

# PROTOKOLI I TEHNOLOGIJE BEŽIČNIH SISTEMA

## Vežba 10 Bežične IP mreže

# Uvod

IP (*Internet Protocol*) protokoli su našli široku primenu u svim oblastima telekomunikacija, pa tako i u bežičnim komunikacijama.

IP protokoli su podrška po pitanju:

- rutiranja na mrežnom sloju i prenosa korisničkih paketa
- upravljanja mobilnošću na mrežnom ili nekom od viših nivoa protokola
- signalizacije i kontrole multimedijalnih i govornih servisa
- bezbednosti mreže
- upravljanja kvalitetom servisa

Savremene bežične mreže koriste IP protokole u jezgru mreže (*core network*) i u pristupnom delu radio mreže (*radio access network*)



# Uvod

Bežične IP mreže imaju mnogo veće mogućnosti od tradicionalnih bežičnih mreža koje funkcionišu na bazi komutacije kola.

Protokoli na bazi IP-a su nezavisni od radio tehnologije koja se koristi u pristupnoj mreži. Time je korisniku omogućen transparentan pristup servisima, a može mu se ponuditi i globalni roving.

IP protokoli se koriste bez obzira na tip mreže, pa su tako ovi protokoli našli primenu u:

- WWAN (*Wireless Wide Area Networks*)
- WMAN (*Wireless Metropolitan Area Networks*)
- WLAN (*Wireless Local Area Networks*)
- WPAN (*Wireless Personal Area Networks*)
- Mreže na licu mesta, senzorske mreže (*Near field, Sensor-based networks*)



# Uvod

U sistemima Javne mobilne telefonije počevši od 2,5G uvodi se prenos podataka na bazi komutacije paketa. U sledećim generacijama to je podrazumevani način komutacije.

Primenom 3G sistema omogućene su „pristojne“ brzine prenosa podataka (zavisno da li se korisnik kreće, i zavisno od brzine kretanja) ali zajedničko za sve je korišćenje IP protokola što je omogućilo prenos glasa i prenos multimedijalnog sadržaja u realnom vremenu.

Proces transparentne integracije sa Internetom omogućio je efikasnije *roaming* servise. Pojam *roaming* ne odnosi se samo na promenu obalsti pokrivanja signalom mobilne telefonije već na promenu tipa mreže (primer: prelazak sa mreže javne mobilne telefonije na Wi-Fi mrežu)

Osnovni uslov je upravljanje mobilnošću korisnika.



# Upravljanje mobilnošću

Pod pojmom mobilnosti podrazumevaju se sledeće forme mobilnosti:

- mobilnost terminala – mogućnost da korisnički terminal ima konekciju sa mrežom i kada se kreće
- mobilnost korisnika – mogućnost da korisnik ima kontinualan pristup mreži sa istim korisničkim identitetom i kada se korisnik kreće. Takođe, podrazumeva se mogućnost pristupa mrežnim servisima sa različitih terminala, a sa istim korisničkim identitetom.
- mobilnost servisa – mogućnost da korisnik pristupi istim mrežnim servisima bez obzira gde se nalazi



# Upravljanje mobilnošću

Mobilnost može biti:

- diskretna – mogućnost da se terminal konektuje na mrežu kada se premesti na novu lokaciju i onda nastavi da koristi servise
- kontinualna – mogućnost da terminal bude kontinualno konektovan na mrežu dok je u pokretu (bez prekida u pristupu mreži koje bi korisnik primetio)

Korisnik ili terminal se može „pomeriti“ iako nije promenio fizički položaj – promena pristupne radio mreže (npr. pređe sa WLAN-a na ćelijski sistem)



# Upravljanje mobilnošću

Funkcionalne komponente sistema za upravljanje mobilnošću:

- određivanje lokacije (trenutne pristupne tačke) korisnika
- prosleđivanje paketa korisniku – mrežni čvor, mobilni terminal i korisnička aplikacija koriste informaciju o lokaciji korisnika da mu prosleđuju pakete podataka
- *handover i roaming* (*handover* je promena pristupne tačke a *roaming* je mogućnost korišćenja mreža različitih operatera)
- kontrola pristupa mreži – autentifikacijom, autorizacijom i *accounting*-om (prikupljanje informacija o resursima koje korisnik zauzima) utvrđuje se da li je korisniku dozvoljen pristup mreži ili nekim njenim servisima



# Identifikacija / adresiranje

Mrežne entitete kao što su korisnik, korisnički terminal, mrežni čvor ili servis, identifikuju njihova imena

Adresa je poseban identifikator koji koristi mreža da odredi kuda treba da rutira saobraćaj.

- IP adresa IP terminala određuje tačku pristupa IP mreži
- kada se IP terminal pomeri na novu pristupnu tačku mora da promeni IP adresu da bi nastavio da prima pakete
- *Mobile IP* protokoli obezbeđuju da mobilni korisnik zadrži svoju IP adresu i nastavi da prima pakete preko stalne IP adrese bez obzira gde se nalazi



# Identifikacija / adresiranje

Pomoću korisničkih imena mreža autentifikuje korisnike i identifikuje mrežne servise koje oni koriste kako bi se vršila naplata korišćenja tih servisa.

