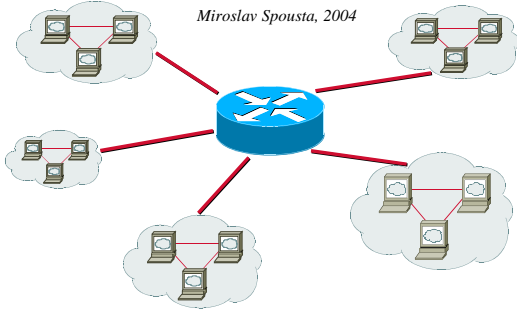


## Po íta ové síť II

### 13. Sm rování

Miroslav Spousta, 2004



1

## P edstava propojení síť

- síť jsou propojeny pomocí sm rova
- mezi každými dv ma uzly existuje cesta p es mezilehlé síť a sm rova e
  - v tšinou více r zných cest
- je pot eba vybrat, kudy bude sm rován provoz po síti
  - pro každé dva uzly v Internetu to m že být jinak



2

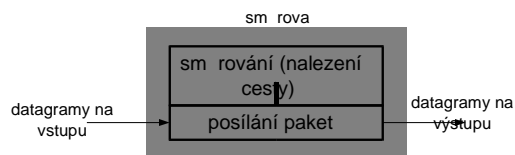
## Sm rování

- neboli volba sm ru pro další p edání datagramu
- obsahuje n kolik podúkol :
  - výpo et optimální cesty
  - algoritmus pro výpo et nejkratší cesty v grafu
- uchování informací o cestách v grafu
  - sm rovací tabulka
- p edávání paket
- udržování sm rovacích informací
  - distribuce a aktualizace sm rovacích tabulek
- existují r zné p ístupy k ešení jednotlivých ástí

3

## Sm rova

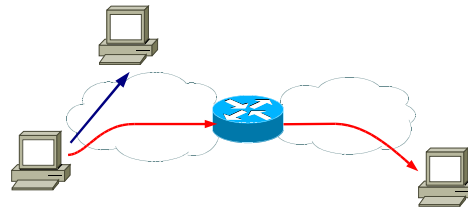
- za ízení, které pracuje na sí ové vrstv
- spojuje síť , je p ipojený do n kolika síť
- p íjímá datagramy, rozhoduje o dalším sm ru datagramu síť
- p edává datagramy dalším sm rova m nebo posílá data koncové stanici v p ímo p ipojené lokální síti



4

## P ímé a nep ímé sm rování

- P ímé sm rování
  - do p ímo p ipojené IP síť (má stejnou sí ovou adresu)
  - nic se nesm ruje - p ímo se vyše do lokální síti
- Nep ímé sm rování
  - sí ová adresa je r zná od všech síť rozhraní sm rova e
  - je pot eba najít v síti další sm rova , který je blííž cílové síti



5

## P ímé sm rování

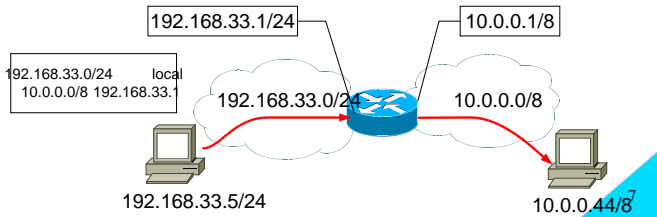
- vysílající uzel rozd líí cílovou adresu - podle masky vlastní síti
- zjistí, jestli cílový uzel je ve stejné síti (má stejnou sí ovou adresu, jako vysílající uzel)
- pokud ano, zjistí pomocí ARP protokolu cílovou MAC adresu
- pošle rámec na zjišt nou MAC adresu

192.168.33.4	=	192.168.33.3	4 +
255.255.255.0			

6

## Nepřímé směrování

- pokud uzel zjistí, že adresa není lokální (má jinou síťovou složku, než všechny síťové adresy na rozhraní stanice), je nutné předat IP datagram směrovacímu
- kterému, to rozhodne směrovací tabulka
- pomocí nepřímého směrování odešle datagram směrovacímu



## Statické a dynamické směrování

- **Statické směrování**
  - směrovací tabulky se nemění (jsou statické)
  - je nutné nastavit směrovací tabulky ručně
  - imunní vůči změnám v síti
  - administrativně náročné (musí se udržovat, náchylné na chyby)
  - vhodné pro malé sítě se stálou topologií
- **Dynamické směrování**
  - obsah směrovacích tabulek se mění bez zásahu správce
  - většinou je základ tabulky nastaven staticky (implicitní cesta)
  - cesty do ostatních sítí se aktualizují pomocí speciálních protokolů
- dva základní druhy protokolů
  - vector distance
  - link state
- implicitní cesta
- cesty, které nejsou jinak inzerovány (skrz firewall)

