

Redes y Servicios de Telecomunicaciones

Tema 4.2. Encaminamiento



Peterson - Davie:
3.3, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3

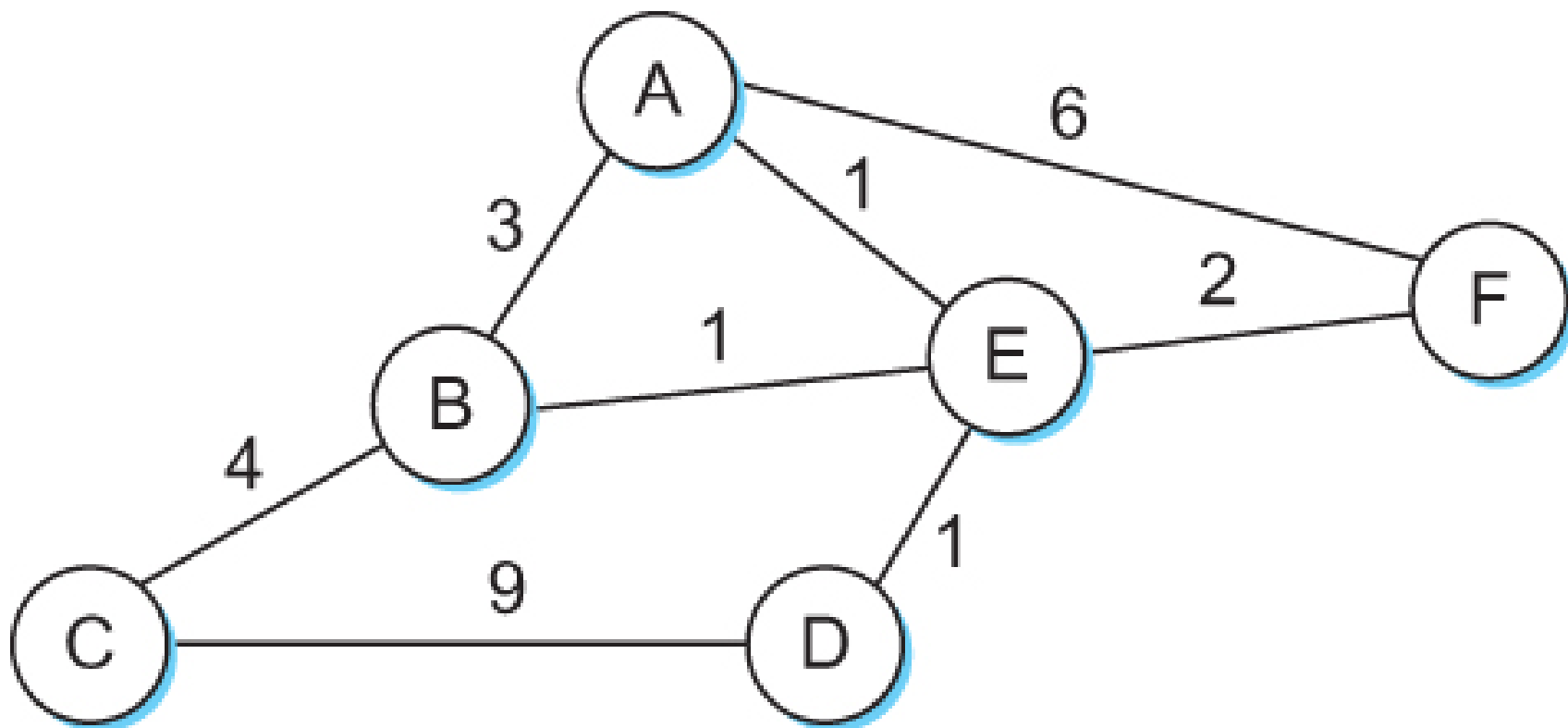
Tanenbaum 5ªed:
5.2.1, 5.2.2, 5.2.3, 5.2.4, 5.2.5

Portal Moodle

Contenido

- Grafos de red.
- Principio del camino óptimo.
- Encaminamiento óptimo.
- Inundación.
- Vector de distancias.
- Estado de los enlaces.
- Grafos en las inter-redes

