

# Tipos de algoritmos de enrutamiento

Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

Programación de Redes  
Grado en Ingeniería Informática, 3º

# Temas de teoría

1. Introducción
2. Campus LAN
3. Encaminamiento
4. Tecnologías de acceso y WAN

# Objetivo

- Características de los tipos de algoritmos de enrutamiento

# Contenido

- Introducción
- Algoritmos Link-State
- Algoritmos Distance-Vector
  - Descripción
  - Bellman-Ford
- Algoritmos Path-Vector

# Algoritmos de Enrutamiento

## **Link State:**

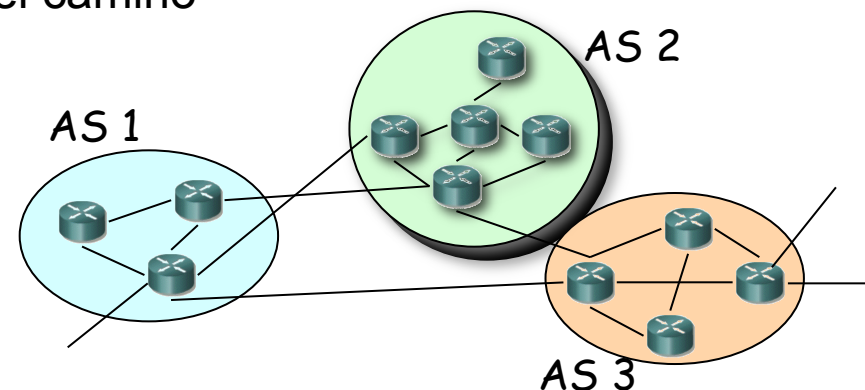
- Comunican qué vecinos tienen y el coste
- Inundan la red
- Cada nodo conoce la topología entera
- Protocolos: OSPF, IS-IS, PNNI...

## **Distance Vector:**

- Comunican estimación de distancia a destinos
- Informan a vecinos
- Protocolos: RIP, IGRP, DECnet RP, DSDV, IPX-RIP...

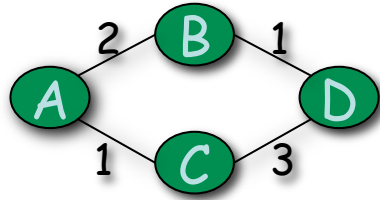
## **Path Vector:**

- Comunican estimación de caminos preferidos a destinos
- Se evitan bucles evitando repetir en el camino
- Protocolos: BGP



