Računarske mreže 2

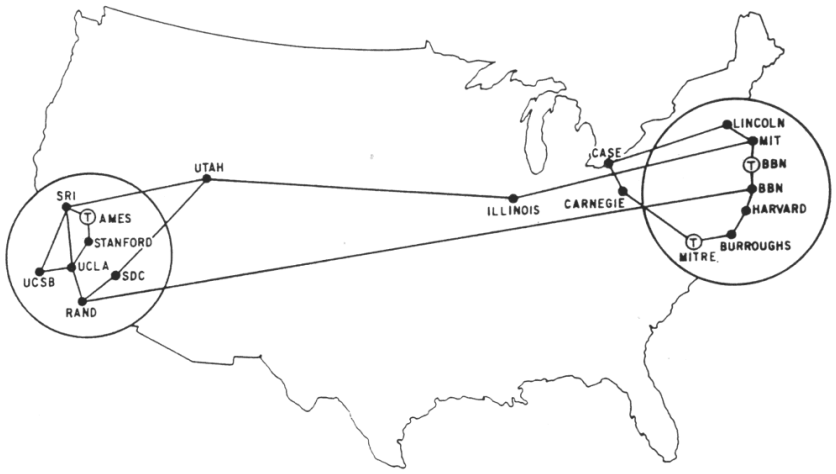
BGP

dr Pavle Vuletić

Internet – istorija (1)

- ARPANET (1969 – 1989) – 56kbps
  - Samo za akademske, istraživačke i vladine institucije
  - Nekomercijalna mreža
  - Ključna aplikacija e-mail od 1972.
  - U početku se kao protokol koristio NCP (Network Control) protokol
  - Prelazak na TCP/IP: 1.1.1983.
  - Do početka 1980ih nije postojao DNS sistem, već samo HOSTS.TXT fajl u koji su bili upisani svi hostovi na mreži, a koji je bio u Stanford Research Institute-u – neskalabilno rešenje
  - Ruteri su se zvali IMP (Interface Message Processors), DV rutiranje
  - Podela na interne i eksterne protokole rutiranja – 1982 – EGP protokol

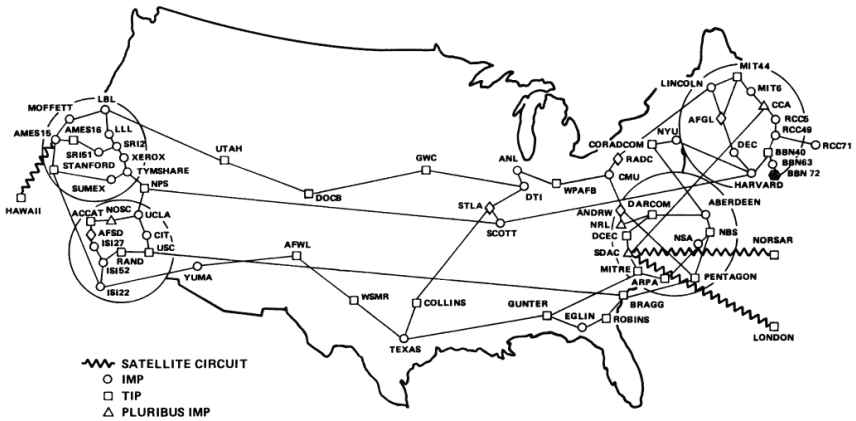
ARPANET 1971



MAP 4 September 1971

ARPANET 1980

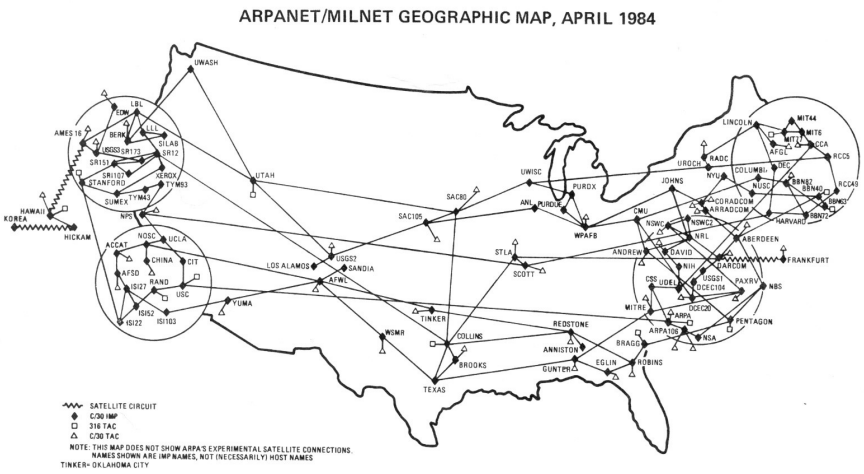
ARPANET GEOGRAPHIC MAP, OCTOBER 1980



SATELLITE CIRCUIT
IMP
TIP
PLURIBUS IMP
PLURIBUS TIP
C30

(NOTE: THIS MAP DOES NOT SHOW ARPA'S EXPERIMENTAL SATELLITE CONNECTIONS)
NAMES SHOWN ARE IMP NAMES, NOT (NECESSARILY) HOST NAMES

ARPANET 1984



5

Internet – istorija (2)

- NSFNET (1985 - 1995) – 56kbps, T1, T3
  - Troslojna arhitektura (kičma, regionalne i kampus mreže
  - Za akademske i istraživačke organizacije
  - Vlada je imala svoje nezavisne mreže
  - Početkom 90-ih se javila potreba za povezivanjem sa komercijalnim mrežama, u Evropi i Aziji su razvijene prve mreže zasnovane na istim protokolima (JANET od 1984.)

6

Internet – istorija (3)

- Vladine mreže su razmenjivale saobraćaj u Federal Internet eXchange – FIX (na istočnoj i zapadnoj obali SAD) - 1989
- Komercijalne mreže su razmenjivale saobraćaj u Commercial Internet eXchange – CIX - 1991
- Pojavili su se prvi ISP
- SPRINT je dobio od NSFNET zadatak da poveže NSFNET sa evropskim i azijskim mrežama
- BGPv4 - 1994

7

Današnja organizacija Interneta

- Nema više jedinstvene kičmene mreže
- Skup mreža različitih provajdera i korisnika Interneta – distribuirana arhitektura
- Stepen povezanosti nekih provajdera se meri i hiljadama
- Provajderi razmenjuju saobraćaj u “tačkama za razmenu saobraćaja” - Exchange Point-ima
- Veliki provajderi razmenjuju saobraćaj na više mesta i imaju veliki broj “tačaka za pristup” – Point of Presence – PoP koji služe za povezivanje sa korisnicima

8

Razmena saobraćaja između mreža

- NSFNET projekat – Network Access Point - NAP
- U tačkama za razmenu saobraćaja
- Direktnim povezivanjem ISP
- Tačke za razmenu saobraćaja su obično organizovane kao neprofitne organizacije
- Gotovo sve zemlje na svetu imaju svoje tačke za razmenu saobraćaja

9

Routing Arbiter

- RA – projekat finansiran od strane NSF
- U velikim tačkama za razmenu saobraćaja bi svaki provajder sa svakim morao da formira BGP konekciju
- Umesto toga svi razmenjuju rute i ostvaruju BGP konekciju sa RA

10

Inicijative posle NSFNET

- Very high speed Backbone Network Service – vBNS - 1995
  - Istraživačko naučna mreža
- Internet 2/Abilene
- TEN-34
- TEN-155
- GN/GEANT
- GN2/GEANT2
- GN3/GEANT3
- GN3+
- GN4 – faza 1, faza 2 - od aprila 2016.

11

Organizacija Interneta po slojevima

- Neformalna podela na 3 sloja (tier):
  - Sloj 1 – Mreža (ISP) koja razmenjuje saobraćaj sa svim ostalim mrežama čime ima mogućnost da dođe do svih destinacija na Internetu.
  - Sloj 2 - Mreža (ISP) koja razmenjuje saobraćaj sa nekim mrežama, ali mora da kupi IP tranzit kako bi imala pristup do nekih destinacija na Internetu
  - Sloj 3 – Mreža koja isključivo kupuje tranzit do svih destinacija na Internetu.

12

Provajderi prvog sloja

- Grupa ISP prvog sloja je vrlo zatvorena
- Postoji “peering agreement” koji postavlja izuzetno visoke kriterijume bilo kojem ISP da se uključi i da postane Tier 1 ISP
- Ukoliko neki Tier 1 ISP prodaje Internet servis po niskim cenama ili ako se ne ponaša u skladu sa dogovorima, moguće je isključivanje iz Tier 1 grupe
- Prestanak razmene saobraćaja između neka dva Tier 1 ISP deli Internet na dva dela

13

Provajderi prvog sloja (2008)

- Mreža 1. sloja razmenjuje saobraćaj sa svim ostalim mrežama prvog sloja
- Mreže 1. sloja – ima ih 9:
  - AOL Transit Data Network (ATDN) (AS1668)
  - AT&T (AS7018)
  - Global Crossing (GX) (AS3549)
  - Level 3 (AS3356)
  - Verizon Business (UUNET) (AS701)
  - NTT Communications / (Verio) (AS2914)
  - Qwest (AS209)
  - SAVVIS (AS3561)
  - Sprint Nextel Corporation (AS1239)

14

Provajderi prvog sloja (2016)

Provajder	Zemlja	Broj povezanih AS (September 2016)	Veličina optičke mreže [km]
AT&T	SAD	2.137	656.000
CenturyLink (ranije Qwest & Savvis & Exodus Communications)	SAD	1.689	880.000
Deutsche Telekom AG (ICSS)	Nemačka	504	
Global Telecom & Technology (GTT) (ranije Tinet & nLayer)	SAD	1.274	
KPN International	Holandija	250	
Level 3 Communications (ranije Level 3 and Global Crossing)	SAD	4.190	320.000
Liberty Global	SAD	607	1.000.000
NTT Communications (America) (ranije Verio)	Japan	1.353	
Orange (OpenTransit)	Francuska	159	
Sprint	SAD	591	41.600
Tata Communications (America) (Teleglobe)	Indija	688	700.000
Telecom Italia Sparkle (Seabone)	Italija	536	
Telefonica Global Solutions	Španija	268	
Telia Carrier	Švedska	1.315	
Verizon Enterprise Solutions (ranije UUNET and XO Communications)	SAD	1.251	800.000
Zayo Group (ranije AboveNet)	SAD	1.504	183.200

15

"nova" Internet topologija

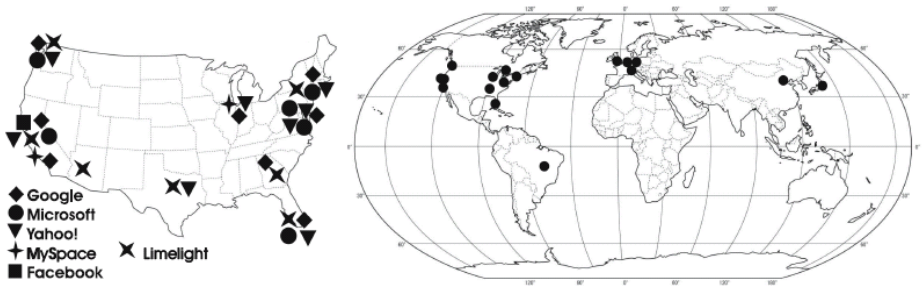


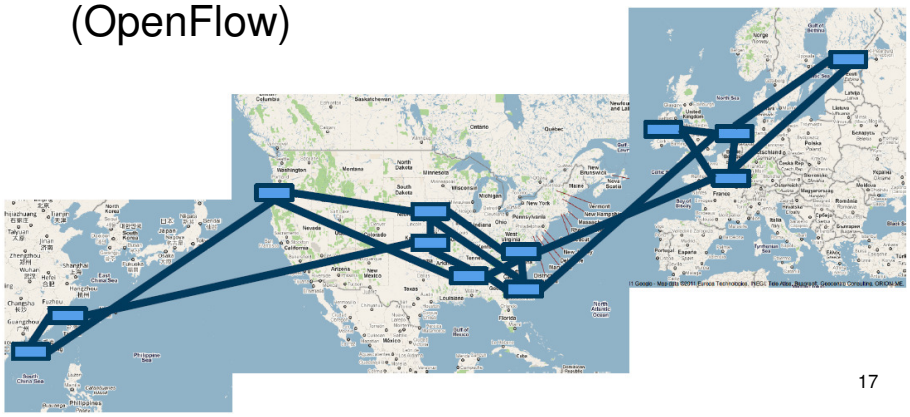
Fig. 2. (a) Location of network end-points in the United States for selected content providers. (b) Our measurement of Google's current WAN.

izvor: Gill P., Arlitt M., Li Z., Mahanti A. "The Flattening Internet Topology: Natural Evolution, Unsightly Barnacles or Contrived Collapse?", Passive and Active Measurement Conference, 2008, Cleveland OH, USA

16

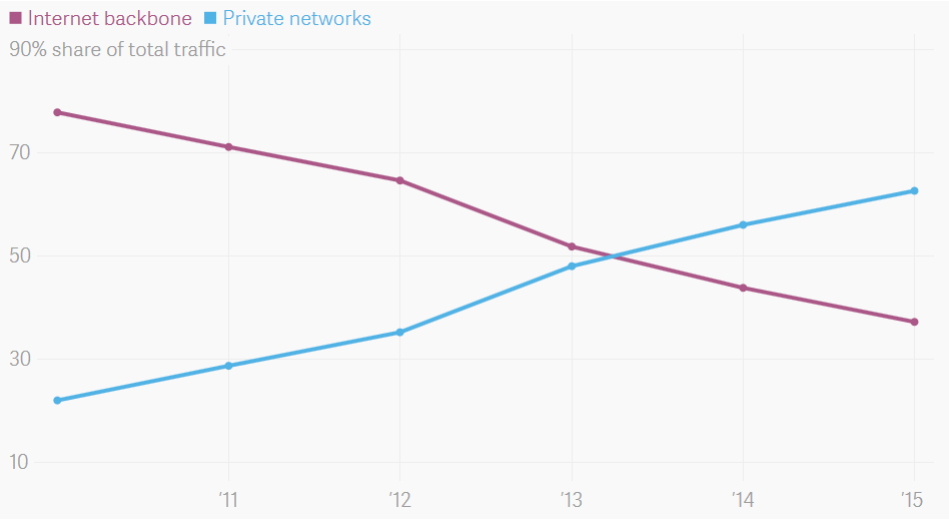
Google B4 datacentre WAN mreža

- 2012 godina
- Zasnovana na Google svičevima i SDN (OpenFlow)