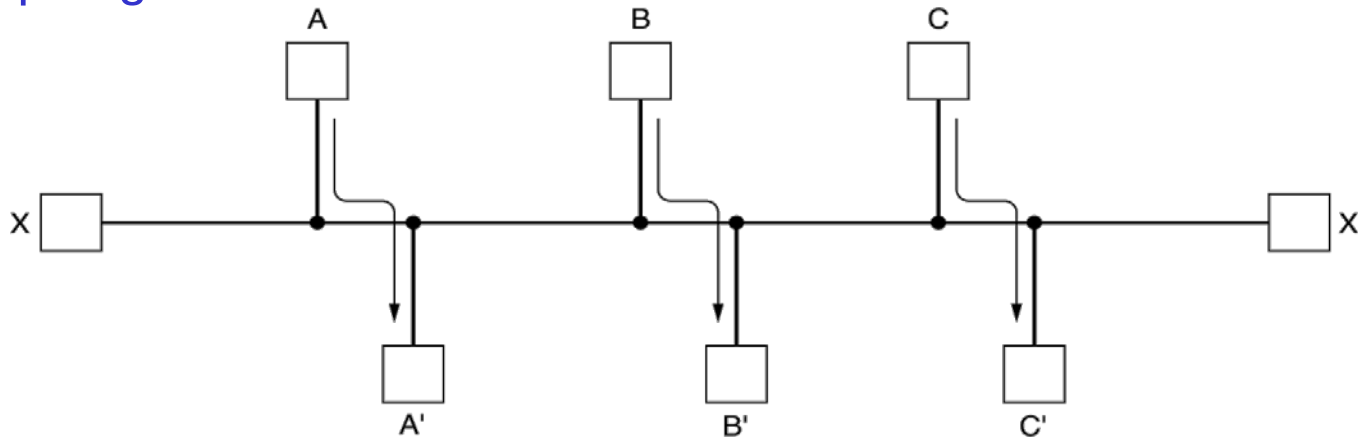
Grafo de encaminamiento



Nodos, enlaces y costes

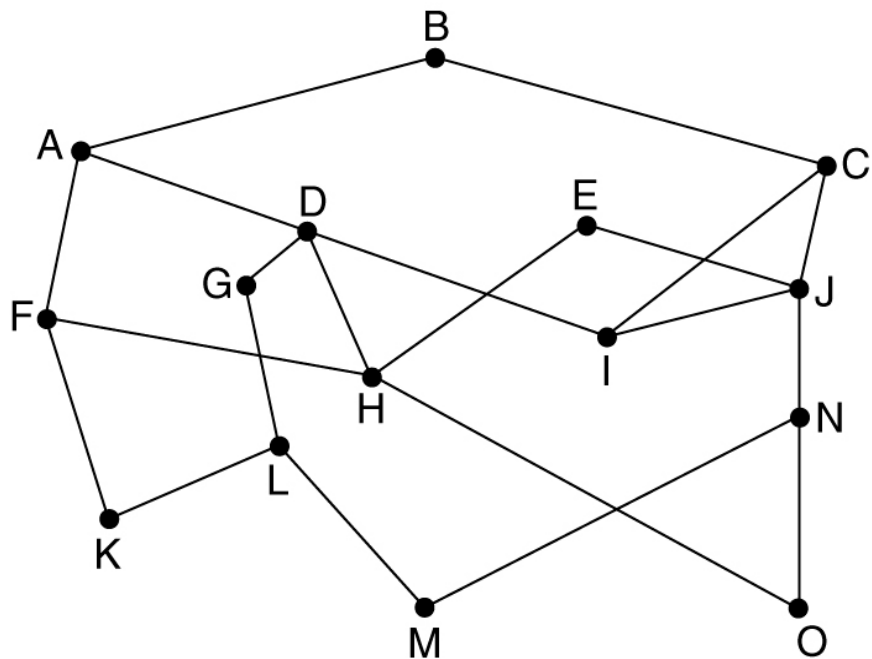
Encaminamiento: Objetivos y propiedades

- ◆ Dados “i”, “j” obtener una ruta (nodo, enlace, nodo, enlace,...) de coste (global) mínimo
- ◆ Algoritmo de “routing” vs “Forwarding”
- ◆ Encaminamiento de paquete vs de sesión
- ◆ Propiedades del encaminamiento: Correcto, simple, robusto, estable, justo y óptimo, adaptable (o no) a cambios topológicos/tráfico