8

## Směrovací tabulka

- základní data směrovací tabulky
- ve směrovací tabulce je:
  - cílová síťová adresa
  - metrika
  - adresa nejbližšího směrovacího směrníku v síti (musí být dostupný přes síť jednoho z rozhraní směrovací tabulky)
- koncový uzel má směrovací tabulku stejně jako směrovací, ale neustupně se vyměňuje směrovacími informacemi
  - je pasivní
  - většinou zná svoji síť a implicitní cestu
- jak aktualizovat směrovací informace?
  - povodně v Internetu mají Core Gateways úplnou informaci o sítích
  - to bylo neúnosné => vznik autonomních systémů

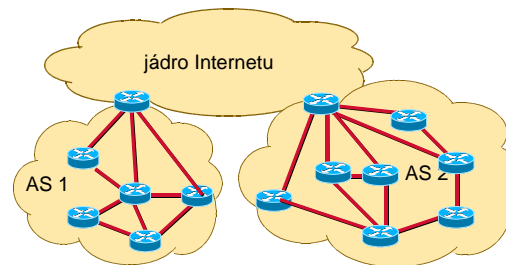
9

## Algoritmus směrování

- vezmi cílovou IP adresu
- projdi směrovací tabulku od nejspécifických k méně specifickým
- pokud záznam vyhovuje, podíváme se, zda je síť lokální (přímě spojena)
  - ano, datagram pošleme na MAC adresu přímě
  - ne, datagram pošleme na MAC adresu sousedního směrovacího
- pokud se dostaneme na konec tabulky, může tam být implicitní cesta (default route) – použijeme ji
- nenašli jsme cestu sítí => vygenerujeme ICMP zprávu Destination Unreachable

10

## Autonomní systémy



11

## Autonomní systém

- neinzeruje ven detailní informace
- pouze sdružené síť
  - typicky je to informace „síť od této IP adresy po tuto IP adresu“
- jak směrovací a udržuje směrovací informace v rámci AS je na správci
  - „směrovací politika“
- povodně musela být hierarchie AS přímě stromovitá
- dnes v podstatě libovolná
  - takže může mít peering

12

## EGP

- Exterior Gateway Protocols
  - používán (v počátcích Internetu) se používal Exterior Gateway Protocol
  - vyžadoval stromovou strukturu AS
  - a jednu páteň síť Internetu
- dnes se používá BGP (Border Gateway Protocol)
  - umožňuje obecné zapojení AS (už ne pouze do stromu)
  - podporuje CIDR
  - několik verzí (dnes se používá verze 4)
  - umožňuje nastavení priorit pro jednotlivé AS
    - například na základě rychlosti linek, vytížení, smluv, ...

13

## IGP

- Interior Gateway Protocols
  - protokol používaný v rámci jednoho AS
  - obecně označení pro různé protokoly směrování v rámci jednoho AS
  - politika směrování (aktualizace směrovacích tabulek) je jednotná v rámci AS
- v IP se používají hlavně dva protokoly: RIP a OSPF
- RIP (Router Information Protocol)
  - vyvinut firmou Xerox
  - používá algoritmus vector-distance (poprvé použit už v ARPANETu, 1969)
  - vhodné jen pro malé a statické sítě
- OSPF (Open Shortest Path First)
  - používá princip link state
  - používá se i ve větších sítích

14

## IGP

- Interior Gateway Protocols
  - protokol používaný v rámci jednoho AS
  - obecně označení pro různé protokoly směrování v rámci jednoho AS
  - politika směrování (aktualizace směrovacích tabulek) je jednotná v rámci AS
- v IP se používají hlavně dva protokoly: RIP a OSPF
- RIP (Router Information Protocol)
  - vyvinut firmou Xerox
  - používá algoritmus vector-distance (poprvé použit už v ARPANETu, 1969)
  - vhodné jen pro malé a statické sítě
- OSPF (Open Shortest Path First)
  - používá princip link state
  - používá se i ve větších sítích

15

## RIP

- firma Xerox v PARC, 1981
- RFC 2452 (RIPv2)
- populární protokol, implementován v UNIXu
- na konci osmdesátých let v podstatě norma pro směrování v IP sítích
- distribuovaný algoritmus – podílí se na něm všechny směrovače v síti
  - konvergence = doba, než se ustálí informace ve směrovacích tabulkách
- typu vector-distance
  - směrovač se šíří předávajícím aktualizace tvořeným vektorem a vzdáleností
  - vektor je vlastní adresa síť a vzdálenost je podle metriky
- používá UDP protokol, port 520
- velmi jednoduchý na konfiguraci
- daemon – aplikace úrovně

