

upna LABORATORIO DE PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

Tipos de algoritmos de enrutamiento

Área de Ingeniería Telemática
http://www.tlm.unavarra.es

Laboratorio de Programación de Redes
3º Ingeniería Técnica en Informática de Gestión

upna LABORATORIO DE PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

Objetivo

- Características de los tipos de algoritmos de enrutamiento

Protocolos de enrutamiento 1/27

upna LABORATORIO DE PROGRAMACIÓN DE REDES
Área de Ingeniería Telemática

Contenido

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

Protocolos de enrutamiento 2/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
Área de Ingeniería Telemática

Contenido

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

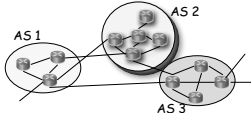
Protocolos de enrutamiento 3/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
Área de Ingeniería Telemática

Tipos de Protocolos de Enrutamiento

Enrutamiento jerárquico

- Sistemas Autónomos (AS)
- Dentro de un AS:
 - *IGP = Interior Gateway Protocol*
- Entre ASs:
 - *EGP = Exterior Gateway Protocol*



Protocolos de enrutamiento 4/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
Área de Ingeniería Telemática

Tipos de Algoritmos de Enrutamiento

- Deben informar de la topología y los cambios en la misma
- Según cómo diseminan la información

Link State:

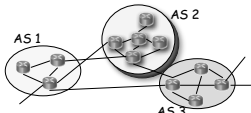
- Comunican qué vecinos tienen y el coste
- Inundan la red
- Cada nodo conoce la topología entera

Distance Vector:

- Comunican estimación de distancia a destinos
- Informan a vecinos

Path Vector:

- Comunican estimación de caminos preferidos a destinos



Protocolos de enrutamiento 5/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE ENLACES
Área de Ingeniería Telemática

Tipos de 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

Protocoles de enrutamiento 6/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE ENLACES
Área de Ingeniería Telemática

Contenido

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

Protocoles de enrutamiento 7/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE ENLACES
Área de Ingeniería Telemática

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*

- OSPF, IS-IS

Protocoles de enrutamiento 8/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE ENLACES
Área de Ingeniería Telemática

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*

- OSPF, IS-IS

(etc...)

Protocolos de enrutamiento 9/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE ENLACES
Área de Ingeniería Telemática

Contenido

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

Protocolos de enrutamiento 10/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE ENLACES
Área de Ingeniería Telemática

Distance Vector

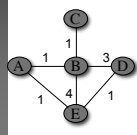
- Cada nodo llega a conocer la distancia desde él a todos los destinos
 - $D(X,d_i)$
- Inicialmente cada nodo solo conoce la distancia a sus vecinos
 - $D(X,d) = c(X,d)$
- Periódicamente comunica $D(X,d)$ a todos sus vecinos
 - Informan con un **vector** con las **distancias** a los destinos ($D(X,d_1),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

Protocolos de enrutamiento 11/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIONES
Área de Ingeniería Informática

Algoritmo de Bellman-Ford

- Comienzo



Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
B	B	1	A	A	1
C	A	∞	C	B	1
D	-	∞	D	D	3
E	E	1	E	E	4

Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
A	-	∞	A	A	∞	A	A	1
B	C	1	B	D	3	B	B	4
D	-	∞	C	-	∞	C	-	∞
E	-	∞	E	E	1	D	D	1

Protocolos de enrutamiento 12/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIONES
Área de Ingeniería Informática

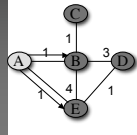
Algoritmo de Bellman-Ford

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	Dest	Next	Cost
B	B	1	A	A	1
C	A	∞	C	B	1
D	-	∞	D	D	3
E	E	1	E	E	4

Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
A	-	∞	A	A	∞	A	A	1
B	C	1	B	B	3	B	B	4
D	-	∞	C	-	∞	C	-	∞
E	-	∞	E	E	1	D	D	1

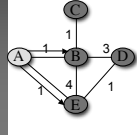
Protocolos de enrutamiento 13/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIONES
Área de Ingeniería Informática

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

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

Protocolos de enrutamiento 14/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIONES
Área de Ingeniería Telemática

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

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

Protocolos de enrutamiento 15/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIONES
Área de Ingeniería Telemática

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

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

Protocolos de enrutamiento 16/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE INFORMACIONES
Área de Ingeniería Telemática

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

Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
A	B (-)	2 (∞)	A	B (-)	4 (∞)	A	A	1
B	B	1	B	D	3	B	A	2
D	B (-)	4 (∞)	C	B (-)	4 (∞)	C	B (-)	5 (∞)
E	B (-)	3 (∞)	E	E	1	D	D	1

Protocolos de enrutamiento 17/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES
Área de Ingeniería Informática

Algoritmo de Bellman-Ford

C envía
 $D(B,d) \leftarrow \min\{c(B,C)+D(C,d)\}$
 No hay cambios

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

Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
A	B	2	A	B	4	A	A	1
B	B	1	B	B	3	B	A	2
D	B	4	C	B	4	C	B	5
E	B	3	E	E	1	D	D	1

Protocolos de enrutamiento 18/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES
Área de Ingeniería Informática

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

Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
A	B	2	A	B	4	A	A	1
B	B	1	B	B	3	B	A	2
D	B	4	C	B	4	C	B	5
E	B	3	E	E	1	D	D	1

Protocolos de enrutamiento 19/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES
Área de Ingeniería Informática

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

Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost	Dest	Next	Cost
A	B	2	A	E(B)	2(4)	A	A	1
B	B	1	B	B	3	B	E	2
D	B	4	C	B	4	C	B	5
E	B	3	E	E	1	D	D	1

Protocolos de enrutamiento 20/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES
Área de Ingeniería Telemática

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	Dest	Next	Cost
B	B	1	A	A	1
C	A	2	C	B	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	B	5
E	B	3	E	E	1	D	D	1

Protocolos de enrutamiento 21/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES
Área de Ingeniería Telemática

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

Protocolos de enrutamiento 22/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE OPERACIONES Y REDES
Área de Ingeniería Telemática

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	A	2	C	B	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	E	2
D	B	4	C	B	4	C	A	3
E	B	3	E	E	1	D	D	1

Protocolos de enrutamiento 23/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
Área de Ingeniería Telemática

Distance Vector

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

Protocolos de enrutamiento 24/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
Área de Ingeniería Telemática

Contenido

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

Protocolos de enrutamiento 25/27

upna
LABORATORIO DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES
Área de Ingeniería Telemática

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

Protocolos de enrutamiento 26/27

upna
UNIVERSIDAD PERUANA DE NUESTROS DIAS

LABORATORIO DE SISTEMAS DE COMPUTACIONES
Área de Ingeniería Informática

Resumen

- Link State
- Distance Vector
- Path Vector

Protocolos de enrutamiento 27/27
