

# Analiza procedura prebacivanja poziva između ćelija u LTE mrežama

---

**Kornet, Josip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:989084>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-18**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Josip Kornet

ANALIZA PROCEDURA PREBACIVANJA POZIVA  
IZMEĐU ĆELIJA U LTE MREŽAMA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

**DIPLOMSKI RAD**

ANALIZA PROCEDURA PREBACIVANJA POZIVA  
IZMEĐU ĆELIJA U LTE MREŽAMA

ANALYSIS PROCEDURE OF HANDOVERS IN LTE  
NETWORKS

Mentor: izv. prof. dr. sc. Štefica Mrvelj

Student: Josip Kornet, 0135214501

Zagreb, Rujan 2017.

## **SAŽETAK**

S dolaskom mreža idućih generacija, prednosti definitivno nadmašuju nedostatke. S novim mrežama dolaze i veće brzine prijenosa te je potrebno zadovoljavanje svih zahtjeva vezanih uz mobilnost. Jedna od funkcija mobilnosti je prebacivanje poziva između ćelija. Kada korisnik prelazi između ćelija, bitno je da pružatelj usluga može omogućiti besprijevano prebacivanje sesija u tijeku (govor, podatkovni promet) u novu ćeliju. Kod LTE-a (engl. Long Term Evolution) dolazi i do prebacivanja prema drugim tehnologijama što stvara dodatne zahtjeve za kvalitetu usluge.

U ovom radu analizirane su i opisane glavne procedure prebacivanja poziva u LTE-u. Grafički su prikazane odgovarajućim UML (engl. Unified Modelling Language) dijagramima te objašnjene pomoću odredbi koje su uvele 3GPP izdanja.

**KLJUČNE RIJEČI:** LTE, upravljanje mobilnošću, ažuriranje lokacije, prebacivanje poziva

## **SUMMARY**

With the arrival of next generation networks, the pros definitely outweigh the cons. New and improved networks also come with faster speeds and their mobility specific demands need to be met. Handovers are a function of mobility management. When a user is switching cells, it's important that the network operator can provide seamless handover of all active sessions (voice, data transfer) into the new cell. With LTE, handover to other technology networks have to be included, which creates extra demands for quality of service.

This final paper analyses and describes the main procedures concerning handovers in LTE. They are displayed via appropriate UML diagrams and explained in context to the 3GPP editions.

**KEYWORDS:** LTE, mobility management, location update, handover

## SADRŽAJ:

1. Uvod.....	1
2. Arhitektura LTE-a .....	3
2.1. EPC elementi.....	3
2.2. E-UTRAN elementi.....	5
2.3. Protokolni složaj.....	7
2.3.1. Korisnička ravnina .....	7
2.3.2. Upravljačka ravnina .....	9
3. Pojam upravljanja mobilnošću .....	10
3.1. Zahtjevi za upravljanje mobilnošću u LTE mrežama .....	10
3.2. Koncept mobilnosti unutar LTE mreža .....	12
4. Opis procedura i protokola za upravljanje mobilnošću kod LTE mreže.....	14
4.1. EMM/ ECM/ RRC stanja .....	15
4.2. EMM stanja i prijelazi.....	16
4.2.1. <i>EMM-Deregistered</i> stanje .....	17
4.2.2. <i>EMM-Registered</i> stanje .....	17
5. Prebacivanje poziva između ćelija kao funkcija upravljanja mobilnošću.....	19
5.1. Prebacivanje poziva kao funkcija mobilnosti.....	19
5.2. Prebacivanje poziva u LTE mrežama.....	21
6. Analiza i prikaz procedura LTE prebacivanja poziva između ćelija.....	23
6.1. Prebacivanje poziva putem X2 sučelja u Intra-LTE okruženju .....	23
6.2. Prebacivanje poziva putem S1 sučelja u Intra-LTE okruženju .....	27
6.2. Prebacivanje poziva u Inter-LTE okruženju putem S1 sučelja .....	28
6.3. E-UTRAN prema UTRAN Inter-RAT prebacivanje .....	32
7. Zaključak.....	37
Popis slika .....	42
Popis tablica .....	43
Popis dijagrama .....	44