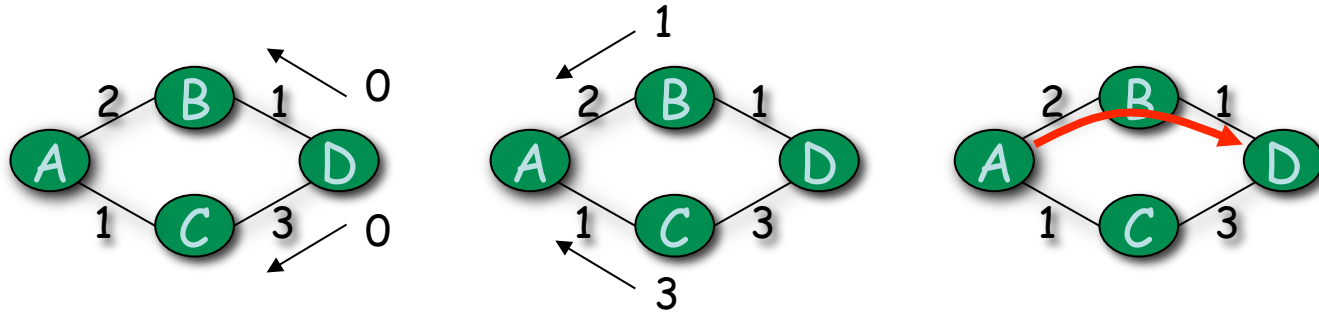
# Algoritmos de Enrutamiento

## Link State

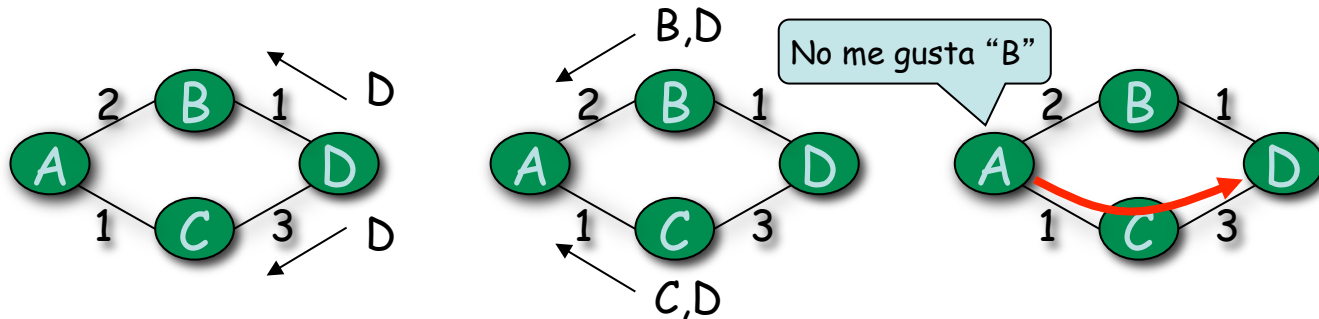


A: [B, 2], [C, 1]  
 B: [A, 2], [D, 1]  
 C: [A, 1], [D, 3]  
 D: [B, 1], [C, 3]

## Distance Vector



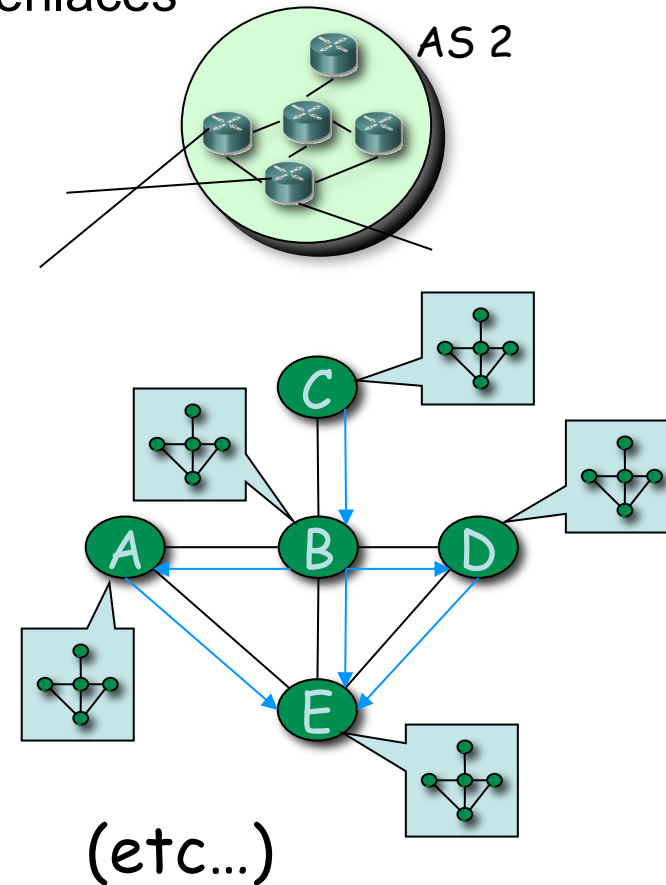
## Path Vector



# Link State

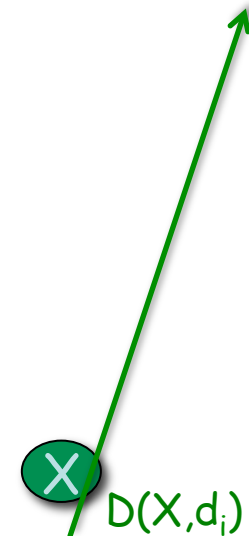
## Tres pasos

1. Descubrir a los vecinos
2. Diseminar la información sobre los enlaces
  - **Flooding** (... ..)
  - Todos conocen la topología (...)
3. Calcular las rutas
  - Caminos de menor coste
  - Todos calculan los mismos
  - Algoritmo de *Dijkstra*



