGP:
 - **Adquisición de vecino**
 - **Detección de vecino alcanzable**
 - **Detección de red alcanzable**



BGP: Funcionamiento

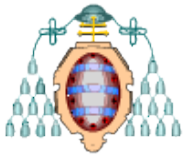
- Se consideran vecinos dos routers conectados a la misma subred.
- Si dos routers de distintos AS desean intercambiar información de encaminamiento, deben realizar la operación de **adquisición de vecino**:
 - El solicitante abre una conexión TCP y envía un mensaje **Open**.
 - Este mensaje contiene: el identificador del AS al que pertenece, la dirección IP del router y el valor que propone para el temporizador de mantenimiento.
 - Si el receptor acepta la solicitud, seleccionará un valor para el temporizador de mantenimiento (el valor mínimo entre su propio tiempo de mantenimiento y el que propone el emisor) y devolverá un mensaje **Keepalive**.
- Una vez establecida la relación de vecindad se utiliza el procedimiento de **detección de vecino alcanzable**, intercambiando periódicamente mensajes **Keepalive para mantenerla**.
- El valor del temporizador de mantenimiento indica el tiempo máximo en segundos que puede transcurrir entre mensajes **Keepalive o Update**.



BGP: Funcionamiento

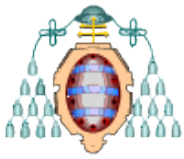
*Ingeniería
Telemática*

- BGP especifica un procedimiento para la **detección de red alcanzable**.
 - Cada router mantiene una base de datos con las redes que puede alcanzar y la ruta preferida para alcanzarlas.
- Siempre que se realiza un cambio en esta base de datos, el router envía un mensaje **Update (actualización) por difusión** a los demás routers que implementan BGP.
- Los mensajes **Update sirven para comunicar**:
 - Información sobre una ruta particular a través del conjunto de redes. Esta información se puede incorporar a la base de datos de cada dispositivo de encaminamiento que la recibe.
 - Una lista de rutas que van a eliminarse.
 - Los mensajes **Update contienen la siguiente información sobre** las rutas: origen (IRP o ERP), lista de AS atravesados, siguiente salto (dirección IP del siguiente router de frontera), información sobre las rutas internas a un AS, grado de preferencia de un router por una ruta particular, etc.

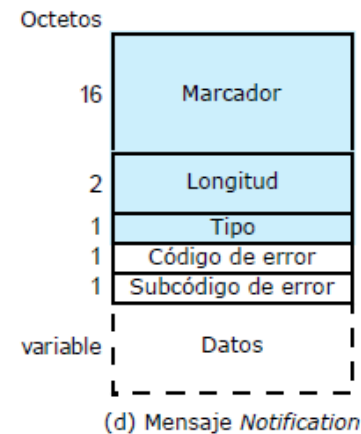
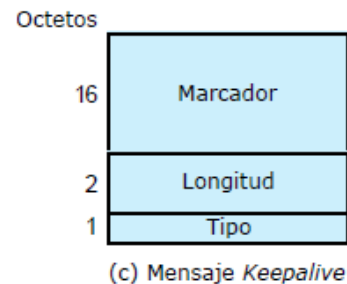
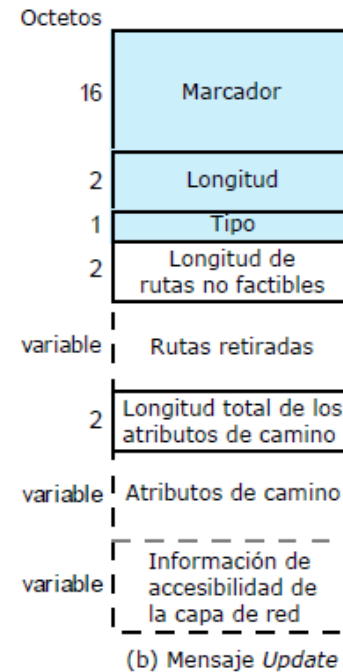
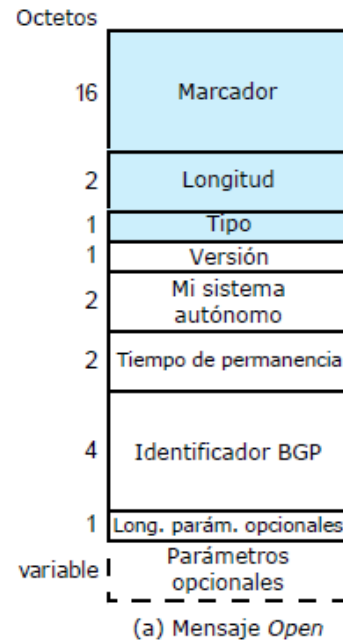