# 1. Uvod

Od uvođenja HSDPA (engl. High Speed Downlink Packet Access) u mobilnim mrežama treće generacije, podatkovni promet neprekidno raste. Količina podatkovnog prometa je brzo premašila glasovni promet. S obzirom da su UMTS (engl. Universal Mobile Telecommunications System) mreže dizajnirane za optimizaciju glasovnih usluga, postalo je očito da će se ubrzo pojaviti potreba za idućom generacijom mobilnih sustava. Potrebi je udovoljeno istraživanjem o potencijalnim kandidatima za iduću generaciju mreža 2004. godine. Glavni zahtjev je bio da će sustav biti u mogućnosti zadovoljiti zahtjevima povećanja podatkovnog prometa u dužem periodu. Ta tehnologija je nazvana LTE.

LTE se smatra četvrtom generacijom tehnologija i kao takvom, evolucijom od treće generacije mobilnih mrežnih tehnologija. Glavna razlika sa 3G sustavima je optimizacija podatkovnog prometa, primjena učinkovite „*all-IP*“ arhitekture i evoluiranog zračnog sučelja. LTE je standardiziran od strane 3GPP (engl. Third Generation Partnership Project), koji je uspostavljen suradnjom većeg broja telekomunikacijskih standardizacijskih tijela.

Općenito, mobilnost omogućava korisnicima da se bez poteškoća spajaju na usluge pružatelja usluga, te da imaju neprekidnu spojenost tijekom kretanja. Bitno je da se od početnog uvođenja LTE-a uvede sustav upravljanja mobilnošću i prebacivanja poziva koji će nastaviti služiti korisnike. Zbog toga mora postojati i bespriječna mobilnost i sa drugim pristupnim tehnologijama.

Svrha ovog rada je prikazati načine kojima se upravlja mobilnošću korisničke opreme te opisati različite vrste prebacivanja poziva kojima se upravlja mobilnošću u LTE mrežama.

Cilj istraživanja je analizirati i opisati tipove handovera korištenjem UML dijagrama kako bi se jasnije prikazali različite mogućnosti prebacivanja između ćelija u LTE mrežama.

Diplomski rad podijeljen je u 7 poglavlja, uključujući uvod i zaključak, kako slijedi:

1. Uvod
2. Arhitektura LTE-a
3. Pojam upravljanja mobilnošću korisnika
4. Prebacivanje poziva između ćelija kao funkcija upravljanja mobilnošću
5. Opis procedura i protokola za upravljanje mobilnošću kod LTE mreže
6. Analiza i prikaz procedura LTE prebacivanja poziva između ćelija

## 7. Zaključak

U drugom poglavlju rada opisani su osnovni elementi arhitekture LTE mreže. S obzirom da se LTE mreža dijeli na dva dijela, zasebno su objašnjeni i prikazani elementi, sučelja te protokolni složaji koji čine mrežu.

U trećem poglavlju rada prikazane su osnove i zahtjevi upravljanja mobilnošću koje mreža mora zadovoljiti. S obzirom da je LTE „*all-IP*“ mreža, navode se i specifični zahtjevi koji se moraju zadovoljiti u planiranju takve mreže. Načini praćenja korisnika i ažuriranja lokacije su važni koncepti kod upravljanja mobilnošću, te s obzirom da se u LTE-u uvode novi koncepti, također su prikazani i objašnjeni.

S obzirom na uvođenje novih protokola za mobilnost u LTE mrežama, u četvrtom poglavlju se daje pregled tih protokola te se objašnjavaju načini na koji oni utječu na mobilnost u mreži te samo prebacivanje poziva.