U sistemima mobilne telefonije koristi se SIM (*subscriber identity module*) koji sadrži IMSI (*international mobile subscriber identity*) koji se može prenositi sa jednog na drugi mobilni terminal pri čemu je, sa stanovišta mreže, to uvek jedan te isti korisnik

U savremenim aplikacijama korisnici su, najčešće, identifikovani svojom *e-mail* adresom



# Određivanje lokacije korisnika

Lokacija korisnika se uglavnom ne odnosi na geografski položaj korisnika nego na tačku njegovog pristupa mreži

Određivanje lokacije korisnika (*Location Management*) je proces koji mreži omogućava da održi ažurnim informacije o lokaciji korisnika.

Osnovne mogućnosti ovog procesa su:

- ažuriranje informacije o lokaciji korisnika (*location update*) – proces u kojem mobilni terminal obaveštava mrežu o svojoj trenutnoj lokaciji
- otkrivanje lokacije korisnika (*paging*) – proces kojim mreža utvrđuje trenutnu lokaciju korisnika



# *Location update*

*Location update* se zasniva na dva principa:

- korisnik ažurira informaciju o svojoj lokaciji svaki put kada promeni pristupnu tačku – suviše česte promene opterećuju mrežu
- grupisanje pristupnih tačaka u lokacijske oblasti LA (*location area*) – dok god se nalazi u istoj LA korisnik ne mora da ažurira informacije o svojoj lokaciji. Mreža pokušava da odredi tačnu lokaciju korisnika samo kada ima podatke koje treba da mu isporuči

Ažuriranje lokacija se bazira na tri strategije:

- ažuriranje na vremenskoj bazi
- ažuriranje na bazi kretanja korisnika (okidač je broj lokacijskih oblasti)
- ažuriranje na bazi rastojanja (okidač je rastojanje: fizičko, broj radio ćelija ili oblasti)



# *Location discovery - paging*

Utvrdjivanje lokacije korisničkog terminala (*paging*) je proces neophodan mreži da utvrdi tačnu lokaciju korisnika onda kada podaci koje ima nisu ažurni

Proces se sastoji od slanja jedne ili više *paging* poruka u *paging* oblast gde se pretpostavlja da bi korisnik mogao biti. Porukama se korisnik obaveštava da postoje podaci koje mreža treba da mu isporuči.

*Paging* oblast ne mora biti identična lokacijskoj oblasti.

Nakon prijema *paging* poruke mobilni terminal mora da:

- ažurira podatke o svojoj lokaciji
- uspostavi mrežnu konekciju
- sve to uradi u relativno kratkom vremenskom roku



# *Location discovery - paging*

Strategije *paging*-a:

- *blanket paging* – *paging* poruka se simultano šalje u sve radio ćelije unutar *paging* oblasti
- *sequential paging* – poruka se šalje u svaku od *paging* podoblasti pojedinačno, počev od one oblasti za koju se veruje da je korisnik najverovatnije u njoj
- *geographic paging* – mreža koristi geografski položaj korisnika
- *group paging* – mreža šalje *paging* poruku grupi korisnika za koju veruje da je traženi korisnik u njoj
- *individualized paging* – mreža održava individualnu *paging* oblast za svakog korisnika

Potrebno je pronaći kompromis između ažuriranja i određivanja lokacije korisnika



# Prenos paketa ka mobilnim korisnicima

Prenos paketa ka mobilnim korisnicima je proces u kojem pošiljalac paketa i mreža koriste lokacijske informacije za prosleđivanje paketa ka mobilnim korisnicima

Načini za dostavu su:

- direktna dostava – pošiljalac dolazi do trenutne lokacije odredišnog korisnika i onda adresira i šalje podatke direktno na tu lokaciju. Pošiljalac može sam znati lokaciju ili je može dobiti od lokacijskih servera.
- indirektna dostava – paket se prvo šalje u *mobility anchor point*, koja onda prosleđuje pakete ka odredištu. Pošiljalac ne mora da zna za lokaciju odredišnog korisnika.
- integracija prethodna dva načina dostave



# Handover

*Handover* je proces u kojem mobilni korisnik menja pristupnu tačku u okviru istog administrativnog domena.

U zavisnosti od toga kako mreža isporučuje pakete korisniku u toku *handover-a*, *handover* može biti:

- *hard* – mobilni korisnik može da prima podatke samo sa jedne bazne stanice u jednom trenutku (*make-before-break* ili *break-before-make*)
- *soft* – korisnik može da prima kopije podataka sa više različitih baznih stanica simultano. Korišćenjem tehnika obrade signala određuje se najbolja kopija. Ovo je znatno zahtevniji metod, i za korisnički uređaj i za bazne stanice jer moraju da se „bore“ sa kopijama istih podataka, i to veoma sinhronizovano



# Roaming

Svaki korisnik ima sledeće domene:

- *home* (matični) domen – korisnik ima korisnički nalog za pristup mreži (pretplaćen je), tu su definisani servisni profili (šta može da koristi), načini naplate, bezbednosne procedure pri autentifikaciji...
- *visited (roaming)* domen – je domen u kojem korisnik nema korisnički nalog