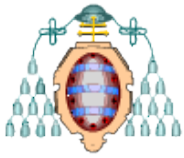
BGP: Funcionamiento

- Los mensajes de notificación (**Notification**) se envían cuando se produce un error:
 - Error en la cabecera del mensaje: incluye errores de sintaxis y autenticación.
 - Error en el mensaje **Open**: incluye errores de sintaxis y opciones no reconocidas en un mensaje Open.
 - Error en el mensaje **Update**: incluye errores de sintaxis y validación en un mensaje Update.
 - Tiempo de mantenimiento expirado: si el dispositivo de encaminamiento que envía no ha recibido sucesivos **Keepalive o Notification durante el tiempo de mantenimiento**, entonces se comunica y se cierra la conexión.
 - Error en la máquina de estados finitos: incluye cualquier error de procedimiento.
 - Cese: para cerrar la conexión con otro dispositivo de encaminamiento.



BGP: Formato de los mensajes

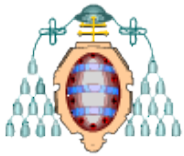




BGP: Formato de los mensajes

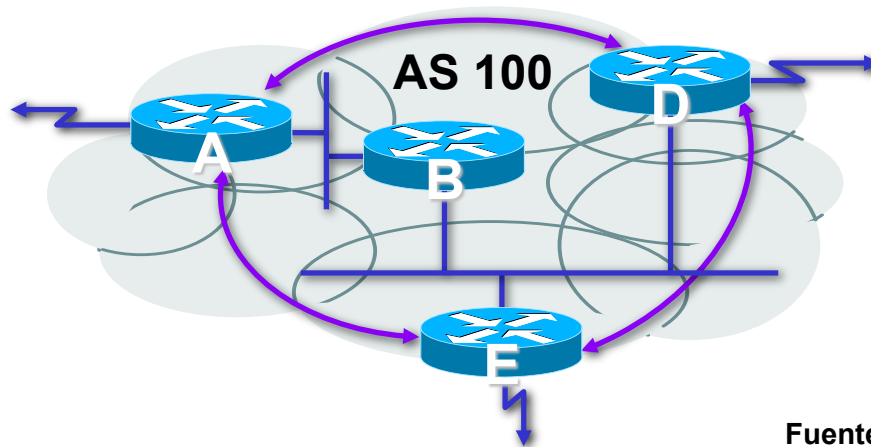
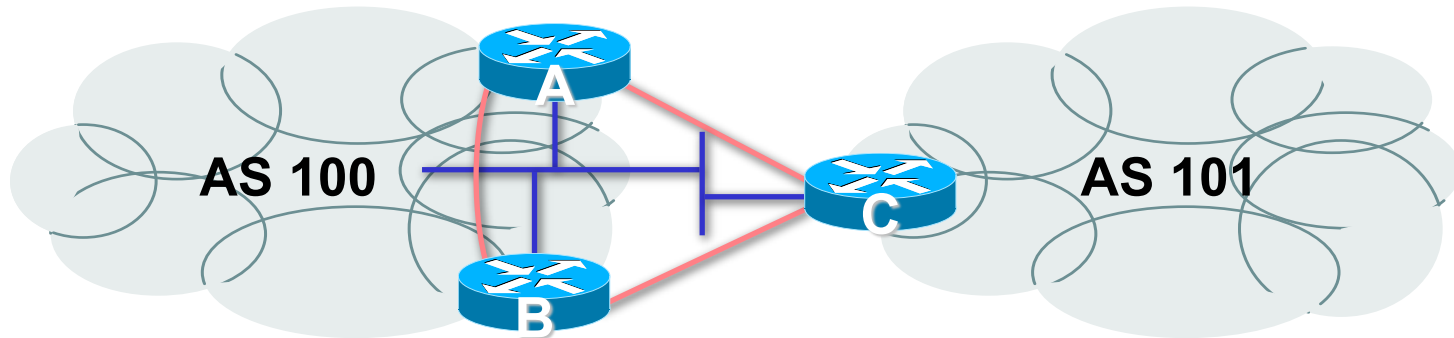
Ingeniería
Telemática