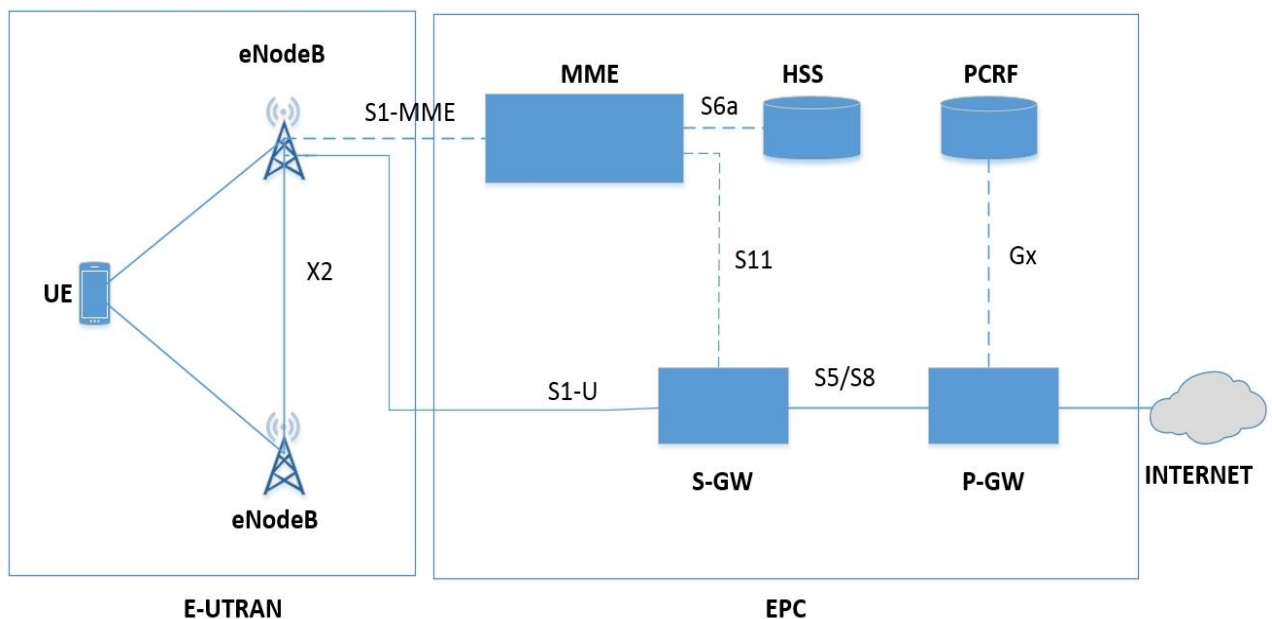
U petom poglavlju se navode osnove prebacivanja poziva kao funkcije upravljanja mobilnošću te se sagledavaju zahtjevi prebacivanja koje operater mora zadovoljiti prilikom planiranja mreže. Također se daje osnovni pregled prebacivanja poziva u LTE mrežama.

U šestom poglavlju UML dijagramima međudjelovanja prikazane su osnovne vrste prebacivanja poziva specificirane u 3GPP izdanjima. Objašnjava se i u kojim slučajevima dolazi do istog tipa prebacivanja ali preko drugih sučelja.

## 2. Arhitektura LTE-a

Kada se govori o LTE arhitekturi, potrebno je uzeti u obzir sve dijelove te mreže koji su razvijeni kako bi ona mogla funkcionirati.

U osnovici, to je evoluirani paketni sustav EPS (engl. Evolved Packet System) sustav koji obuhvaća EPC i E-UTRAN (engl. Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network) kao što se vidi na slici 1 [1].



Slika 1: LTE arhitektura

Izvor: [1]

### 2.1. EPC elementi

Za EPC je odlučeno da će imati jednoličnu arhitekturu. Ideja je da se efikasno rukuje podatkovnim prometom iz perspektive performansi i troškova. Također je odlučeno da će se razdvojiti korisnički podaci (korisnička ravnina) i signalizacija (kontrolna ravnina) kako bi skaliranje bilo neovisno. Zahvaljujući tom funkcionalnom razdvajanju, operateri mogu s lakoćom dimenzionirati i prilagođavati svoju mrežu [2].