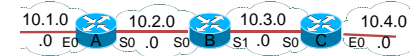
16

## RIP aktualizace

- ve směrovací tabulce je:
  - síťová cílová adresa
  - metrika (vzdálenost k cíli)
  - adresa směrovače (musí být dostupný přes jednu ze sítí)
  - časová (doba od poslední aktualizace záznamu)
- RIP jako metriku používá počet směrovačů na cestě k cíli (hops)
  - maximum je 15, nekonečno je 16
  - tedy je možné mít v jednom AS maximálně 15 směrovačů
- směrovač vysílá svoji tabulku sousedům každých 30 sekund
- podle přijíchaných informací si upravuje svoji vlastní směrovací tabulku
  - k informacím od sousedů přidá jednu koku a uloží si ji do své tabulky

17

## RIP



10.1.0.0 E0 0	10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S0 0
10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S1 0	10.4.0.0 E0 0

10.1.0.0 E0 0	10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S0 0
10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S1 0	10.4.0.0 E0 0
10.3.0.0 S0 1	10.1.0.0 S0 1	10.2.0.0 S0 1
	10.4.0.0 S1 1	

10.1.0.0 E0 0	10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S0 0
10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S1 0	10.4.0.0 E0 0
10.3.0.0 S0 1	10.1.0.0 S0 1	10.2.0.0 S0 1
10.4.0.0 S0 2	10.4.0.0 S1 1	10.1.0.0 S0 2

18

## RIP konvergence

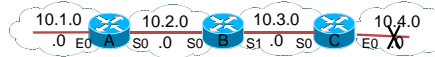
- asova se používá pro zneplatnění neaktuálních informací
  - pokud do 180 s nepijde od souseda informace, nastaví se v tabulce na nekonečno
  - pokud nepijde do dalších 120 s, informace se z tabulky odstraní (garbage collection)
- RIP má problém s pomalou konvergencí
  - změna v síti se z jednoho konce síti na druhý musí propagovat dlouho
  - maximálně  $15 \cdot 30s = 450s$ , cca 7,5 min.
  - triggered update: při změně v topologii se propagují co nejdříve
- problém se smyčkami ve směrovacích tabulkách
  - zacyklení uživatelských paketů
  - vzniká pomalou konvergencí, způsobuje vážné problémy

19

## RIP smyčky



10.1.0.0 E0 0	10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S0 0
10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S1 0	10.4.0.0 E0 0
10.3.0.0 S0 1	10.1.0.0 S0 1	10.2.0.0 S0 1
10.4.0.0 S0 2	10.4.0.0 S1 1	10.1.0.0 S0 2



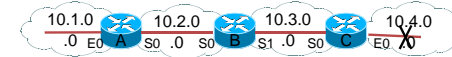
10.1.0.0 E0 0	10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S0 0
10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S1 0	10.4.0.0 E0 ∞
10.3.0.0 S0 1	10.1.0.0 S0 1	10.2.0.0 S0 1
10.4.0.0 S0 2	10.4.0.0 S1 1	10.1.0.0 S0 2

20

## RIP smyčky



10.1.0.0 E0 0	10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S0 0
10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S1 0	<b>10.4.0.0 S0 2</b>
10.3.0.0 S0 1	10.1.0.0 S0 1	10.2.0.0 S0 1
10.4.0.0 S0 2	<b>10.4.0.0 S1 1</b>	10.1.0.0 S0 2



10.1.0.0 E0 0	10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S0 0
10.2.0.0 S0 0	10.3.0.0 S1 0	<b>10.4.0.0 S0 2</b>
10.3.0.0 S0 1	10.1.0.0 S0 1	10.2.0.0 S0 1
<b>10.4.0.0 S0 4</b>	<b>10.4.0.0 S1 3</b>	10.1.0.0 S0 2

21

## RIP smyčka

- omezení zvyšování metriky do nekonečna
  - RIP zavedl explicitní omezení na 16
- split horizon
  - směrovací tabulka neposílá do daného směrovacího rozhraní informace o cestách, které mu přišly z tohoto rozhraní
- poison reverse
  - způsobí po stejném rozhraní posílá metriku nekonečno (16)
- hold down
  - směrovací tabulka po obdržení informace o nedostupnosti síti po určité době nebere v potaz další informace o změně směrovací tabulky pro danou síť
  - minimalizace dopadu směrovacích smyček
- triggered update

22

## RIPv1

8b	8b	16b
přikaz	verze (1)	0
typ adresy (IP = 2)		0
IP adresa		
0		
0		
metrika (vzdálenost k cíli)		

- přikaz: výzva/směrovací informace
- IP adresa: adresa síť
- metrika: počet hopů k cíli