*Roaming* je proces prelaska korisnika u *visited* domen

Mreža mora imati dodatne mogućnosti da bi podržala roaming

- kontrola pristupa za *visited* korisnike
- sporazum *roaming*-a između *home* i *visited* domena
- kontinualnost sesija u toku prelaska iz jednog domena u drugi



# Roaming

Za donošenje odluke o pristupu njegovoj mreži, *visited* domen mora od *home* domena korisnika dobiti:

- informacije o identitetu korisnika
- proceduru naplate korišćenog servisa

Ugovorom o *roaming*-u između različitih mreža specificira se način autentifikacije, autorizacije i naplate korišćenja usluga *visited* korisniku

Prilikom prikupljanja podataka *Visited Network Provider* kontaktira direktno *Home Network Provider* ili traži informacije od posrednika odnosno *Roaming Broker-a*



# *Mobile IPv4*



# Uvod

Čvor koji komunicira sa mobilnim terminalom mora da koristi novu IP adresu mobilnog terminala, kada ovaj promeni mrežu, da bi mu slao podatke. Teško je osigurati stalno praćenje promene IP adrese od strane čvorova.

Promena IP adrese uticaće na to da se tekuća TCP sesija (*Transmission Control Protocol*) prekine

Upravljanje mobilnošću mora da obezbedi da se:

- TCP sesija ne prekida iako je korisnik u pokretu
- prekinuta sesija dovoljno brzo uspostavi kako bi to bilo neprimetno sa stanovišta korisnika, tj. aplikacija



# *Mobile IP* protokol

Svaki mobilni korisnik ima svoju *home* mrežu

Paketi adresirani na *home* adresu mobilnog terminala rutiraju se uobičajenim protokolima rutiranja ka njegovoj *home* mreži

**Ako se korisnik trenutno nalazi u svojoj *home* mreži onda će mu se paketi isporučiti bez korišćenja *Mobile IP* protokola**

*Mobile IP* protokol omogućava korisniku da zadrži svoju jedinstvenu home IP adresu bez obzira gde se nalazi i da na nju prima pakete



# Mobile IP protokol

Ako se korisnik nalazi u nekoj drugoj mreži, ruter u njegovoj *home* mreži ponašaće se kao HA (*Home Agent*) za svog korisnika

HA će:

- prihvatiti pakete namenjene korisniku
- održavati ažurnom informaciju o njegovoj trenutnoj lokaciji
- tunelovaće pakete na trenutnu lokaciju mobilnog korisnika



# Mobile IP protokol

Svaka spoljašnja mreža može imati FA (*Foreign Agent*) odnosno ruter koji opslužuje *visiting* mobilne terminale

Uloge FA su:

- Obezbeđuje *Care-of Address* (CoA) adrese i druge konfiguracione informacije za *visiting* korisnike. Lokacija mobilnog korisnika u stranoj mreži identifikuje se privremenom adresom CoA. Svaki put kada dobije novu CoA, korisnik će o toj adresi obavestiti svog HA (tzv. *home registration* proces)
- detuneluje pakete koji stižu od HA *visiting* mobilnom korisniku i prosleđuje pakete korisniku
- služi kao *default* IP ruter za pakete koje *visiting* korisnik šalje
- pomaže mobilnim korisnicima da utvrde da li su se pomerili u drugu mrežu



