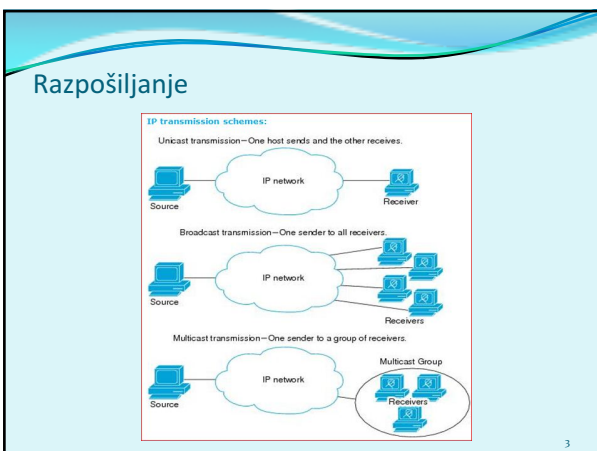


Komunikacijski protokoli in omrežna varnost

Razpošiljanje (*multicast*)

Razpošiljanje

- **Načini naslavljanja:**
 - **unicast** (tradicionalno): pošiljanje enemu ciljnemu IP naslovu (unikaten v Internetu / lokalnemu omrežju)
 - **broadcast** (oddajanje): „naslavljanje vseh prejemnikov“ v podomrežju (npr. iskanje usmerjevalnika ali strežnika, nujno sporočilo); ne dostavlja paketov izven lokalne mreže
- Kako poslati samo izbrani skupini naslovov, tudi izven lokalne omreže?
 - **multicast** naslavljanje (razpošiljanje) omogoča dostavo skupinam ne glede na meje podomrežij
 - IGMP (*Internet Group Management Protocol*) se uporablja za upravljanje s skupinami



Razpošiljanje - primer

Poslati želimo 4 od 6 računalnikov v omrežju. Kako?

- unicast**: potrebujemo 6 kopij istega paketa, večkratno pošiljanje obremenjuje medij
- broadcast**: naslovi vse računalnike, **filtriranje** pravih prejemnikov prepustimo protokolom na višjim plastem.
- multicast**: pošljemo „posebnemu naslovu“, ki predstavlja SKUPINO prejemnikov, ki poslušajo pakete, naslovljene na ta naslov
 - podobno kot *broadcast*: paket dobijo vsi
 - vendar: **filtriranje** se izvede na omrežnem nivoju - IP (včasih lahko tudi na povezavnem nivoju)

Razpošiljanje: usmerjanje paketov

- *broadcast* paketov usmerjevalniki ne posredujejo (dobili bi jih vsi!), torej ostajajo znotraj lokalnega omrežja
- **usmerjanje pri razpošiljanju** je praktično: en sam paket **usmerjevalniki** razmnožijo in posredujejo samo preko tistih vmesnikov, kjer so poslušatelji paketa. Ime skupine je 32 bitno število (skoraj)

Razpošiljanje: usmerjanje paketov

- Izzivi protokola:
 - postopek razpošiljanja:
 - odkrivanje, kje so prejemniki paketa,
 - razpošiljanje zahteva dodatno delo: usmerjevalni protokoli, posredovanje informacije o poslušateljih,
 - razpošiljalni naslovi ne oblikujejo (pod)mrež -> maska ima 32 bitov. V usmerjevalnih tabelah zato zahtevajo posebne vnose
 - *izziv: lahko imajo tudi več posebnih vnosov, zakaj?*
 - varnost:
 - ali lahko paket razpošlje vsakdo ali samo član skupine?
 - prisluškovalec se lahko naroči na poslušanje paketov in postane legitimni prejemnik
 - zanesljivost:
 - kaj narediti, če samo en prejemnik javi, da ni dobil paketa?