Entitet upravljanja pokretljivošću (engl. Mobility Management Entity - MME) je temeljni čvor EPC, glavna uloga mu je da se brine o signalizacijskim porukama između UE i čvorova jezgrene mreže – evoluirani čvor B (engl. Evolved Node B - eNB). Također je nadležan za velik broj eNB čvorova pristupne mreže. Njegove osnovne funkcionalnosti su upravljanje



pristupom, autentikacija, prekapčanje poziva, dodjela mrežnih resursa, upravljanje lokacijom terminala u mirovanju te sigurnost.

Paketski mrežni prilazni čvor PGW (engl. Packet Data Network Gateway – PGW) usmjerava podatke od jezgrenog dijela mreže prema ostalim paketno orijentiranim mrežama. Predstavlja krajnju točku pokretne mreže i ostvaruje vezu s ostalim mrežama, odgovoran je za dodjelu IP-adrese korisničkim uređajima, naplatu te za pružanje usluga s određenom kvalitetom (engl. Quality of Service QoS).

Uslužni prilazni čvor S-GW (engl. Serving Gateway) usmjerava podatke prema P-GW, prati kretanje korisničkog terminala između čvorova eNodeB pristupne mreže. Sadrži ostale funkcije za upravljanje pokretljivošću, brine o uspostavi veze s korisnicima drugih mreža kao što su GPRS (engl. General Packet Radio Service) i UMTS (engl. Universal Mobile Telecommunications System).

Poslužitelj domaćih pretplatnika (engl. Home Subscriber Server HSS) predstavlja bazu podataka koja sadrži podatke o pretplatnicima, njihovim profilima, uslugama, ograničenjima i ostalim parametrima bitnim za pružanje usluga.

Čvor za upravljanje resursima i terećenjem (engl. Policy Control and Charging Rules Function, PCRF) je odgovoran za terećenje, autorizaciju, pružanje usluge s obzirom na pretplatnički profil, provođenje pravila operatora i sl. [1].

U Tablici 1. su navedena sva sučelja koja povezuju elemente EPC mreže i njihove funkcije.

*Tablica 1: Sučelja u EPC*

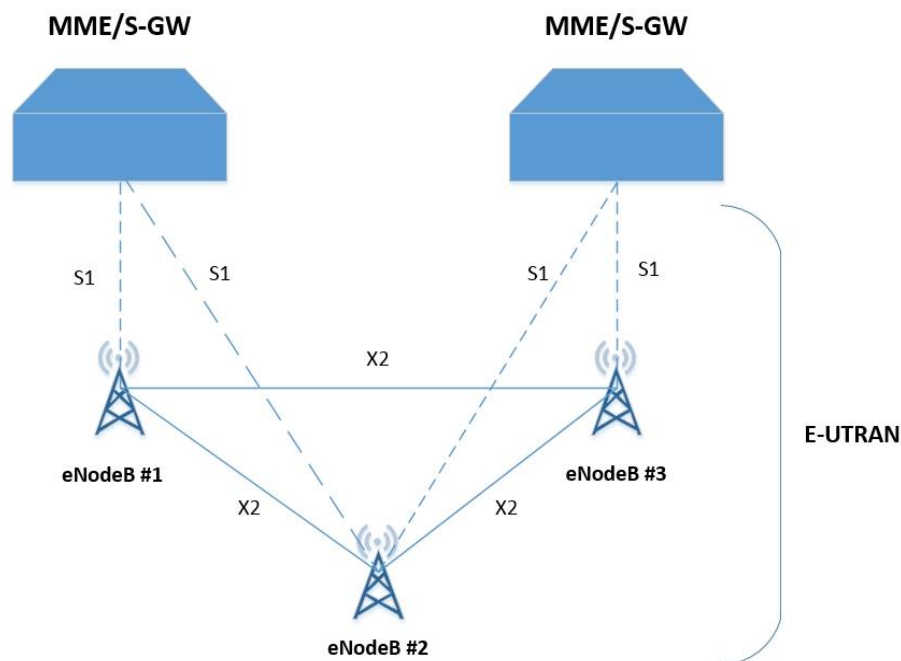
S1-u	sučelje za korisničku ravninu koje povezuje eNB i S-GW.
S6a	sučelje u upravljačkoj ravnini koje povezuje HSS i MME. Izmjenjuje informacije o pretplatnicima i o autentikaciji.
S5	povezuje S-GW i P-GW u upravljačkoj i korisničkoj ravnini. Kod komunikacije s drugom PLMN (engl. Public Land Mobile Network) se umjesto S5 koristi S8 sučelje.
S11	u upravljačkoj ravnini povezuje MME i S-GW
Gx	u upravljačkoj ravnini povezuje PCRF i P-GW. Prenosi podatke o terećenju i naplaćivanju od PCRF do P-GW.
SGi	povezuje u upravljačkoj i korisničkoj ravnini P-GW i PDN.