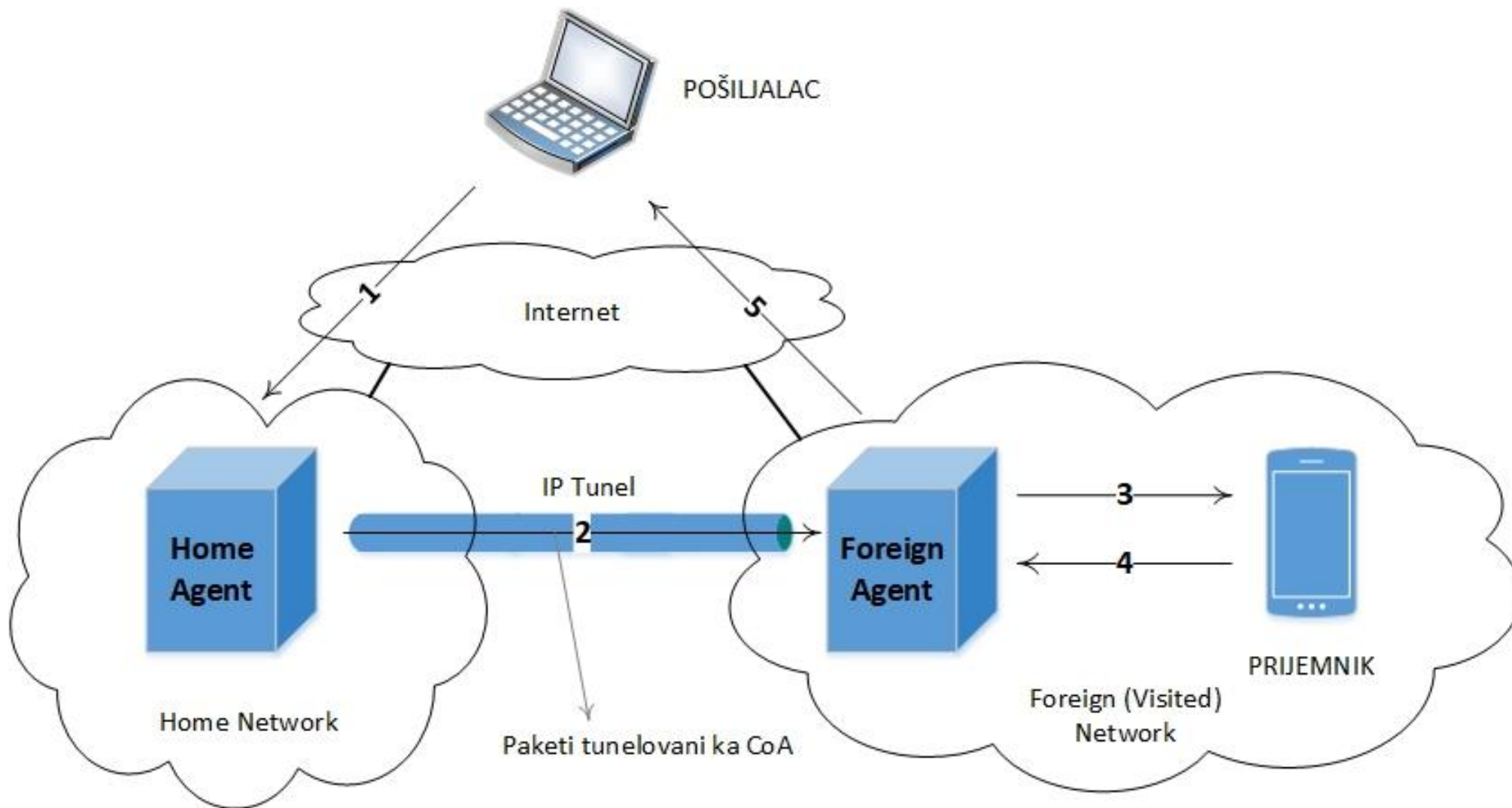
# Mobile IPv4 – tipovi CoA adresa

Postoje dva tipa CoA adresa:

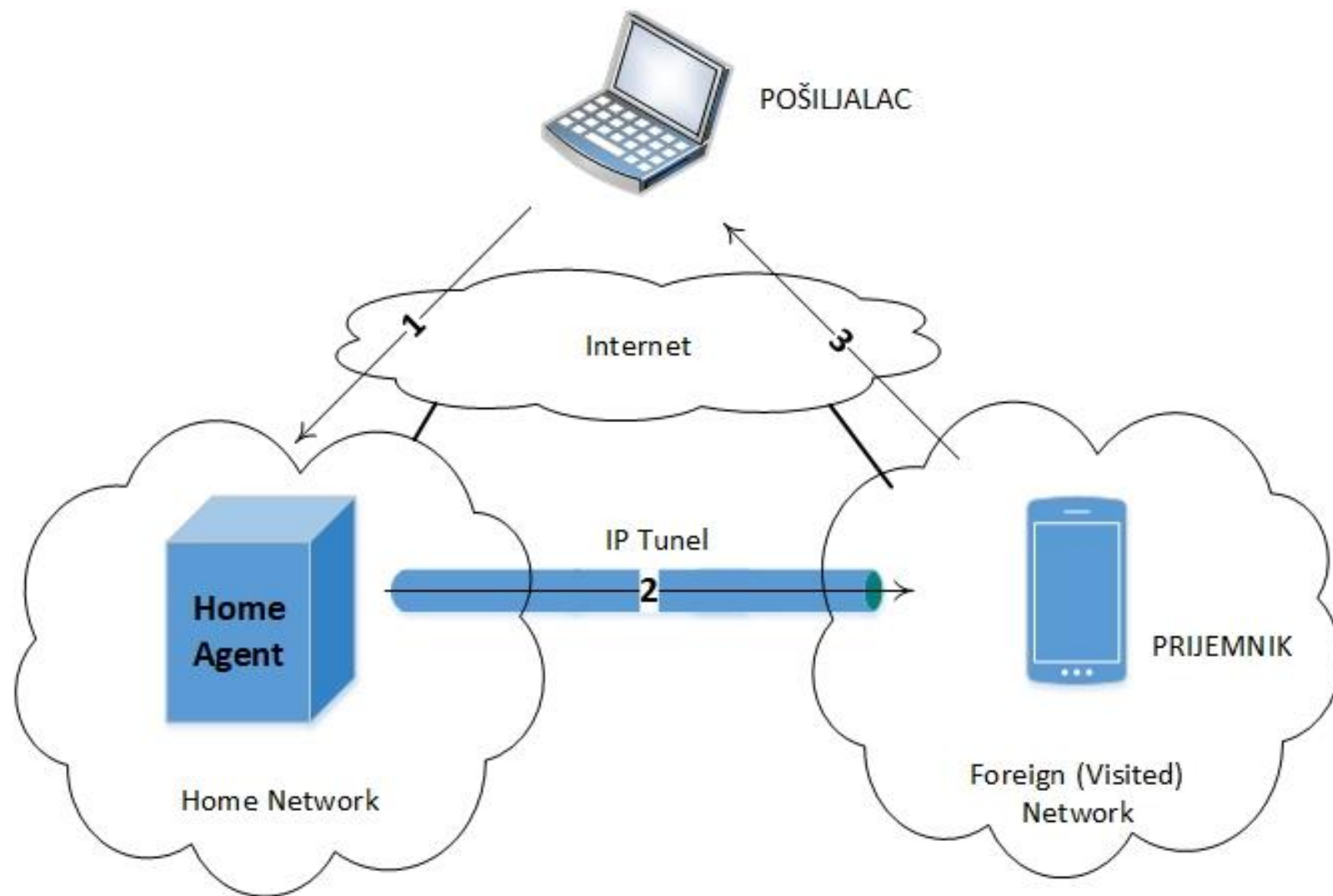
1. FA CoA – svaki FA je dužan da obezbedi FA CoA adresu *visiting* mobilnom terminalu.
  - HA mobilnog korisnika tuneluje pakete namenjene *home* adresi mobilnog terminala na trenutnu FA adresu mobilnog terminala
  - FA zatim detuneluje pakete i prosleđuje ih korisniku
  - prosleđivanje paketa od FA do mobilnog korisnika ne mora koristiti standardne procedure rutiranja, već to mogu biti neke druge tehnike slanja
2. *Co-located CoA* – CoA koju korisnik dobije bilo kojom metodom koja je drugačija od *Mobile IP* (primer: mobilni terminal koristi DHCP server da dinamički dobije privremenu adresu)
  - HA paketi namenjeni korisnikovoj *home* adresi prosleđuju se direktno korisniku, bez potrebe da se koristi FA