Razpošiljanje

naročanje na multicast promet (IGMP)

multicast usmerjanje (PIM)

7

Aplikacije razpošiljanja

- pošiljanje velikih datotek preko omrežja (glavni urad podružnicam) – zanesljivi prenos.
- nadgradnja programske opreme v velikem omrežju
- podatkovni tokovi (*data streaming*) – npr. pošiljanje podatkov o delnicah vsem finančnim družbam
- audio/video tokovi podatkov (*streaming*)
- video na zahtevo (spremljanje TV programa)
- izvedba konferenc (pomislek: boljša uporaba konferenčnega centra, ki odloča, kdo lahko govori in čigave pakete posredovati drugim)
 - izziv: premisli, kako izgleda izvedba konferenc z multicast pristopom
- aplikacije v realnem času z RTP, ki se uporabljajo za zagotavljanje tekoče in kakovostne dostave v okoljih, kjer se uporablja razpošiljanje

8

Naslavljanje IPv4 in IPv6

9

Naslavljanje IPv4

- imena razpošiljalnih skupin so dejansko posebej rezervirani IPv4 naslovi: 224.0.0.0 - 239.255.255.255 (razred D)
- Posebni naslovi znotraj tega obsega:

Razpon naslovov	Opis
224.0.0.0 - 224.0.0.255	rezervirano za znane ("well-known") razpošiljalne naslove
224.0.0.1	vsi sistemi (vmesniki in usmerjevalniki)
224.0.0.2	vsi usmerjevalniki
224.0.1.0 - 238.255.255.255	globalni multicast naslovi (dosegljivi v internetu)
239.0.0.0 - 239.255.255.255	lokalni multicast naslovi (lokalno omrežje)

The diagram shows the bit structure of an IPv4 multicast address (32 bits total):

- Bits 0-3: 1110 (Well-Known Multicast Address)
- Bits 4-7: 0000 (Well-Known Multicast Address)
- Bits 8-15: 00000000 (Well-Known Multicast Address)
- Bits 16-23: 00000000 (Well-Known Multicast Address)
- Bits 24-27: 1111 (Well-Known Multicast Address)
- Bits 28-31: 1111 (Well-Known Multicast Address)

Additional labels in the diagram:

- Well-Known Multicast Address (bits 24 to 31)
- Globally-Scoped Multicast Group Address (bits 0 to 28)
- Locally-Scoped Multicast Group Address (bits 0 to 28)
- Well-Known Multicast Address (bits 24 to 31)
- Globally-Scoped Multicast Address
- Locally-Scoped Multicast Address

Naslavljanje IPv6

- ime razpošiljalne skupine je 128-bitno število - IPv6 naslov, ki se prične z FF
- FF02::1 (lokalno omrežje (*link local*): vsi VMESNIKI)
- FF02::2 (lokalno omrežje (*link local*): vsi USMERJEVALNIKI)
- Struktura IPv6 naslova (IANA: IPv6 Multicast Address Space Registry):

The diagram shows the structure of a 128-bit IPv6 multicast address:

- 8 bits: 1111 1111
- 4 bits: Lifetime
- 4 bits: Scope
- 112 bits: Group-ID

Legend for Lifetime and Scope:

Lifetime	Scope
0: If Permanent	1: Node
1: If Temporary	2: Link
	5: Site
	8: Organization
	E: Global

Preslikava v povezavne naslove

- Ethernet in FDDI odkirji uporabljajo 48 bitne naslove. Naslovi 01-00-5e-00-00-00 do 01-00-5e-ff-ff-ff predstavljajo naslove razpošiljalnih skupin (IPv4).
- Predpona 01-00-5e pomeni razpošiljalni okvir, naslednji bit je 0, ostalih 23 bitov tvori ime razpošiljalne skupine.
- ker so IP razpošiljavani naslovi dolgi 28 spremenljivih bitov, preslikava ni enolična! V okvir se vstavi samo 23 manj pomembnih bitov. To pomeni, da se po 32 (2^5) naslovov združuje v isti naslov na drugi plasti.
 - izziv: kaj mora tarej početi usmerjevalnik?
- Omrežna plast odloča, ali so datagrami pomembni za sprejem ali ne.

The diagram illustrates the mapping of an IPv4 multicast address to an Ethernet MAC address:

- IPv4 MC address: 0110 (bits 0-4) followed by 28 bits of Multicast address (bits 5-31).
- Ethernet MC address: 01011111 0 (bits 0-4) followed by 5 bits of IP MC address (bits 5-9) and 23 bits of Multicast address (bits 10-31).
- Note: 5 bits of IP MC address are not used in the Ethernet MAC address.

