
Podatkovni sloj i lokalne mreže

Poglavlje 8 — Skripta kolegija *Računalne mreže*

doc. dr. sc. Sandi Baressi Šegota

Fakultet informatike Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli

Poglavlje 8

Podatkovni sloj i lokalne mreže

Podatkovni (link) sloj prenosi podatke u obliku *okvira* (frame) preko *jednog* linka, od jednog čvora do njemu susjednog. Za razliku od mrežnog sloja koji povezuje udaljene hostove, link sloj brine o pojedinačnoj poveznici i tipično je implementiran u *mrežnom adapteru* (NIC). U ovom poglavlju obrađujemo otkrivanje pogrešaka, protokole višestrukog pristupa dijeljenom mediju, adresiranje na sloju 2 (MAC, ARP), Ethernet te preklopnike i VLAN-ove.

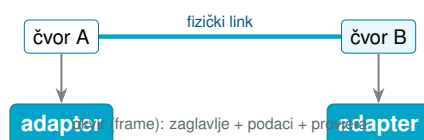


Figure 8.1: Link sloj prenosi okvire preko jednog fizičkog linka; posao obavlja mrežni adapter.

Ishodi učenja

Po završetku poglavlja student će moći: objasniti usluge link sloja; primijeniti otkrivanje pogrešaka parnošću i CRC-om; usporediti protokole višestrukog pristupa (podjela kanala, nasumični pristup, rotacija); objasniti MAC adresiranje, ARP i Ethernet; te opisati rad preklopnika (samoučenje) i VLAN-ova.

8.1 Usluge i otkrivanje pogrešaka

Glavne usluge link sloja su *uokvirivanje* (framing), *pristup* dijeljenom mediju, *otkrivanje* (a ponekad i ispravljanje) pogrešaka te, kod nekih tehnologija, pouzdan prijenos i kontrola toka. Budući da prijenos preko fizičkog medija može oštetiti bitove, uz podatke se šalju *redundantni* bitovi za provjeru.

0	1	0	1	?
1	0	1	0	?
0	1	0	1	?
?	?	?	?	P

parnost po retku i stupcu
otkriva i ispravlja 1-bitnu grešku

Figure 8.2: Dvodimenzionalna parnost otkriva i ispravlja jednobitnu pogrešku.

Najjednostavniji je **bit parnosti**, koji otkriva neparan broj pogrešaka. *Dvodimenzionalna* parnost, uz parnost po recima i stupcima, može čak *ispraviti* jednobitnu pogrešku. Znatno je snažniji **CRC** (ciklička provjera redundancije): podaci D (prošireni s r nula) dijele se

generatorom G u aritmetici nad $GF(2)$ (XOR), a dobiveni *ostatak* R šalje se uz podatke. Primalac provjeri je li primljeni niz (D, R) djeljiv s G ; ako nije, došlo je do pogreške. CRC pouzdano otkriva sve skupne (burst) pogreške do duljine r bita i standardni je mehanizam u Ethernetu.

8.2 Višestruki pristup

Kad više čvorova dijeli *jedan* medij (npr. bežični kanal ili staru Ethernet sabirnicu), istovremeni prijenosi izazivaju **koliziju**. Protokoli *višestrukog pristupa* dijele se u tri klase. Kod **podjele kanala** svakom se čvoru dodijeli fiksni udio: vremenski odsječak (TDMA) ili frekvencijski pojas (FDMA); to je pravedno pri velikom opterećenju, ali neučinkovito kad je aktivan samo jedan čvor. Kod **nasumičnog pristupa** čvor šalje kad ima podatke, a kolizije rješava ponovnim slanjem nakon slučajnog čekanja; primjeri su ALOHA i CSMA/CD. Kod **rotacije** pravo na slanje kruži među čvorovima (npr. *token*), čime se izbjegavaju kolizije uz određeni režijski trošak.



Figure 8.3: CSMA/CD: osluškivanje, kolizija, nasumično čekanje i uspješan ponovni prijenos.

CSMA/CD (*carrier sense multiple access with collision detection*) najvažniji je predstavnik nasumičnog pristupa u žičanom Ethernetu: čvor prije slanja *osluškuje* medij, a ako tijekom slanja otkrije koliziju, odmah je *prekida* i ponovno pokušava nakon *eksponencijalnog* nasumičnog čekanja. Kolizije su moguće unatoč osluškivanju jer se signal širi konačnom brzinom, pa dva udaljena čvora mogu istodobno „čuti slobodno“. Iskoristivost čistog ALOHA-e ograničena je na oko 18%, slotted ALOHA-e na oko 37%, dok CSMA/CD zbog ranog prekidanja kolizija postiže znatno bolje rezultate.

