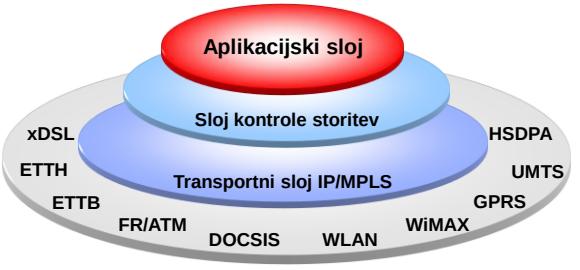
Usmerjanje v IP

Vsebina

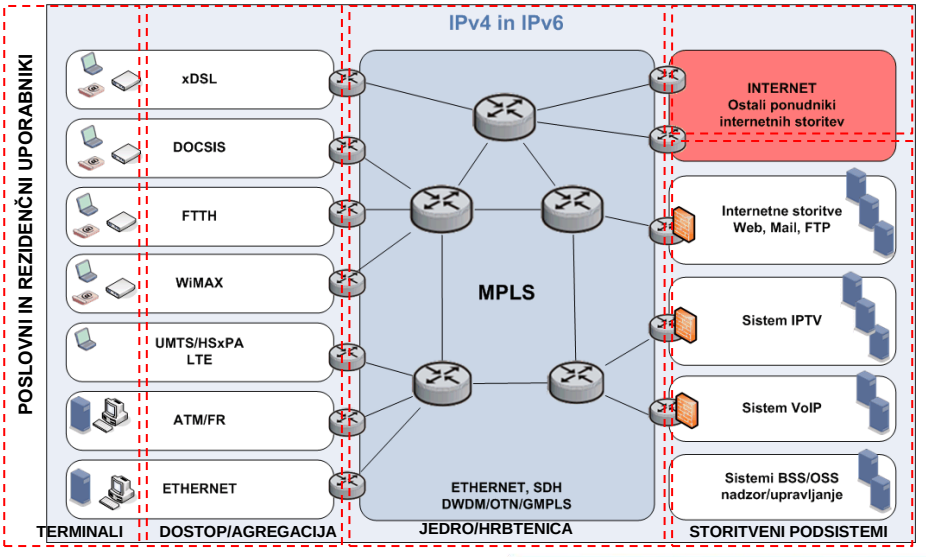
- Uvod
- Osnove usmerjanja
- Usmerjevalnik IP
- Usmerjevalni protokoli in algoritmi
- Usmerjevalni protokoli RIP, OSPF, ISIS in BGP

Koncept sodobnih omrežij

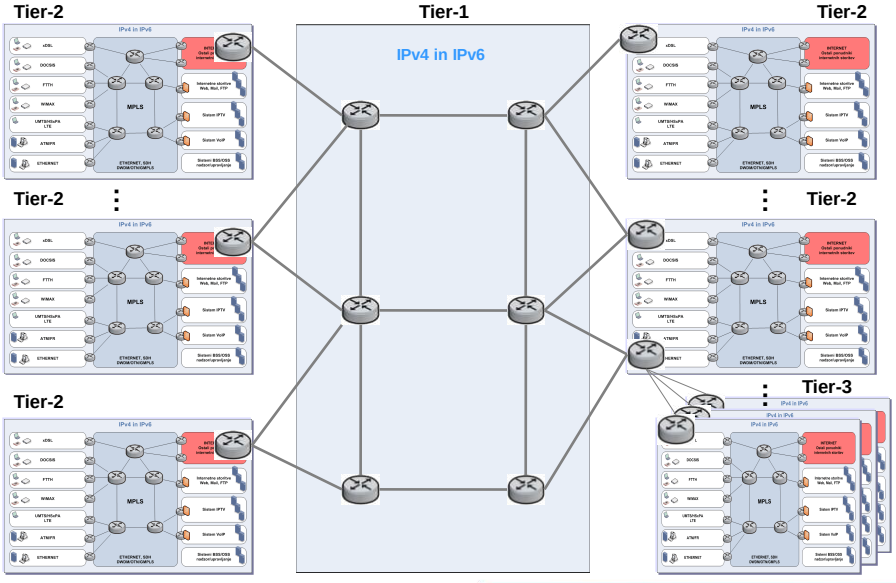
- Trije neodvisni sloji
  - aplikacijski sloj
  - sloj kontrole storitev
  - transportni sloj
- Transportni sloj
  - hrbtenica
  - distribucija (metro)
  - dostop
- Robne naprave
  - koncentracija inteligence v robnih napravah
  - zagotavljajo preprosto in razširljivo distribucijsko omrežje
  - trend: pozicija čim bližje uporabniku