# Distance Vector

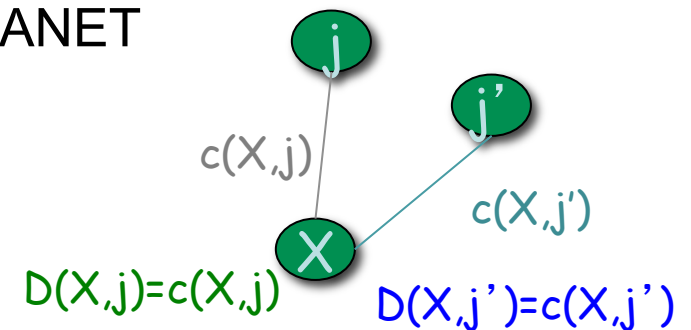
- Cada nodo X llega a conocer la distancia desde él a todos los destinos
  - $D(X,d_i)$
- Inicialmente cada nodo solo conoce distancia a sus vecinos (...)
  - $D(X,d) = c(X,d)$
- Periódicamente comunica  $D(X,d)$  a todos sus vecinos
  - Informan con un **vector** con las **distancias** a los destinos  
(  $D(X,d_1)$ ,  $D(X,d_2)$ ,  $D(X,d_3)$ ,  $D(X,d_4)$ ... )
  - Asíncrono
- Al recibir información actualiza (... ..):
  - $D(X,d) \leftarrow \min_{j/c(X,j) < \infty} \{c(X,j) + D(j,d)\}$
- Algoritmo de **Bellman-Ford** distribuido
- Empleado desde los comienzos de la ARPANET





