
Bežične i mobilne mreže

Poglavlje 9 — Skripta kolegija *Računalne mreže*

doc. dr. sc. Sandi Baressi Šegota

Fakultet informatike Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli

Poglavlje 9

Bežične i mobilne mreže

Bežične mreže i mobilnost dva su različita, ali povezana izazova. *Bežično* se odnosi na prirodu *linka* — prijenos kroz zrak umjesto žice — dok se *mobilnost* odnosi na to da uređaj mijenja svoju točku pristupa mreži i pritom mora ostati dostupan. U ovom poglavlju obrađujemo karakteristike bežičnog linka, WiFi (802.11), stanične (4G/5G) mreže te upravljanje mobilnošću.

Ishodi učenja

Po završetku poglavlja student će moći: opisati elemente i karakteristike bežičnog linka; objasniti arhitekturu WiFi mreže i protokol CSMA/CA (te ulogu RTS/CTS); opisati arhitekturu staničnih mreža (4G/5G); te objasniti načela mobilnosti, neizravno usmjeravanje i handoff.

9.1 Karakteristike bežičnog linka

Bežičnu mrežu čine *bežični hostovi*, *bazna stanica* (ili pristupna točka) i *žična infrastruktura* iza nje. Za razliku od žice, bežični je medij *dijeljen* i promjenjiv: snaga signala pada s udaljenošću (*path loss*), a prisutni su i slabljenje kroz prepreke, refleksije (*multipath*) te interferencija drugih uređaja.

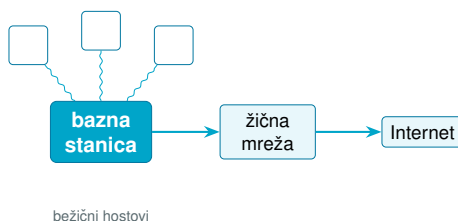


Figure 9.1: Elementi bežične mreže: hostovi, bazna stanica i žična infrastruktura.

Kvalitetu prijenosa određuje **SNR** (odnos signala i šuma): veći SNR omogućuje veću brzinu uz manju vjerojatnost pogreške (*BER*), pa uređaji *prilagođavaju* modulaciju i brzinu trenutnim uvjetima kanala. Poseban je problem **skrivenog terminala**: dva čvora koja se međusobno *ne čuju* mogu istovremeno slati trećem čvoru i tako izazvati koliziju koju izvori ne mogu detektirati pukim osluškivanjem.

9.2 WiFi (802.11)

WiFi mrežu organizira **pristupna točka** (AP); skup stanica pridruženih jednom AP-u čini *BSS*. AP periodički emitira *beacon* okvire (s imenom mreže, *SSID*), a stanica se, nakon skeniranja i

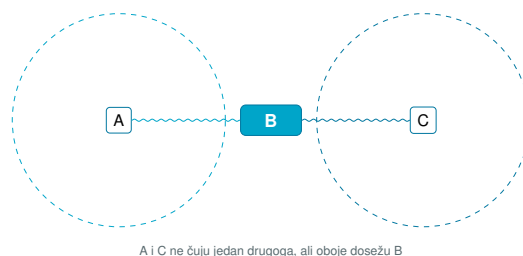


Figure 9.2: Skriveni terminal: A i C ne čuju jedan drugoga, ali oboje dosežu B.

odabira AP-a, *autenticira* i *asocira*. Za pristup mediju koristi se **CSMA/CA** (*collision avoidance*): čvor prije slanja osluškuje medij, ali umjesto detekcije kolizije (kao u žičanom Ethernetu) nastoji je *izbjći*, jer radio ne može istovremeno slati i osluškivati (vlastiti signal nadjača tuđi). Budući da je bežični prijenos nepouzdan, svaki uspješno primljeni okvir potvrđuje se *ACK*-om.

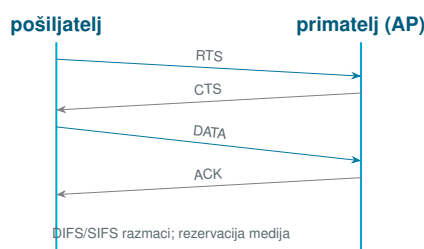


Figure 9.3: CSMA/CA uz izbornu razmjenu RTS/CTS i potvrdu ACK.

Za rješavanje skrivenog terminala 802.11 nudi izbornu razmjenu **RTS/CTS**: kratkom porukom *request to send* i odgovorom *clear to send* medij se unaprijed *rezervira*, uz cijenu malog dodatnog prometa. Okvir 802.11 sadrži polje kontrole, trajanja (za rezervaciju), *do četiri* adrese (uređaji i AP), redni broj, podatke i CRC. Kroz generacije (802.11n/ac/ax) rastu brzine (MIMO, širi kanali) na pojasevima 2,4 GHz (veći domet) i 5/6 GHz (veće brzine).

kontrola	trajanje	adrese (1–4)	seq	podaci	CRC
----------	----------	--------------	-----	--------	-----

do četiri adrese (izvor, odredište, AP...)