8.3 Adresiranje, ARP i Ethernet

Svaki adapter ima **MAC adresu** — 48-bitnu, „ravnu“ (nehijerarhijsku) i tvornički dodijeljenu adresu (npr. 1A:2B:3C:4D:5E:6F). Za razliku od IP adrese koja pripada mrežnom sloju i mijenja se s mrežom, MAC adresa identificira *adapter*. Kako bi host koji zna IP adresu odredišta u istoj podmreži pronašao pripadnu MAC adresu, koristi **ARP**: šalje *upit* emisijom („tko ima ovu IP?“), a vlasnik odgovara *unicastom* sa svojom MAC adresom, koju pošiljatelj pohrani u *ARP tablicu*. Ako je odredište u *drugoj* mreži, host umjesto toga ARP-om traži MAC adresu *usmjernika* (gatewaya), koji potom prosljeđuje okvir dalje.

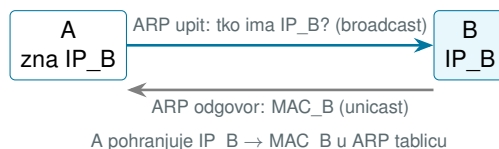


Figure 8.4: ARP: upit emisijom, odgovor unicastom, rezultat u ARP tablici.

Ethernet je dominantna žičana LAN tehnologija. Okvir sadrži preambulu (za sinkronizaciju), odredišnu i izvorišnu MAC adresu, polje *tip* (koji protokol je iznad), *podatke* (46–1500

B) te CRC. Ethernet je usluga *bez veze* i *nepouzdana* (nema potvrda ni ponovnih slanja na razini okvira), a kroz generacije je narastao s 10 Mb/s na više od 100 Gb/s zadržavajući istu osnovnu strukturu okvira.



Figure 8.5: Struktura Ethernet okvira: MAC adrese, tip, podaci i CRC.

8.4 Preklopnici i VLAN

Preklopnik (switch) povezuje uređaje u LAN-u i radi na sloju 2; za hostove je *transparentan*, a svaki mu je port zasebna kolizijska domena. Preklopnik je **samoučeći**: iz svakog dolaznog okvira zapamti *izvorišnu* MAC adresu i port na kojem je stigla, gradeći tablicu preslikavanja MAC → port. Pri prosljeđivanju: ako je odredišna MAC poznata i vezana uz *isti* port, okvir se odbacuje; ako je vezana uz *drugi* port, prosljeđuje se samo na taj port; a ako je nepoznata, okvir se šalje na *sve* portove osim ulaznog (flooding).



Figure 8.6: Samoučeći preklopnik gradi tablicu MAC → port iz izvorišnih adresa.

Preklopnik i usmjernik razlikuju se po sloju: preklopnik radi s MAC adresama i samouči (plug-and-play) unutar LAN-a, dok usmjernik radi s IP adresama i tablicama usmjeravanja između mreža. Kada se više preklopnika poveže radi redundancije, mogu nastati *petlje* u kojima broadcast kruži beskonačno; to sprječava *spanning tree* protokol, koji logički isključuje suvišne veze.

VLAN (virtualni LAN) omogućuje *logičku* podjelu jednog fizičkog preklopnika na više neovisnih mreža, odvajajući promet i broadcast domene bez novog ožičenja. Kad se VLAN proteže preko više preklopnika, okviri se *označavaju* (802.1Q tag) VLAN identifikatorom, a „trunk” veze nose promet više VLAN-ova.

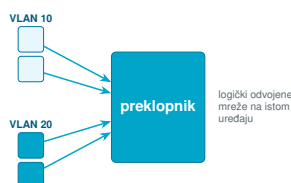


Figure 8.7: VLAN: logički odvojene mreže na istom fizičkom preklopniku.

Sažetak poglavlja

Link sloj prenosi okvire preko jednog linka. Pogreške se otkrivaju parnošću ili — pouzdanije — **CRC**-om. Dijeljeni medij uređuju protokoli višestrukog pristupa (podjela kanala, nasumični pristup poput **CSMA/CD**, rotacija). Na sloju 2 adapteri se identificiraju **MAC** adresama, a **ARP** preslikava IP u MAC. **Ethernet** je dominantni LAN, a **preklopnici** samouče tablice MAC → port; **VLAN**-ovi logički dijele mrežu.