Prijava na multicast promet: protokola IGMP in MLD

[Click here to Enroll Now ▶](#)

13

Protokol IGMP

- mrežni protokol je IPv4 paketu in številka protokola je 2
- RFC 2236, *Internet Group Management Protocol, Version 2*, RFC 3376, *Internet Group Management Protocol, Version 3*
 - *obvezno: poiščite ga na spletu ter ga preberite – literatura!*
 - *izziv: poiščite še ostale RFC dokumente, ki se ukvarjajo z IGMP*
- IGMP skrbi za upravljanje s tem, kdo so prejemniki razpošiljanih sporočil. Omogoča:
 - pridružitve skupini
 - izstop iz skupine
 - zaznavanje drugih vmesnikov v skupini

14

Protokol IGMP

- IGMP komunikacija poteka med odjemalcem in najbližjim razpošiljevalnim usmerjevalnikom
- na podlagi protokola IGMP usmerjevalniki dobijo nalogo povezati se v strukturo razpošiljevalnega drevesa

15

Verzije IGMP

Obstajajo verzije IGMP v1, v2 in v3.

- IGMPv1: Vmesniki se lahko pridružijo skupinam. Sporočila za izstop ne obstajajo. Usmerjevalniki uporabljajo mehanizem s pretekom časa, da odkrivajo skupine, ki za vmesnik niso zanimive.
- IGMPv2: Dodana sporočila za izstop iz skupine. S tem omogočeno hitrejša sporočanja usmerjevalniku o prekinitvi dostave nepotrebne prometa.
- IGMPv3: Večje spremembe v protokolu. Vmesniki lahko določijo SEZNAM drugih vmesnikov, od koder želijo prejemati promet. Promet od ostalih vmesnikov omrežje prepreči.

16

Protokol IGMP

- IGMP sporočilo je dolgo 8 zlogov

8	16	32
type	max. resp. time	checksum
multicast group address		

- **type** - tip sporočila:
 - 17 (0x11): Group Membership Query (odkrivanje članov skupine)
 - 18 (0x12): Group Membership Report IGMP v1 (objava prejemnika)
 - 22 (0x16): Group Membership Report IGMP v2 (objava prejemnika)
 - 34 (0x22): Group Membership Report IGMP v3 (objava prejemnika)
 - 23 (0x17): Leave Group Report IGMP v2 (objava, da je prejemnik zapustil skupino)
- **response time** - čas, v katerem se mora prejemnik klica IGMP Group Membership Query, odzvati
- **checksum** - kontrolna vsota (ne pokriva IP glave)
- **multicast group address** - IPv4 naslov razpošiljevalne skupine

17

Protokol IGMP

- Kako z IGMP udejaniti upravljanje s skupinami?

Dejanje	IGMP sporočilo	IP Destination Address	IGMP Multicast Group Address
pridružiti se želim skupini	Group Membership Report	naslov skupine	naslov skupine
kdo vse je član določene skupine?	Group Membership Query	naslov skupine	naslov skupine
katero skupine obstajajo?	Group Membership Query	vsi vmesniki (224.0.0.1)	0.0.0.0
sam član skupine, o kateri se poizveduje, želim se odzvati, da sem član	Group Membership Report	naslov skupine	naslov skupine
zapustiti želim skupino	Group Leave Report	vsi usmerjevalniki (224.0.0.2)	naslov skupine

18

Protokol IGMP

- Posebno sporočilo: IGMPv3 Group Membership report

Type	Not used	Checksum
Not used	Number of Addresses	
Multicast Group Address Response		
Multicast Group Address Responses...		

- *Type*= 0x22
- odgovori vseh vmesnikov v skupini so zbrani v istem paketu
- vmesnik čaka na odgovore drugih prejemnikov v skupini, preden odgovori sam
 - posebna oblika paketa torej omogoči izogibanje podvojenemu multicast prometu

19

Protokol IGMP: prijava na vir

korak 1:

- za pridružitve skupini, se pošlje GMR (*group membership request*) sporočilo z vrednostjo TTL=1
 - dostava samo najbližjemu usmerjevalniku
- usmerjevalnik evidentira, da mora skupinske pakete posredovati novemu naročniku
 - kako? – povezavni razpošiljevalni naslov / kopije datagramov na IP naslov