Transportni sloj sodobnih omrežij

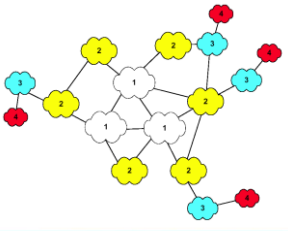


Logična shema Interneta



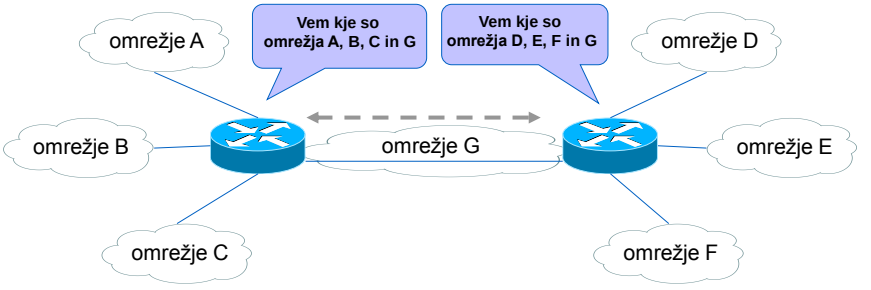
Internet

- Internet je množica medsebojno povezanih avtonomnih sistemov (Autonomous System)
  - AS je omrežje pod enotnim upravljanjem
- Vsako omrežje ima zagotovljeno popolno avtonomijo v svoji domeni
- Nobeno izmed omrežij (AS) ni kritično za delovanje celotnega interneta
  - ne predstavlja točke ˝single point of failure˝
  - v primeru izpada posameznega AS se poišče obvozna pot skozi drugo omrežja (avtonomne sisteme)



Kaj je usmerjanje?

- Izmenjava podatkov o dosegljivosti
- Izbira optimalne poti
- Usmerjevalnik
  - naprava za izvajanje procesa usmerjanja



Vsebina

- Uvod
- Osnove usmerjanja
- Usmerjevalnik IP
- Usmerjevalni protokoli in algoritmi
- Usmerjevalni protokoli RIP, OSPF, ISIS in BGP

Protokol IP

- Nepovezavno usmerjena tehnologija omrežnega (L3) sloja
- Vsak paket v glavi nosi izvorni in ciljni naslov IP
- Vročitve naslovniku ne zagotavlja
  - to prepušča višjim slojem (npr. TCP)
- Usmerjanje/posredovanje se za vsak paket izvrši v vsakem vozlišču posebej, neodvisno od ostalih paketov istega podatkovnega toka
- Usmerjevalni podatki so shranjeni v usmerjevalni tabeli
- Usmerjevalna tabela se lahko zgradi
  - statično – na roke
  - dinamično – na osnovi usmerjevalnih protokolov (RIP, OSPF, IS-IS, BGP)

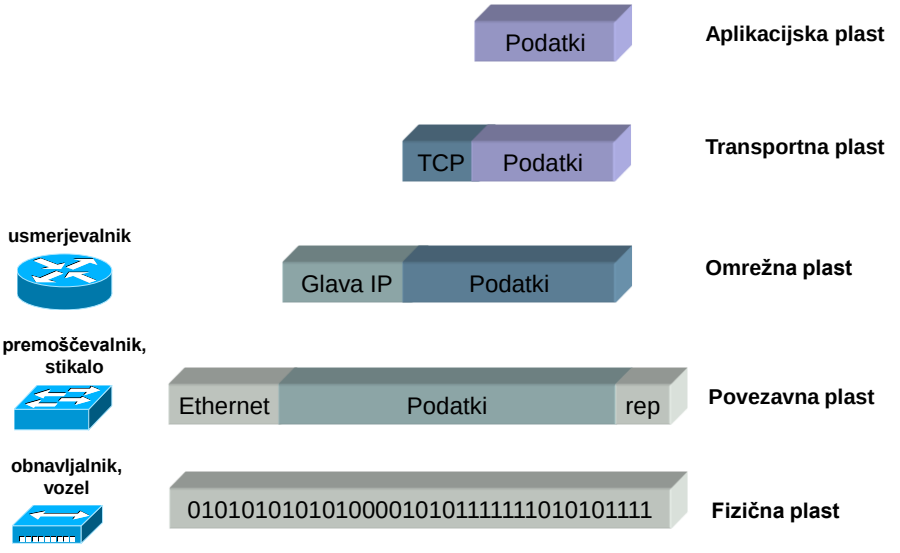
Povezaven in nepovezaven prenos

- Povezavno usmerjene komunikacije
  - vzpostavitev zveze
    - vzpostavitev povezave med izvorno in ponorno napravo, ugotavljanje pripravljenosti končne naprave
  - prenos podatkov
    - transparentna izmenjava podatkov
    - paketi potujejo po isti, vnaprej vzpostavljeni poti
  - sprostitev zveze
    - sprostitev uporabljenih naprav in prenosnih kanalov
- Nepovezavno usmerjene komunikacije
  - terminali oddajajo pakete brez predhodne vzpostavitve zveze s ciljno napravo
    - obstaja samo faza prenosa podatkov
    - vsak podatkovni paket vsebuje izvorni in ponorni naslov
    - paketi se medsebojno neodvisno prenašajo skozi omrežje
    - zaporedje oddanih in prejetih paketov ni nujno enako