17

Saobraćaj kroz privatne mreže



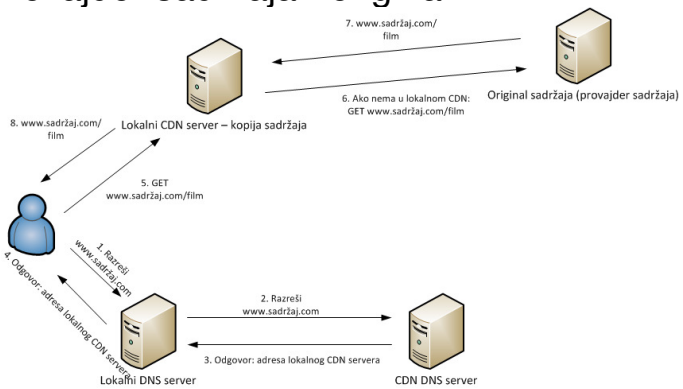
Distribucija sadržaja na Internetu

- Content Delivery Networks – CDN
- Distribucija web, multimedia, live sadržaja
- Distribuirana arhitektura kojom se izbegavaju preopterećenja servera
- Najveća CDN - Akamai
  - 253.000 servera u 137 zemalja (sep 2019)
- Limelight
- EdgeStream
- Level3

19

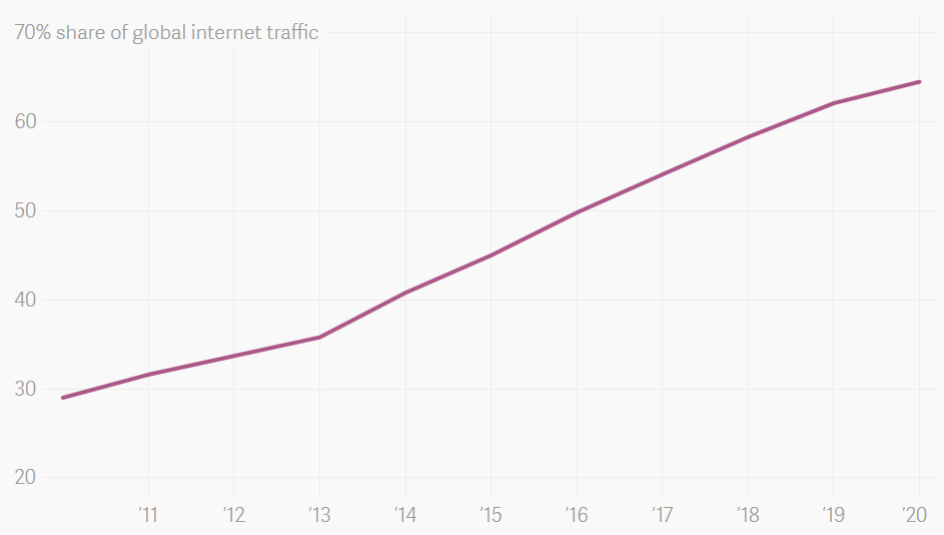
CDN

- Glavni entiteti:
  - Klijent
  - CDN – replika serveri (keševi sadržaja)
  - Provajder sadržaja - original



20

Količina saobraćaja prema CDN mrežama



Internet organizacije - 1

- ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers – 1998)
  - Neprofitna privatna organizacija, Kalifornija, SAD (Pre toga USDoC)
  - IP adrese, portovi, root DNS serveri
- IANA (Internet Assigned Numbers Authority - 1988)
  - Osnovala DARPA
  - IP adrese, brojevi autonomnih sistema, portova
  - Odeljenje u okviru ICANN, prema ugovoru sa US DoC
- RIR (Regional Internet Registry – RIPE, ARIN, APNIC,...)
- UN (Internet Governance Forum, 2006)

22

Internet organizacije - 2

- ISOC (Internet Society - 1992)
  - Privatna neprofitna organizacija, Reston, SAD
  - 130 organizacija i 55000 pojedinačnih članova
  - Korporativna organizacija procesa pravljenja standarda
- IAB (Internet Architecture Board)
  - Komitet u okviru ISOC koji nadgleda IETF i IRTF
- IETF (Internet Engineering Task Force, 1986)
  - Rad podeljen u grupe
  - RFC dokumenti
- IRTF (Internet Research Task Force - 1989)

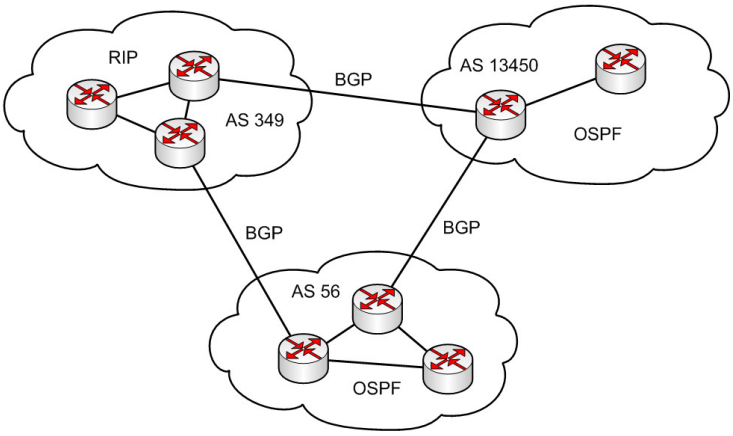
23

BGP

- Služi za razmenu ruta između autonomnih sistema (uglavnom mreže provajdera)
- U vreme NSFNET za razmenu ruta sa drugim mrežama koristio se EGP
- Sadašnja verzija BGP – BGP-4
- Interni protokoli rutiranja (unutar AS) imaju zadatak da obezbede prosleđivanje paketa tehnički najekonomičnijom putanjom
- BGP ima više netehničkih (političkih i komercijalnih) kriterijuma za izbor ruta

24

Autonomni sistemi



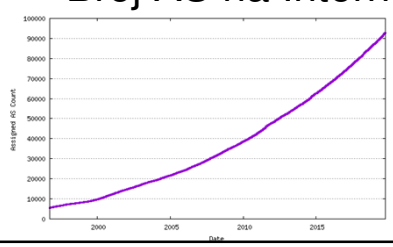
Autonomni sistemi se označavaju brojevima

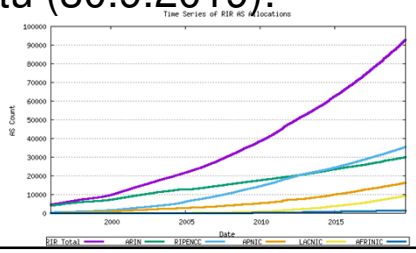
AS brojevi od 64,512 do 65,535 su rezervisani za privatno korišćenje

25

Tipovi autonomnih sistema

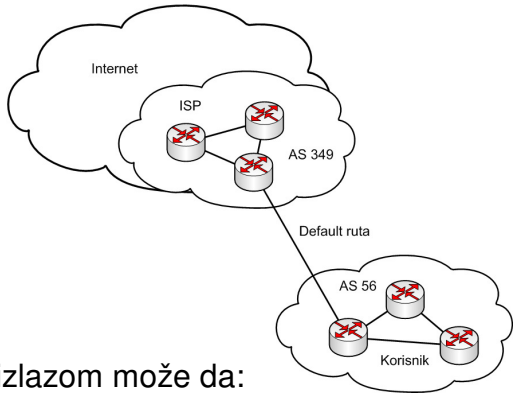
- AS sa jednim izlazom (stub, single-homed)
- AS sa više izlaza bez tranzita saobraćaja (multihomed nontransit)
- AS sa više izlaza i tranzitom saobraćaja (multihomed transit)
- Broj AS na Internetu (30.9.2019):





26

AS sa jednim izlazom

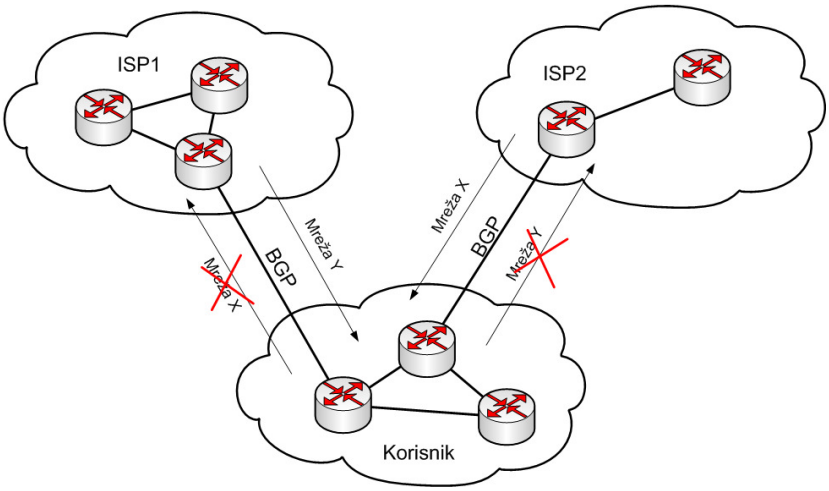


AS sa jednim izlazom može da:

- Koristi default rutu za prosleđivanje saobraćaja ka Internetu
- Bude deo IGP protokola svog provajdera
- Bude poseban privatan AS unutar provajderovog AS-a

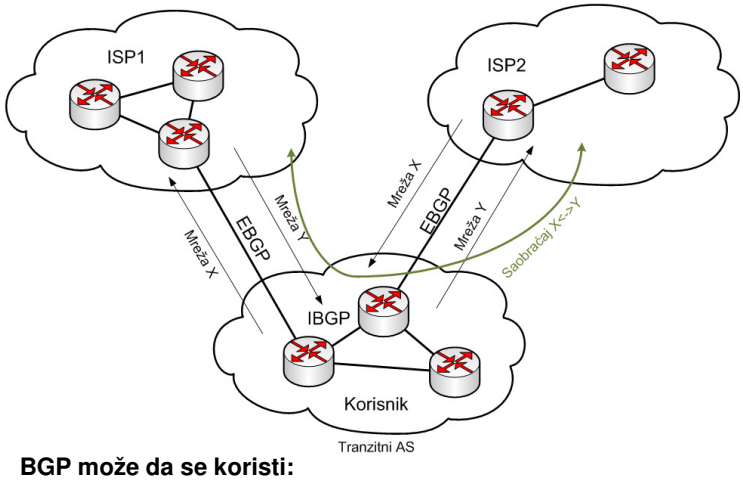
27

AS sa više izlaza bez tranzita



28

AS sa više izlaza sa tranzitom



BGP može da se koristi:

- **izvan AS-a i onda je to eksterni BGP – EBGP**
- **unutar AS-a i onda je to interni BGP – IBGP**

29

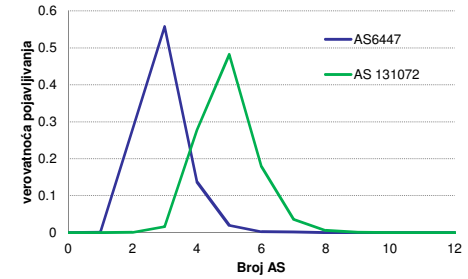
Kada se ne koristi BGP

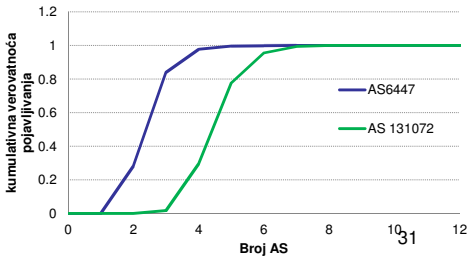
- BGP se ne koristi u sledećim situacijama:
  - Postoji samo jedna veza sa Internetom ili ISP
  - Politika rutiranja date mreže je ista kao politika rutiranja ISP
  - Granični ruteri ne podržavaju ili nemaju dovoljno resursa za pokretanje BGP procesa
  - Mali propusni opseg između dve mreže

30

Koliko ima AS do destinacija na Internetu?

- Raspodela broja AS do destinacije u FIRT (dužina AS putanje bez prependinga)
- AS 6447: University of Oregon
- AS 131072: APNIC R&D

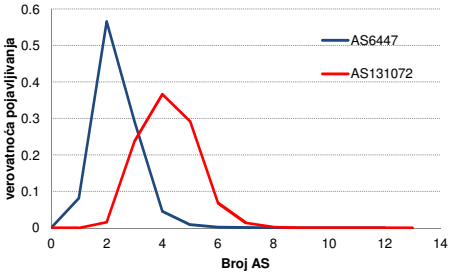


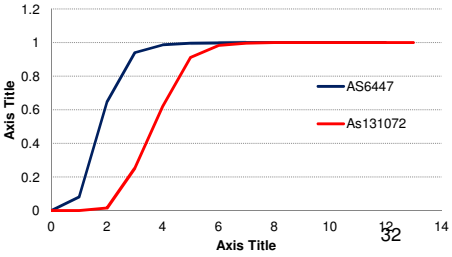


31

Koliko ima AS do destinacija na Internetu?