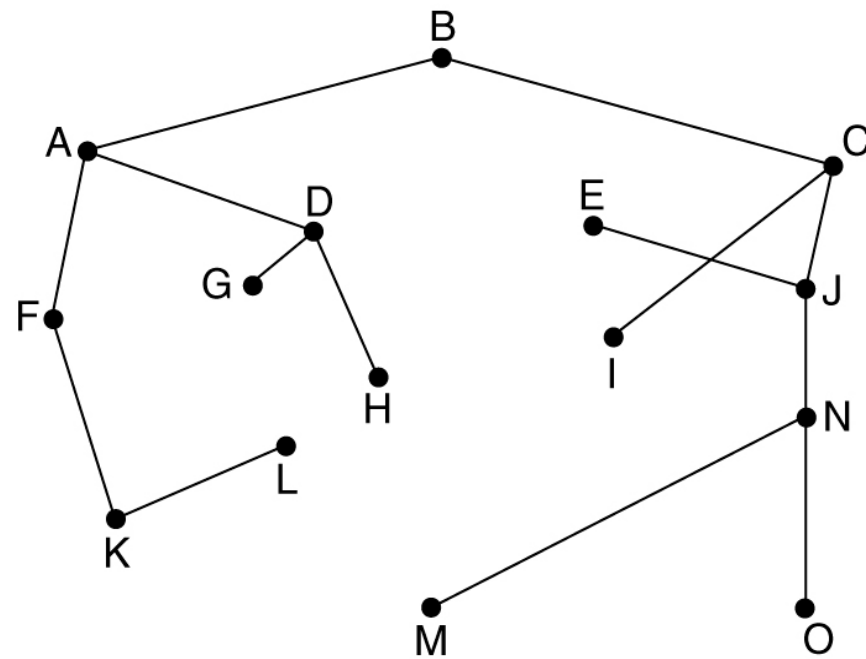


Conflicto: encaminamiento justo y óptimo (¿retardo, caudal?) -> “**métrica**”

Principio del camino óptimo



(a)

