



Computer Networks Laboratory

www.cnl.tuke.sk

Počítačové siete 9.

Ing. František Jakab, PhD.

františek.jakab@tuke.sk

KPI FEI TU

Úvod

- Medzisiet'ová komunikácia
- <http://new-www.cnl.tuke.sk/audio>

Ciele

- Klasifikácia protokolov
- Úvod do koncepcie aktívnych sieťových zariadení

Obsah

- smerovanie, smerovacie protokoly
- smerovacie algoritmy
- príklady smerovacích algoritmov

Klasifikácia smerovacích protokolov

- delenie vzhľadom na počet autonómnych systémov:
 - vnútorné **IGP** (*Interior Gateway Protocols*);
 - vonkajšie **EGP** (*Exterior Gateway Protocols*);
- IGP protokoly
 - smerujú pakety v rámci jedného autonómneho systému;
 - napr. RIPv1, RIPv2, IGRP, EIGRP, OSPF, IS-IS (*Intermediate System-to-Intermediate System*);
- EGP protokoly
 - smerujú pakety medzi dvoma AS;
 - napr. BGP.
- smerovacie algoritmy:
 - **distance-vector** (algoritmus vektorov vzdialeností);
 - **link-state** (algoritmus stavu spojení).

Smerovacie protokoly

Dve hlavné skupiny smerovacích protokolov

- IRP (IGP) skupina - intranet (interior) smerovacie (router, gateway) protokoly sa používajú v každej podsieti
 - napr. RIP, OSPF
- ERP (EGP) skupina - internet (exterior) smerovacie (router, gateway) protokoly sa používajú medzi podsietami
 - napr. EGP, BGP

Smerovacie protokoly

Požiadavky na smerovacie protokoly

- minimalizovať smerovacie tabuľky -> menšia pamäť a réžia
- minimalizovať riadiace správy -> menšia réžia

V niektorých prípadoch si smerovače musia periodicky vymieňať smerovacie tabuľky a lokálne/globálne sieťové parametre.

Smerovacie algoritmy

Požiadavky na smerovacie algoritmy

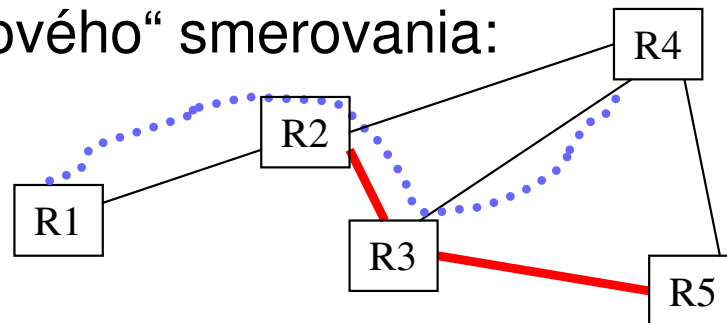
- jednoduchosť (simplicity)
 - vnesenie čo najmenej réžie
- korektnosť (correctness)
 - poskytnutie správnych a použiteľných výsledkov
- robustnosť (robustness)
 - zotavenie z rôznych porúch a neštandardných situácií
- optimálnosť (optimality)
 - nájdenie optimálnych prepojení z hľadiska niektorých sieťových parametrov, napr. „hops“, oneskorenie, priepustnosť.....

Smerovacie algoritmy

Požiadavky na smerovacie algoritmy

- stabilita (stability)
 - konvergovanie do stabilného stavu pri obnove smerovacích tabuliek
- „férovosť“ (fairness)
 - každý smerovač musí mať možnosť smerovať dátovú jednotku

Príklad „neférového“ smerovania:



Smerovacie algoritmy

Výsledok smerovacieho algoritmu

- cesta (cesty) zo zdrojového uzla do cieľového uzla, ktorá je zaznamenaná do smerovacej tabuľky
- smerovacia tabuľka obsahuje aspoň dva stĺpce
 - adresa cieľového uzla
 - adresa smerovača, ktorý reprezentuje „next hop“ na optimálnej ceste do cieľového uzla