- Raspodela broja AS do destinacionih adresa u FIRT (dužina AS putanje)

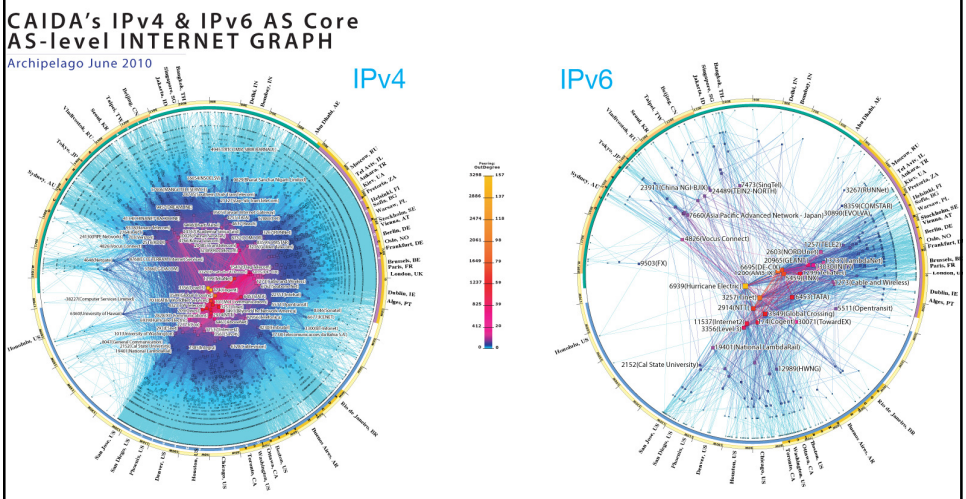




32

“Izgled” Interneta

- http://www.caida.org/research/topology/as_core_network/index.xml



BGP – osnovne osobine - 1

- BGP je distance-vector protokol rutiranja, ali sa ugrađenim mehanizmom koji sprečava petlje u rutiranju
- BGP vrši odluke u rutiranju na osnovu pravila koja definiše administrator
- BGP-4 je trenutno aktuelna verzija i definisana je u RFC 1772 -> 4271 (+6286)
- BGP-4 je prva verzija BGP koja podržava CIDR i agregaciju ruta

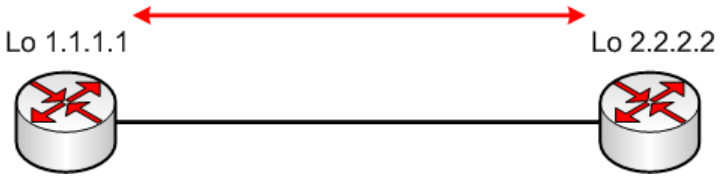
34

BGP – osnovne osobine - 2

- BGP koristi TCP po portu 179 za razmenu svojih poruka
- Pošto je BGP zasnovan na TCP protokolu, između dva rutera mora da postoji IP povezanost
- BGP proces čuva tabelu sa rutama i autonomnim sistemima iz kojih su dobijene date rute, čime obezbeđuje da ne dođe do petlji u rutiranju (kreira graf – stablo autonomnih sistema)
- Veza između dva autonomna sistema je put, a u BGP terminologiji se niz brojeva autonomnih sistema koji označavaju put do date rute zove **AS-path**
- BGP je lako proširiv i postoje brojne ekstenzije koje značajno povećavaju njegovu funkcionalnost (IPv6, VPN, Multicast) – RFC 2283 ->2858 ->4760 – Multiprotocol Extensions for BGP

35

BGP susedi



Kada dva rutera uspostave BGP konekciju, zovu se **"BGP peers"**

Svaki ruter koji ima pokrenut BGP proces i razmenjuje rute se zove **"BGP speaker"**

36

BGP - osnovni mehanizam funkcionisanja

- Ruteri razmenjuju BGP poruke kojima se uspostavlja BGP konekcija (**Open**)
- Ako postoji neslaganje u konfiguracionim parametrima (AS brojevi, IP adrese,...), BGP sesija se neće uspostaviti i šalju se odgovarajuće poruke (**Notification**)
- Kada se uspostavi BGP sesija ruteri razmenjuju sve poznate rute (**Update**)
- Nakon toga rute se razmenjuju samo kada dođe do promene BGP ruta u ruting tabelama (inkrementalno prosleđivanje poruka)
- BGP nekada razmenjuje i punu Internet ruting tabelu

37

BGP mehanizam funkcionisanja

- **Update** poruke se sastoje od: prefiksa, AS-path-a i atributa AS-path-a kojima se bliže određuje način tretiranja date rute
- BGP ruteri čuvaju broj verzije BGP ruting tabele susednih rutera.
- Broj verzije se inkrementira prilikom svake promene (ubacivanje ili izbacivanje rute)
- Ako nema nikakvih promena razmenjuju se **Keepalive** poruke.
- Keepalive poruke se šalju svakih 60 sekundi i veličine su svega 19 bajta.

38

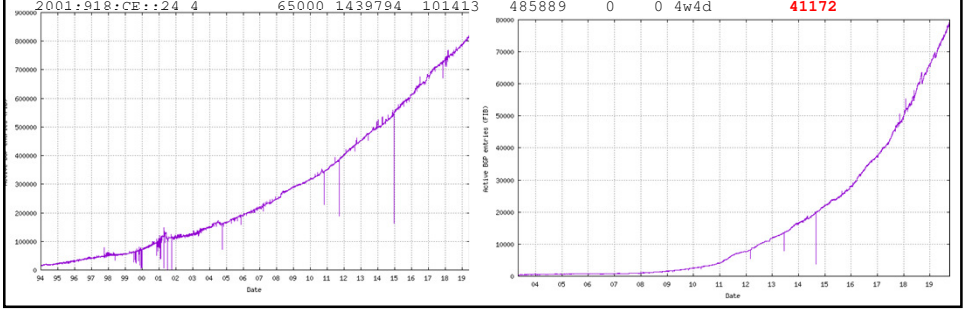
Veličina pune Internet ruting tabele IPv4 (2017)

```
RS_AS3303>sh bgp summa
BGP router identifier 217.192.89.52, local AS number 65097
BGP table version is 13297967, main routing table version 13297967
665446 network entries using 98486008 bytes of memory
665446 path entries using 42588544 bytes of memory
131614/14 BGP path/bestpath attribute entries using 17899504 bytes of memory
97580 BGP AS-PATH entries using 3697340 bytes of memory
22341 BGP community entries using 2059194 bytes of memory
304 BGP extended community entries using 9166 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 164739756 total bytes of memory
BGP activity 3985490/3278862 prefixes, 5094653/4388039 paths, scan interval 60 secs

Neighbor        V           AS MsgRcvd MsgSent   TblVer  InQ OutQ Up/Down  State/PfxRcd
193.247.171.25  4        65000 9565688  101418 13297967    0    0 4w4d       665446
```


Veličina pune Internet ruting tabele (IPv6)

```
RS_AS3303>sh bgp ipv6 summa
BGP router identifier 217.192.89.52, local AS number 65097
BGP table version is 485889, main routing table version 485889
41172 network entries using 7081584 bytes of memory
41172 path entries using 3623136 bytes of memory
20194/1 BGP path/bestpath attribute entries using 2746384 bytes of memory
97522 BGP AS-PATH entries using 3694774 bytes of memory
22274 BGP community entries using 2055016 bytes of memory
304 BGP extended community entries using 9166 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 19210060 total bytes of memory
BGP activity 3985525/3278881 prefixes, 5094703/4388060 paths, scan interval 60 secs
Neighbor        V           AS MsgRcvd MsgSent   TblVer  InQ OutQ Up/Down  State/PfxRcd
2001:918:CE::24 4        65000 1439794  101413   485889    0    0 4w4d       41172
```



BGP vrste poruka

- Sve poruke počinju BGP zaglavljem.
- Zaglavlje ima samo tri polja: 16-bajtni **Marker**, a 2-bajtno polje **Length**, i 1-bajtno polje **Type**
- Marker služi za autentikaciju BGP speaker-a ili za detekciju gubitka sinhronizacije
  - U Open poruci Marker = sve jedinice
  - U ostalim porukama može da bude MD5 hash, ako se taj mehanizam koristi za autentikaciju BGP speaker-a
- Polje **Type** može da ima 4 vrednosti koje označavaju tipove poruka:
  - Open Poruka
  - Keepalive Poruka (samo BGP zaglavlje)
  - Notification Poruka
  - Update Poruka

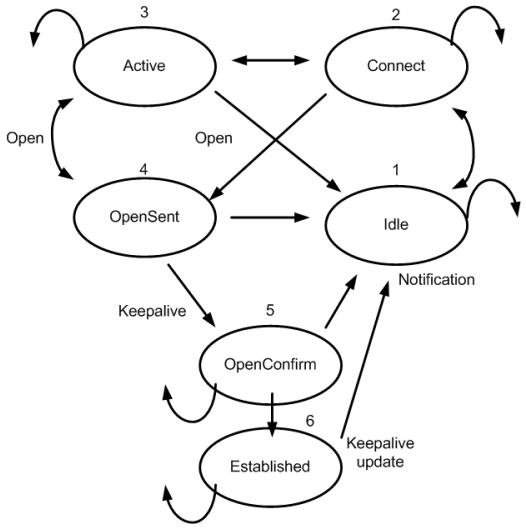
41

Poruke - detalji

- **Open** poruka – Služi za uspostavljanje BGP sesije i sadrži sledeće podatke: **BGP version number (4)**, **AS broj, hold time**, i **Router ID**.
  - If hold time=0 => ne šalju se keepalive paketi
  - Keepalive interval = hold time/3
- **Notification** poruke – služe za obaveštavanje suseda o eventualnim greškama. Greške se označavaju standardom definisanim kodovima.
- **Update** poruke – Sadrže informacije o novim ili o izbačenim rutama. Tri glavne komponente Update poruke su: **network-layer reachability information (NLRI)**, **path atributi**, i **povučene rute**
- **NLRI** = (network_address,prefix_length)
  - Primer: (147.91.0.0,16) = 147.91.0.0/16
- Povučene rute su u NLRI formatu

42

Mašina stanja uspostavljanja BGP sesije



43

Idle stanje

- **Idle** je prvo stanje BGP konekcije.
- BGP čeka za događaj koji će da započne uspostavljanje susedskih odnosa. To je obično nešto što uradi administrator.
- Nakon toga BGP prelazi u stanje **Connect** i resetuje **ConnectRetry** brojač i počinje uspostavljanje TCP sesije.
- Osluškuje eventualno iniciranje TCP sesije od strane BGP suseda

44

Connect stanje

- **Connect** – U ovom stanju BGP susedi čekaju na uspostavljanje TCP sesije.
- Ako se TCP sesija uspešno uspostavi, šalje se Open poruka i prelazi u **OpenSent**.
- Ako ne uspe da uspostavi TCP sesiju prelazi u **Active** stanje, i ponovo pokušava da uspostavi TCP sesiju.
- Ako istekne ConnectRetry timer, BGP ostaje u **Connect** stanju.
- Pod uticajem administrativnih aktivnosti može da se vrati u **Idle**.

45

Active stanje

- **Active** – BGP pokušava da uspostavi TCP sesiju.
- Ako se TCP sesija uspešno uspostavi, šalje se Open poruka i prelazi u **OpenSent**.
- Ako istekne ConnectRetry tajmer, vraća se u **Connect** stanje.
- **Ukoliko stanje osciluje između Connect i Active, to je indikacija da postoji problem u ostvarivanju TCP sesije**

46

OpenSent stanje

- **OpenSent** – Ruter je poslao **Open** poruku i čeka na uspostavljanje BGP sesije.
- **Open** poruka se proverava. Ako ima grešaka, šalje se Notification poruka i ruter se vraća u **Idle**.
- Ako nema grešaka BGP počinje da šalje **Keepalive** poruke i resetuje **Keepalive** tajmer.
- Kada se primi **Open** poruka od suseda, prepoznaje se da li će sa njim da se uspostavi IBGP ili EBGP sesija.
- Ako se prekine TCP sesija, BGP se vraća u **Active** stanje.

47

OpenConfirm stanje

- **OpenConfirm** – U ovom stanju ruter čeka poruke od suseda
  - Ako dobije **Keepalive** ili **Update** poruke prelazi u **Established** stanje
  - Ako dobije **Notification** poruku, vraća se u Idle
- Ako dođe do bilo kakve druge greške ili do prekida TCP sesije, vraća se u **Idle**.

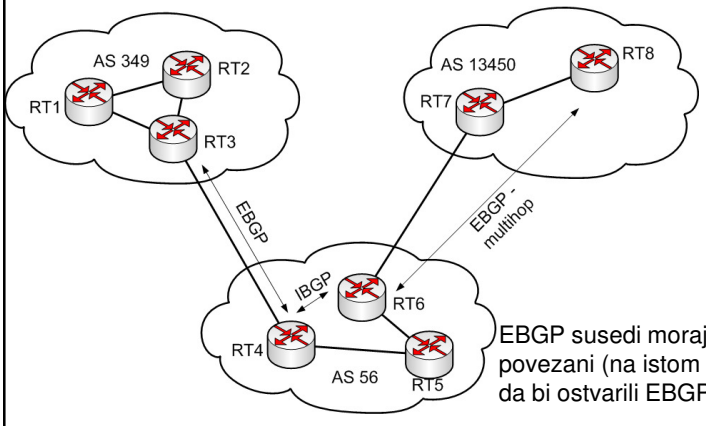
48

Established state

- **Established** – u ovom stanju počinje razmena Update poruka.
- U slučaju regularnog rada, BGP ostaje u ovom stanju.
- U slučaju bilo kakve greške, BGP se vraća u **Idle** stanje.

49

EBGP Multihop



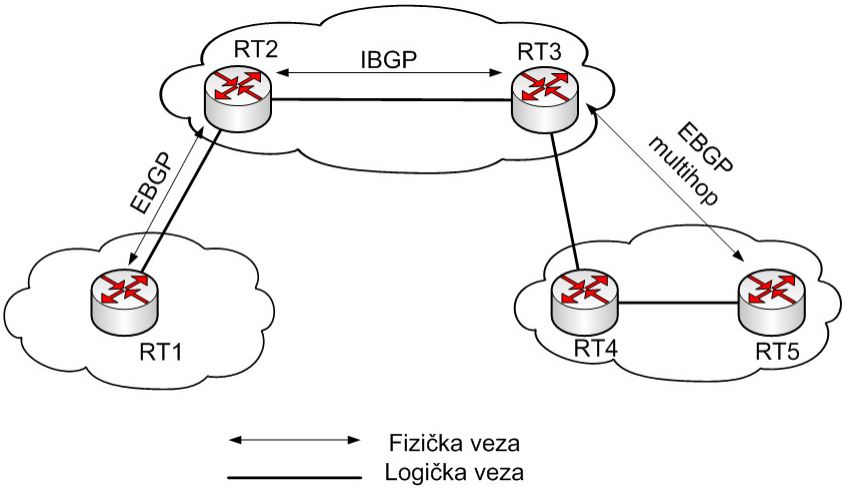
EBGP susedi moraju da budu direktno povezani (na istom mrežnom segmentu) da bi ostvarili EBGP sesiju

Ako nisu direktno povezani, koriste EBGP multihop.

IP povezanost mora da postoji!