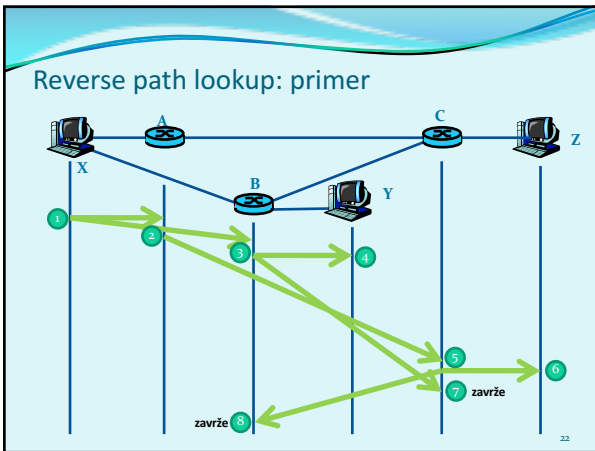
20

Protokol IGMP: prijava na vir

korak 2:

- usmerjevalnik sporoči sosednjim usmerjevalnikom, da ima novega naročnika. Če bi vsak usmerjevalnik sporočil enako naprej, pride do problema - paketi bi se posredovali navzkrižno preko vseh povezav v omrežju. Rešitvi:
 - **uporablja se RPL algoritem** (*Reverse Path Lookup*): zavržemo vse multicast pakete, ki pridejo od usmerjevalnikov, ki ne povezujejo z izvorom paketa po najbližji poti
 - **usmerjevalniki imajo posebne usmerjevalne protokole** za multicast promet: npr. protokol PIM-SM (*Protocol Independent Multicast - Sparse Mode*)

21



Protokol MLD

- Multicast Listener Discovery:
 - RFC 2710, *Multicast Listener Discovery (MLD) for IPv6*, in
 - RFC 3810, Multicast Listener Discovery Version 2 (MLDv2) for IPv6
- *obvezno: poiščite ga na spletu ter ga preberite – literatura!*
 - *kaj je to Robustness Variable in čemu služi?*
- *izziv: poiščite razlike med MLD in IGMP*
- *izziv: kaj pa sobivanje IGMP (IPv4) in MLD (IPv6)?*

Protokol MLD

- Dejansko je protokol za IPv6 za razpošiljanje in ima enako funkcionalnost kot IGMP

Protokol IGMP in MLD

- MLD:

0	1	2	3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1			
Type	Code	Checksum	
Maximum Response Delay		Reserve	
Multicast Address			
- IGMP:

0	1	2	3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1			
Type	Max Resp Time	Checksum	
Group Address			

25

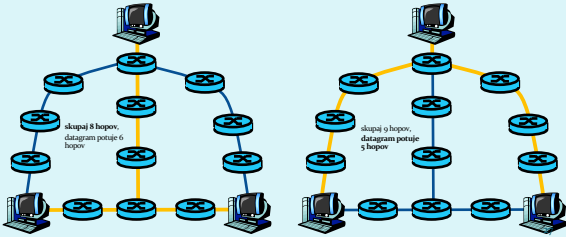
Razpošiljevalna drevesa



26

Razpošiljanje prometa

- paketi se gibljejo v obliki razpošiljevalnega drevesa
- drevo lahko optimizira različne kriterije:
 - slika 1: skupna dolžina poti (število hopov) vseh datagramov
 - slika 2: najkrajša pot za vsak datagram posebej (minimalno vpeto drevo)



Usmerjanje multicast

- Naloga usmerjanja: najti drevo povezav, ki povezuje vse usmerjevalnike v isti razpošiljalni skupini
- Za komunikacijo med usmerjevalniki potrebujemo razpošiljalne usmerjevalne protokole (aplikacijski protokoli, ki delujejo na omrežni plasti), kot so: PIM, DVMRP, MOSPF in BGP.

kako rdeče usmerjevalnike povezati v skupno drevo?