Izvor: [3]

## 2.2. E-UTRAN elementi

E-UTRAN obavlja sve radijske funkcije za aktivne terminale. Sastoji se od radijskih postaja eNodeB. Između EPC i E-UTRAN-a nalazi se S1 sučelje, dok su eNB povezane X2 sučeljem. Korisnički terminal povezan je izravno na E-UTRAN, no dio funkcionalnosti protokolnog složaja kontrolne ravnine zatvara se u EPC [1].

Za razliku od nekih prethodnih 2G i 3G tehnologija, LTE integrira funkciju radio kontrolera u eNB, odnosno nema centraliziranog kontrolera, te se stoga kaže da je E-UTRAN arhitektura ravna. To omogućava usku suradnju između različitih protokolnih slojeva radio pristupne mreže (eng. Radio Access Network – RAN), smanjujući latenciju odnosno kašnjenje i poboljšavajući učinkovitost [3].



Slika 2: E-UTRAN elementi

Izvor: [1]

eNB-ovi su međusobno povezani sučeljem poznatim kao „X2“ i prema EPC-u putem S1 sučelja. Jedna od važnih funkcija S1 sučelja je „S1-flex“. To je koncept gdje nekoliko čvorova jezgrene mreže (MME/S-GW) mogu opsluživati zajedničko geografsko područje. U tom slučaju su povezani mrežnom topologijom (eng. mesh) prema grupi eNB-ova u tom području. Takav je slučaj sa eNB#2 na slici 2. Taj koncept omogućava da se dijeli prometno opterećenje između nekoliko čvorova jezgrene mreže i samim time smanjuje mogućnost

prekida veze s tim čvorovima. Dok god je UE (engl. User Equipment) u zajedničkom području pokrivenosti, njegov kontekst se ne mijenja [3].

*Tablica 2: Sučelja u E-UTRAN*

X2	sučelje za kontrolnu i korisničku ravninu između dva eNBa. Koristi se kod X2 prebacivanja poziva i za samo-održive mrežne funkcije.
S1	za korisničku ravninu između E-UTRAN i S-GW. (preciznije, eNB je prema MME su povezani S1-MME sučeljem a prema S-GW S1-U sučeljem).

Izvor: [3]

eNB-ovi su međusobno povezani sučeljem poznatim kao „X2“ i prema EPC-u putem S1 sučelja.