- „**Distance vector routing**“ algoritmus a „**Link state routing**“ algoritmus
 - najznámejšie dynamické distribuované algoritmy
 - predpokladá sa, že smerovač pozná
 - identitu každého suseda
 - vzdialenosť k susedovi (rôzna metrika)
 - algoritmus umožní smerovaču
 - nájsť globálnu smerovaciu informáciu („next hop“ pre každý cieľ) výmenou smerovacích informácií len s jeho susedmi

- zostaviť správu so smerovacou informáciou

Distance vector routing algorithm: správa je „dištančný“ vektor, ktorý udáva vzdialenosť ku každému inému uzlu v sieti:

{< destination 1, distance 1 >, ..., < destination n, distance n >}

Link state routing algorithm: správa je „stavový“ vektor, ktorý udáva „stav“ linky ku každému susedovi:

{< neighbor 1, link state 1 >, ..., < neighbor k, link state k > }

- poslať správu

Distance vector routing algorithm: k jeho susedom

Link state routing algorithm: ku všetkým smerovačom

Distance-vektor algoritmus

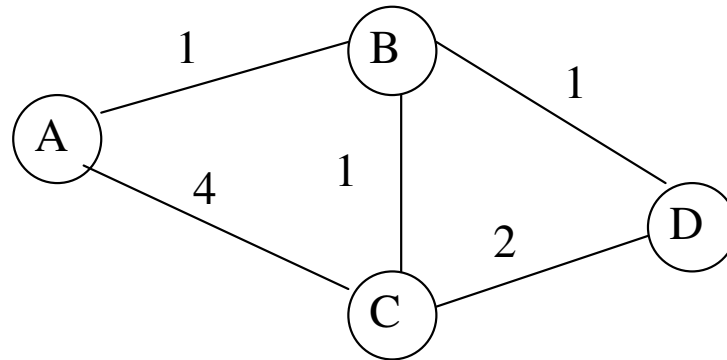
- Ford-Fulkersonov príp. Bellman-Fordov algoritmus;
- smerovanie - každý router si vypočíta vzdialenosť ku každému dostupnému cieľu intersiete;
- vzdialenosť - zvyčajne určená počtom hopov v spojení
- nesprávny výber cesty môže spôsobiť zacyklenie paketov;
- limitovaná dĺžku prenosovej cesty údajov.

Distance-vektor algoritmus

- router
 - nepamätá si celú architektúru intersiete;
 - dôležité je spojenie k dostupným cieľom;
 - výber najkratšej vzdialenosti;
 - posiela celý obsah svojej tabuľky priamo napojeným routrom v pravidelných časových intervaloch (aktualizácia smerovacej tabuľky);
- tento proces - „*routing by rumor*“.
- protokoly - RIP, IGRP, EIGRP.