23

## RIPv2

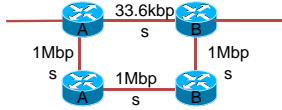
8b	8b	16b
přikaz	verze (2)	0
typ adresy (IP = 2)		označení cesty (tag)
IP adresa		
síťová maska		
adresa sousedního směrovacího rozhraní		
metrika (vzdálenost k cíli)		

- podpora CIDR
- vysílání skupinovou (multicast) adresu 224.0.0.9
- autentizace informací

24

## Problémy RIP

- Omezená nejdelší možná cesta
  - na 15 hop
- po hledání do nekonečna (16)
- fixní metrika
  - jen hopy, žádná jiná možnost
- nelze využít paralelních cest pro rozkládání zátěže
- RIPng: pro IPv6 (RFC 2080)
  - v podstatě pouze změna IP adresy
  - zůstávají zachovány ostatní vlastnosti (a problémy)



25

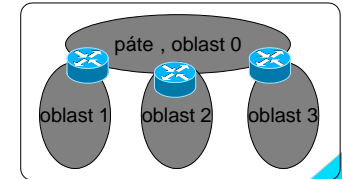
## OSPF

- Open Shortest Path First
  - vychází ze staršího SPF
- RFC 1245 (z roku 1991), version 2: RFC 2328 (z roku 1998)
- pracuje přímo nad IP (číslo protokolu je 89)
- algoritmus typu link-state
  - aktivně testuje stav linky k sousedním směrovacím – tuto informaci posílá do celé sítě
  - tyto informace rozepisuje všem ostatním směrovacím
  - každý směrovací v síti má úplnou informaci o celé topologii sítě
  - hledá optimální cesty pomocí Dijkstrova algoritmu (sám za sebe)
- podporuje alternativní cesty, loadbalancing

26

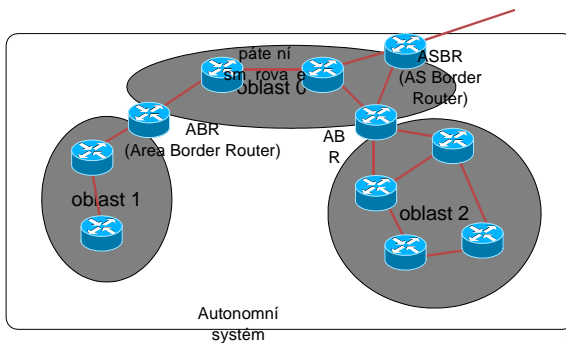
## OSPF metrika

- metrika: virtuální cena
  - minimalizuje se (čím menší cena, tím větší šance, že se cesta zvolí)
  - určena administrativně, může zahrnovat všechny potřebné vlastnosti (propustnost, vytížení, cena)
  - vztahuje se k rozhraní směrovacího (= může být asymetrická)
- umožňuje rozdělit AS na několik oblastí (area)
  - analogie k AS, ale v jeho rámci
  - informace o vnitřní struktuře se nesíly vně oblasti
  - jedna oblast (0) je páteří
  - bez stanic, jsou k ní připojeny všechny ostatní oblasti
  - oblast má mít max. 80 směrovacích



27

## OSPF oblasti



28

## OSPF směrování

- SPF algoritmus se provádí zvlášť pro každou oblast
- směrování je vlastně dvoustranné: v rámci oblasti a mezi oblastmi
- topologická databáze má tvar orientovaného grafu
- směrovací si udržuje databázi sousedů (každý jinou)
  - sousedi se objeví pomocí tzv. Hello protokolu
    - udržování sousedských vztahů
    - výměna směrovacích informací
  - vysílá se každých 10s
- dále si udržuje celkovou topologii sítě (všichni by měli mít stejnou)
- směrovací tabulky pro směrování datagramů
  - mění se podle výpočtu nejkratších cest podle aktuální topologie sítě

29

## OSPF aktualizace

- nový směrovací
  - zjistí, kdo jsou jeho sousedi
  - s každým sousedem si synchronizuje topologickou databázi
  - poté oznámí všem ostatním směrovacím navázání sousedských vztahů
- již fungující směrovací
  - kontroluje pomocí Hello paketů, zda linky k sousedům jsou OK
    - každých 10s
  - pokud nejsou změny, jednou za 30 minut vysílá informace o sousedských vztazích
  - pokud je změna, ihned informuje

30

## RIP vs OSPF

	RIP	OSPF
posílá se	celá směrovací tabulka	informace o přímo spojených segmentech
kdy	periodicky	ihned po změně
komu	sousedům	všem směrováním
škálovatelnost	malá	velká
nárovnost na konfiguraci	malá	velká
nárovnost na síť	velká	malá
problémy	slowly, pomalá konvergence	synchronizace