# FA CoA



# Co-located CoA



# Faze funkcionisanja MIPv4

Faze funkcionisanja u *Mobile* IPv4 su:

- otkrivanje agenta
- detektovanje kretanja
- napuštanje home mreže
- ulazanje i ostajanje u *visited* mreži
- povratak u *home* mrežu



# Otkrivanje agenta

Svaki mobilni terminal konfigurisan je sa IP adresom svog HA (ta se adresa obično ne menja)

Ako dođe do promene IP adrese HA, mora postojati procedura da je mobilni korisnik sazna i kada je izvan svoje *home* mreže

Mobilni korisnici moraju uvek biti u stanju da dinamički dolaze do IP adrese FA u čijoj se mreži nalaze, jer ne postoji način da im ona bude unapred poznata ili prekonfigurisana

*MIPv4 Agent Discovery* – proces u kojem mobilni terminal otkriva adrese agenata za podršku mobilnosti i razmenjuje sa njima podatke. Otkrivanje agenata postiže se na bazi poruka koje oni šalju kao *Agent Advertisement* poruke (periodično se šalju svim mobilnim terminalima)

Korisnik može poslati *Agent Solicitation* poruku na agentsku *multicast* adresu 224.0.0.11 na koju je svaki agent dužan da odgovori



# Otkrivanje agenta

MIPv4 *Agent* poruke imaju format koje je identičan sa *Internet Control Message Protocol* (ICMP) *Router Discovery* porukama, sa proširenjem za prenos informacija karakterističnih za MIPv4.

- ICMP *Router Advertisement* poruka je poruka koju ruter šalje mobilnim terminalima da bi ih obavestio o svojoj IP adresi
- ICMP *Router Solicitation* poruka je poruka koju mobilni terminal šalje ruteru kao zahtev da mu ruter pošalje ICMP *Router Advertisement* poruku



# Detektovanje kretanja

*Movement detection* – proces u kojem mobilni terminal detektuje da je ušao u novu IP mrežu i „svestan“ je da treba da promeni svoju CoA adresu

Za detekciju kretanja koriste se informacije iz *Agent Advertisement* (AA) poruke. Dva načina:

1. *lifetime* polje označava vreme u kojem je AA poruka validna
  - pre isteka *lifetime*-a mobilni terminal dobio AA poruke od drugih agenata – iskoristiće bilo koju od njih da dođe do novog agenta
  - pre isteka *lifetime*-a nije dobio AA poruku – počće sam da traži agente
2. mrežni prefiks – svaka mreža ima drugi mrežni prefiks koji je identifikuje
3. promene u pristupnoj mreži – ako korisnik primeti promene u pristupnj radio tehnologiji (npr. novi kanal) shvatiće da je promenio pristupnu tačku



# Napuštanje *home* mreže

Pre nego što mobilni terminal napusti *home* mrežu mora osigurati da HA prihvati pakete namenjene njegovoj *home* adresi – *Address Resolution Protocol* (ARP). ARP se koristi u većini *broadcast* mreža (Ethernet, 802.11...)