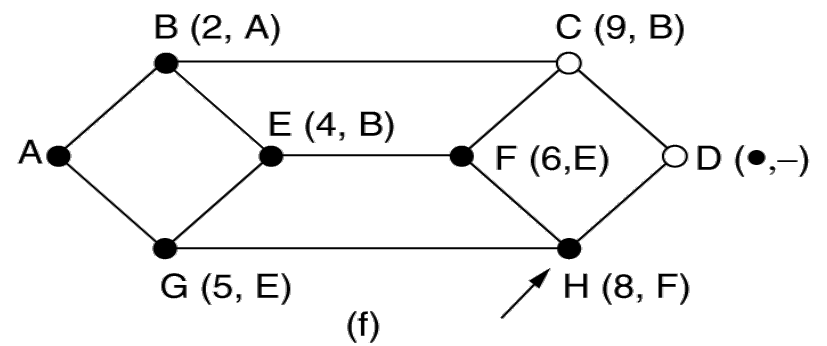
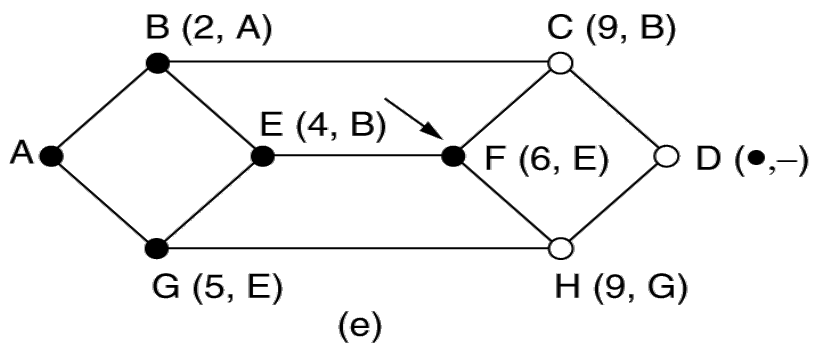
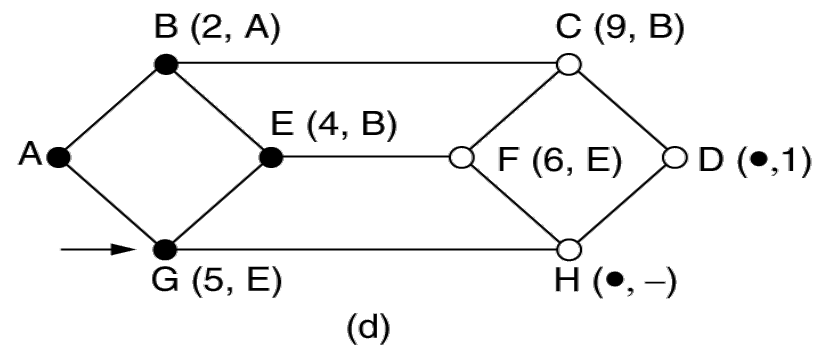
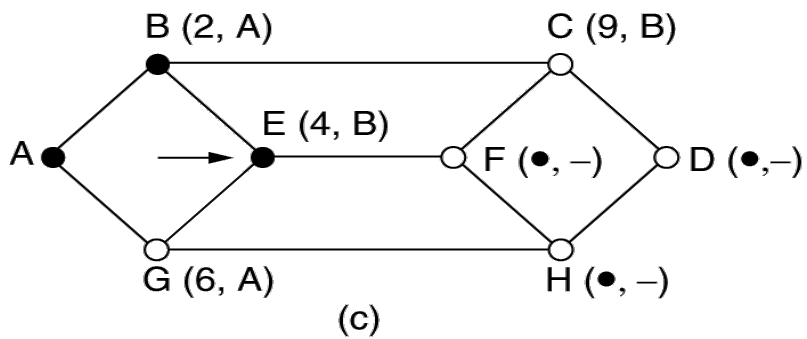
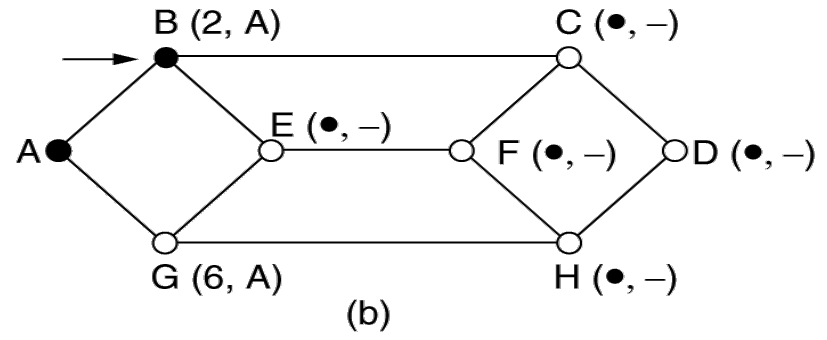
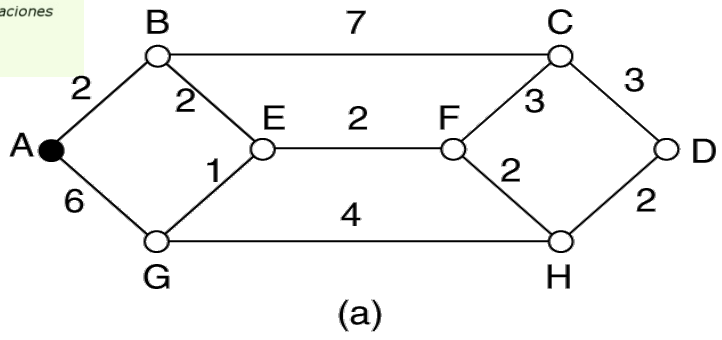


(b)