Tipi komutacije - posredovanja

- Vodovna komutacija
  - vhodni prenosni kanal ˝žica˝ se galvansko sklopi na ustrezni izhodni prenosni kanal ˝žica˝
  - klasično telefonsko omrežje
- Paketna komutacija – danes dominanten način komutacije
  - posredujejo se paketi/datagrami/celice
  - povezavno usmerjena omrežja
    - stikala X.25, ATM, MPLS
    - virtualna zveza
    - predhodno se vzpostavi navidezna pot ˝cev˝
      - paketi ne vsebujejo ponornega naslova
  - nepovezavno usmerjena omrežja
    - usmerjevalnik IP
    - v vozlišču se posamezni paketi medsebojno neodvisno usmerjajo (vsak paket mora vsebovati ponorni naslov)
    - če neka povezava ali vozlišče odpove, se paketi preusmerijo na neprizadete dele omrežja

Omrežne naprave – umestitev v OSI

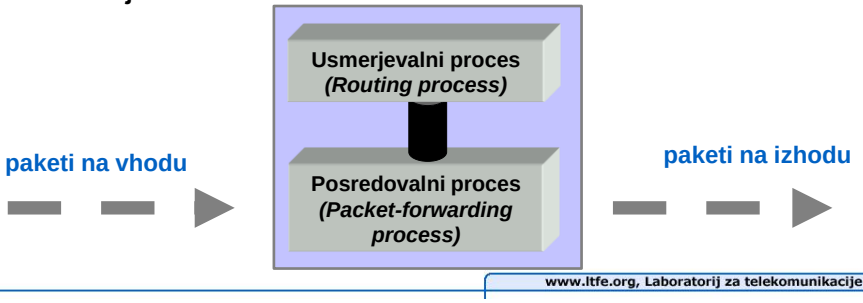


Vsebina

- Uvod
- Osnove usmerjanja
- Usmerjevalnik IP
- Usmerjevalni protokoli in algoritmi
- Usmerjevalni protokoli RIP, OSPF, ISIS in BGP

Zgradba usmerjevalnega sistema

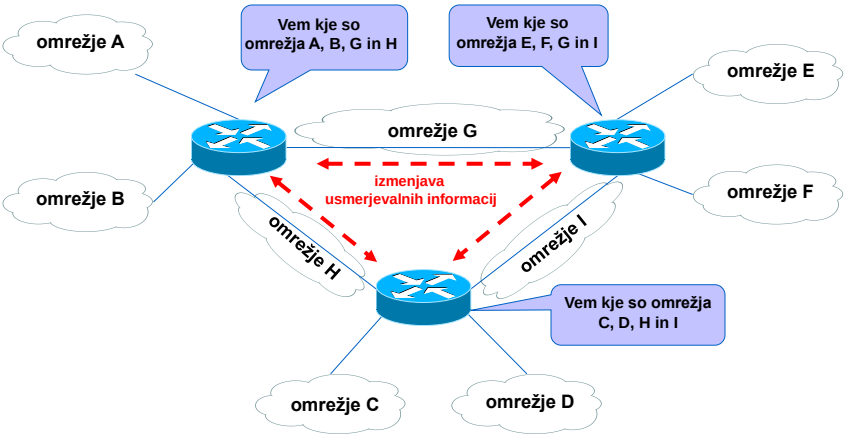
- Usmerjevalni proces
  - izmenjava usmerjevalnih informacij
  - določitev optimalne poti
  - izvaja se lahko v nerealnem času
- Posredovalni proces
  - Izbira ustreznega vmesnika “angl. longest-prefix-mach”
  - posredovanje paketov na izhodni vmesnik
  - izvajati se mora v realnem času



Usmerjanje in posredovanje

- Usmerjevalni proces
  - poganja usmerjevalne protokole
    - izmenjava usmerjevalnih informacij
    - odločanje o tem, kam datagram poslati, imenujemo usmerjanje (routing)
      - določitev optimalne poti
    - izgradnja usmerjevalne tabele (RIB - routing information base)
- Posredovalni proces
  - posredovanje paketov iz vhodnega vmesnika na izhodni vmesnik
  - skozi omrežje obstaja več poti
    - samo najbolj optimalna se zapiše v posredovalno tabelo (FIB - forwarding information base)
  - izbira ustreznega izhodnega vmesnika se izvaja po principu ujemanja v največji meri "angl. longest-prefix-mach"
- Zmogljivost (QoS) usmerjevalnika določa posredovalni proces

Usmerjevalnik – usmerjevalni proces



Usmerjevalnik – usmerjevalni proces

- Statično usmerjanje
  - ročna določitev posredovalnega vmesnika
    - administrator prek upravljavskega vmesnika določi pot
  - privzeta pot
    - pošiljanje vseh paketov, ki ne najdejo specifične poti po tej poti
    - poseben tip statičnega usmerjanja
- Dinamično usmerjanje
  - avtomatska določitev usmerjevalnih poti
  - uporaba usmerjevalnih protokolov