50

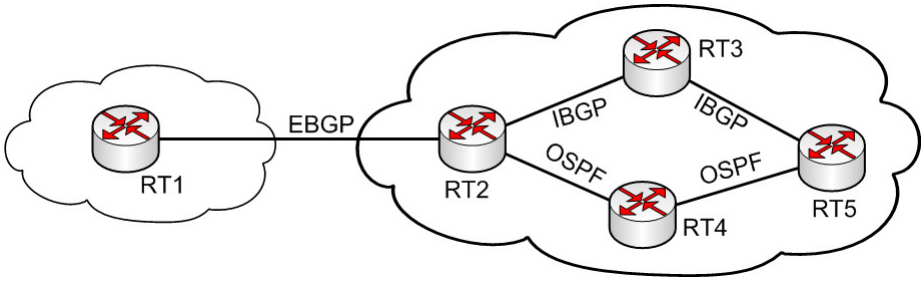
Različite vrste BGP sesija



51

EBGP i IBGP

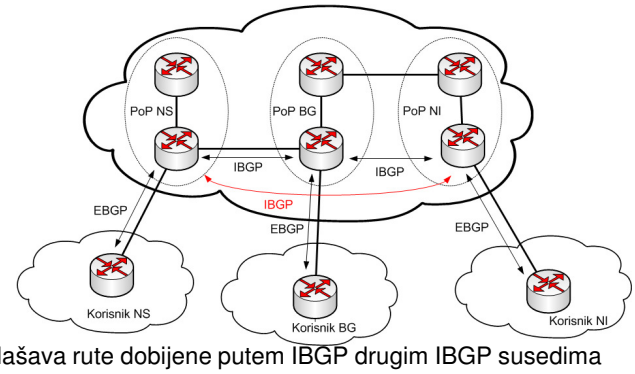
IBGP ruteri NE oglašavaju rute dobijene od rutera putem IBGP drugim IBGP susedima



IBGP se koristi za sinhronizaciju i koordinaciju rutiranja unutar AS

52

Kontinuitet BGP unutar AS



BGP ne oglašava rute dobijene putem IBGP drugim IBGP susedima

Ako bi BGP to radio, to bi stvorilo opasnost od stvaranja petlji u rutiranju (šta je u BGP protokolu zaštita od petlji?)

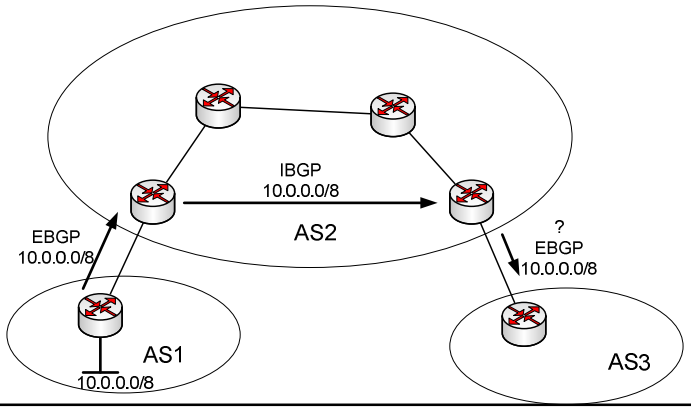
Da bi IBGP ruteri naučili sve rute unutar AS, moraju da se povežu sa svim IBGP ruterima unutar AS u potpun graf (full IBGP mesh).

Ovaj potpuni IBGP graf ne mora da bude fizički nego može da bude logički.

53

Sinhronizacija unutar AS

- BGP mora da bude sinhronizovan sa IGP protokolom unutar AS da bi smeo da prosledi rute dobijene od IBGP eksternim susedima



54

Sinhronizacija unutar AS

- Rešenje za sinhronizaciju:
  - Redistribucija svih ruta u IGP (potencijalni problemi sa skalabilnošću i performansama IGP)
  - Interni ruteri imaju default rute ka jednom izlaznom ruteru (neoptimalno rutiranje)
  - Potpun IBGP graf unutar AS (na svim ruterima) i isključena sinhronizacija

55

sh ip bgp

```
cisco6509#sh ip bgp
BGP table version is 5011434, local router ID is 147.91.0.112
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
              S Stale
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop            Metric LocPrf Weight Path
*  0.0.0.0          195.178.34.57          150             0 8400 8400 i
*>                  195.178.35.17                          0 8400 8400 i
*> 3.0.0.0          195.178.35.17                          0 8400 8400 702 703 80 i
*                   195.178.34.57          150             0 8400 8400 702 703 80 i
*                   195.251.4.44                           0 34771 5408 20965 3356 701 703 80 i
*  4.0.0.0          195.178.34.57          150             0 8400 8400 5400 3356 i
*                   195.178.35.17                          0 8400 8400 5400 3356 i
*>                  195.251.4.44                           0 34771 5408 20965 3356 i
*  4.23.84.0/22     195.178.34.57          150             0 8400 8400 5400 6461 20171 i
*>                  195.178.35.17                          0 8400 8400 5400 6461 20171 i
*                   195.251.4.44                           0 34771 5408 20965 1299 6461 20171 i
*  4.23.112.0/22    195.178.34.57          150             0 8400 8400 5400 174 21889 i
*>                  195.178.35.17                          0 8400 8400 5400 174 21889 i
*                   195.251.4.44                           0 34771 5408 20965 1299 174 21889 i
*  4.23.180.0/24    195.178.34.57          150             0 8400 8400 5400 6128 30576 i
*>                  195.178.35.17                          0 8400 8400 5400 6128 30576 i
*                   195.251.4.44                           0 34771 5408 20965 1299 6128 30576 i
```

56

show ip bgp summary

```
cisco6509#sh ip bgp summary
BGP router identifier 147.91.0.112, local AS number 13092
BGP table version is 5011825, main routing table version 5011825
174488 network entries using 17623288 bytes of memory
866789 path entries using 41605872 bytes of memory
158814 BGP path attribute entries using 8898456 bytes of memory
86369 BGP AS-PATH entries using 2797716 bytes of memory
484 BGP community entries using 24374 bytes of memory
1 BGP extended community entries using 24 bytes of memory
226170 BGP route-map cache entries using 7237440 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 78187170 total bytes of memory
346919 received paths for inbound soft reconfiguration
BGP activity 485542/310513 prefixes, 3874396/3007065 paths, scan interval 60 secs

Neighbor        V    AS MsgRcvd MsgSent   TblVer  InQ OutQ Up/Down  State/PfxRcd
147.91.0.3      4 13092   24571   25008  5011797    0    0 1d21h          32
147.91.8.77     4  6701   27950   24407  5011765    0    0 1w0d           27
160.99.1.12     4 13303   24378   25004  5011768    0    0 2w2d            1
193.254.1.242   4  8214       0       0        0    0    0 never    Active
194.141.252.13  4  6802       0       0        0    0    0 never    Active
194.149.130.249 4  5379   24297   24365  5011768    0    0 1d05h           5
194.177.210.40  4  5408       0       0        0    0    0 never    Active
195.111.106.254 4  1955   24389   24402  5011792    0    0 2w2d           15
195.178.34.57   4  8400 1115639   24417  5011768    0    0 2d16h      172845
195.178.35.17   4  8400 1084803   24411  5011768    0    0 2w2d       172854
195.251.4.44    4 34771  655799   48809  5011792    0    0 1w1d       174088
```

57

show ip bgp neighbors

```
cisco6509#sh ip bgp nei
BGP neighbor is 147.91.0.3,  remote AS 13092, internal link
 Description: AMREJ
  BGP version 4, remote router ID 147.91.0.113
  BGP state = Established, up for 1d21h
  Last read 00:00:42, hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds
  Neighbor capabilities:
    Route refresh: advertised and received(new)
    Address family IPv4 Unicast: advertised and received
  Message statistics:
    InQ depth is 0
    OutQ depth is 0
                         Sent       Rcvd
    Opens:                  2          2
    Notifications:          0          0
    Updates:              629        194
    Keepalives:         24377      24375
    Route Refresh:          0          0
    Total:              25008      24571
  Default minimum time between advertisement runs is 5 seconds

 For address family: IPv4 Unicast
  BGP table version 5011868, neighbor version 5011868
```

58

show ip bgp paths

```
cisco6509#sh ip bgp paths
Address    Hash Refcount Metric Path
0x579E7DD0    0        1      0 8400 8400 1299 3343 2895 2895 2587 i
0x48A29898    0        3      0 8400 8400 1299 8928 31222 i
0x52468890    0        1    150 8400 8400 5400 209 15194 i
0x4611BA50    0        2      0 8400 702 30829 i
0x53F54BC8    0        5      0 8400 702 20485 6767 i
0x581F5450    0        3      0 8400 8400 1299 19962 30444 i
0x581EDE78    0        2      0 8400 8400 1299 3549 26315 i
0x5421C6A0    0        2    150 8400 1299 2828 5725 i
0x53CE44E8    0        2      0 8400 1299 7911 16905 1832 i
0x53CE63D8    0        4    150 8400 8400 5400 7018 16609 i
0x57BF0018    0        1    150 8400 8400 5400 7018 16609 i
0x46A26C70    0        1    150 8400 8400 5400 5511 6505 21862 i
0x568B45B0    0        1    150 8400 8400 5400 174 27429 i
0x48A2CE98    0        3      0 34771 5408 20965 1299 1239 13228 25465
```

59

Atributi putanje (Path attributes)

- Konfiguracija BGP-a podrazumeva konfigurisanje atributa ruta i putanja.
- Za svaku rutu postoje definisani atributi.
- Atributi se dele u 4 grupe:
  - Dobro poznati obavezni (Well-known mandatory) – Moraju da postoje u svakoj BGP Update poruci pridružen odgovarajućoj NLRI. Sve implementacije BGP-a moraju da koriste ove poruke. Nedostatak ovih atributa u Update poruci generiše grešku.
  - Dobro poznati neobavezni (Well-known discretionary) – Atribut koji prepoznaju sve BGP implementacije i u skladu sa njim se ponašaju, ali koji ne mora da bude pridružen nekom NLRI.
  - Opcioni prenosivi (Optional transitive) – Atribut koji ne moraju da prepoznaju sve BGP implementacije i da se ponašaju u skladu sa njim (opcioni). Ako ruter dobije ovakav atribut koji ne prepoznaje, onda treba da ga prosledi ostalim BGP susedima (prenosivost).
  - Opcioni neprenosivi (Optional nontransitive) – Atribut koji ne moraju da prepoznaju sve BGP implementacije i da se ponašaju u skladu sa njim (opcioni). Ako ruter dobije ovakav atribut koji ne prepoznaje, onda ga ne prosleđuje dalje (neprenosivost)

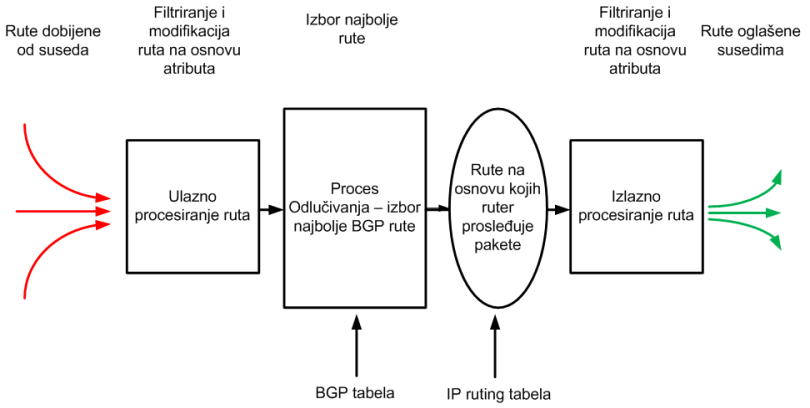
60

Atributi putanje (Path attributes)

Kôd atributa	Tip
1-ORIGIN	Well-known mandatory
2-NEXT-HOP	Well-known mandatory
3-AS_PATH	Well-known mandatory
4-MULTI_EXIT_DISC	Optional nontransitive
5-LOCAL_PREF	Well-known discretionary
6-ATTOMIC_AGGREGATE	Well-known discretionary
7-AGGREGATOR	Well-known discretionary
8-COMMUNITY	Optional transitive
9-ORIGINATOR_ID	Optional nontransitive
10-Cluster list	Optional nontransitive

61

BGP Proces rutiranja



U slučaju da postoji više BGP ruta ka nekoj destinaciji, BGP neće svojim susedima da prosledi sve te rute, već **samo najbolju**.

62

Kontrolisanje BGP rutiranja korišćenjem BGP atributa

- Uobičajeni BGP atributi
  - Next Hop
  - AS_Path
  - Atomic Aggregate
  - Aggregator
  - Local Preference
  - Weight
  - Multiple Exit Discriminator (MED)
  - Origin

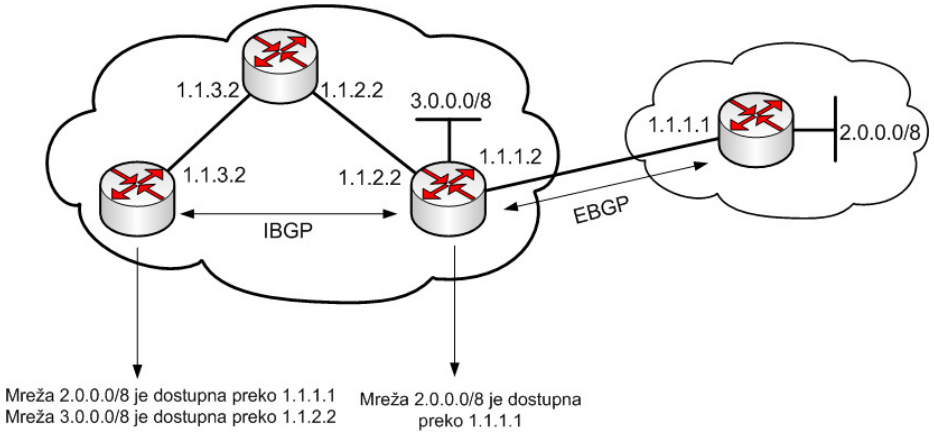
63

Next hop atribut (WMA)

- Next hop ne mora da nužno bude na direktno povezanom mrežnom segmentu.
- Pravila kako BGP koristi next hop atribut:
  - U EBGP sesijama, next hop je IP adresa EBGP suseda koji je oglasio datu rutu.
  - U IBGP sesijama, ako su rute oglašene unutar samog AS, next hop je IP adresa rutera unutar AS koji je oglasio datu rutu.
  - U IBGP sesijama, ako su rute oglašene u AS iz nekog drugog AS putem EBGP, next hop koji je bobijen putem EBGP se unosi nepromenjen u IBGP
- Ukoliko ruter u svojoj ruting tabeli nema rutu ka Next Hop atributu za datu rutu, ruta neće biti ubačena u ruting tabelu.