(a) Una subred

(b) El árbol de rutas para el “router” B

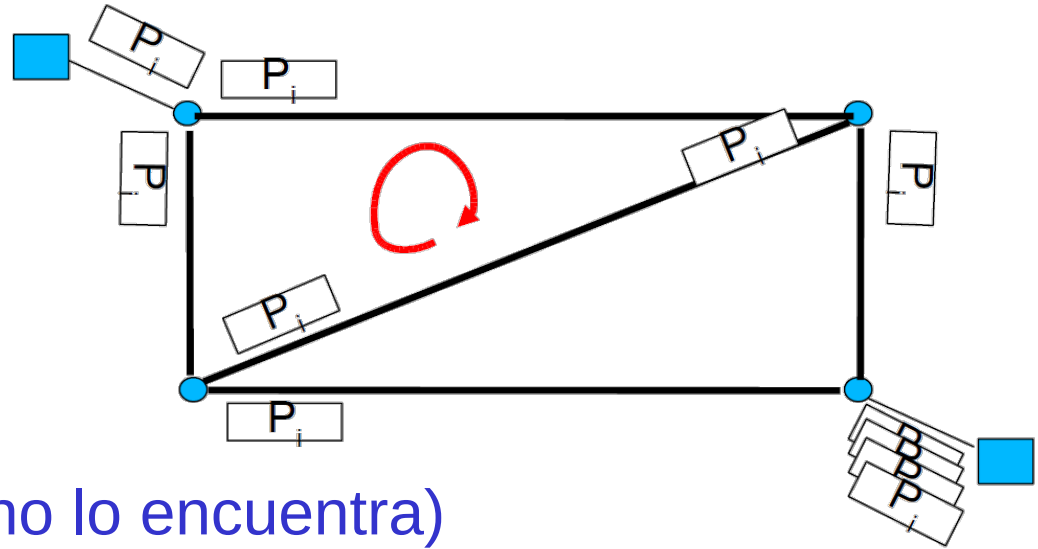
Algoritmo del camino más corto (Dijkstra)



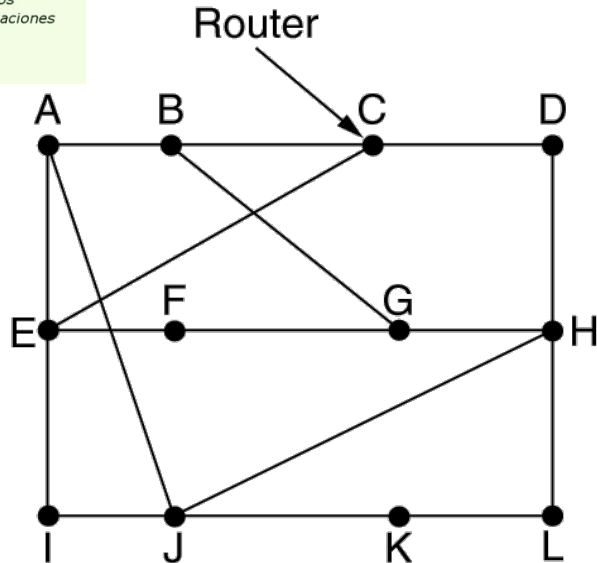
Los primeros 5 pasos en el cálculo del camino más corto de "A" a "D"

Inundación

- Operación:
 - Réplica en cada router
- Características:
 - Camino óptimo
 - Robustez (si hay camino lo encuentra)
 - Baja eficiencia (copias)
 - Control de bucles
 - Por diámetro de la red (cuenta a cero)
 - Control de repeticiones (numeración de paquetes por “router” origen)
 - Uso: militar, señalización, LANs, sistemas distribuidos (DB)



Vector de distancias



(a)

To	A	I	H	K	New estimated delay from J ↓ Line	
A	0	24	20	21	8	A
B	12	36	31	28	20	A
C	25	18	19	36	28	I
D	40	27	8	24	20	H
E	14	7	30	22	17	I
F	23	20	19	40	30	I
G	18	31	6	31	18	H
H	17	20	0	19	12	H
I	21	0	14	22	10	I
J	9	11	7	10	0	—
K	24	22	22	0	6	K
L	29	33	9	9	15	K

JA delay is 8	JI delay is 10	JH delay is 12	JK delay is 6
------------------------	-------------------------	-------------------------	------------------------

Vectors received from J's four neighbors

New routing table for J	
-------------------------	--

(b)

(a) Una subred.