ARP otkriva veze između hardverske i IP adrese odredišta

Hardverska adresa (MAC) – identifikuje čvor (host) na link sloju i koriste je protokoli ovog sloja za prosleđivanje paketa

Kada čvor želi da pošalje IP pakete ka odredišnom čvoru i ne zna njegovu MAC adresu on šalje (*broadcast*) ARP REQUEST poruku preko lokalne IP mreže kojom zahteva da dobije MAC adresu odredišnjog čvora



# Napuštanje *home* mreže

ARP REQUEST poruka ima sledeća važna polja:

- *Sender Protocol Address*: IP adres pošiljaoca
- *Target Protocol Address*: odredišna IP adresa za koju pošiljalac želi da utvrdi MAC adresu
- *Sender Hardware Address*: MAC adresa pošiljaoca

Čvor odredišne IP adrese poslaće ARP REPLY koja će sadržati njegovu IP adresu i MAC adresu

Svaki čvor održava svoju bazu mapiranja MAC adresa na IP adrese, i obratno



# Napuštanje *home* mreže – problem

Mobilni terminal napustio home mrežu, drugi čvorovi u toj mreži nastavljaju da šalju pakete na njegovu MAC adresu. Rezultat: odbačeni paketi

Rešenje: MIPv4 koristi *Gratuitous* ARP, to je ARP paket koji čvor šalje da bi naterao druge čvorove da ažuriraju ARP keš

Pre nego što napusti *home* mrežu, mobilni korisnik *broadcast*-uje *Gratuitous* ARP na lokalni *subnet*

Svaki čvor koji dobije ovu poruku će mapirati *home* adresu mobilnog korisnika sa MAC adresom njegovog HA. Paketi namenjeni *home* adresi nekog korisnika završe na njegovom HA.



# Ulazak i boravak u *visited* mreži

Mobilni terminal privremenu CoA, dobijenu od *visited* mreže, mora da registruje kod svog HA

Registracija je neophodna da bi HA tunelovao pakete namenjene korisnikovoj *home* adresi ka novoj CoA tog korisnika

Procedura registracije korisnika u MIPv4:

- korisnik šalje *Registration Request* svom HA da registruje svoju CoA
- HA, po prijemu zahteva, autentifikuje korisnika
- Nakon toga nova CoA adresa se zapamti kao funkcionalna za tog korisnika
- HA šalje *Registration Reply* poruku mobilnom korisniku kao potvrdu uspešne registracije

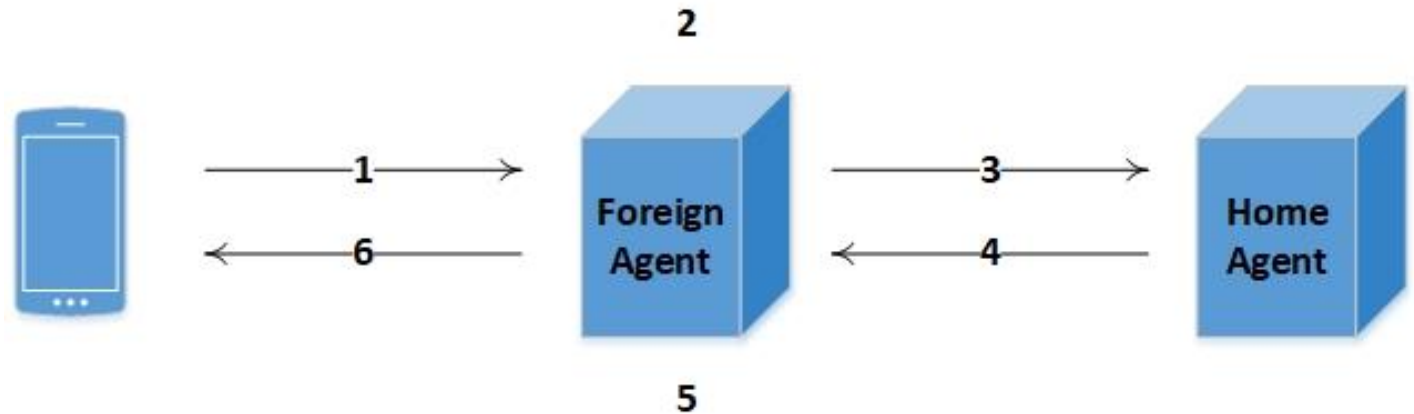


# Ulazak i boravak u *visited* mreži – registracija preko FA

Kada mobilni terminal registruje FA CoA kod svog HA onda FA mora učestvovati u tom procesu

*Visited* mreža može kroz proces registracije nametnuti svoje polise za pristup mreži i kontrolu korisnika. Ako FA zaključi da mobilni terminal ne treba da dobije pristup mreži on će prekinuti proces registracije slanjem odgovarajuće poruke mobilnom terminalu bez da o tome obavesti njegovog HA

1. *Registration Request*
2. *Obrada u FA*
3. *Registration Request*
4. *Registration Reply*
5. *Obrada u FA*
6. *Registration Reply*