- Todos los mensajes tienen una cabecera de 19 octetos con tres campos fijos:
 - **Marcador:** reservado para autenticación.
 - **Longitud:** en octetos.
 - **Tipo:** Open, Update, Notification o Keepalive.
- Salvo los mensajes Keepalive, el resto tienen campos adicionales. Los más relevantes son:
 - **Mi sistema autónomo:** AS al que pertenece el emisor.
 - **Tiempo de permanencia:** valor propuesto para el temporizador de mantenimiento.
 - **Rutas retiradas:** rutas que se van a eliminar.
 - **Atributos de camino:** lista de atributos que se aplican a esta ruta particular.
Los principales son:
 - **Origen:** protocolo de encaminamiento interior o exterior.
 - **Camino AS:** lista de los AS que atraviesa la ruta.
 - **Siguiente salto:** dirección IP del dispositivo de encaminamiento frontera que se debe usar como siguiente salto.



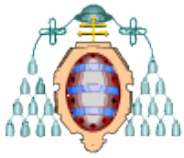
eBGP, iBGP

External BGP Peering (eBGP) Entre routers de diferentes AS



Internal BGP Peering (iBGP) Entre routers del mismo AS

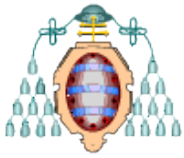
Fuente: BGP Deployment & Scalability. Cisco Systems