(b) Entradas desde "A", "I", "H", "K", y la nueva tabla para "J"

Vector de distancias. Problema de convergencia

A	B	C	D	E	
●	●	●	●	●	Initially
	●	●	●	●	After 1 exchange
	1	●	●	●	After 2 exchanges
	1	2	●	●	After 3 exchanges
	1	2	3	●	After 4 exchanges
	1	2	3	4	

(a)

A	B	C	D	E	
●	●	●	●	●	Initially
	1	2	3	4	After 1 exchange
	3	2	3	4	After 2 exchanges
	3	4	3	4	After 3 exchanges
	5	4	5	4	After 4 exchanges
	5	6	5	6	After 5 exchanges
	7	6	7	6	After 6 exchanges
	7	8	7	8	
	⋮				
	●	●	●	●	

(b)

(a) problema de convergencia al aparecer el “router” “A”

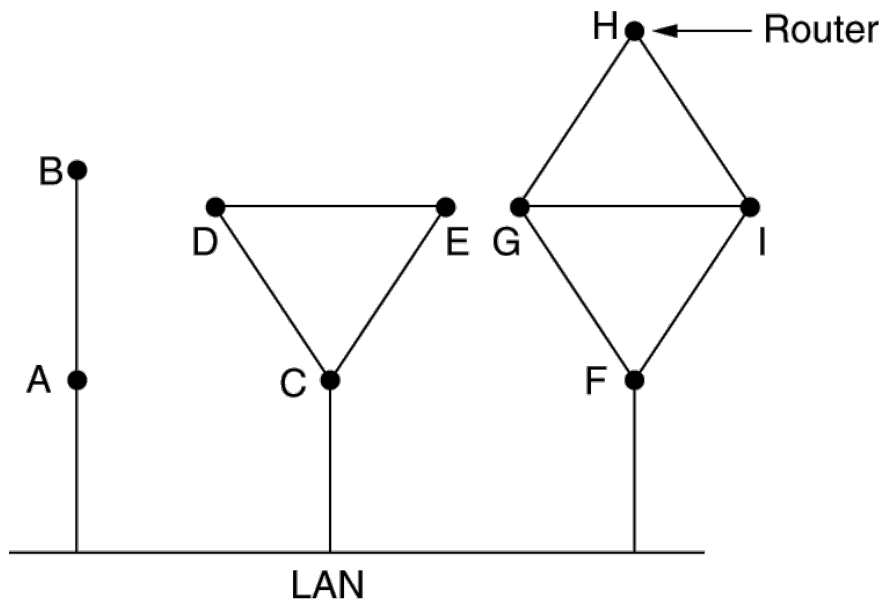
(b) problema de “count-to-infinity” al desaparecer el “router” “A”

Estado de los enlaces: Fases

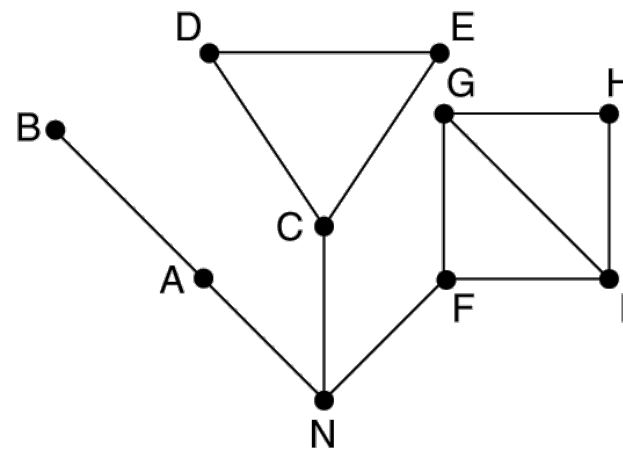
Cada “router” debe hacer lo siguiente:

- Descubrir a sus vecinos y aprender sus direcciones
- Medir la distancia a cada vecino
- Construir un paquete con la información aprendida
- Enviar ese paquete a todos los demás “routers”
- Calcular el camino más corto a cada uno de los demás “routers”

Estado de los enlaces. Aprendiendo



(a)