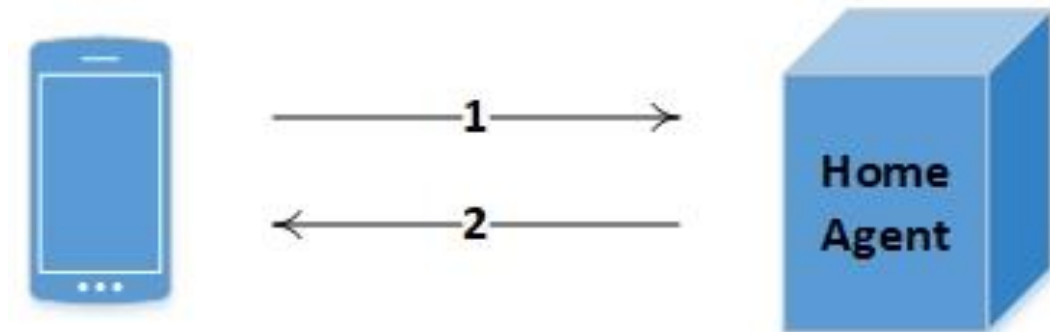


# Ulazak i boravak u *visited* mreži – direktna registracija

Kada mobilni terminal registruje *co-located* CoA kod svog HA onda registracija može teći direktno

FA može primorati mobilnog korisnika da se registruje preko njega (čak i kada ima *co-located* CoA) tako što u *Agent Advertisement* postavi određenu oznaku

1. *Registration Request*
2. *Registration Reply*



# Ulazak i boravak u *visited* mreži – bezbednost

MIPv4 zahteva da se vrši unakrsna autentifikacija:

- zahtev za registraciju od strane HA
- odgovor na zahtev, od strane mobilnog korisnika

Na taj način se uvode mehanizmi bezbednosti protiv korisnika koji bi želeli da preuzmu ulogu nekog od mobilnih korisnika ili *mobility* agenata

Mobilni terminal može koristiti *Registration Request* poruke za:

- Utvrđivanje adrese HA
- Utvrđivanje svoje *home* adrese, ako mu ona nije konfigurisana
- Obnovu registracije ako je ona istekla
- Deregistraciju kada se korisnik vrati u svoju *home* mrežu



# Povratak u *home* mrežu

Korisnik koji se vratio u *home* mrežu preduzima sledeće korake:

- mapira hardverske i IP adrese na čvorovima tako da oni počnu direktno da komuniciraju sa njim, umesto sa njegovim HA
- obaveštava svog HA da se vratio sa ciljem da HA prestane da primenjuje mere koje su bile aktuelne kada je korisnik bio van *home* mreže

Procedura:

- mobilni korisnik šalje *broadcast Gratuitous ARP* pakete kako bi drugi hostovi, uključujući i HA počeli da mu šalju pakete direktno
- mobilni korisnik šalje MIPv4 *Deregistration Request* svom HA da bi ga obavestio da se vratio u *home* mrežu
- kada HA primi i prihvati *Deregistration Request* on šalje *broadcast Gratuitous ARP* pakete da bi osigurao da svi oni koji to nisu uspeali, ažuriraju svoj ARP keš



# Reverzno tunelovanje

Mobilni terminal koristi *home* IP adresu za slanje IP paketa u *visited* mreži – IP adresa tog IP paketa ne pripada mreži u kojoj se korisnik nalazi.

Problem: *visited* mreža primenjuje tehnike rutiranja koje odbacuju pakete koji ne potiču sa istog *subnet*-a na kojoj se ruter nalazi