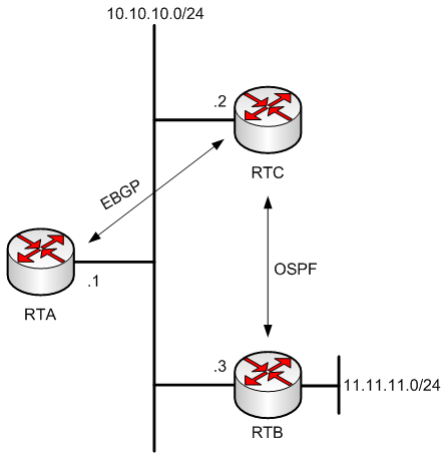
64

Next Hop Atribut



65

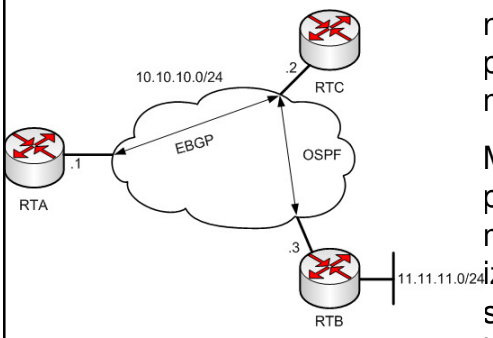
Next Hop na Multiaccess segmentima



Na BMA segmentu ,kakav je Ethernet, ispravno ponašanje je da se kao Next hop za rutu 11.11.11.0/24 pošalje adresa RTB 10.10.10.3, iako on ne učestvuje u BGP razmeni ruta.

66

Next Hop ponašanje na NBMA mrežama



Na NBMA mrežama ukoliko se ništa ne konfiguriše, ruteri će se ponašati isto kao na BMA mrežama.

Međutim, to može da dovede do prekida u komunikaciji, jer možda ne postoji virtuelno kolo između datih rutera, pa treba da se konfiguriše u ovom slučaju da je Next Hop za rutu 11.11.11.0 RTC.

67

AS_Path Atribut (WMA)

•AS koji oglašava neku rutu dodaje broj svog AS u ASpath atribut pridružen datoj ruti.

•Svaki sledeći AS dodaje (**prepend**) svoj broj AS datoj ruti prilikom prosleđivanja narednom AS.

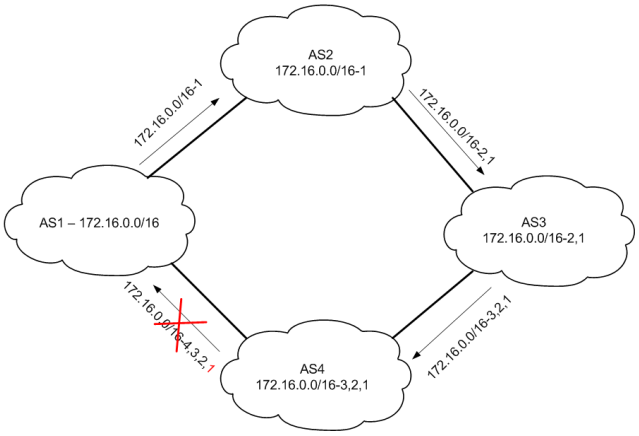
•Ukoliko ruter kada dobije neku rutu prepozna broj svog AS u AS Path atributu, ruta se odbacuje!!!

•BGP koristi između ostalih kriterijuma AS_Path u procesu izbora najbolje putanje.

•Kraći AS Path označava rutu sa boljom metrikom koja će biti ubačena u ruting tabelu .

68

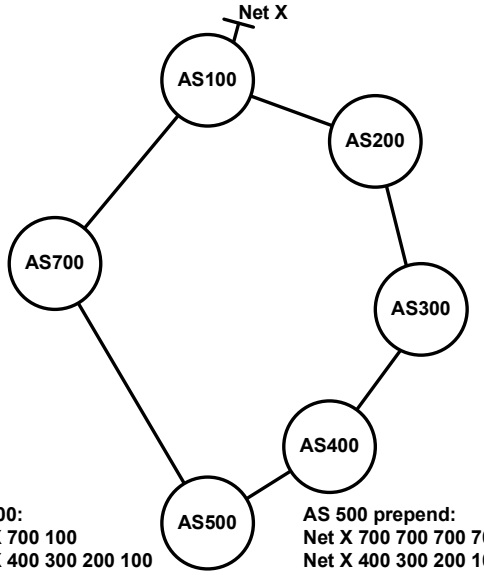
AS_Path Atribut



Često se veštački povećava broj AS u AS-Path atributu, kako bi se uticalo na izbor najbolje rute (AS Path Prepending)

69

AS Path prepending

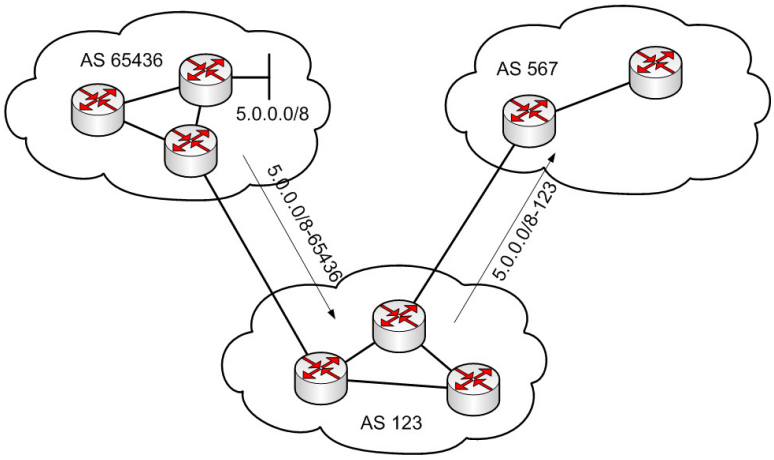


AS 500:
Net X 700 100
Net X 400 300 200 100

AS 500 prepend:
Net X 700 700 700 700 100
Net X 400 300 200 100

70

AS_Path i privatni AS brojevi



Privatni AS brojevi moraju da se skinu iz AS Path atributa pre nego što neka ruta prođe ka ostatku Interneta.

71

Origin Atribut (WMA)

- Origin atribut govori o poreklu rute/prefiksa
- Koristi se u izboru najbolje rute
- Vrste origin atributa:
  - IGP – Prefiks je dobijen iz IGP iz datog AS (eksplicitno konfigurisana ruta za oglašavanje u konfiguraciji BGP protokola)
  - EGP – Prefiks je dobijen iz BGP
  - Incomplete – Prefiks je dobijen redistribucijom
- Više su cenjene rute sa manjom vrstom Origin a odnos vrsta je:
  - IGP<EGP<Incomplete

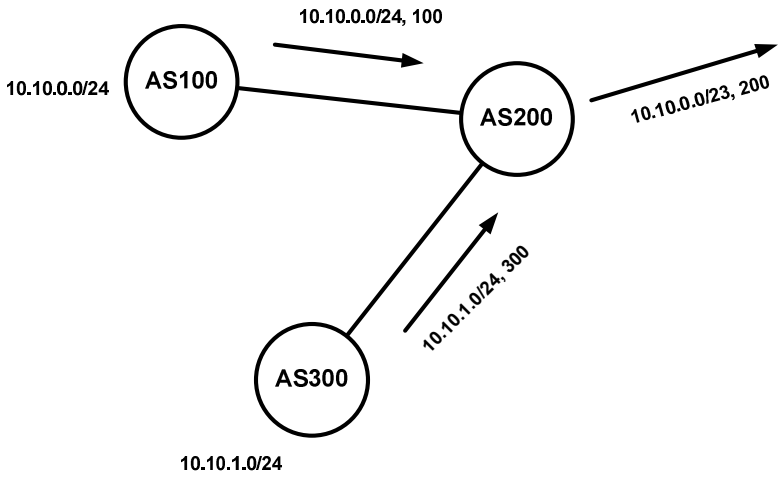
72

Atomic Aggregate Atribut (WDA)

- Koristi se kod agregacije ruta i označava gubitak informacija u AS Path atributu
- Može da ima vrednost True ili False.
- Ako je True, znači da je dati prefiks agregiran od više različitih prefiksa.
- Ruter koji je poslao prefiks sa Atomic Aggregate atributom sa vrednošću True je izvršio agregaciju ruta i ima specifičnije rute do destinacija

73

Agregacija prefiksa



74

The Aggregator Atribut (OT)

- Ovim atributom se označava onaj ruter koji izvršio agregaciju ruta.
- Kao argument ovog atributa upisuje se Router ID rutera koji je izvršio agregaciju

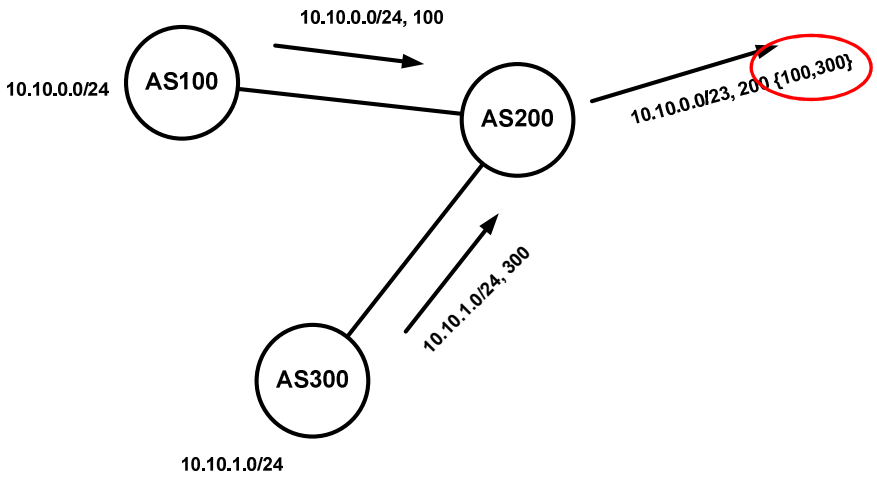
75

AS-Set

- Korišćenjem agregacije se smanjuje broj ruta u tabeli rutiranja, ali se gube neke informacije.
- Postoji mogućnost da se koristi posebna vrsta ASPath objekta koji se zove AS-Set, kojim se zadržavaju informacije o agregiranim rutama.
- AS Set se sastoji od agregirane rute i elemenata koji je sačinjavaju
- Nije dobro da se koristi kada se agregira veliki broj ruta.

76

AS-Set



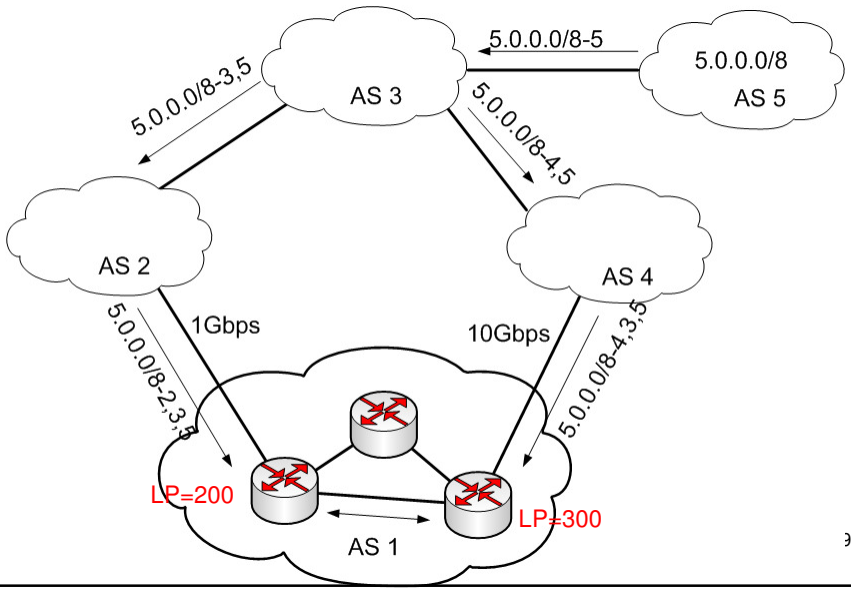
77

Local Preference Atribut (WDA)

- Local Preference atribut označava stepen prvenstva (prioritet) za datu rutu
- U ruting tabelu se ubauje ona ruta koja ima viši Local Preference.
- Local Preference, je lokalan za jedan AS.
- Local Preference se razmenjuje unutar jednog AS putem IBGP, ali se ne prenosi putem EBGP.
- Local Preference se odnosi na saobraćaj koji **izlazi** iz datog AS!!!