Figure 9.4: Struktura okvira 802.11 s poljem trajanja i do četiri adrese.

CSMA/CA vs CSMA/CD

U žičanom Ethernetu čvor može *detektirati* koliziju dok šalje (CD), jer istovremeno osluškuje medij. U bežičnom okruženju to nije izvedivo: primopredajnik ne može pouzdano čuti slabi tuđi signal dok emitira vlastiti (mnogo jači), a postoji i problem skrivenog terminala. Zato se u 802.11 kolizije nastoje *izbjći* unaprijed (CA) — nasumičnim odgodama i, po potrebi, rezervacijom medija putem RTS/CTS — te se svaki okvir izričito potvrđuje ACK-om.

9.3 Stanične mreže

Staničnu mrežu čine *radio pristup* (bazne stanice koje pokrivaju *ćelije*) i *jezgrena mreža* koja obavlja autentikaciju, upravljanje mobilnošću i prosljeđivanje prometa prema Internetu. Područje je podijeljeno na ćelije, pri čemu udaljene ćelije mogu *ponovno* koristiti iste frekvencije; manje ćelije daju veći kapacitet, ali uz više handoffa.

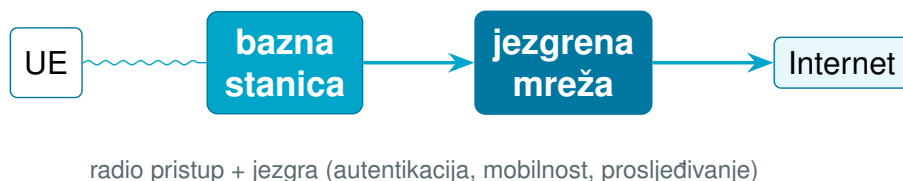


Figure 9.5: Arhitektura stanične mreže: korisnički uređaj, bazna stanica i jezgra.

U **4G LTE** mreži korisnički uređaj (*UE*) komunicira s baznom stanicom (*eNodeB*), a jezgra (*EPC*) obavlja mobilnost i autentikaciju; mreža je potpuno *IP*-bazirana, uključujući i glas. **5G** donosi veće brzine i manju latenciju, podršku za masovni IoT i kritične usluge, te koristi dodatne pojaseve uključujući milimetarske valove.

9.4 Upravljanje mobilnošću

	WiFi (802.11)	stanične (4G/5G)
domet	desetci metara	kilometri (ćelija)
medij	nelicencirani pojas	licencirani spektar
pristup	CSMA/CA	raspoređivanje u jezgri
mobilnost	roaming (isti SSID)	handoff + jezgra

Table 9.1: Usporedba WiFi i staničnih mreža.

Kod *mobilnosti* uređaj mijenja točku pristupa, no i dalje ga treba moći dosegnuti. Razlikujemo *domaću* mrežu (uz stalnu „adresu”) i *posjećenu* mrežu (trenutna lokacija). Pri **neizravnom usmjeravanju** korespondent šalje promet na domaću mrežu, gdje ga *domaći agent tunelira* do trenutne lokacije mobilnog uređaja. Alternativa je *izravno* usmjeravanje, u kojem korespondent šalje ravno na trenutnu lokaciju — učinkovitije, ali složenije za uspostaviti.

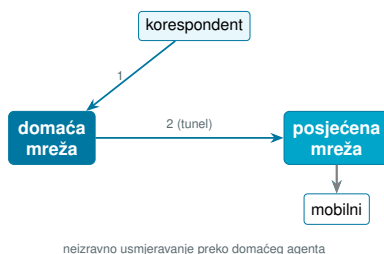


Figure 9.6: Neizravno usmjeravanje: promet ide preko domaćeg agenta do posjećene mreže.

Kada se uređaj giba između ćelija, veza se **handoffom** prebacuje s jedne bazne stanice na drugu, idealno bez prekida usluge; u staničnim se mrežama taj postupak koordinira u

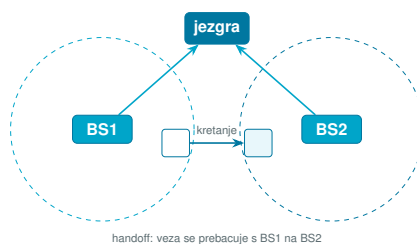


Figure 9.7: Handoff: veza se prebacuje s BS1 na BS2 dok se uređaj giba.

jezgri. Valja napomenuti da bežični gubici mogu „zbuniti” TCP, koji ih tumači kao zagušenje i nepotrebno smanjuje brzinu; djelomično rješenje su lokalne retransmisije na link sloju.

Sažetak poglavlja

Bežični link je dijeljen i promjenjiv (path loss, SNR, skriveni terminal). WiFi koristi **CSMA/CA** s potvrdama i po potrebi RTS/CTS. Stanične mreže spajaju *radio pristup* i *jezgru*; 4G/5G su sve-IP, uz ponovnu uporabu frekvencija po ćelijama. *Mobilnost* rješavaju domaći/posjećeni agenti i neizravno (ili izravno) usmjeravanje, a prijelaz među ćelijama ostvaruje se **handoffom**.