28

Dve rešitvi iskanja razpošiljalnega drevesa

- uporaba enega samega drevesa za vse usmerjevalnike za usmerjanje razpošiljalnega prometa se določi eno samo drevo (*group-shared tree*) - slika levo
- določitev ločenega drevesa za vsakega udeleženca v skupini (*source-based tree*); za N članov skupine imamo torej N dreves (za vsako razpošiljalno skupino) - slika desno

skupno drevo

ločeno drevo za A (modro) in drevo za B (roza)

29

Določanje skupnega drevesa (group-shared)

- iskanje drevesa z **minimalno skupno ceno** (uporablja se Steinerjev algoritem za vpeta drevesa, problem je NP poln), slika levo ali
- določitev **centralnega vozlišča "rendez-vous point"** (kako usmerjati do njega je znano iz pravil za unicast usmerjanje); usmerjevalnik se pridruži drevesu, ko na poti do centralnega vozlišča naleti na prvo vozlišče, ki je že v drevesu, slika desno

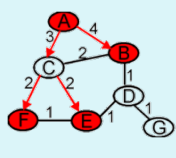
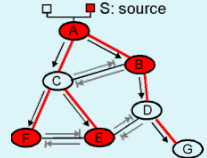
minimalna skupna cena

E je centralno vozlišče

30


Določanje dreves posameznih pošiljateljev (source-based)

- Iskanje **drevesa najkrajših poti** v grafu (uporaba algoritma Dijkstra, ki išče drevo najkrajših povezav glede na podano začetno vozlišče, *slika levo*)
 - usmerjevalniki morajo poznati stanja vseh povezav (*link-state*) ali
- Uporaba **RPL (Reverse Path Lookup)**: ne sprejemamo sporočil od usmerjevalnikov, ki niso na najbližji poti do izvora sporočila, *slika desno*
 - drevo je prekrivno omrežje (*overlay network*) v celotnem omrežju

31

Usmerjanje razpošiljanja



32

Usmerjevalni protokoli

- skrbijo za oglaševanje skupin v omrežju
- delimo jih po 2 kriterijih ($2 \times 2 = 4$ skupine)
 - razpršeno / gosto (*sparse-mode / dense-mode*)
 - sparse-mode*: posamezna vozlišča zahtevajo vključitev v drevo (*pull* princip)
 - dense-mode*: razpošiljene pakete razpošljemo po vsem omrežju, usmerjevalniki se odjavljajo, če so nepotrebni (*push* princip). Tu dva načina:
 - oddaja in odreži (*broadcast and prune*): uporaba *prune* in *graft* sporočil; struktura se občasno reinitializira
 - domenska (*domain-wide*) poročila: usmerjevalniki z oddajanjem prijavljajo odjemalce na promet
 - intra (znotraj domene) / interdomain (med domenami)

33

Usmerjevalni protokoli

- obstaja povezava med načinom delovanja in vrsto drevesa, ki ga protokol gradi

Protokol	Način delovanja	vrsta drevesa	Vrsta
PIM-SM	sparse	skupno	znotraj in med domenami
PIM-DM	dense	posamezno	znotraj domen
CBT	sparse	skupno	znotraj in med domenami
MOSPF	dense	posamezno	znotraj domen
BGMIP	dense	posamezno	znotraj domen
DVMRP	dense	posamezno	znotraj in med domenami

34

PIM-SM (Protocol Independent Multicast - Sparse Mode)

- PIM-DM: dense-mode, posamezno drevo
- PIM-SM: sparse-mode, skupno drevo, včasih posamezno
 - izziv: preberi RFC 4601 in ga preuči
- protokola PIM-SM in PIM-DM sta primerna za usmerjevalnike, ki že izvajajo unicast usmerjanje. Sta neodvisna od unicast protokola
- sporočila uporabljajo IP mrežni protokol s številko protokola 103
- sporočila med usmerjevalniki so unicast ali multicast na naslov 224.0.0.13 (vsi PIM usmerjevalniki)