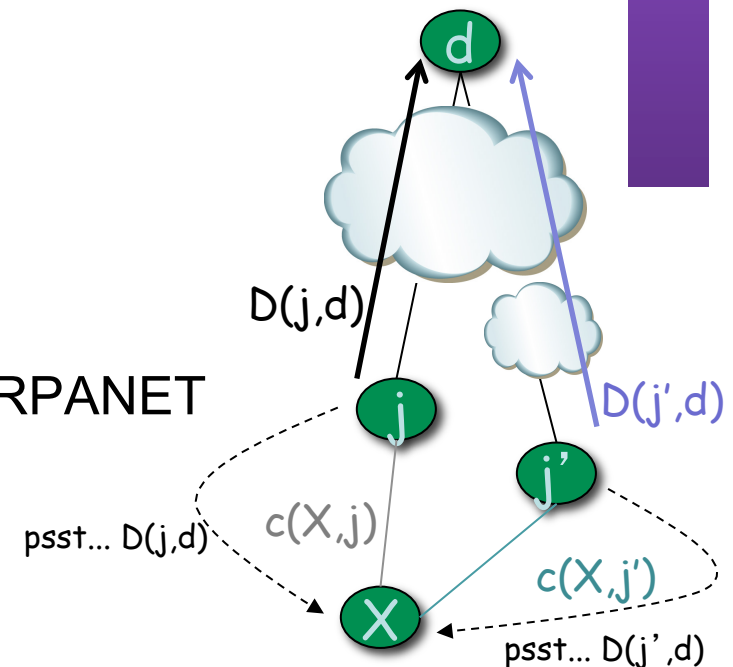
# Distance Vector

- Cada nodo X llega a conocer la distancia desde él a todos los destinos
  - $D(X,d_i)$
- Inicialmente cada nodo solo conoce distancia a sus vecinos (...)
  - $D(X,d) = c(X,d)$
- Periódicamente comunica  $D(X,d)$  a todos sus vecinos
  - Informan con un **vector** con las **distancias** a los destinos  
 (  $D(X,d_1)$ ,  $D(X,d_2)$ ,  $D(X,d_3)$ ,  $D(X,d_4)$ ... )
  - Asíncrono
- Al recibir información actualiza (... ..):
  - $D(X,d) \leftarrow \min_{j/c(X,j) < \infty} \{c(X,j) + D(j,d)\}$
- Algoritmo de **Bellman-Ford** distribuido
- Empleado desde los comienzos de la ARPANET



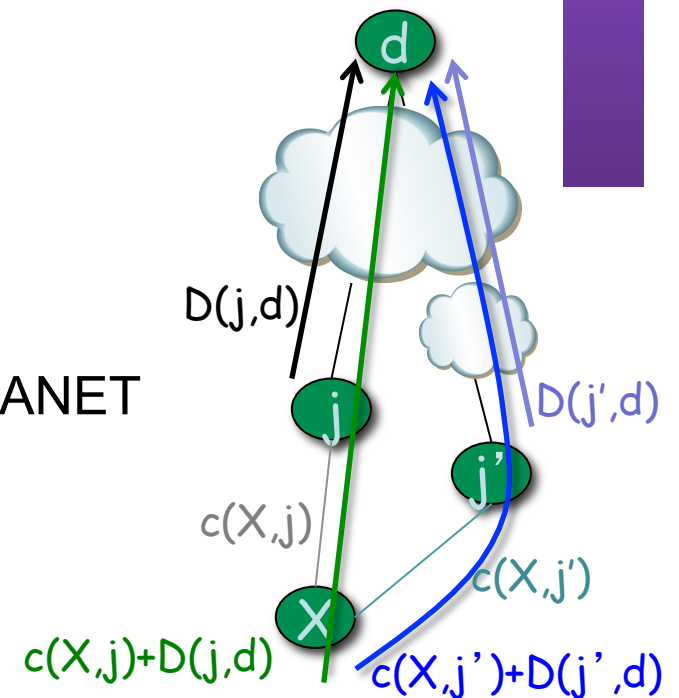
# Distance Vector

- Cada nodo X llega a conocer la distancia desde él a todos los destinos
  - $D(X, d_i)$
- Inicialmente cada nodo solo conoce distancia a sus vecinos (...)
  - $D(X, d) = c(X, d)$
- Periódicamente comunica  $D(X, d)$  a todos sus vecinos
  - Informan con un **vector** con las **distancias** a los destinos  
 ( $D(X, d_1), D(X, d_2), D(X, d_3), D(X, d_4), \dots$ )
  - Asíncrono
- Al recibir información actualiza (... ..):
  - $D(X, d) \leftarrow \min_{j/c(X,j) < \infty} \{c(X, j) + D(j, d)\}$
- Algoritmo de **Bellman-Ford** distribuido
- Empleado desde los comienzos de la ARPANET



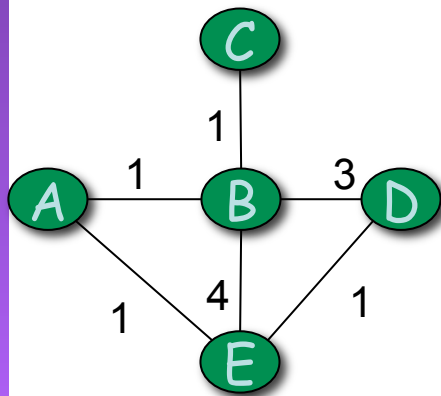
# Distance Vector

- Cada nodo X llega a conocer la distancia desde él a todos los destinos
  - $D(X,d_i)$
- Inicialmente cada nodo solo conoce distancia a sus vecinos (...)
  - $D(X,d) = c(X,d)$
- Periódicamente comunica  $D(X,d)$  a todos sus vecinos
  - Informan con un **vector** con las **distancias** a los destinos  
 (  $D(X,d_1), D(X,d_2), D(X,d_3), D(X,d_4), \dots$  )
  - Asíncrono
- Al recibir información actualiza (... ..):
  - $D(X,d) \leftarrow \min_{j/c(X,j) < \infty} \{c(X,j) + D(j,d)\}$
- Algoritmo de **Bellman-Ford** distribuido
- Empleado desde los comienzos de la ARPANET