Ostale radio funkcije za koje E-UTRAN mora odgovarati su:

- Upravljanje radio resursima (engl. Radio resource management – RRM) – pokriva sve funkcije vezane uz radio nosače, kao što su kontrola radio nosioca, kontrola radio prijma, kontrola radio mobilnosti, rezervacija i dinamička alokacija resursa prema korisničkoj opremi u uzlaznoj i silaznoj vezi.
- Komprimiranje zaglavlja – pomaže oko osiguravanja efikasnog korištenja radio sučelja komprimiranjem IP zaglavlja koja bi u suprotnom predstavljala značajni višak, posebno kod malih paketa kao što je VoIP (engl. Voice over Internet Protocol)
- Sigurnost – Svi podaci poslani preko radio sučelja su kriptirani
- Povezivost s EPC – sastoji se od signalizacije prema MME i putu nosica prema S-GW

S mrežne strane, sve ove funkcije se nalaze u eNB-ovima, od kojih svaka može biti odgovorna za upravljanje više ćelija, [1],[2].

Također, s obzirom da LTE ne podržava mekano prebacivanje poziva između ćelija nema potrebe za centraliziranom funkcijom za kombiniranje podataka u mreži.

Neke od drugih funkcija eNB koje se još spominju u 3GPP izdanju su:

- odabir MME-a kod spajanja korisničke opreme kada se rutiranje prema MME ne može odrediti informacijom od korisničke opreme

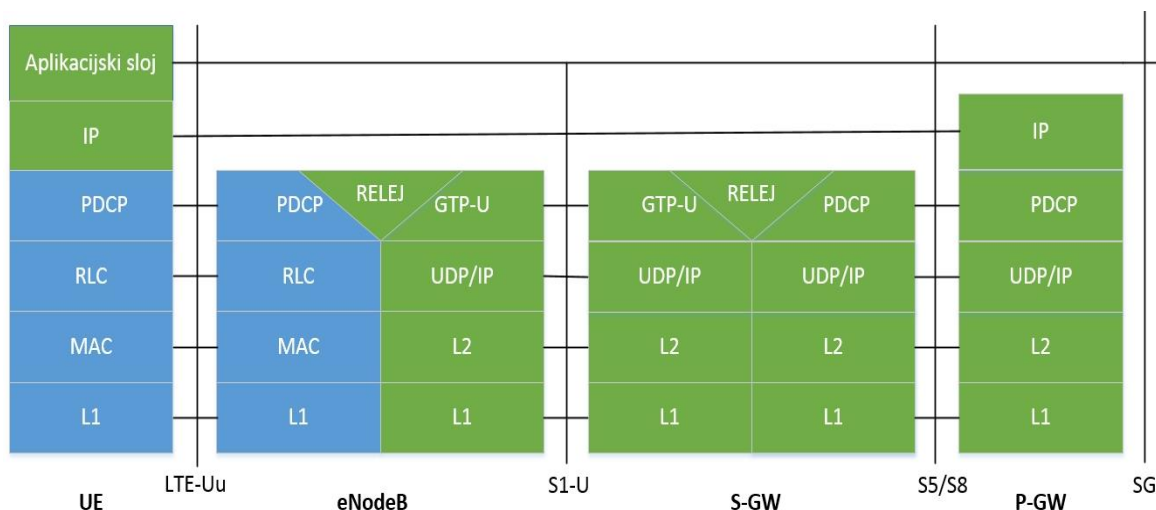
- rutiranje podataka korisničke ravnine prema S-GW
- planiranje i prijenos odašiljačkih informacija (koje dolaze od MME)
- S-GW ponovna lokacija bez mobilnosti korisničke opreme
- opcionalno registriranje sa X2 GW, [1].

## 2.3. Protokolni složaj

LTE protokolna arhitektura se može podijeliti u arhitekturu korisničke ravnine i arhitekturu upravljačke ravnine. Protokolni složaj korisničke ravnine između eNB i UE se sastoji od tri pod sloja, PDCP (engl. Packet Data Convergence Protocol), RLC (engl. Radio Link Control) i MAC (engl. Medium Access Control) Upravljačka ravnina uključuje RRC (engl. Radio Resource Control) koji je odgovoran za konfiguraciju donjih slojeva i NAS (engl. Non Access Stratum) . Kod korisničke ravnine, paketi u EPC se enkapsuliraju u specifični EPC protokol i tuneliraju između P-GW i eNB. Različiti protokoli tuneliranja se koriste ovisno o sučelju. GPRS protokol tuneliranja (engl. GPRS Tunneling Protocol - GTP) se koristi na S1 sučelju između eNB i S-GW i na S5/S8 sučelju između S-GW i P-GW [5].