78

Local Preference Atribut (WDA)



Manipulacija Local Preference atributom

- Deafult vrednost za Local Preference je 100
- Local Preference može da se dodeli nekoj ruti na osnovu njene adrese, interfejsa sa kog dolazi, broja AS iz kog dolazi ili koji se nalazi u AS-Path atributu,...
- Local Preference se dodeljuje ruti nakon što ruda dođe u dati ruter

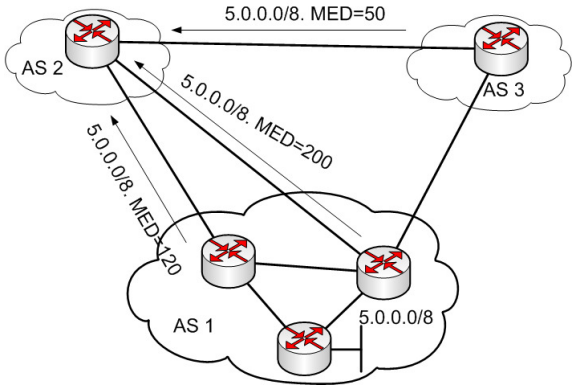
80

Multiple Exit Discriminator (MED) Atribut (ONTA)

- MED obaveštava susedne AS o željenoj putanji saobraćaja u dati AS ukoliko dati AS ima više veza sa drugim AS-om.
- **Niži MED ima prednost u odnosu na viši (zato se i zove još i metrika)**
- MED atribut koji uđe u AS ne napušta ga (netranzitivan je)
- MED se dodeljuje rutama koje izlaze iz datog rutera
- MED obično odslikava metriku IGP datog AS

81

MED Atribut

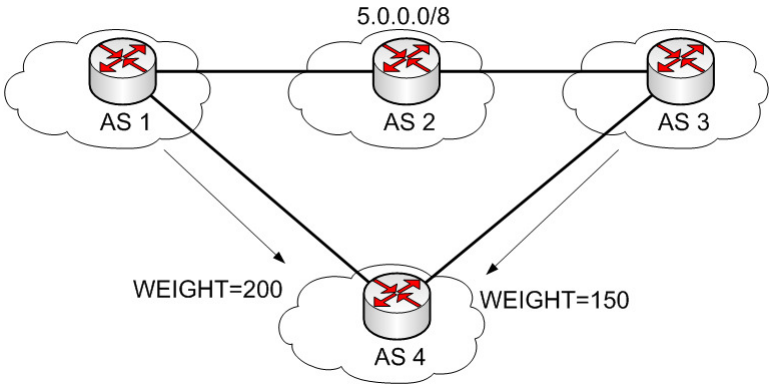


Jedan AS poredi MED vrednosti samo za prefikse dobijene iz jednog AS

MED atributi za prefiks 5.0.0.0/8 iz AS 1 i AS 3 se porede u AS 2 samo u specijalnim slučajevima

82

Weight Atribut



- **Ovaj atribut je Cisco specifičan atribut**
- **Lokalan je za ruter i ne razmenjuje se sa drugim ruterima**
- **Utiče na saobraćaj koji izlazi iz autonomnog sistema, a na rute koje ulaze u AS**

83

Proces izbora najbolje rute u BGP protokolu rutiranja

1. Ako Next Hop atribut za datu rutu ne postoji u ruting tabeli, ruta se ignoriše tj ne ubacuje u ruting tabelu.
2. (ako postoji Weight atribut, u ruting tabelu ulazi ruta sa **najvećom** Weight vrednošću)
3. Ako su Weight vrednosti iste, u ruting tabelu ulazi ruta sa **najvećom** vrednošću Local Preference
4. Ako su Local Preference vrednosti iste, u ruting tabelu ulazi ruta koju je oglasio dati ruter

84

Proces izbora najbolje rute u BGP protokolu rutiranja

5. Ako su prethodni kriterijumi isti, u ruting tabelu ulazi ruta sa **kraćim** AS-Path-om
6. Ako su AS-Path dužine iste, ruter će odabrati rutu sa **nižom** vrednošću Origin atributa
7. Ako je i to isto, Ruter će odabrati rutu sa **nižom** MED vrednošću
8. Ako su i MED vrednosti iste, ruter će da odabere prvo rute čije putanje idu preko EBGP konekcija u odnosu na dobijene iz IBGP konekcija

85

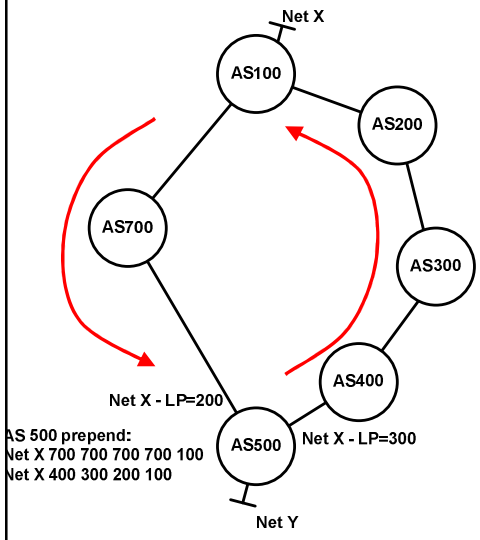
Proces izbora najbolje rute u BGP protokolu rutiranja

9. Bira se ruta čija je IGP metrika do BGP Next hopa niža
10. Ako su prethodni kriterijumi isti, bira se ruta koja je dobijena ranije (prva koja je stigla u ruter)
11. Ako su i prethodni kriterijumi isti, bira se ruta dobijena od rutera sa nižim Router ID-em.
12. Odabira se putanja sa nižom vrednošću dužine klastera.
13. Odabira se ruta dobijena od suseda sa nižom adresom.

ZAKLJUČAK: Uvek će biti odabrana JEDNA najbolja ruta ka datom prefiksu

86

Primer



- Kojom putanjom će ići saobraćaj od NetY ka NetX?
- Kojom putanjom će ići saobraćaj od NetX ka NetY?

87

Atribut Community (OT)

- Služi za grupisanje mreža za koje se traži određeni način procesiranja od nekog nadređenog AS
- 4-bajtni parametar
- Neke predefinisane vrednosti
  - 0xFFFFFF01 – No export – ne oglasiti eBGP susedima
  - 0xFFFFFF02 – No advertise – ne oglasiti nikome
  - 0x00000000 do 0x0000FFFF i 0xFFFF0000 do 0xFFFFFFFF ne mogu da se koriste slobodno
  - Uobičajen način predstavljanja: AS:COMMUNITY

88

Redundansa, simetrija i balansiranje saobraćaja

- Redundansa
  - Povećanje pouzdanosti kroz obezbeđivanje alternativnih putanja
  - Pošto je uslov za dobijanje AS veza ka dva druga AS, redundansa uvek postoji
- Simetričnost saobraćaja
  - ulazni i izlazni saobraćaj između neke dve lokacije putuju istim putem
  - ISP ne mogu da garantuju servis koji prodaju ako ne postoji simetričnost
  - Asimetričan saobraćaj – problemi sa otkrivanjem problema
- Balansiranje saobraćaja je podela saobraćaja preko više alternativnih putanja
  - Jako teško ostvarivo sa BGP protokolom u oba smera – izlaznom i ulaznom u AS

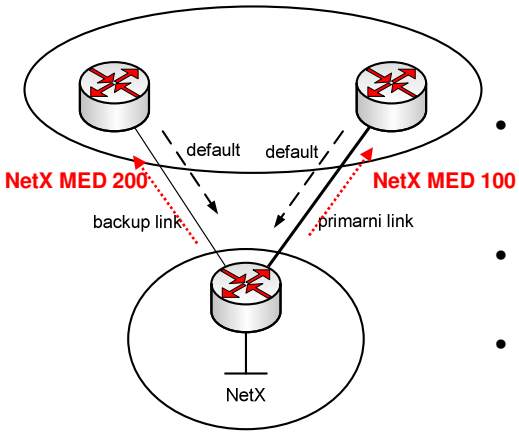
89

Više veza ka jednom provajderu

- Scenariji:
  - Default rute, primarni i backup link
  - Default rute, primarni i backup link i parcijalna ruting tabela
  - Default rute, primarni i backup link i puna ruting tabela

90

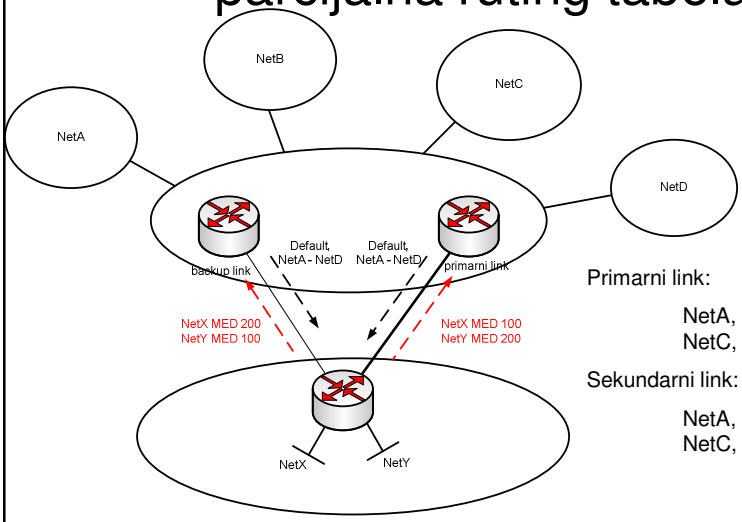
Default rute, primarni i backup link



- Izlazni saobraćaj – prema jednoj od default ruta
- Ulazni saobraćaj – da bi se dobila simetrija – MED
- Sav saobraćaj ide preko primarnog linka
- Sekundarni link se koristi samo u slučaju otkaza primarnog

91

Default rute, primarni i backup link i parcijalna ruting tabela



Primarni link:

NetA, NetB – LP 100,
NetC, NetD – LP 200

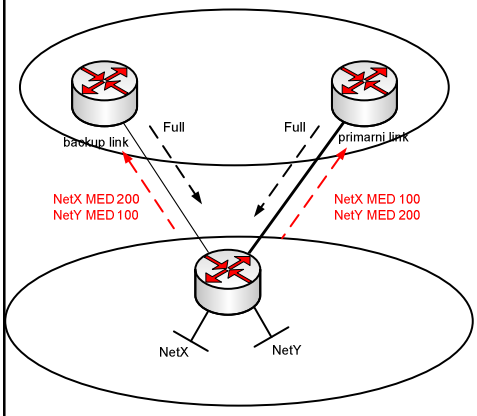
Sekundarni link:

NetA, NetB – LP 200,
NetC, NetD – LP 100

Da li mogu da se parcijalno oglašavaju NetA-NetD?
Kako ide saobraćaj od NetX ka NetC i obrnuto?
Kako ide saobraćaj od NetY ka NetC i obrnuto?

92

Default rute, primarni i backup link i puna ruting tabela



- Ako postoji primarni i backup link, sve rute sa primarnog mogu da dobiju veći LP
- Dolazni saobraćaj može da se balansira korišćenjem MED atributa
- Kako balansirati odlazni saobraćaj?

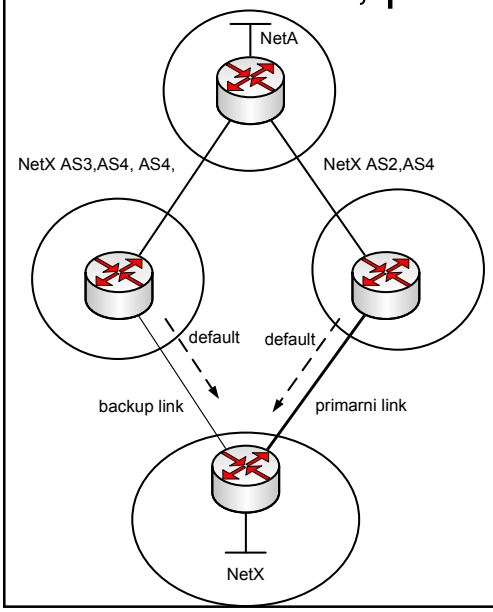
93

Više veza ka više provajdera

- Scenariji
  - Default rute, primarni i backup link
  - Default rute, primarni i backup link i parcijalna ruting tabela
  - Default rute, primarni i backup link i puna ruting tabela

94

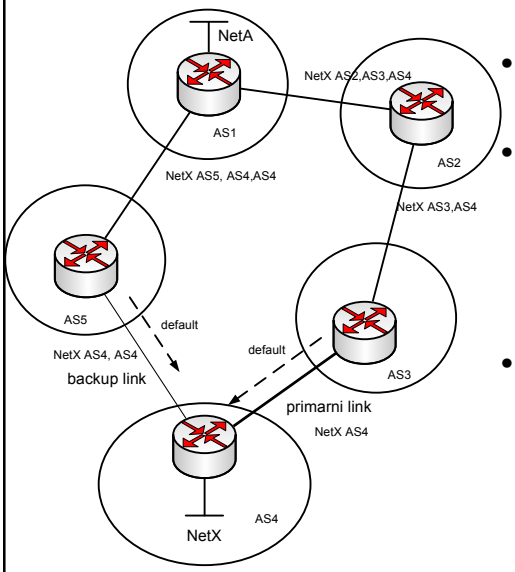
Default rute, primarni i backup link



- Odlazni saobraćaj – prema jednoj od default ruta (primarna)
- Neoptimalno rutiranje prema levom AS
- Dolazni saobraćaj ne može da se reguliše pomoću MED
- Prepend AS - backup AS
- Ekonomski neoptimalno, jer se od ISP zakupljuje veza ka Internetu koja se koristi samo u slučaju kada otkaže primarni link

95

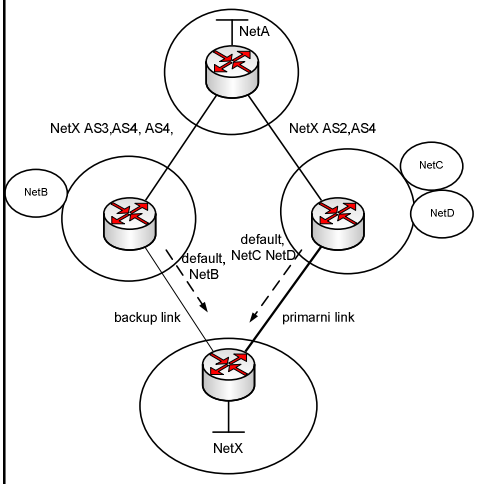
Poznavanje topologije



- Kuda će ići saobraćaj od NetA ka NetX?
- U ovakvim situacijama može da se koristi Community, ukoliko ga podržavaju udaljeni provajderi
- Teško je uticati na raspodelu dolaznog saobraćaja

96

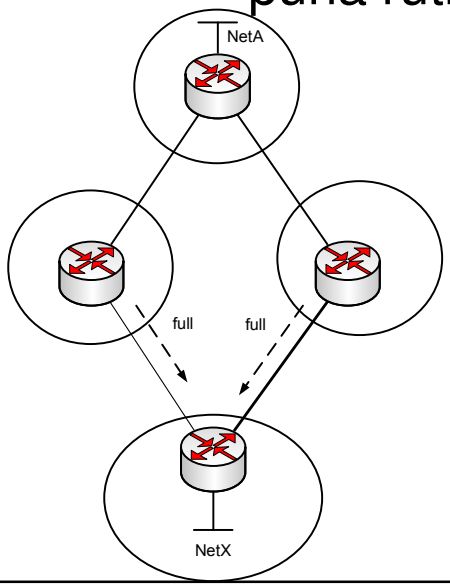
Default rute, primarni i backup link i parcijalna ruting tabela



- Saobraćaj ka mrežama NetB, C i D će biti određen kraćim AS_path
- Rešen problem neoptimalnosti rutiranja ka susednim AS
- Ostalo, kao u prethodnom primeru -većina saobraćaja preko primarnog linka
- Odnos dolaznog saobraćaja preko linkova zavisi od povezanosti ISP AS i broja prepend AS

97

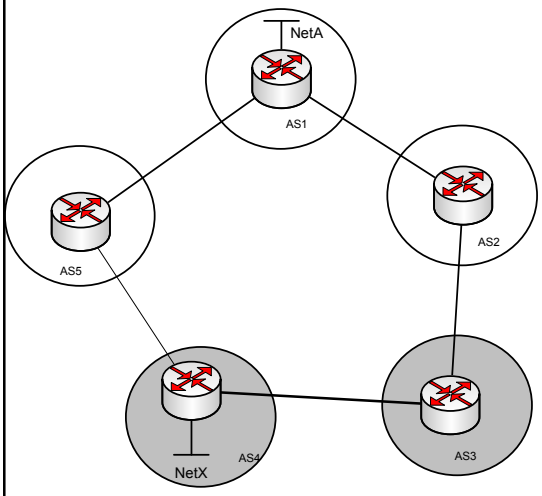
Default rute, primarni i backup link i puna ruting tabela



- Odnos odlaznih saobraćaja zavisi od povezanosti ISP AS
- Load balancing odlaznog saobraćaja moguć kada bi se delovima pune ruting tabele dodeljivali različiti LP ili AS_path
- Kako balansirati dolazni?