# Algoritmo de Bellman-Ford

- Comienzo



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	-	$\infty$
D	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	E	4

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	1
D	-	$\infty$
E	-	$\infty$

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	3
C	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
B	B	4
C	-	$\infty$
D	D	1

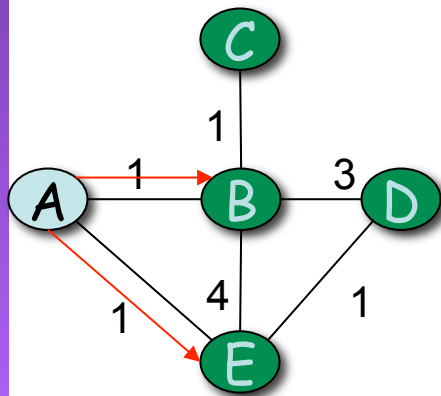
# Algoritmo de Bellman-Ford

A envía

$$D(E,d) \leftarrow \min\{c(E,A)+D(A,d)\}$$

$$D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,A)+D(A,d)\}$$

(...)



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	-	$\infty$
D	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	E	4

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	1
D	-	$\infty$
E	-	$\infty$

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	3
C	-	$\infty$
E	E	1

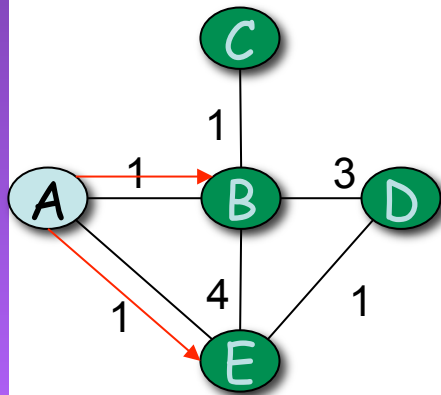
Dest	Next	Cost
A	A	1
B	B	4
C	-	$\infty$
D	D	1

# Algoritmo de Bellman-Ford

A envía

$$D(E,d) \leftarrow \min\{c(E,A)+D(A,d)\}$$

$$D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,A)+D(A,d)\}$$



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	-	$\infty$
D	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A (E)	2 (4)

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	1
D	-	$\infty$
E	-	$\infty$

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	3
C	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A (B)	2 (4)
C	-	$\infty$
D	D	1

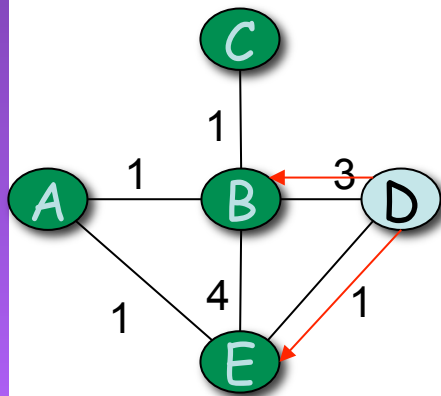
# Algoritmo de Bellman-Ford

D envía

$$D(E,d) \leftarrow \min\{c(E,D)+D(D,d)\}$$

$$D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,D)+D(D,d)\}$$

No hay cambios



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	-	$\infty$
D	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A	2

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	1
D	-	$\infty$
E	-	$\infty$

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	3
C	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A	2
C	-	$\infty$
D	D	1