35

Delovanje PIM-SM

vzpostavitev arhitekture

- kandidati zagonski (bootstrap) usmerjevalniki (c-BSR) oznanijo svojo prisotnost (tip sporočila BOOTSTRAP) in izberejo glavni zagonski usmerjevalnik BSR
- kandidati osrednji (rendezvous) usmerjevalniki (c-RP) oznanijo prisotnost BSR usmerjevalniku (tip sporočila CANDIDATE-RP-ADVERTISEMENT)
- BSR izbere dokončni centralni usmerjevalnik (RP) za vsako skupino in jih oznaní s sporočili tipa BOOTSTRAP

pošiljanje podatkov

- PIM-SM usmerjevalniki se zaznajo in vzdržujejo komunikacijo s sporočili HELLO
- mesnik, ki pošilja podatke na skupinski naslov, razpošlje datagram na lokalni segment mreže
- izbrani usmerjevalnik na mreži (designated router) enkapsulira datagram v tip sporočila REGISTER in ga pošlje RP
- RP dekapulira datagram in ga razpošlje po razpošiljalnem drevesu

vzdrževanje naročnine

- kadar RP razna, da v skupini ni več prejemnikov, pošlje sporočilo REGISTER-STOP vsem izbranim usmerjevalnikom
- kadar se novi uporabnik želi pridružiti skupini, pošlje sporočilo JOIN/PRUNE s seznamom vseh želenih skupin in dovoljenih prejemnikov

36

Oblika paketa - vsebina glave

- Glava dolga 32 bitov
- version = 2
- tip:

vrednost	pomen
0	hello
1	register
2	register stop
3	join/prune
4	bootstrap
5	assert
6	candidate-rp-advertisement

37

Oblika paketa PIM-SM - paket HELLO

- namenjen vzdrževanju povezav med usmerjevalniki
- v primeru, da se izbrani usmerjevalnik za pošiljanje razpošiljevalnega prometa ne odzove, se izbere drugi
- paket vsebuje množico TLV vrednosti, kot so npr. potek časa, v katerem je pričakovani odgovor

38

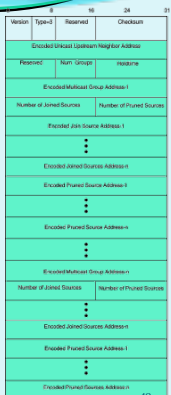
Oblika paketa PIM-SM - paket REGISTER in REGISTER-STOP

- sporočilo REGISTER nosi vsebino razpošiljevanega sporočila do osrednjega usmerjevalnika (*unicast*)
 - B (*border router*) - sporočilo prišlo usm., ki je neposredno povezan z vmesnikom,
 - N (*null*) - paket je prazen, za vzpostavitev povezanosti
- sporočilo REGISTER STOP pošlje osrednji usmerjevalnik izbranemu usmerjevalniku, z njim sporoči naj ne pošilja sporočil (prejemnikov ni / sporočila dobiva že od druge)

39

Oblika paketa PIM-SM - JOIN/PRUNE

- omogoča prejemniku, da se prijavi/odjavi od prejetja razpošiljevalnega prometa
- PIM-SM ima *Number of Pruned sources* enak 0 (ker uporablja skupno drevo)
- Polja za prijavo/odjavo:
 - *Encoded Join Source Address*
 - *Encoded Pruned Source Address*



Drugi usmerjevalni protokoli


- MOSPF
 - *Multicast OSPF*
 - ima dodano le posebno obliko paketa, ki oznanja razpošiljevalni promet
 - *izziv: poišči RFC dokumente, ki opisujejo MOSPF in jih preberi!*
- DVMRP
 - *Distance Vector Multicast Routing Protocol*
 - prenaša se ga v IGMP paketih (tip 13)
 - *izziv: preberi RFC 1075 in prouči delovanje tega protokola*

MBONE

- povezava omrežij, zmožnih razpošiljevalnega prometa
 - sprva znotraj interneta, tvorile so ga delovne postaje z navideznimi povezavami
 - *izziv: preberi RFC 2715*
 - 1995: MBONE vsebuje 901 usmerjevalnikov (uporablja se DVMRP) in je v 20 državah
 - 1999: 4178 usmerjevalnikov, uporablja se vse bolj RTP, ponudniki storitev postajajo preobremenjeni
 - IETF ustanovi delovno skupino MBONED z nalogo, da vzpostavi multicast usmerjanje preko celega interneta (razvoj protokola MSDP: *Multicast Source Discovery Protocol*)
 - *izziv: preberi RFC 112, kaj je to Any Source Multicast arhitektura (ASM)?*

Naslednjič gremo naprej!

- avtentikacija, avtorizacija in beleženje - AAA!



43