Usmerjevalnik – posredovalni proces

- Posredovalna funkcija – osnovne naloge (Fast Path)
  - sprejema paketa na vhodnem vmesniku
  - dekapsulacije datagrama IP – odstranitev okvirja L2
  - preverjanje kontrolne vsote glave IP
  - preverjanje TTL in zmanjševanje vrednosti za 1
  - ponoven izračun kontrolne vsote
  - določanje optimalne poti – longest-prefix-match
    - posredovanje na en izhoden vmesnik (unicast)
    - posredovanje na več izhodnih vmesnikov (multicast)
  - inkapsulacije datagrama IP – dodajanje ustrezne glave in repa L2
  - prenos paketa na ustrezen izhodni vmesnik, ki ga določa usmerjevalna tabela
- Posredovalna funkcija – kompleksne naloge (opcijsko)
  - fragmentacija, če je MTU manjši od velikosti paketa
  - razvrščanje paketov (classification), tipično na osnovi ACL

Vsebina

- Uvod
- Osnove usmerjanja
- Usmerjevalnik IP
- Usmerjevalni protokoli in algoritmi
- Usmerjevalni protokoli RIP, OSPF, ISIS in BGP

Usmerjevalni protokoli

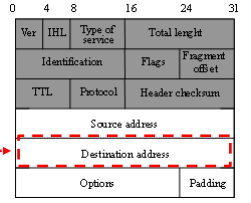
- Protokoli, ki nam poganjajo usmerjevalne algoritme
- Izgradnja usmerjevalnih tabel
  - vsak usmerjevalnik vzdržuje usmerjevalno (posredovalno) tabelo
  - vsak usmerjevalni protokol vzdržuje svojo usmerjevalno tabelo
- Usmerjevalna tabela
  - vsebuje vnose, ki določajo, prek katerega izhodnega fizičnega vmesnika mora omrežna naprava posredovati paket za ciljni naslov IP
  - zapisi v usmerjevalni tabeli

Omrežje	Maska	Vmesnik	Naslednji hop	Metrika	Starost	Vir
192.168.1.0	255.255.255.0	FE0/0	192.168.3.10	3	300	RIP
192.168.2.0	255.255.255.0	FE0/1	192.168.3.10	2		Statično
192.168.3.0	255.255.255.0	FE0/2				

Iskanje v usmerjevalni tabeli

- Ciljni naslov v glavi IP primerjamo z naborom naslovov v usmerjevalni tabeli
  - ujemanje celotnega naslova IP
  - ujemanje omrežnih naslovov
  - upoštevanje privzete (default) poti

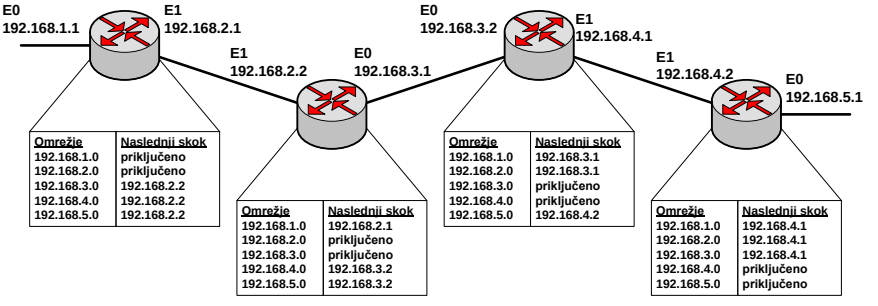
Glava datagrama IP



Omrežje	Maska	Vmesnik	Naslednji skok	Metrika	Starost	Vir
192.168.1.0	255.255.255.0	FE0/0	192.168.3.10	3	300	RIP
192.168.2.0	255.255.255.0	FE0/1	192.168.3.10	2		Statično
192.168.3.0	255.255.255.0	FE0/2				

Uporaba usmerjevalne tabele

- Primer uporabe usmerjevalne tabele pri pošiljanju IP paketa preko omrežja



Usmerjevalna tabela - Windows

- **Ukaz**
  - **route print**

```
C:\Documents and Settings\Administrator>route print
===========================================================================
Seznam vmesnikov
0x1 ........................... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 0c 29 2c 7c 57 ...... AMD PCNET Family PCI Ethernet Adapter - Packet Scheduler
Miniport
===========================================================================
===========================================================================
Aktivne smeri:
Omrežni cilj      Maska omrežja     Prehod            Vmesnik
                Metrika
0.0.0.0           0.0.0.0           172.16.105.2      172.16.105.128    10
127.0.0.0         255.0.0.0         127.0.0.1         127.0.0.1         1
172.16.105.0      255.255.255.0     172.16.105.128    172.16.105.128    10
172.16.105.128    255.255.255.255   127.0.0.1         127.0.0.1         10
172.16.255.255    255.255.255.255   172.16.105.128    172.16.105.128    10
224.0.0.0         240.0.0.0         172.16.105.128    172.16.105.128    10
255.255.255.255   255.255.255.255   172.16.105.128    172.16.105.128    1
Privzeti prehod:     172.16.105.2
===========================================================================
```


Usmerjevalna tabela - Linux

- **Ukaz**
  - **route**

```
administrator@PC:~$ route
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags   Metric  Ref    Use   Iface
172.16.4.0      *               255.255.255.0   U       0       0      0     vmnet1
172.16.105.0    *               255.255.255.0   U       0       0      0     vmnet8
10.0.0.0        *               255.255.0.0     U       1       0      0     eth0
link-local      *               255.255.0.0     U       1000    0      0     eth0
default         10.0.0.1        0.0.0.0         UG      0       0      0     eth0
```