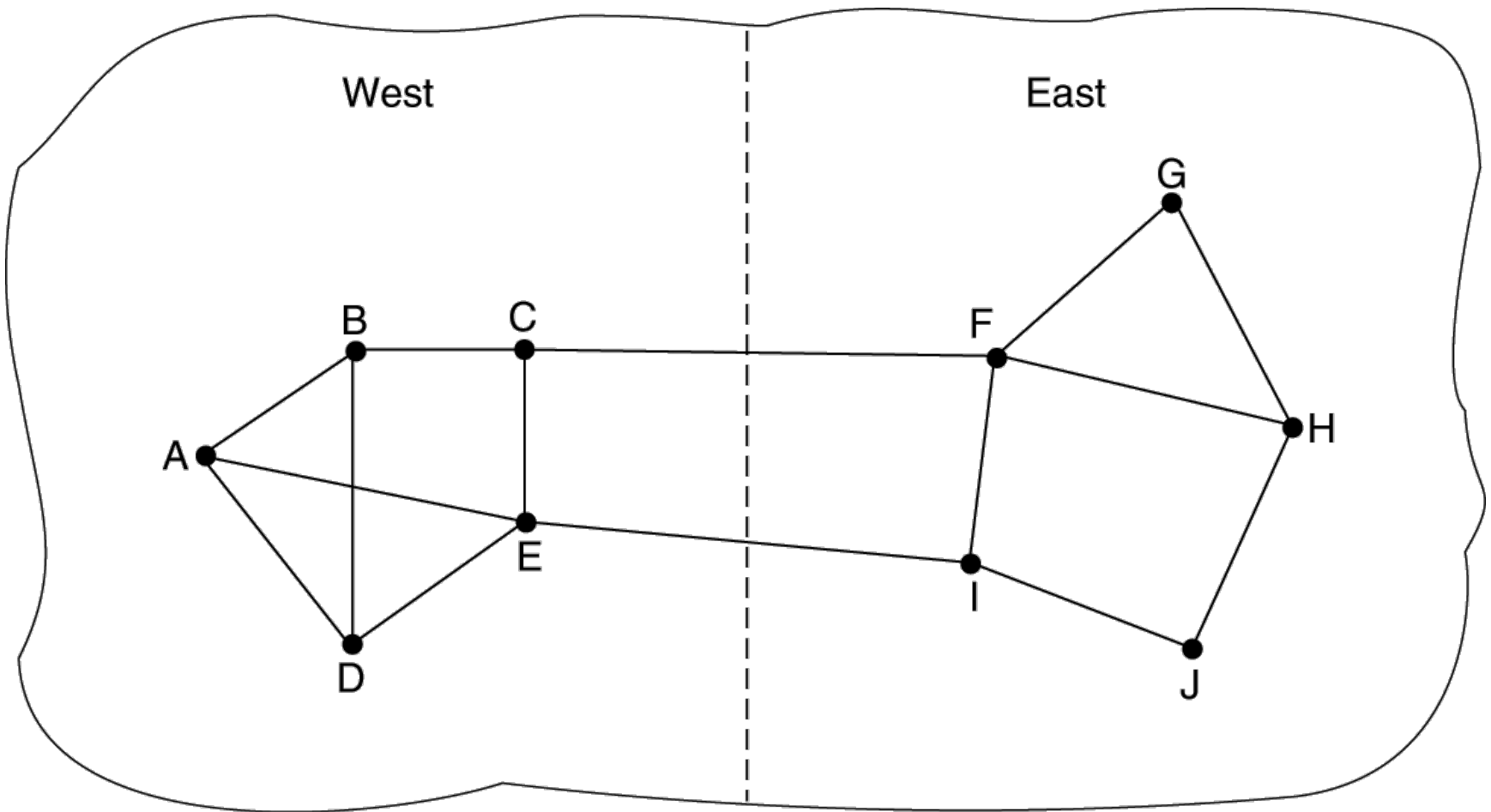


(b)

(a) 9 routers en una red

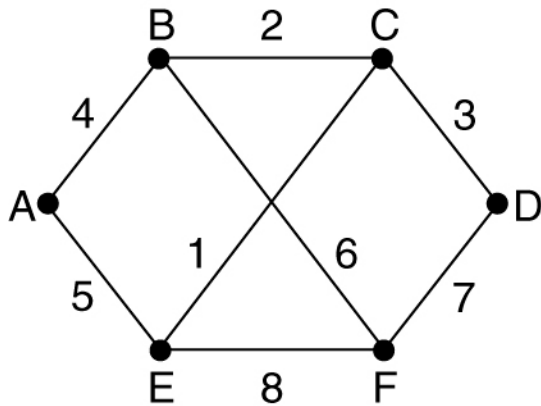
(b) Grafo de (a).

Estado de los enlaces: Medida de distancias



Una subred con partes interconectadas por dos enlaces.