Príklady

„Distance vector routing“ algoritmus



A

nasled. uzol	metrika
A	0
B	1
C	4
D	∞

B

nasled. uzol	metrika
A	1
B	0
C	1
D	1

C

nasled. uzol	metrika
A	4
B	1
C	0
D	2

D

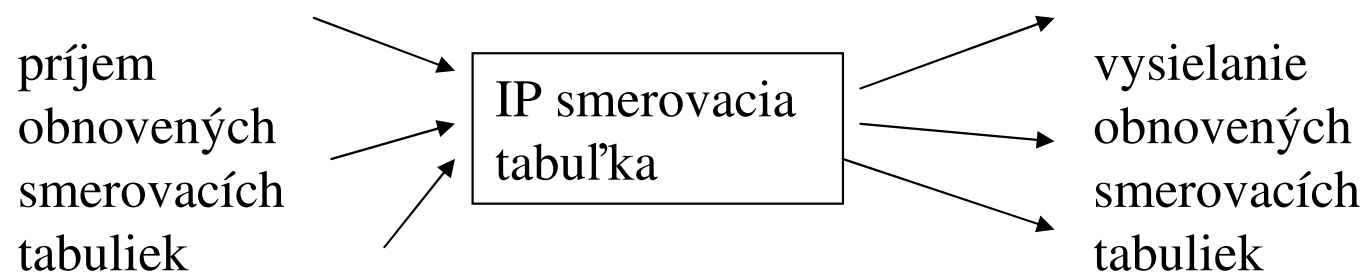
nasled. uzol	metrika
A	∞
B	1
C	2
D	0

Príklad - RIP

- metrika
 - počet hopov – max 15;
- viacero prepojení medzi dvoma hostiteľmi – cesta s minimálnym počtom hopov;
- nezaručuje rýchlosť prenosu;
- vyššia metrika (16) - neplatná cesta;
- RIPv1 - vyžaduje rovnakú podsieťovú masku všetkých zariadení, lebo smerovacie aktualizácie neobsahujú informácie o podsieťach (**classful**);
- RIPv2 už posiela v aktualizácii aj informácie o podsieťach (**classless**);
- Použitie rôznych podsieťových masiek v rámci jednej siete sa nazýva **VLSM** (***V**ariable-**L**ength **S**ubnet **M**asking*).

Príklady smerovacích protokolov

RIP - Routing Information Protocol



RIPv1 - IP adresy A,B,C

RIPv2 - podpora CIDR

Príklad – IGRP, EIGRP

IGRP

- vyvinula firma Cisco na smerovanie vo veľkých sieťach;
- smerovacie metriky
 - oneskorenie
 - rýchlosť
 - zaťaženie siete
 - spoľahlivosť
- max. počet routrov na ceste je 255;

EIGRP

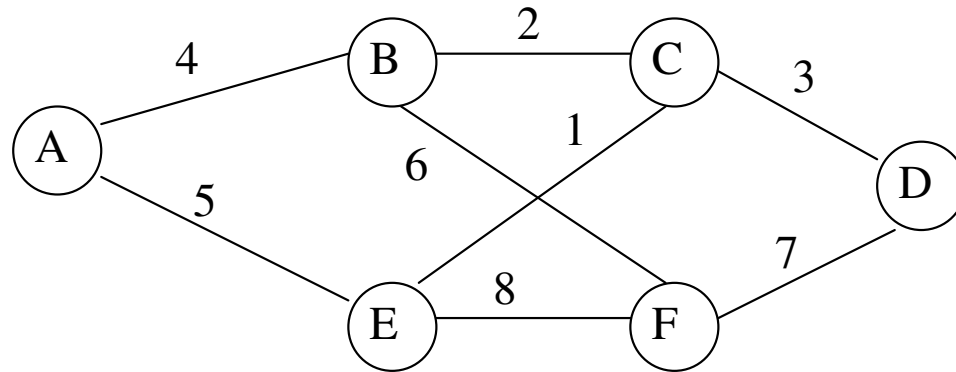
- Cisco protokol;
- viacero funkcií link-state protokolov;
- rýchla konvergencia;
- použitie kombinovanej metriky;
- malé nároky na plánovanie intersiete;
- podpora VLSM.

Link – state algoritmus

- posielajú aktualizácie hneď po zmene v sieti alebo automaticky každých 30 minút;
- zariadenie, ktoré zistí zmenu v spojení alebo routy:
 - vytvorí link-state oznámenie (LSA) o stave spojenia a pošle všetkým susedným smerovacím zariadeniam;
 - aktualizuje svoju databázu;
 - LSA pošle svojim susedom;
- napr.
 - **OSPF** - veľké intersiete;
 - **IS-IS** - na prenos využíva informácie rámce linkovej vrstvy a nepodporuje protokol IP;
 - Integrovaný IS-IS môže pracovať aj s protokolom IP aj s protokolom CLNP.
- **BGP** (***B**ordered **G**ateway **P**rotocol*)
 - pre ISP;
 - posielajú informácie medzi dvoma AS s výberom cesty bez okruhov.