Usmerjevalna tabela - Cisco

- **Ukaz**
  - **show ip route**

```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
       i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
       * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
       P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

     10.0.0.0/24 is subnetted, 7 subnets
R       10.1.1.0 [120/1] via 10.1.2.1, 00:00:23, Serial0/3/0
C       10.1.2.0 is directly connected, Serial0/3/0
C       10.1.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       10.1.4.0 is directly connected, Serial0/3/1
R       10.1.5.0 [120/1] via 10.1.4.2, 00:00:15, Serial0/3/1
R       10.1.6.0 [120/1] via 10.1.4.2, 00:00:15, Serial0/3/1
R       10.1.7.0 [120/2] via 10.1.4.2, 00:00:15, Serial0/3/1
```


Usmerjevalna tabela - Juniper

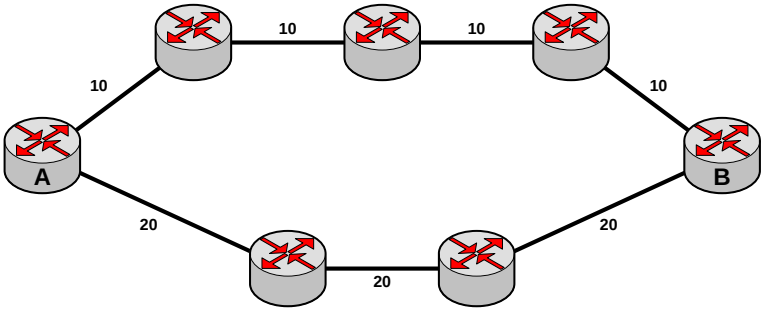
- **Ukaz**
  - **show route table inet.0**

```
user@host> show route table inet.0
inet.0: 12 destinations, 12 routes (11 active, 0 holddown, 1 hidden)
+ = Active Route, - = Last Active, * = Both

0.0.0.0/0                  *[Static/5] 00:51:57
                            > to 111.222.5.254 via fxp0.0
1.0.0.1/32                 *[Direct/0] 00:51:58
                            > via at-5/3/0.0
1.0.0.2/32                 *[Local/0] 00:51:58
                            Local
12.12.12.21/32             *[Local/0] 00:51:57
                            Reject
13.13.13.13/32             *[Direct/0] 00:51:58
                            > via t3-5/2/1.0
13.13.13.14/32             *[Local/0] 00:51:58
                            Local
13.13.13.21/32             *[Local/0] 00:51:58
                            Local
13.13.13.22/32             *[Direct/0] 00:33:59
                            > via t3-5/2/0.0
127.0.0.1/32               [Direct/0] 00:51:58
                            > via lo0.0
111.222.5.0/24             *[Direct/0] 00:51:58
                            > via fxp0.0
111.222.5.81/32            *[Local/0] 00:51:58
                            Local
```

Izbira optimalne poti

- Usmerjevalna metrika
  - vrednost določena posameznim potem
  - izbira optimalne poti na podlagi najnižje metrike
  - seštevek cen povezav na posamezni poti



Lastnosti usmerjevalnih algoritmov

- Preprost – malo režijskih stroškov
  - funkcionalno učinkovit z minimalnimi programskimi, procesorskimi ter pomnilniškimi zahtevami
- Robusten
  - pravilno delovanje tudi v ekstremnih okoliščinah (strojne okvare, hude prometne obremenitve ...)
- Hitro konvergira
  - kako hitro je, ob spremembah v omrežju, opravljen proces izbire optimalne poti med vsemi sodelujočimi usmerjevalniki

Delitve usmerjevalnih algoritmov

- Notranji, intradomain, interior – zunanji, interdomain, exterior
  - delitev glede na njihov namen: znotraj domene (RIP, OSPF, IS-IS), in med domenami (BGP)
- Single-path – Multipath
  - delitev glede na število poti, ki jih usmerjevalni algoritem podpira do iste ciljne naprave
- Flat – Hierarchical
  - ˝flat space˝: vsi usmerjevalniki so si sosedje ˝routing peers˝
  - ˝hierarchical systems˝: med usmerjevalniki obstaja hierarhija, logično grupiranje naprav – domene, področja in avtonomni sistemi
- Host-intelligent – Router-intelligent
  - izvorna naprava določi pot od izvora do cilja (source routing)
  - usmerjevalniki določijo pot do ciljne naprave (destination based routing)
- Link-state – Distance vector