# Algoritmo de Bellman-Ford

B envía

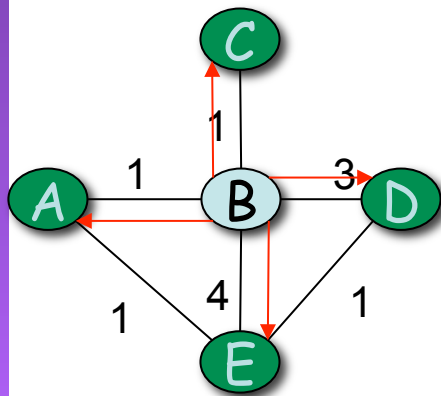
$$D(A,d) \leftarrow \min\{c(A,B)+D(B,d)\}$$

$$D(C,d) \leftarrow \min\{c(C,B)+D(B,d)\}$$

$$D(D,d) \leftarrow \min\{c(D,B)+D(B,d)\}$$

$$D(E,d) \leftarrow \min\{c(E,B)+D(B,d)\}$$

(...)



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	-	$\infty$
D	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A	2

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	1
D	-	$\infty$
E	-	$\infty$

Dest	Next	Cost
A	-	$\infty$
B	B	3
C	-	$\infty$
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A	2
C	-	$\infty$
D	D	1



# Algoritmo de Bellman-Ford

B envía

$$D(A,d) \leftarrow \min\{c(A,B)+D(B,d)\}$$

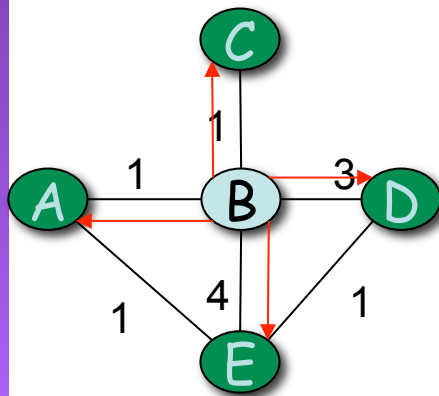
$$D(C,d) \leftarrow \min\{c(C,B)+D(B,d)\}$$

$$D(D,d) \leftarrow \min\{c(D,B)+D(B,d)\}$$

$$D(E,d) \leftarrow \min\{c(E,B)+D(B,d)\}$$

Dest	Next	Cost
B	B	1
C	<b>B (-)</b>	<b>2</b> ( $\infty$ )
D	<b>B (-)</b>	<b>4</b> ( $\infty$ )
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A	2



Dest	Next	Cost
A	<b>B (-)</b>	<b>2</b> ( $\infty$ )
B	B	1
D	<b>B (-)</b>	<b>4</b> ( $\infty$ )
E	<b>B (-)</b>	<b>3</b> ( $\infty$ )

Dest	Next	Cost
A	<b>B (-)</b>	<b>4</b> ( $\infty$ )
B	B	3
C	<b>B (-)</b>	<b>4</b> ( $\infty$ )
E	E	1

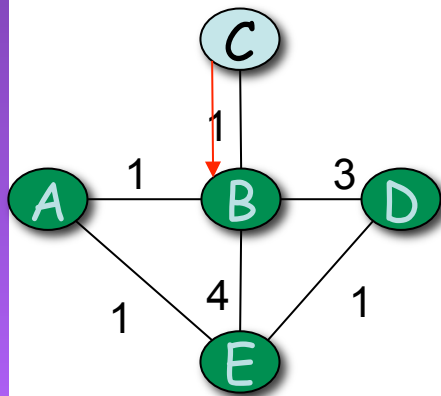
Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A	2
C	<b>B (-)</b>	<b>5</b> ( $\infty$ )
D	D	1

# Algoritmo de Bellman-Ford

C envía

$$D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,C)+D(C,d)\}$$

No hay cambios



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	B	2
D	B	4
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A	2

Dest	Next	Cost
A	B	2
B	B	1
D	B	4
E	B	3

Dest	Next	Cost
A	B	4
B	B	3
C	B	4
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A	2
C	B	5
D	D	1