Atributos BGP

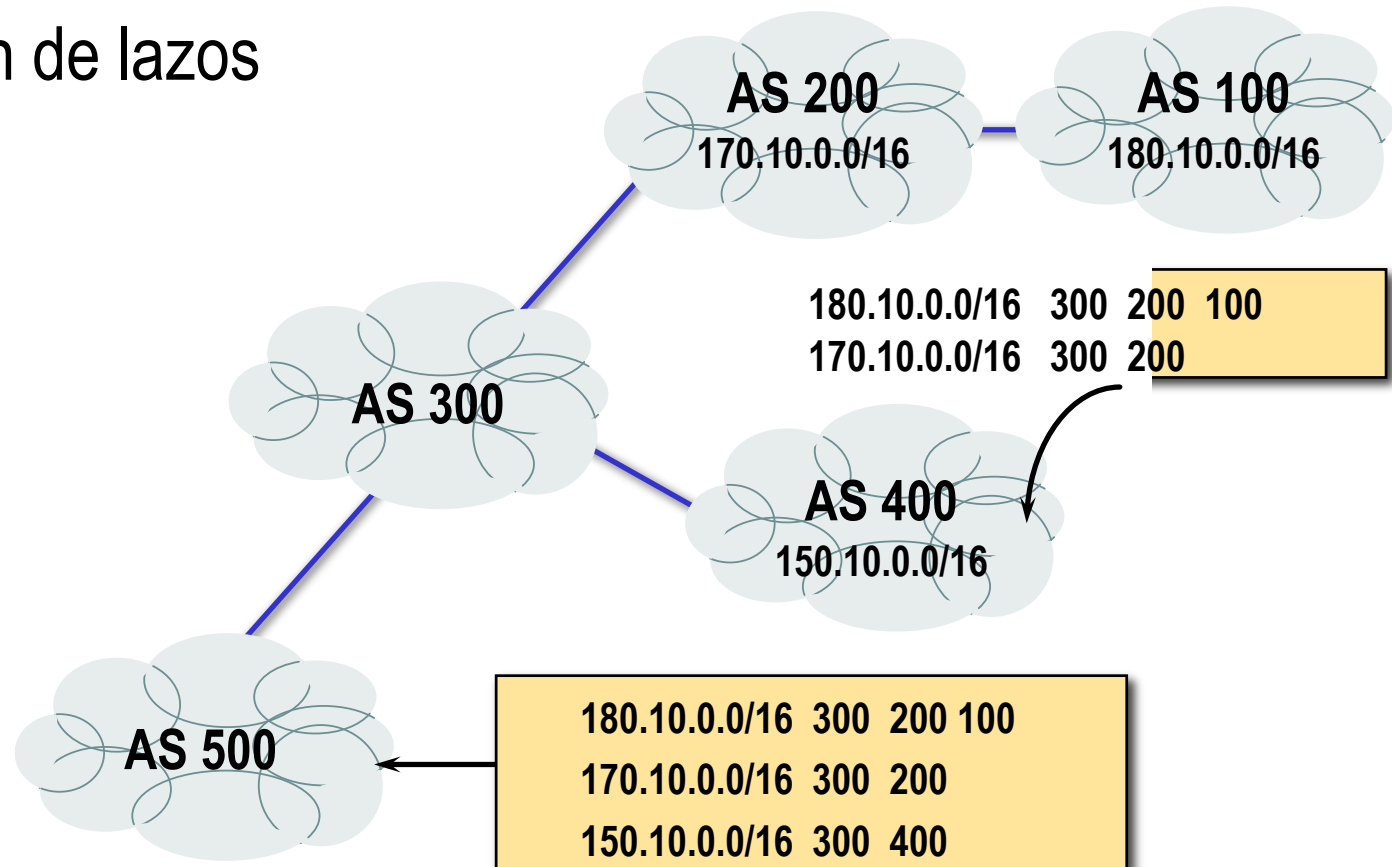


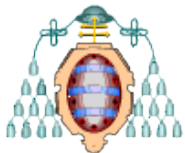
- **Next Hop:** Siguiente salto para alcanzar una red
- **AS Path:** Lista de ASs que atraviesa una ruta
- **Local Preference:** Mejor camino para el tráfico saliente
- **MED** (Multi-Exit Discriminator): Mejor camino para el tráfico entrante