Distance vector

- Usmerjanje na osnovi vektorja razdalje (Distance Vector):
  - temelji na algoritmu ˝Bellman-Ford˝
  - usmerjevalne informacije se razpošljejo le sosedom – počasna konvergenca
    - usmerjevalniki v omrežju poznajo le svoje sosede in ceno poti do njih
    - vsak usmerjevalnik periodično pošilja sosedom poznane destinacije ter njihovo ceno
    - sosedni usmerjevalnik primerja sprejeta sporočila s svojo usmerjevalno tabelo – če obstaja nova ali bolj optimalna pot se slednja prepiše v usmerjevalno tabelo
  - uporabljena metrika je dolžina poti (hop count)
  - počasna konvergenca
  - za svoje delovanje potrebujejo manj sistemskih zmogljivosti (CPU in RAM) kot algoritmi ˝link state˝
  - tipičen predstavnik je protokol RIP

oglašuje le sosedom

Link-state

- Usmerjanje na osnovi stanja povezav
  - temelji na algoritmu ˝Dijkstra˝
  - usmerjevalne informacije se razpošljejo vsem usmerjevalnikom v omrežju – hitra konvergenca
    - usmerjevalniki poznajo celotno topologijo omrežja
    - vsak usmerjevalnik razpošlje informacije o svojih sosedih vsem usmerjevalnikom v omrežju
    - usmerjevalniki si zgradijo topologijo omrežja v obliki grafa (Link State Database) – enak pogled na omrežje
    - na osnovi algoritma ˝Dijkstra˝ si zgradijo drevo omrežja, s korenom drevesa pri sebi
  - uporabljena metrika je cena poti (numerična vrednost)
  - oglašujejo se samo spremembe v usmerjevalnih tabelah
  - omogočajo boljšo razširljivost kot ˝distance vector˝ algoritmi
  - tipična predstavnika sta protokola OSPF in IS-IS

oglaševanje vsem usmerjevalnikom v omrežju

Primerjava distance vector – link-state

- Distance vektor
  - preprost
  - za delovanje potrebuje malo sistemskih virov (CPU, RAM)
  - malo nastavitev
  - primeren za majhna omrežja
  - počasna konvergenca algoritma
  - slaba razširljivost
- Link-state
  - hitra konvergenca omrežja
  - proces oglaševanja poti in proces izračuna optimalne poti sta neodvisna
  - oglašujejo se samo spremembe v usmerjevalnih tabelah
  - za delovanje potrebuje več sistemskih virov kot algoritem ˝distance vektor˝ (CPU, RAM)

Metrika 1/2

- Dolžina poti (path length)
  - najbolj uporabljana usmerjevalna metrika
    - število skokov (hop count) na poti do ciljne naprave – vsak usmerjevalnik predstavlja en skok
- Zanesljivost
  - običajno se določa na osnovi ˝bit-error rate˝ oz. zmožnosti hitre ponovne vzpostavitve posamezne povezave
    - administrator ˝ročno˝ določi neko vrednost
- Zakasnitve
  - čas prenosa paketa od izvorne do ponorne naprave
    - na skupno zakasnitev lahko vplivajo: pasovna širina povezave, trenutna prometna obremenitev, število skokov, komutacijske zmogljivosti omrežnih naprav
- Pasovna širina
  - povezave z večjo pasovno širino imajo prednost pred ostalimi

Metrika 2/2

- Obremenjenost
  - stopnja obremenjenosti omrežnih virov
    - procesorska obremenjenost posameznega usmerjevalnika oz. stikala, ponujani promet v neko napravo (paketi/s), ...
- Cena povezave
  - cena posamezne povezave
    - iskanje optimuma med ceno, zmogljivostjo in potrebami
- Administrativne omejitve

Izbira poti med različnimi izvori

- Če usmerjevalniki vzporedno poganjajo več usmerjevalnih protokolov lahko za isto ciljno omrežje obstaja več različnih poti, ki jih izračunajo različni usmerjevalni algoritmi
  - za izračun poti je uporabljena različna metrika
- Cisco – administrativna razdalja (administrative distance)
  - administrativna razdalja določa katera izmed izračunanih poti se bo vpisala v posredovalno tabelo
  - administrativna razdalja poti je določena z usmerjevalnim protokolom
  - manjša kot je vrednost administrativne razdalje boljša je pot
    - v posredovalno tabelo se vpiše pot z manjšo administrativno razdaljo
- Juniper – prednost poti (route preference)
  - enaka funkcionalnost kot administrativna razdalja pri Ciscu

Tip poti	Privzeta administrativna razdalja
connected	0
static	1
External BGP	20
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
Internal BGP	200

Izbira med potmi z različnim izvorom

- Možnih več poti do cilja z različnimi usmerjevalnimi izvori
  - statično določene poti
  - dinamično naučene poti
- Cisco – administrativna razdalja (administrative distance)
  - določa zaupanje v posamezni usmerjevalni izvor
  - nižja vrednost je boljša
  - določene privzete vrednosti
    - možna ročna sprememba
- Juniper – prednost poti (route preference)
  - enaka funkcionalnost kot administrativna razdalja pri Ciscu

Vsebina

- Uvod
- Osnove usmerjanja
- Usmerjevalnik IP
- Usmerjevalni protokoli in algoritmi
- Usmerjevalni protokoli RIP, OSPF, ISIS in BGP