98

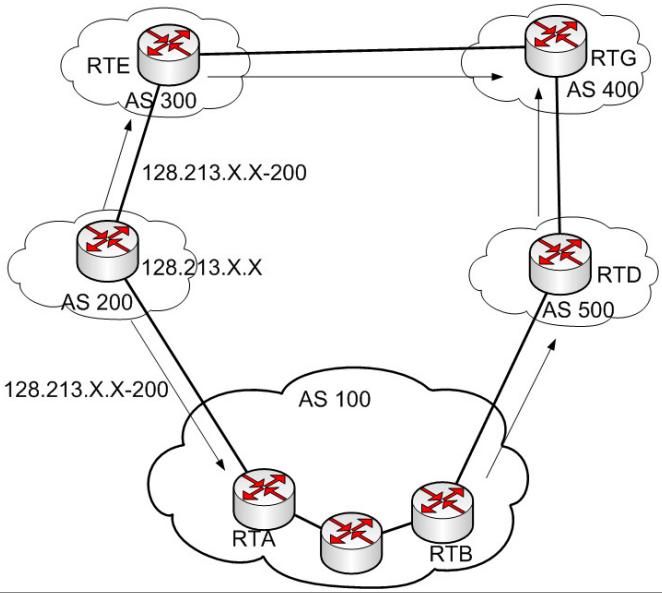
Dve mreže koje pružaju jedna drugoj backup



- Backup link između korisnika treba da prenosi saobraćaj samo u situaciji kada padne jedan od linkova ka provajderima
- LP na ruterima na osnovu AS ili community vrednosti
- AS Path manipulacije

99

Zašto nije dobro vršiti redistribuciju



Mrežu 128.213.X.X oglašava AS 200

AS 100 je prima i redistribuira BGP rute u IGP na ruteru A

Na ruteru B se IGP redistribuira nazad u BGP

Šta u svojoj BGP tabeli imaju ruteri D, G i E?

100

iBGP – problem skalabilnosti

- iBGP ne prosleđuje drugim iBGP ruterima rute dobijene putem iBGP
- Mora da postoji potpun graf iBGP odnosa unutar AS da bi se omogućio ispravno rutiranje unutar AS
- Ukupan broj iBGP odnosa ~ n^2
- U velikim AS to može da predstavlja problem

101

Route reflector

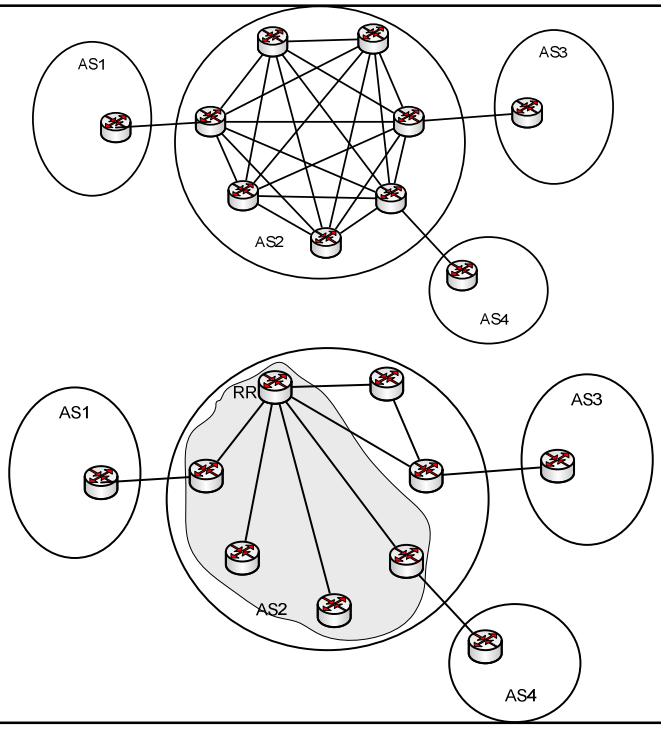
- Rešenje za veliki broj iBGP sesija je "*route reflector*"
- Route reflector je ruter koji krši pravilo ponašanja iBGP rutera – on može da prosledi iBGP rute drugim iBGP susedima
- iBGP ruteri koji koriste usluge route reflectora su klijenti.
- Kada jedan klijent pošalje UPDATE poruku nekom route reflectoru, RR prosleđuje tu poruku drugim njegovim klijentima

102

Route reflector

- Ne moraju svi ruteri u nekom AS da budu ili RR ili klijenti. Neki mogu da budu “obični” ruteri koji iBGP koriste na klasičan način
- RR prosleđuje iBGP rute samo svojim klijentima i iBGP/eBGP susedima.
- RR i njegovi klijenti čine klaster.
- Bilo koji ruter u AS može da bude RR. Izbor zavisi od administratora i performansi rutera

103



104

Pravila prosleđivanja ruta kod RR

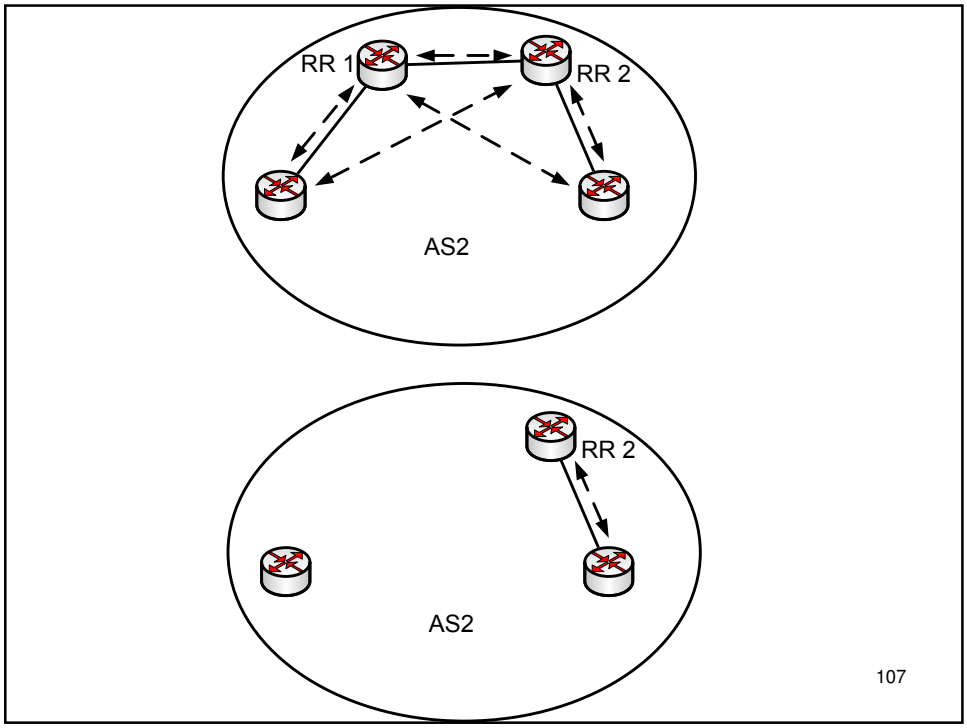
- Ako je ruta dobijena od suseda koji nije klijent datog RR, RR će reflektovati datu rutu samo klijentima
- Ako je ruta dobijena od klijenta, RR će je reflektovati svi ostalim klijentima i svim susedima koji nisu klijenti
- Ako je ruta dobijena od EBGP suseda, reflektuje se svim klijentima i svim susedima koji nisu klijenti

105

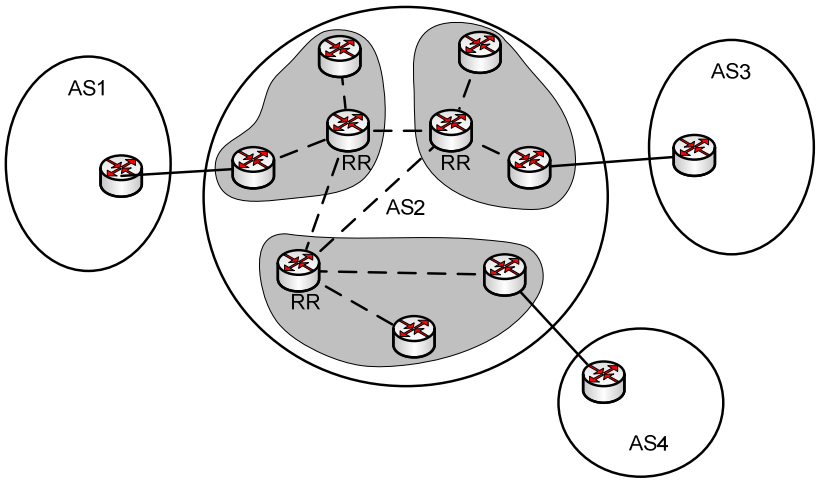
Redundansa i RR

- Otkazom RR i nedostatkom potpunog grafa iBGP sesija rutiranje u AS više ne bi bilo regularno
- Moguće je da postoje dva RR u nekom klasteru čime se povećava pouzdanost mreže
- Izbor RR nije nezavisan od fizičke topologije u mreži

106



Hijerarhijska organizacija mreže



Route reflector

- RR se ponaša po svim ostalim pravilima ponašanja za iBGP rutere (ne menja Next hop,...)
- RR šalje samo najbolju rutu koju je odredio njegov BGP proces. Ovo dodatno umanjuje zauzeće memorije na ruterima klijentima u poređenju sa potpunim iBGP grafom
- Uvođenje RR otvara mogućnost stvaranje petlji u rutiranju unutar AS: postoji mogućnost da ruta koja je poslata iz nekog klastera se vrati u dati klaster (ne postoji mogućnost provere AS_PATH unutar jednog AS)
- Zbog toga su uvedeni novi atributi: ORIGINATOR_ID i CLUSTER_LIST

109

ORIGINATOR_ID, CLUSTER_LIST

- ORIGINATOR_ID (ONTA) označava Router ID onog rutera koji je poslao datu rutu.
- ORIGINATOR kao atribut dodaje RR.
- CLUSTER_LIST (ONTA) je atribut analogan AS_PATH atributu
- Svaki klaster ima svoju identifikaciju
- CLUSTER_LIST je niz identifikacija klastera unutar jednog AS kroz koje je prošla data ruta

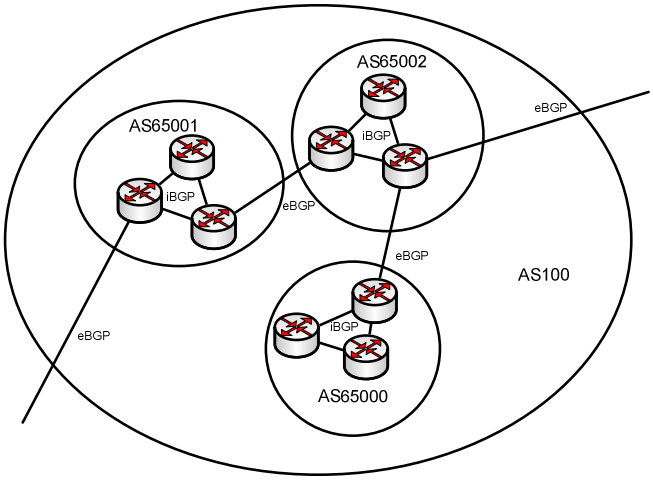
110

Konfederacije

- RFC 1965 -> 3065 -> 5065
- Drugi način za rešavanje problema velikog broja iBGP sesija
- Unutar jednog AS se formira više privatnih pod-AS koji su u konfederaciji (za spoljašnje AS se pojavljuju kao jedinstven AS)
- Pod-AS međusobno komuniciraju putem eBGP, ali je prenos atributa isti kao da je u pitanju iBGP (MED, Local preference,... se prenose između pod-AS)
- Pod-AS dobijaju brojeve za AS iz privatnog skupa AS brojeva.

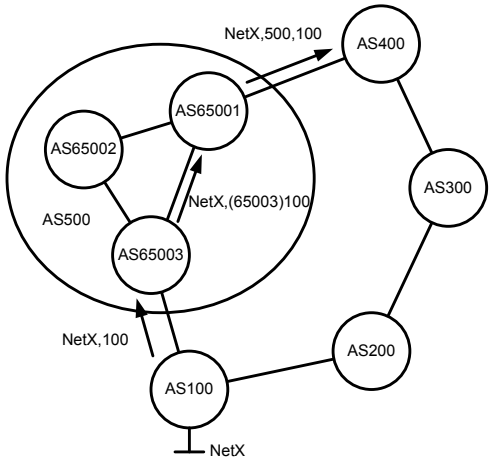
111

Konfederacije



112

Konfederacije



113

Odluke u rutiranju sa Konfederacijama (kriterijum 8.)