Príklady

„Link state routing“ algoritmus

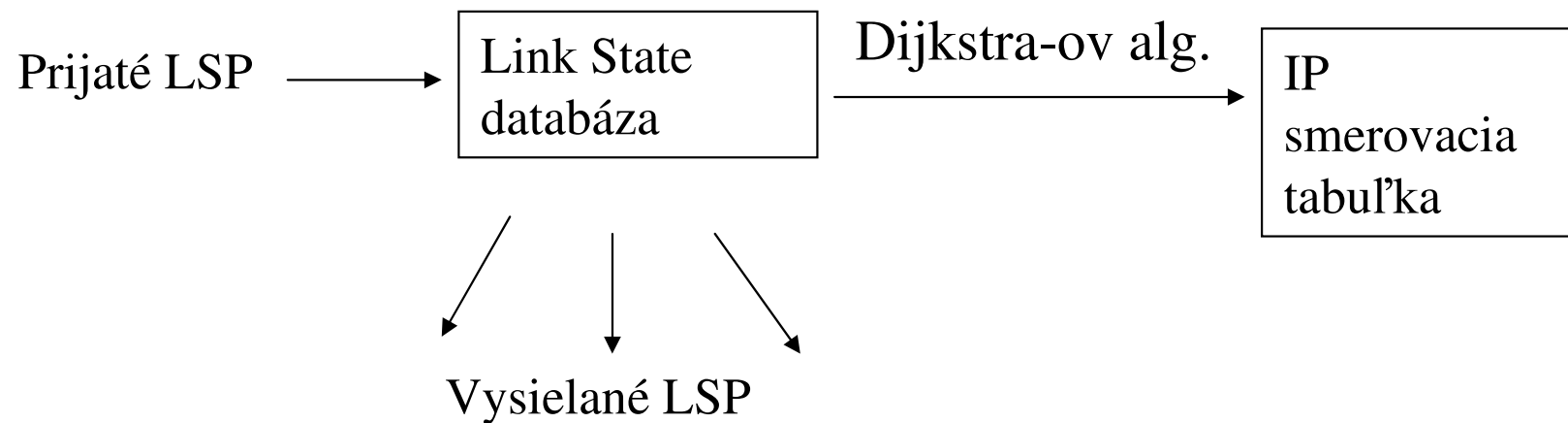


LSP:

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

Príklady smerovacích protokolov

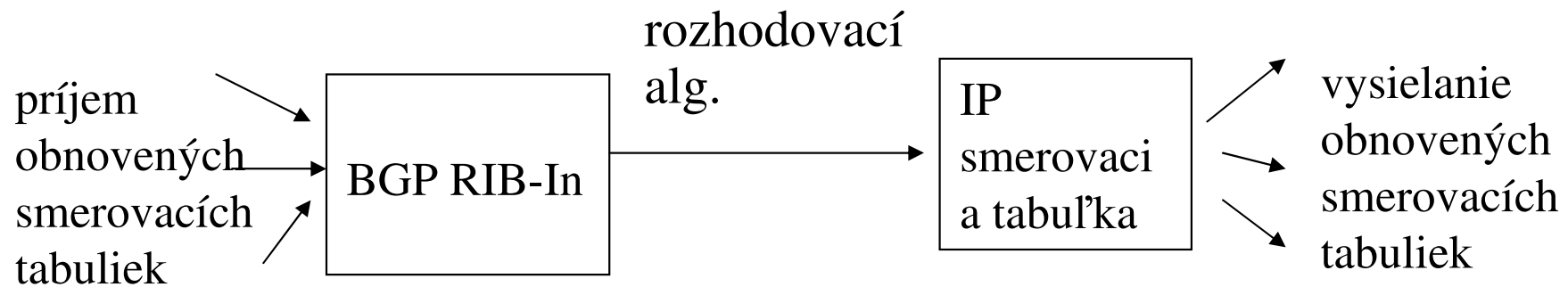
OSPF - Open Shortest Path First



OSPF - IP adresy A,B,C; podpora CIDR

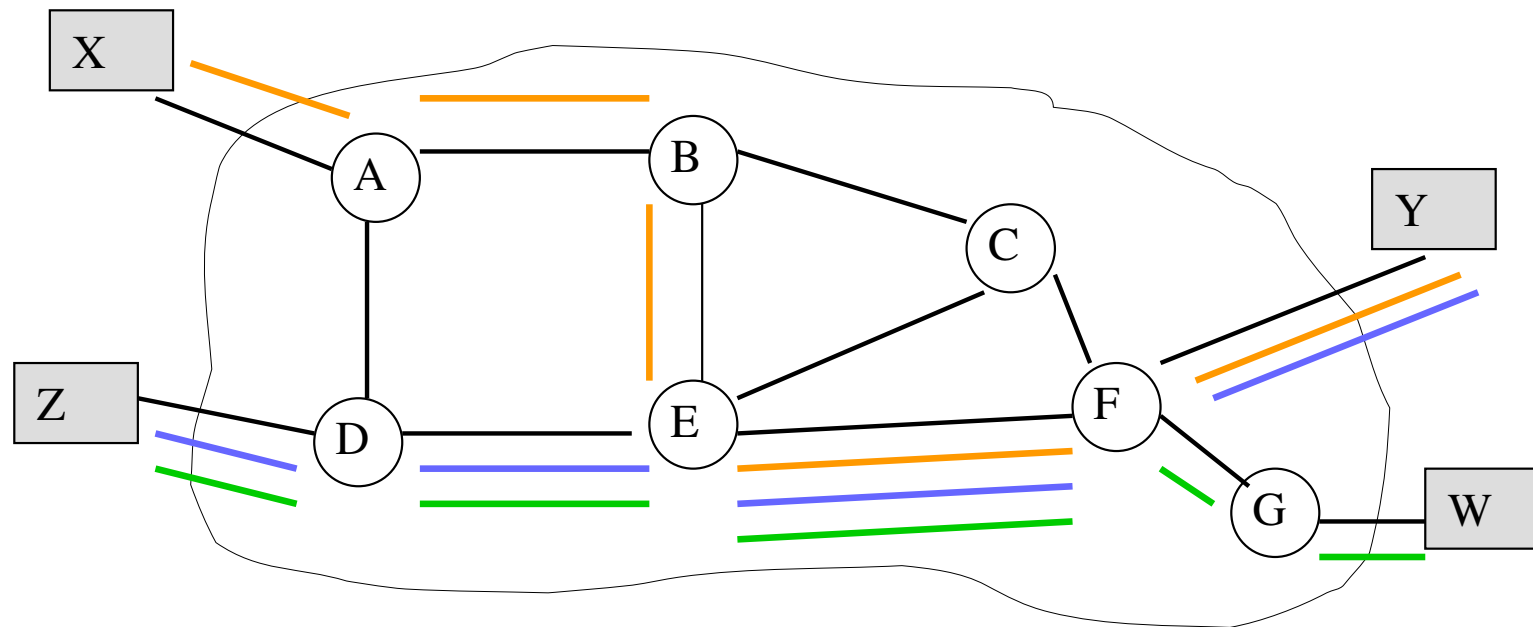
Príklady smerovacích protokolov

BGP - Border Gateway Protocol



BGPv4 - podpora CIDR

Virtuálne kanály - smerovacie tabuľky



Virtuálne kanály:

1 **X-ABEF-Y**

2 **Z-DEF-Y**

3 **Z-DEFG-W**

(A)	IN		OUT
X	0		B 0

Príklady smerovacích protokolov

Smerovací algoritmus

Skupina Distance Vector Link State

IRP (IGP)	RIP IGRP (Hello, GGP)	OSPF Integrated IS-IS
ERP (EGP)	BGP (EGP)	(IDPR)

Príklady smerovacích protokolov

IGRP - Inter-Gateway Routing Protocol

- CISCO protokol; podobné RIP; iná metrika

Integrated IS-IS - (Integrated Intermediate Systems, tiež Dual IS-IS)