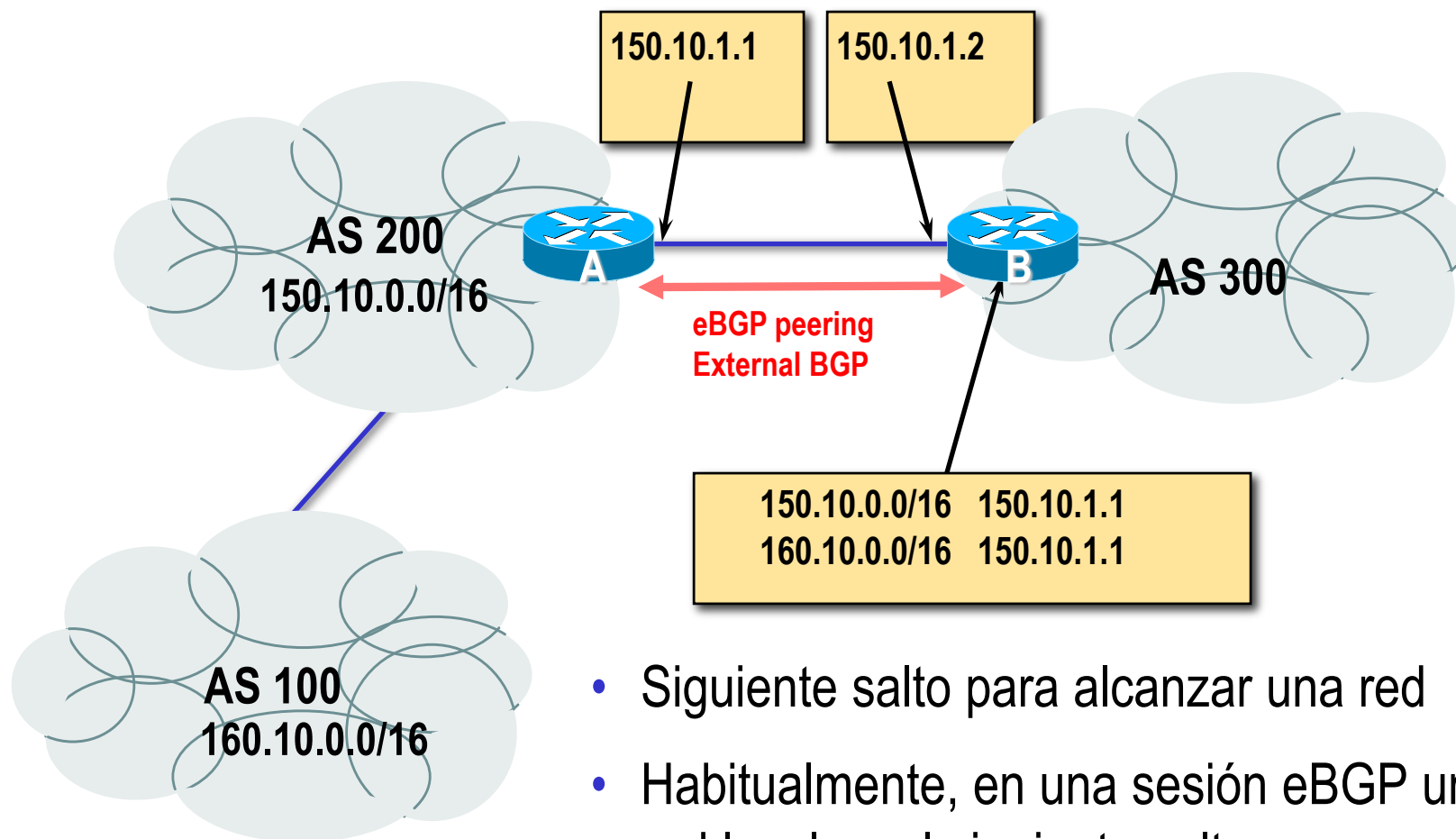
AS-Path

- Secuencia de ASs que atraviesa una ruta
- Detección de lazos

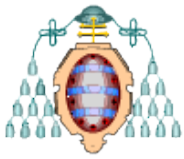




Next Hop

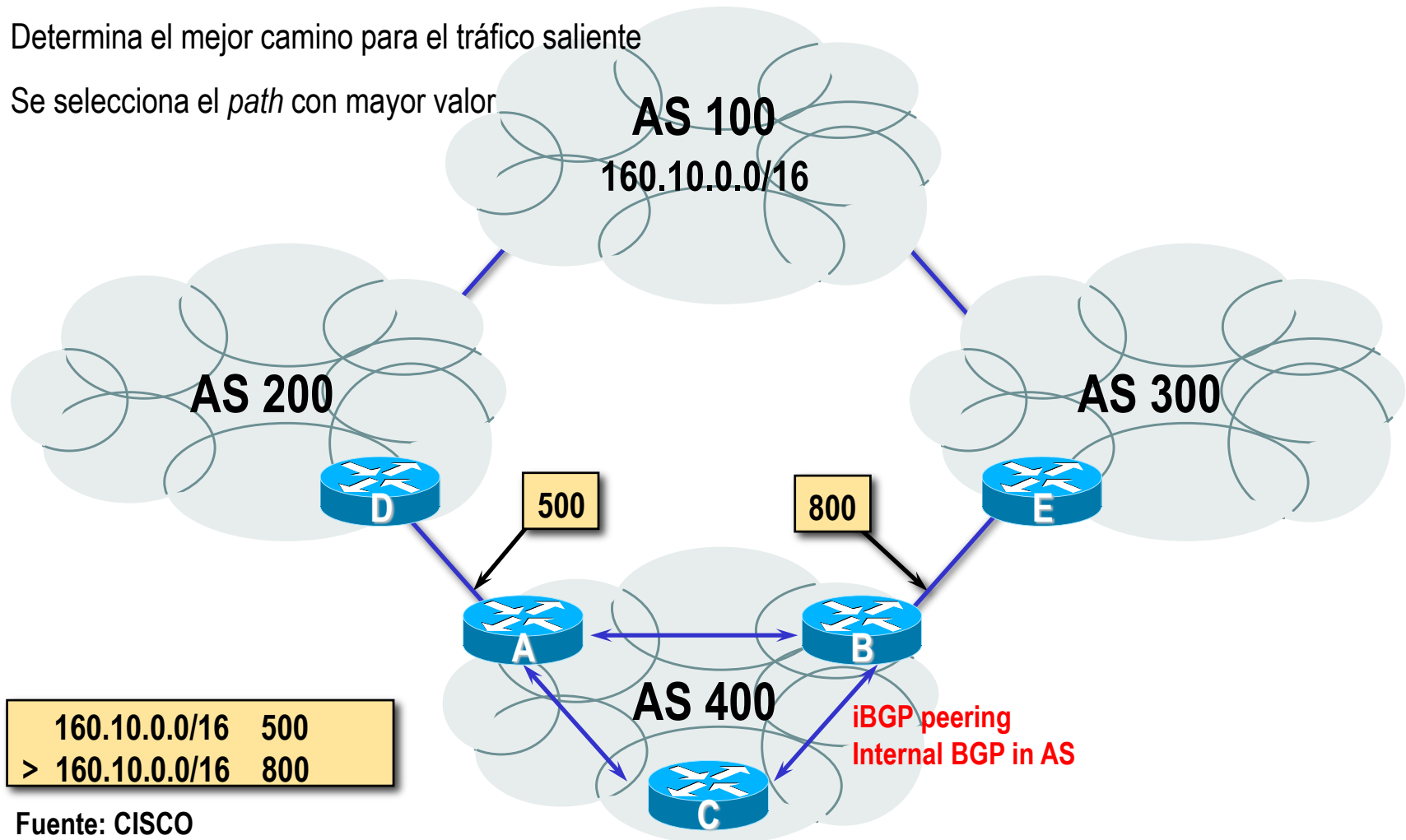


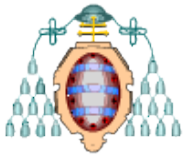
- Siguiente salto para alcanzar una red
- Habitualmente, en una sesión eBGP una red local es el siguiente salto



Local Preference

- Local en un AS: inicialmente toma el valor 100 cuando recibe notificación de un AS vecino
- Determina el mejor camino para el tráfico saliente
- Se selecciona el *path* con mayor valor





Multi-Exit Discriminator (MED)

Ingeniería
Telemática

- Inter-AS
- Determina el mejor *path* para tráfico entrante
- Usado para transmitir la preferencia relativa de los puntos de entrada
 - Determina el mejor path para el tráfico entrante