### 2.3.1. Korisnička ravnina

Korisnička ravnina se sastoji od PDCP, RLC i MAC slojeva.



Slika 3: Protokolni složaj E-UTRAN korisničke ravnine

Izvor: [1]

Plavo područje se odnosi na AS (engl. Access Stratum) protokole, ili skup pravila koje određuju prijenos poruka između UE i eNodeB. Zeleno područje označuje NAS protokole.

Odnose se na pravila koja određuju prijenos poruka između UE i jezgrenih komponenti mreže kao što su SGW, PGW i MME [1].

PDCP sloj služi za kompresiju i dekompresiju za sve podatkovne pakete na korisničkoj ravnini. Postupak je baziran na protokolu robusne kompresije zaglavlja (ROHC – Robust Header Compression) koji sprema statične dijelove zaglavlja i ažurira ih samo kad se mijenjaju. Također je odgovoran za održavanje PDCP slijednih brojeva te dostavu PDU-ova (engl. Packet Data Units) gornje razine kod ponovnog sastavljanja donjih slojeva.

Fizički sloj prenosi sve informacije od MAC transportnih kanala preko zračnog sučelja. Brine se za adaptaciju veza (engl. Adaptive Coding and Modulation - AMC), kontrolu napona, trženje ćelija (za inicijalnu sinkronizaciju i svrhu prebacivanja poziva) i druga mjerenja (unutar LTE sustava i između sustava) za RRC sloj.

Osnovna funkcionalnost MAC protokola upravljanje je kanalima za prijenos (uz pomoć kojih komunicira s fizičkim slojem), a preko logičkih kanala komunicira s višim slojevima. MAC multipleksira podatke iz logičkog kanala kako bi se mogli prenijeti kanalom za prijenos, te ih demultipleksira na prijemu ovisno o razini prvenstva logičkih kanala. MAC uključuje funkcionalnost HARQ (engl. Hybrid Automatic Retransmission on reQuest), te se brine o rješavanju sudara i identificira korisnički uređaj.

RLC omogućuje tri stanja za prijenos podataka: potvrđeno stanje (engl. Acknowledged Mode – AM) za prijenos podataka u realnom vremenu, nepotvrđeno stanje (engl. Unacknowledged mode – UM) za usluge koje nisu u realnom vremenu i transparentno stanje (engl. Transparent mode – TM) za slanje sustavskih informacija. Nalazi se iznad MAC protokola na drugom sloju korisničke ravnine te komunicira s njim kanalima za prijenos. Prenosi PDU iz PDCP. S PDCP-om komunicira preko pristupne točke SAP (eng. Security Access Point). RLC se koristi za formatiranje i prijenos podataka između korisničkog uređaja i eNodeB-a. Vršiti mapiranje na logičke kanale i obavlja segmentaciju, kao i slijednu isporuku višim slojevima i retransmisije [5].

### **2.3.2. Upravljačka ravnina**

RRC je odgovoran za sve povezano sa signaliziranjem. To uključuje funkcije kao što su emitiranje sistemskih informacija, uspostavljanje konstantne veze za prijenos radio nosioca između različitih čvorova, briga o emitiranim informacijama sustava vezanim uz AS, te prijenosu NAS poruka. RRC je važan dio LTE mreže jer svaki UE mora uspostaviti RRC vezu prije bilo kakve podatkovne komunikacije.