Protokol RIP

- Routing Information Protocol v1 – RFC 1058
  - spada v družino ˝distance vector˝ usmerjevalnih protokolov
  - starejši protokol, uporablja se v preprostejših omrežjih
  - enostavna implementacija = malo funkcionalnosti
  - za metriko uporablja število skokov – HOP COUNT (max 15)
  - metrično dolžino računa na osnovi podatkov sprejetih od sosednjih usmerjevalnikov
  - počasna konvergenca
  - izmenjava usmerjevalnih informacij (broadcast) poteka v rednih intervalih, običajno vsakih 30 s (ob inicilaizaciji, na zahtevo)
  - ne podpira variabilnih mask (VLSM – Variable Length Subnet Mask)
- Routing Information Protocol v2 – RFC 1723
  - podpira variabilne maske VLSM
  - za izmenjavo usmerjevalnih informacij uporablja multicast
  - avtentikacija sporočil na osnovi MD5

Protokol OSPF

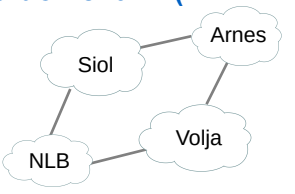
- Open Shortest Path First (RFC 2328)
  - prva OSPF (IETF) delovna skupina ustanovljena 1988
- Spada v družino ´link-state´ usmerjevalnih protokolov
- Deluje na osnovi algoritma ´´prvo najkrajša pot´´ (angl. SPF - Shortest Path First) Dijkstra algoritem
  - celotno sliko omrežja gradi s pomočjo teorije grafov
  - vsak usmerjevalnik vzdržuje podatkovno bazo, v kateri se nahajajo informacije o vseh povezavah v določenem področju (angl. Area) – osnova za izračun ´najkrajše´ poti
- Omogoča hitro konvergenco
- Podpira VLSM
- Omogoča avtentikacijo izmenjanih sporočil
- Logično grupiranje omrežij
  - delitev na področja
  - prikrivanje topologije področja

IS-IS

- Intermediate System – Intermediate System (standard OSI)
  - Standard ISO 10589 (december 1990)
- Načrtovan za OSI usmerjanje
  - lahko razširljiv
    - razširitve za IP usmerjanje v RFC 1195 – Integrated IS-IS
    - razširitve za IPv6
- Enaki principi delovanja kot OSPF
  - link-state usmerjevalni protokol
    - baza LSDB
    - SPF algoritem
  - uporaba Hello sporočil za vzpostavljanje statusa soseda
  - možnost hiearhije
  - možnost sumarizacije
  - “classless” usmerjevalni protokol
  - možnost avtentikacije

Protokol BGP

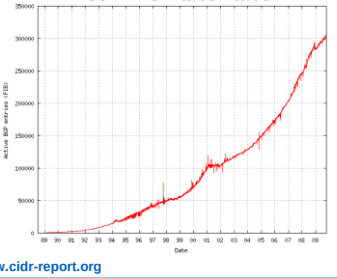
- Border Gateway Protocol
- RFC 1771 – BGPv4
- Spada v družino ˝path vector˝ usmerjevalnih protokolov (izboljšana verzija algoritma ˝distance vector˝)
  - pot se določi na osnovi ciljnega omrežja in metrike (path attribute)
  - za izmenjavo usmerjevalnih informacij uporablja protokol TCP (vrata 179)
  - celotna usmerjevalna tabela BGP se izmenja ob inicializaciji, naknadno se oglašujejo le spremembe
  - širok nabor metrike (path attributes)
- Omogoča brezrazredno usmerjanje med domenami (CIDR - Classless Inter Domain Routing)
- Dva načina delovanja
  - iBGP (interior Border Gateway Protocol)
    - znotraj avtonomnega sistema
  - eBGP (exterior Border Gateway Protocol)
    - med avtonomnimi sistemi



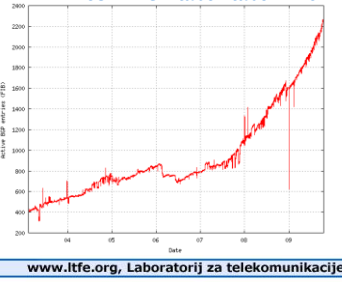
Skaliranje interneta

- Velikost usmerjevalnih tabel BGP naglo narašča
  - velikost približno odraža število omrežij povezanih v internet
- Rast pomnilniških kapacitet usmerjevalnikov mora slediti temu trendu
  - tabele IGP največjih ISPjev imajo do 9.000 vnosov
  - tabele BGP (EGP) imajo čez 300.000 vnosov

Vnosi v BGP tabeli tabel IPv4



Vnosi v BGP tabeli tabel IPv6



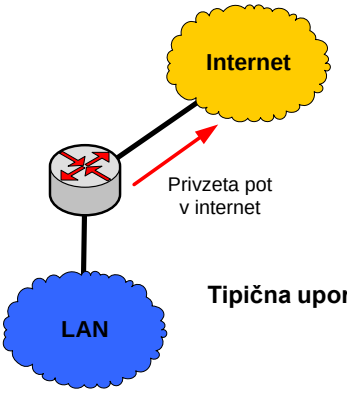
Vir: www.cidr-report.org

Statično usmerjanje

- Ročni vnos statičnih poti v usmerjevalno tabelo
- Prednosti
  - boljša kontrola usmerjanja v omrežju
- Slabosti
  - potrebna človeška intervencija v primeru izpadov
- Uporaba
  - usmerjanje v manjših omrežjih
  - določanje povzetkov poti (summary route)
  - določanje alternativnih poti