- pre TCP/IP aj RM OSI; podporuje CIDR

Príklady smerovacích protokolov

	Typ	Vnoreníe	Charakteristika cesty	Hľadanie susedov
RIP	IGP / DV	RIP -> UDP -> IP	počet "hops"	---
OSPF	IGP / LS	OSPF -> IP	cena výstupného interfejsu (1-65535)	samostatné pakety (Hello)
BGP	EGP / DV	BGP -> TCP -> IP	bez cyklov; určuje sieť. admin.	konfigurované
IGRP	IGP / DV	IGRP -> IP	súbor metrík	-----
Integrated IS-IS	IGP / LS	do spojovej vrstvy	suma cien ciest (cesta 1-32)	samostatné pakety (Hello)

WAN

- **WAN**

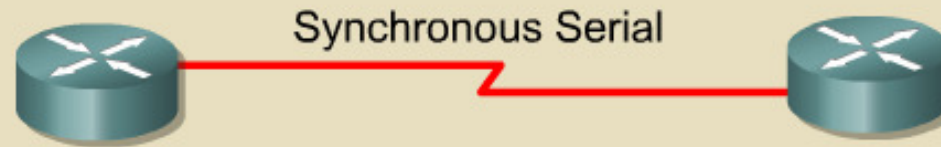
- Prepájajú geograficky vzdialené oblasti
- Využívajú služby operátorov (napr. ST)
- Používajú sériové linky

- **Rozdiely medzi LAN a WAN**

- LAN prepája pracovné stanice, tlačiarne, terminály a iné zariadenia v rámci jednej budovy alebo malej geografickej oblasti
- WAN je prepája vzdialené miesta (pracovné stanice, servery, LAN siete).

Connecting WAN interfaces

Leased Line



Circuit-Switched



Packet-Switched



WAN štandardy a protokoly

- EIA/TIA-232
- EIA/TIA-449
- V.24
- V.35
- X.21
- G.703
- EIA-530
- ISDN
- T1, T3, E1, and E3
- xDSL
- SONET (OC-3, OC-12, OC-48, OC-192)

WAN štandardy a protokoly

- High-level data link control (HDLC)
- Frame Relay
- Point-to-Point Protocol (PPP)
- Synchronous Data Link Control (SDLC)
- Serial Line Internet Protocol (SLIP)
- X.25
- ATM
- LAPB
- LAPD
- LAPF

WAN komponenty

- router – služby, vzájomné prepojenie počítačov a WAN portov;
- modemy – telefónne služby; CSU/DSU (*channel service units/digital service units*) – pripojenie služby T1/E1; TA/NT1 (*Terminal Adapters/Network Termination 1*) – pripojenie ISDN (*Intergrated Services Digital Network*)
- komunikačné servery – koncentrácia dial in a dial out užívateľskej komunikácie

1. a 2. vrstva

- štandardy, protokoly alebo primárne funkcie definujúce WAN pripojenia;
- vrstva 1 a 2 WAN štandardov a protokolov sa líšia od vrstvy 1 a 2 LAN štandardov a protokolov;
- fyzická vrstva WAN tvorí interfejs medzi zariadením dátového terminálu (DTE) a ukončovacím zariadením dátového obvodu (DCE);
- DCE - poskytovateľom služby;
- DTE - pripojeným zariadením;
- služba poskytovaná zariadeniu DTE - cez modem alebo cez CSU/DSU.

Úloha smerovača vo WAN

- Rozhranie medzi LAN a WAN časťou siete
- **DCE** – service provider
- **DTE** – pripojené zariadenie

WAN Physical Layer

EIA/TIA-232, 449,
V.24, V.35, X.21,
G.703, ISDN, T1/E1,
T3/E3,

xDSL, SONET (OCxx)

DTE



EIA/TIA-232, V.35, X.21,
HSSI, Others

DCE

CSU/DSU
Modem

WAN Data Link Layer

HDLC, Frame-
Relay,
PPP, SLIP
X.25, ATM



Modem or
CSU/DSU

Modem or
CSU/DSU



Technická univerzita
v Košiciach



Fakulta elektrotechniky
a informatiky



Katedra počítačov
a informatiky