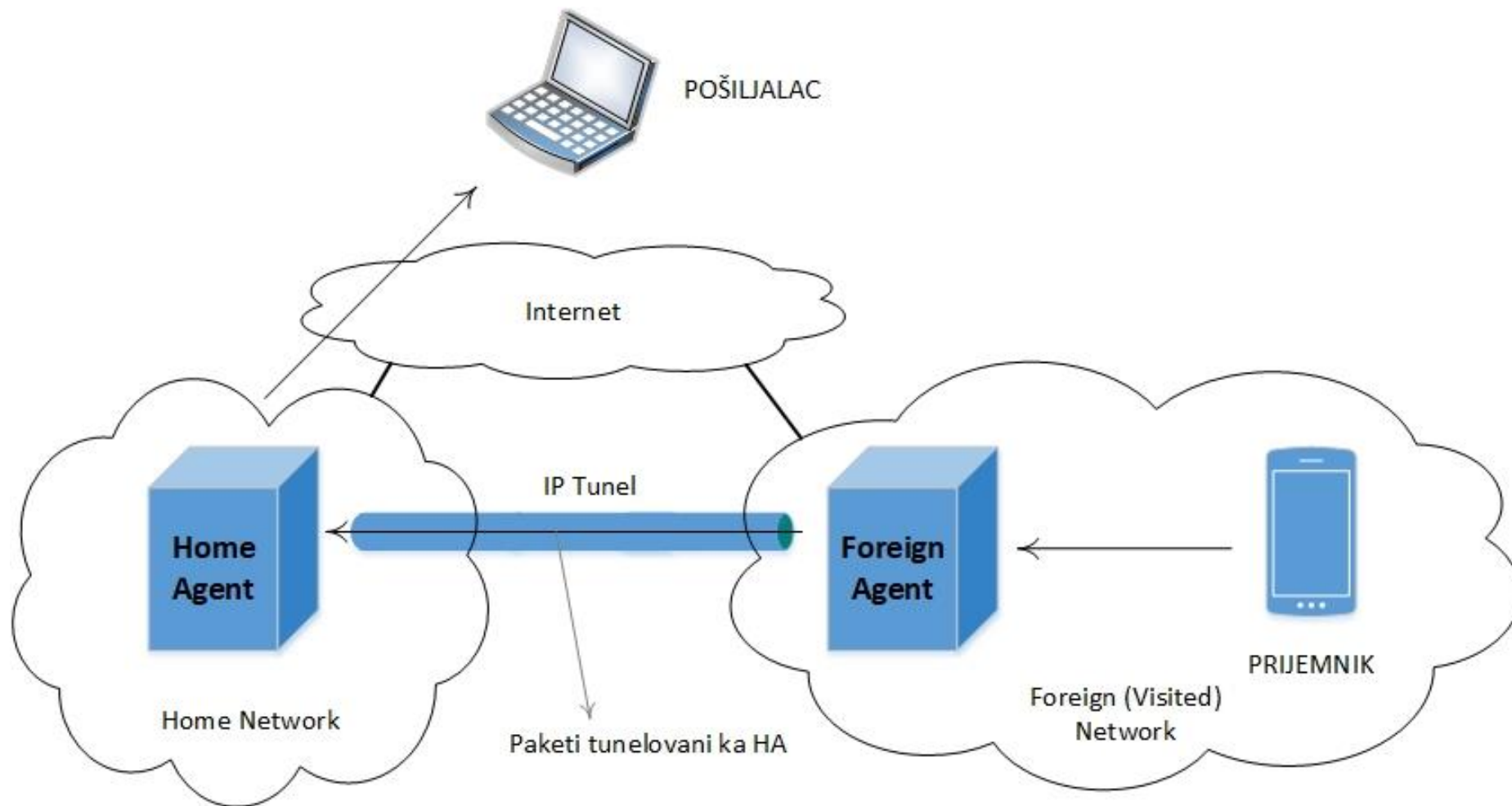
Rešenje: reverzno tunelovanje – paketi sa CoA adrese mobilnog korisnika prosleđuju se ka HA mobilnog korisnika, koji vrši dekapulaciju i prosleđivanje paketa ka odredištu

Tunel se uspostavlja od FA ka HA mobilnog korisnika

FA obaveštava korisnike da podržava reverzno tunelovanje setovanjem odgovarajuće oznake u *Agent Advertisement* porukama



# Reverzno tunelovanje



# Reverzno tunelovanje

Nakon što se završi MIPv4 registracija preko FA, *visiting* mobilni korisnik može da koristi jedan od dva načina za prosleđivanje paketa ka FA

- direktno prosleđivanje: mobilni korisnik imenuje svog FA za svoj *default*-ni ruter i nastavlja da šalje podatke direktno ka FA, bez enkapsulacije. FA prihvata ove pakete i tuneluje ih preko reverznog tunela nazad ka HA mobilnog korisnika
- prosleđivanje sa enkapsulacijom: korisnik enkapsulira sve pakete koje šalje ka FA. FA vrši deenkapsulaciju i slanje preko reverznog tunela ka HA mobilnog korisnika

Mobilni terminal specificira način prosleđivanja koji će se koristiti u *Registration Request* poruci koju šalje ka FA



# Ograničenja MIPv4 protokola

Neki od problema sa *Mobile IPv4* protokolom su:

- rutiranje u trouglu – HA može postati zagušen po pitanju performansi i opterećenja prilikom intenzivnijeg saobraćaja
- moguća su velika *handover* kašnjenja – promena CoA zahteva registraciju
- loše mogućnosti za deregistraciju – deregistracija u FA se dešava kada tajmeri isteknu, problem je što mreža drži bespotrebno alocirane resurse za tog korisnika što smanjuje njen kapacitet i performanse za postojeće korisnike
- MIPv4 ne podržava „spavače“ – mreža ne može uvek da zna za njihovu tačnu lokaciju



# Rešenje problema u MIPv4

Zagušenje HA se rešava postupkom Optimizacija rutiranja – ovom tehnikom se paketi šalju direktno na CoA mobilnog korisnika bez slanja na njegov HA. U početku izvorišni čvor šalje podatke preko HA ali vremenom „nauči“ da podatke šalje direktno na CoA mobilnog korisnika

Svaki korisnik koji koristi MIPv4 mora se registrovati kod svog HA svaki put kada promeni CoA, i to je uzrok kašnjenja pri *handover*-u. Rešenje je korišćenje postupka Regionalne registracije: svaka *visited* mreža ima barem jedan hijerarhijski najviši GFA (*Gateway Foreign Agent*), koji ima javnu IP adresu. Mobilni terminal koristi dve CoA adrese:

- GFA – kod svog HA registruje IP adresu GFA
- Local CoA – adresu koju koristi za prijem paketa unutar *visited* domena

*Paging* ekstenzijama se vodi evidencija o korisnicima u *visited* mreži koji su aktivni ili slobodni, pa se na osnovu toga oslobađaju resursi



# Pitanja