Privzeta pot

- Poseben primer statične poti
- Uporabi se v primeru, ko ni bolj specifičnega ujemanja
- IPv4 privzeta pot
  - 0.0.0.0/0
- IPv6 privzeta pot
  - ::/0



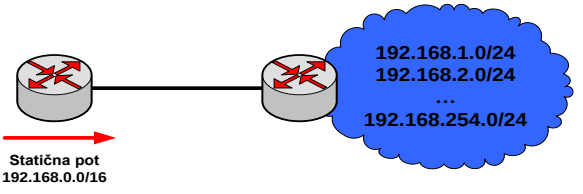
Tipična uporaba

Primer nastavitve statične poti

- Windows
  - route ADD 157.0.0.0 MASK 255.0.0.0 157.55.80.1 METRIC 3 IF 2
- Linux
  - route add –net 157.0.0.0 netmask 255.0.0.0 gw 157.55.80.1
- Cisco
  - ip route 157.0.0.0 255.0.0.0 157.55.80.1
- Juniper
  - set routing-options static route 157.0.0.0/8 next-hop 157.55.80.1

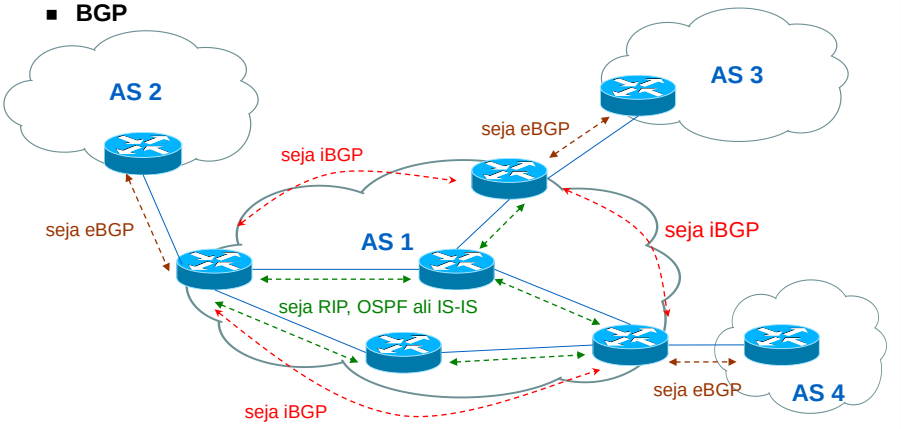
Povzetki poti

- Povzetek poti (summary route)
  - pot, ki določa več specifičnih omrežnih naslovov
  - zmanjšanje število vnosov v usmerjevalni tabeli



Umestitev usmerjevalnih protokolov

- Znotraj avtonomnega sistema
  - RIP, OSPF, IS-IS
- Med avtonomnimi sistemi
  - BGP



Primerjava protokolov 1/2

- Protokoli RIP, OSPF, ISIS (IGP)
  - mehanizem za avtomatsko iskanje sosedov (usmerjevalnikov)
  - povezovanje usmerjevalnikov v ˝omrežje˝
  - majhne usmerjevalne tabele
  - hitra konvergenca
  - oglaševane informacije se ne filtrirajo (verjamemo sosedom)
- Protokol BGP (EGP)
  - ˝ročna˝ nastavitev sosedov BGP
  - povezovanje omrežij v internetno omrežje
  - velike usmerjevalne tabele
  - počasna konvergenca
  - filtriranje oglaševanih informacij (verodostojnost sosedov je vprašljiva)

Primerjava protokolov 2/2

	LINK STATE	DISTANCE VECTOR	ADVANCE DISTANCE VECTOR	PATH VECTOR
RAZŠIRLJIVOST	DOBRA	SLABA	DOBRA	ZELO DOBRA
PASOVNA ŠIRINA	MAJHNA	VELIKA	MAJHNA	MAJHNA
POMNILNIK	VELIK	MAJHEN	ZMEREN	VELIK
CPU	VELIKA	MAJHNA	MAJHNA	ZMERNA
KONVERGENCA	HITRA	POČASNA	HITRA	ZMERNA
UPRAVLJANJE	ZMERNO	PREPROSTO	PREPROSTO	ZAHTEVNO

PROTOKOL	TIP	STANDARD	FUNKCIJA	OBNOVITVE	METRIKA	VLMS
RIPV1	D. VECTOR	JAVEN	INTERNI	30 s	HOP	NE
RIPv2	D. VECTOR	JAVEN	INTERNI	30 s	HOP	DA
IGRP	D. VECTOR	ZASEBEN	INTERNI	90 s		NE
EIGRP	A. D. VECTOR	ZASEBEN	INTERNI	PO POTREBI		DA
OSPF	LINK STATE	JAVEN	INTERNI	PO POTREBI	CENA	DA
IS-IS	LINK STATE	JAVEN	INTERNI	PO POTREBI	CENA	DA
BGP	PATH VECTOR	JAVEN	EXTERNI	PO POTREBI		DA