# Algoritmo de Bellman-Ford

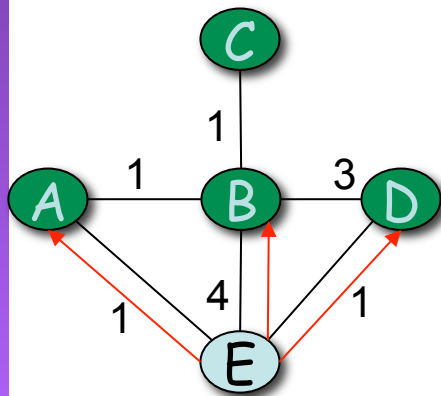
E envía

$$D(A,d) \leftarrow \min\{c(A,E)+D(E,d)\}$$

$$D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,E)+D(E,d)\}$$

$$D(D,d) \leftarrow \min\{c(D,E)+D(E,d)\}$$

(...)



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	B	2
D	B	4
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A	2

Dest	Next	Cost
A	B	2
B	B	1
D	B	4
E	B	3

Dest	Next	Cost
A	B	4
B	B	3
C	B	4
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A	2
C	B	5
D	D	1

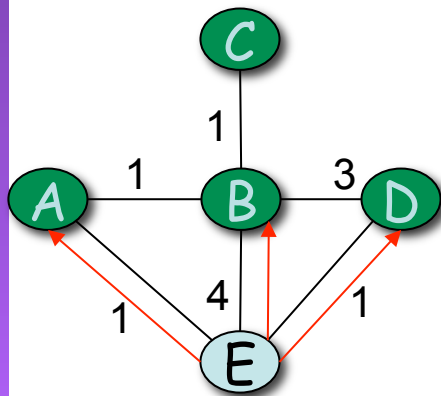
# Algoritmo de Bellman-Ford

E envía

$$D(A,d) \leftarrow \min\{c(A,E)+D(E,d)\}$$

$$D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,E)+D(E,d)\}$$

$$D(D,d) \leftarrow \min\{c(D,E)+D(E,d)\}$$



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	B	2
D	<b>E</b> (B)	<b>2</b> (4)
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A	2

Dest	Next	Cost
A	B	2
B	B	1
D	B	4
E	B	3

Dest	Next	Cost
A	<b>E</b> (B)	<b>2</b> (4)
B	B	3
C	B	4
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A	2
C	B	5
D	D	1

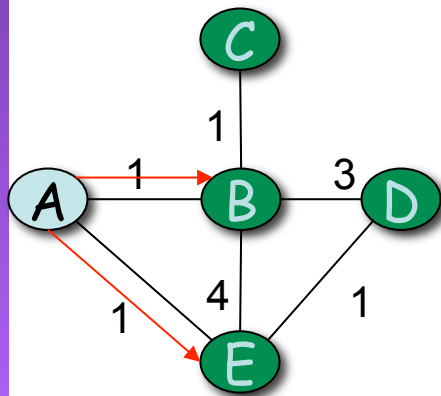
# Algoritmo de Bellman-Ford

A envía

$$D(E,d) \leftarrow \min\{c(E,A)+D(A,d)\}$$

$$D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,A)+D(A,d)\}$$

(...)



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	B	2
D	E	2
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A	2

Dest	Next	Cost
A	B	2
B	B	1
D	B	4
E	B	3

Dest	Next	Cost
A	E	2
B	B	3
C	B	4
E	E	1

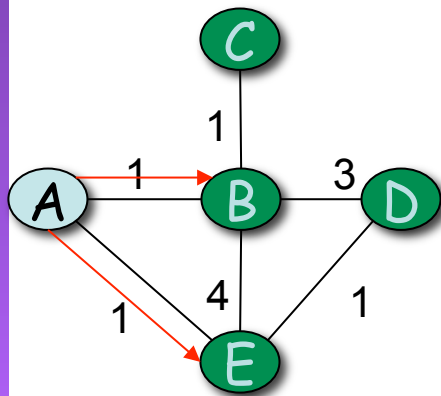
Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A	2
C	B	5
D	D	1