Estado de los enlaces: Paquetes de estado



(a)

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

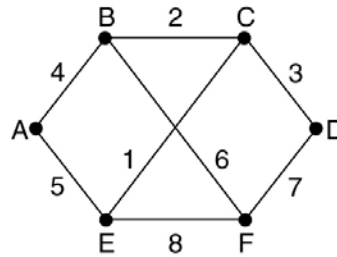
D		E		F	
Seq.		Seq.		Seq.	
Age		Age		Age	
C	3	A	5	B	6
F	7	C	1	D	7
		F	8	E	8

(b)

(a) Una subred.

(b) Paquetes de estado de los enlaces en (a)

Estado de los enlaces: Distribución



(a)

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

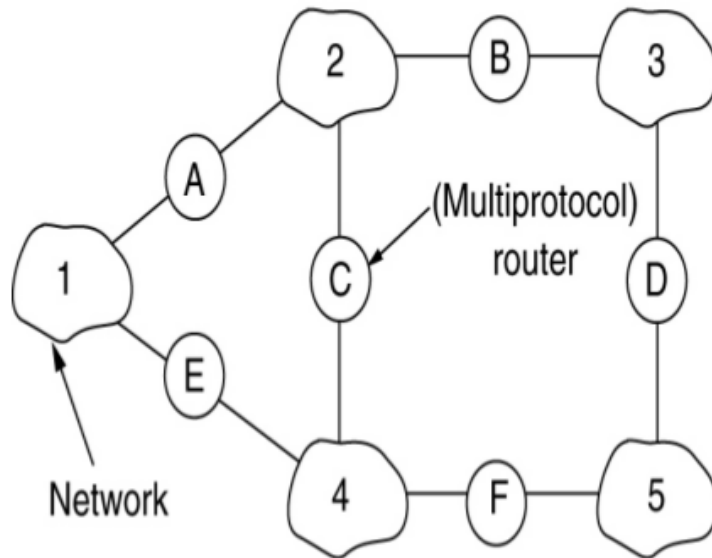
(b)

Source	Seq.	Age	Send flags			ACK flags			Data
			A	C	F	A	C	F	
A	21	60	0	1	1	1	0	0	
F	21	60	1	1	0	0	0	1	
E	21	59	0	1	0	1	0	1	
C	20	60	1	0	1	0	1	0	
D	21	59	1	0	0	0	1	1	

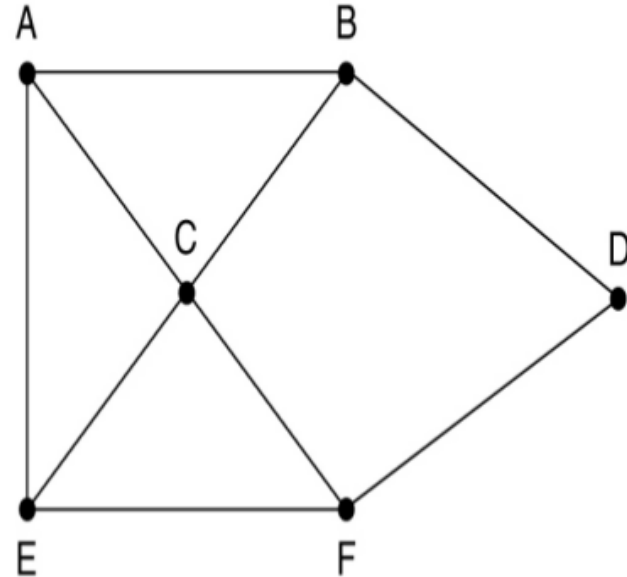
El almacén de paquetes del “router” “B” en la red anterior

Grafos en encaminamiento Inter-red

Una Inter-red



Su grafo de encaminamiento



- Routers Inter-red => nodos en el grafo
- Troncales entre Routers **Inter-red** => Enlaces en el grafo
- Subredes con CVs => Un enlace del grafo por CV
- Subredes Difusivas => Nodos virtuales en el grafo.
- Costes a definir: ¿Número de saltos? ¿Retardos? en la Inter-red

Resumen

Se ha visto:

- El concepto de grafo de red y los objetivos y propiedades del encaminamiento.
- El principio del camino óptimo y dos métodos para obtener el camino más corto: el algoritmo de Dijkstra y el protocolo de inundación.
- El encaminamiento por vector distancia.
- El encaminamiento por estado de los enlaces
- Los grafos en las inter-redes