- Unutar AS se NE uzima u obzir kraći AS-Path koji se sastoji od pod-AS
- Bez konfederacija BGP u 8. kriterijumu bira eBGP ispred iBGP ruta
- Ukoliko postoji ruta ka nekoj mreži dobijena iz susednog pod-AS i ruta dobijena od eksternog AS, BGP će odabrati putanju ka eksternom AS, iako su obe eBGP
- Ukoliko postoji ruta ka nekoj mreži dobijena od iBGP (unutar pod-AS) i ruta dobijena od susednog pod-AS (eBGP unutar konfederacije), odabraće se ona ruta koja vodi van datog pod-AS (eBGP ruta van konfederacije)

114

Očuvanje stabilnosti Interneta

- Česte promene ruta koje oglašava neki BGP speaker se propagiraju po celom Internetu. (Update/Withdraw)
- To pravi nepotreban saobraćaj na mreži i opterećuje procesore rutera
- Da bi se Internet zaštitio postoji mehanizam “route flap damping”

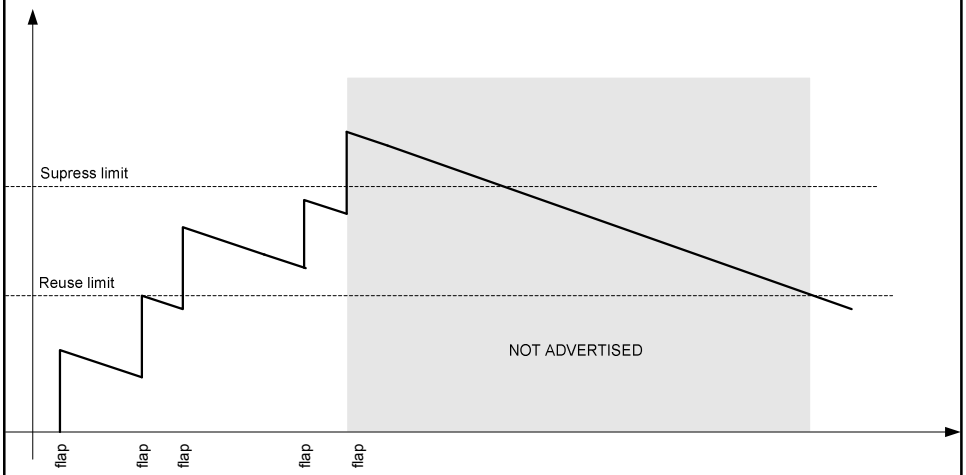
115

Route flap damping – RFC 2439

- Ruter svakoj ruti dodeljuje Penalty vrednost koja je inicijalno 0
- Kada se desi promena (route flap) date rute Penalty se povećava za određenu vrednost
- Kada nema promena, Penalty se smanjuje, tako da se za definisano vreme *half_life* se smanji na polovinu početne vrednosti
- Kada Penalty pređe *Supress-limit*, data ruta se više se ne oglašava
- Kada Penalty padne ispod *Reuse-limit,* data ruta seponovo oglašava

116

Route flap damping



117

Kontrola ruta koje se dobijaju preko Interneta

- Rute koje se oglašavaju putem BGP moraju da se pre toga unesu u bazu RIR u formi route-object-a
- ISP jednom dnevno proveravaju route-object bazu i u skladu sa njom formiraju filtre za dolazeće rute

```
route: 147.91.0.0/16
descr: UNIVERSITY OF BELGRADE
origin: AS13092
mnt-by: UB-MNT
source: RIPE # Filtered
```

```
route6: 2001:4170::/32
descr: UNIVERSITY OF BELGRADE
origin: AS13092
mnt-by: UB-MNT
source: RIPE # Filtered
```

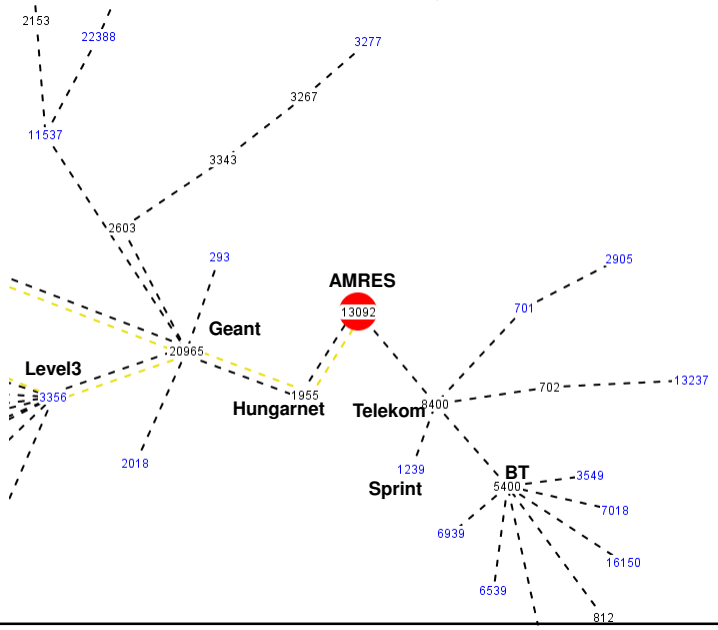
118

Pomoćni alati za rad sa

- Looking glass
  - www.traceroute.org
- BGPlay

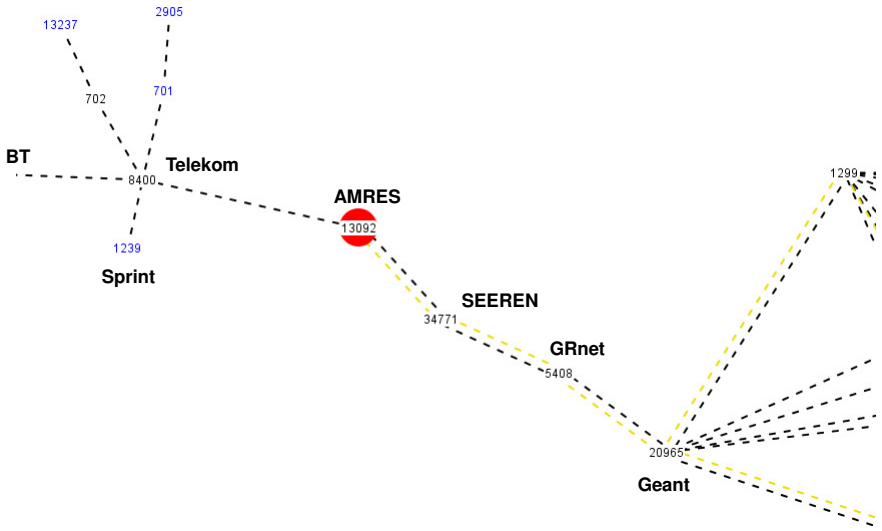
119

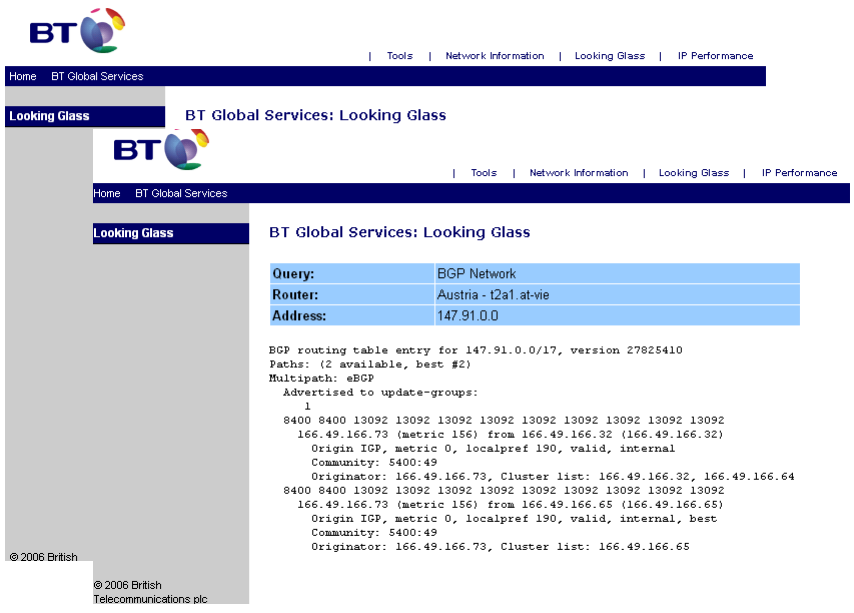
BGPlay



120

BGPlay


13237
2905
702
701
BT
8400
Telekom
1239
Sprint
AMRES
13092
SEEREN
34771
GRnet
5408
1299
20965
Geant


Tools | Network Information | Looking Glass | IP Performance
Home BT Global Services
Looking Glass
BT Global Services: Looking Glass
Tools | Network Information | Looking Glass | IP Performance
Home BT Global Services
Looking Glass
BT Global Services: Looking Glass
Query: BGP Network
Router: Austria - t2a1.at-vie
Address: 147.91.0.0
BGP routing table entry for 147.91.0.0/17, version 27825410
Paths: (2 available, best #2)
Multipath: eBGP
Advertised to update-groups:
1
8400 8400 13092 13092 13092 13092 13092 13092 13092 13092 13092
166.49.166.73 (metric 156) from 166.49.166.32 (166.49.166.32)
Origin IGP, metric 0, localpref 190, valid, internal
Community: 5400:49
Originator: 166.49.166.73, Cluster list: 166.49.166.32, 166.49.166.64
8400 8400 13092 13092 13092 13092 13092 13092 13092 13092 13092
166.49.166.73 (metric 156) from 166.49.166.65 (166.49.166.65)
Origin IGP, metric 0, localpref 190, valid, internal, best
Community: 5400:49
Originator: 166.49.166.73, Cluster list: 166.49.166.65
© 2006 British
© 2006 British Telecommunications plc

122

Multiprotokolarne ekstenzije BGP protokola – RFC 2858 -> 4760

- Originalni BGPv4 je protokol je mogao da razmenjuje samo IPv4 rute
- Drugi protokoli (IPX, IPv6,...) nisu mogli da komuniciraju koristeći globalnu Internet mrežu
- RFC 2283 -> 2858 -> 4760 – ekstenzije BGP protokola koje će da omoguće prenos ruta različitih protokola mrežnog sloja

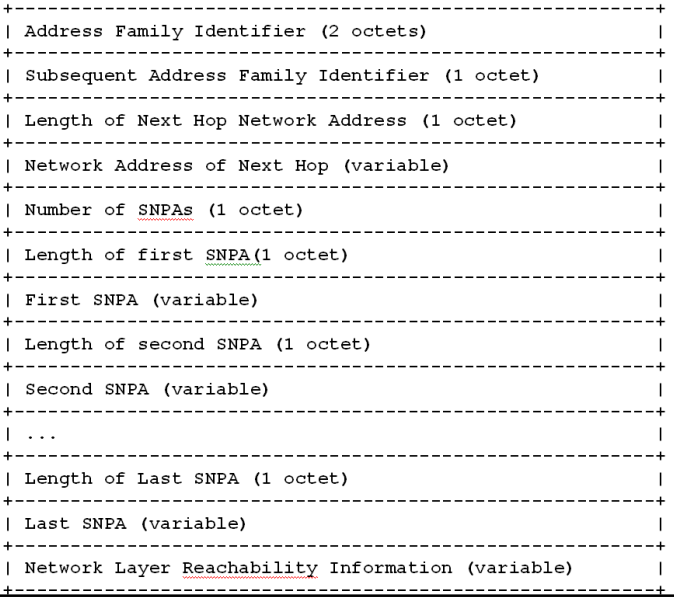
123

MBGP

- Atributi i argumenti koji su striktno vezani za IPv4:
  - Next_hop (značajan samo za nove rute, a ne i za rute koje se brišu)
  - NLRI
  - Aggregator
- Novi atributi:
  - Multiprotocol_Reachable_NLRI (MP_REACH_NLRI)
  - Multiprotocol_Unreachable_NLRI (MP_UNREACH_NLRI)

124

MP_REACH_NLRI (ONTA)



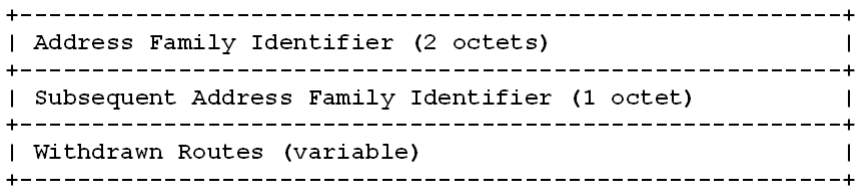
125

MP_REACH_NLRI (ONTA)

- Address Family Identifier: Vrsta protokola mrežnog sloja za koji se šalju rute (1=IPv4, 2=IPv6)
- Subsequent Address Family Identifier: Vrsta adrese definisane pomoću NLRI (1=unicast, 2=multicast, 4=label, 127=VPN)
- Length of Next Hop Network Address: 4=32bita – IPv4, 16=128bita – IPv6 ili 32 – 2 IPv6 adrese (link-local i globalna)
- Network Address of Next Hop: Adresa sledećeg rutera ka destinaciji
- SNPA – Subnetwork Point of Atachment – Layer 2 adresa interfejsa kroz koji se dolazi do BGP suseda (da bi se izbegao ARP)
  - Number of SNPAs - Ako je upisana 0, nema ni jedno polje vezano za SNPA.
  - Length of Nth SNPA
  - SNPA of Next Hop
- Network Layer Reachability Information: NLRI u istom formatu kao za originalnu verziju BGP

126

MP_UNREACH_NLRI (ONTA)



- Rute koje se više ne oglašavaju

127

MP-BGP primene

- IPv6 rutiranje (RFC 2545)
- Inter-domain Multicast
- IPv4 VPN
- IPv6 tranzicija
- MPLS distribucija labela
- S-BGP
- QoS ekstenzija za BGP

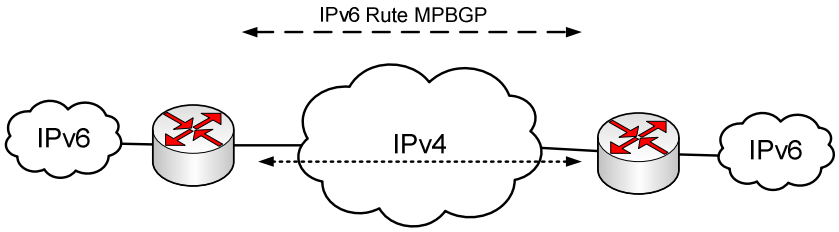
128

MP-BGP i IPv6

- TCP sesija između BGP speakera može da se ostvari bilo preko IPv4 bilo preko IPv6, bilo preko oba istovremeno (u dual stack režimu)
- Moguće je da se preko TCP BGP sesije koja je uspostavljena preko IPv4 prenose informacije o IPv6 rutama i obrnuto
- Ako se peering ostvaruje putem IPv6 na istom subnetu, onda se kao Next Hop upisuju i link-local i globalne IPv6 adrese datih interfejsa
- Šta se dešava sa Next Hop atributom ako se koriste link-local IPv6 adrese?

129

Mehanizmi povezivanja IPv6 ostrva na IPv4 mrežu



- Saobraćaj mora da se tuneluje, na primer:
  - 6to4 (**207.142.131.202** -> 2002:**CF8E:83CA**::/48)
  - ISATAP (**192.0.2.143** -> fe80::5efe:**c000:028f**)
  - MPLS (6PE)

130