# Algoritmo de Bellman-Ford

A envía

$$D(E,d) \leftarrow \min\{c(E,A)+D(A,d)\}$$

$$D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,A)+D(A,d)\}$$



Dest	Next	Cost
B	B	1
C	B	2
D	E	2
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
C	C	1
D	D	3
E	A	2

Dest	Next	Cost
A	B	2
B	B	1
D	B	4
E	B	3

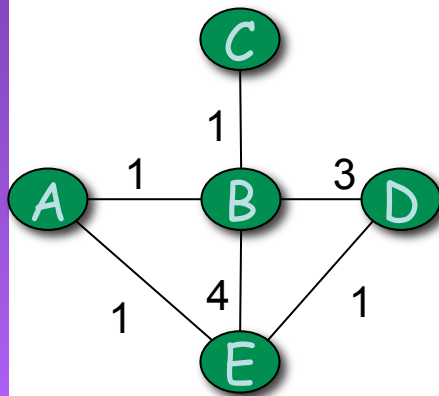
Dest	Next	Cost
A	E	2
B	B	3
C	B	4
E	E	1

Dest	Next	Cost
A	A	1
B	A	2
C	A (B)	3 (5)
D	D	1

# Algoritmo de Bellman-Ford

- D envía  
 No hay cambios
- B envía  
 No hay cambios
- C envía  
 No hay cambios
- E envía  
 No hay cambios
- A envía  
 No hay cambios

Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
B	B	1	A	A	1
C	B	2	C	C	1
D	E	2	D	D	3
E	E	1	E	A	2



Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
A	B	2	A	E	2	A	A	1
B	B	1	B	B	3	B	A	2
D	B	4	C	B	4	C	A	3
E	B	3	E	E	1	D	D	1

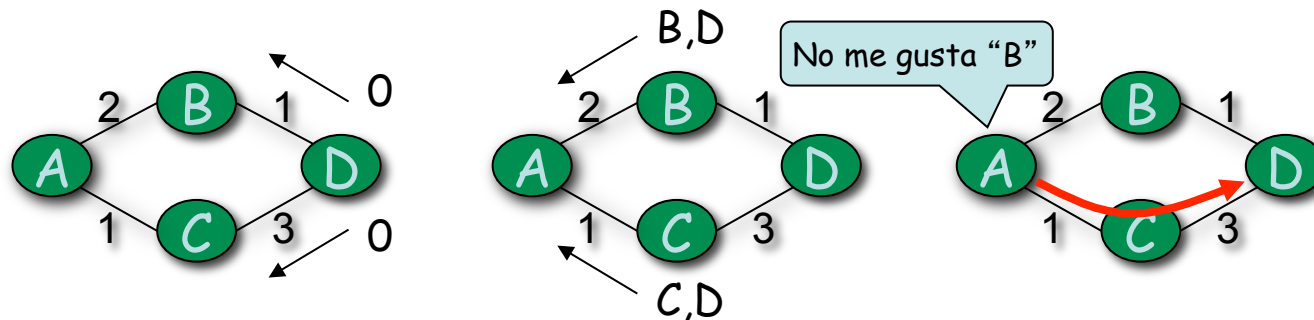
# Distance Vector

- Cálculo distribuido
- Iterativo e incremental
- Asíncrono
- Converge a los caminos de menor coste
- Protocolos: RIP, IPX-RIP, DECnet, IGRP, EIGRP, DSDV



# Path Vector

- Similar a Distance Vector
- Cálculo distribuido
- Informan a sus vecinos de las rutas calculadas
- Incluyen todo el camino hasta el destino para cada ruta
- Protocolos: BGP



# Resumen

- Link State
- Distance Vector
- Path Vector