NAS sloj je primarno odgovoran za održavanje povezanosti IP adrese s UE-om u pokretu. Također je odgovoran za autentikaciju, kontrolu sigurnosti te upravljanje EPS nositeljima. NAS sloj se sastoji od protokola za EPS upravljanje mobilnošću (EPS mobility management – EMM) i protokola za EPS upravljanje sesijama (EPS session management – ESM) koji će se detaljnije objasniti kasnije u radu [5], [6].

SCTP (engl. Stream Control Transmission Protocol) je svoju funkcionalnost naslijedio od protokola TCP. Osigurava pouzdanu isporuku signalizacijskih poruka [5].

### 3. Pojam upravljanja mobilnošću

Upravljanje mobilnošću je funkcionalnost koja olakšava rad mobilnih uređaja u mrežama novih generacija te pristup i korištenje njihovih usluga. Pazi na lokaciju korisnika zbog razmjene podataka te održavanje veze s korisnikom dok se kreće od jedne bazne stanice do druge kako bi se pružale mobilne usluge poput poziva, SMS-a (engl. Short Message Service) i sl.

Mreže iduće generacije su zamišljene sa infrastrukturom koja se temelji na IP protokolu i podržava heterogene pristupne tehnologije. S obzirom da sadrže uspješnu Internet uslužnu paradigmu, IP-bazirane bežične mreže su pogodnije za podršku brzo rastućih mobilnih podatkovnih i multimedijских usluga. Uz to, takve mreže se mogu bez problema integrirati s Internetom kako bi omogućili korisnicima pristup informacijama, aplikacijama i uslugama dostupnima preko Interneta. IP tehnologije pružaju bolje rješenje za integriranje različitih radio tehnologija na način da ih korisnici doživljavaju kao jednu komunikacijsku mrežu.

#### 3.1. Zahtjevi za upravljanje mobilnošću u LTE mrežama

Prema [7], osnovni zahtjevi za upravljanje mobilnošću u mrežama iduće generacije bi trebali uključivati:

- podršku svih vrsta mobilnosti
- podršku mobilnosti za usluge u stvarnom vremenu i one koje se ne odvijaju u stvarnom vremenu
- podršku za korisnike koji se kreću između heterogenih bežičnih mreža u istim ili različitim administrativnim područjima pokrivenosti
- podrška aplikacijske sesije u trajanju koja mora omogućavati održavanje takve sesije bez prekida dok se korisnik kreće.

Bitno je da korisnici u LTE mrežama imaju istu razinu mobilnosti preko pristupnih tehnologija koju već imaju sa 3G uslugama. Podaci koji se ne prenose u stvarnom vremenu se ne smiju gubiti tijekom prekida uzrokovanih prebacivanjem pozivima. Ti prekidi se moraju minimizirati upravo zbog korisničkog iskustva. *Streaming* usluge će se možda morati resetirati i aplikacije prema uslugama će se možda morati ponovno autenticirati. IP-adrese koje usluge

vide i koriste ne bi se smjele mijenjati usred podatkovne sesije. Zbog tih razloga se koristi mobile-IP i PDN-GW koji se koristi kao sidro mobilnosti za IP u LTE.

Dok je LTE radio sučelje optimizirano za podršku mobilnosti za sporija i osrednja kretanja, također podržava i ona pri većim brzinama. Istovremeno, protokoli višeg sloja moraju biti sposobni rukovati UE mobilnošću pronalaskom odgovarajuće uslužne ćelije koja nudi najbolje uvjete radio veze za pokretni UE.

UE se mora autenticirati u određivim ćelijama u svim slučajevima mobilnosti. To znači da USIM (engl. Universal Subscriber Identity Module) mora biti poznat MME-u koji posluhuje određivnu ćeliju. U praksi, to bi značilo da prebacivanje na ćelije u vlasništvu drugih operatera mora biti omogućeno u pretplatničkom profilu [4].

Besprijekorne značajke i funkcionalnosti mobilnosti moraju biti podržane u jezgrenom djelu LTE mreže. U slučaju I-RAT mobilnosti (Inter Radio Access Technology), potrebno je da određivna radio pristupna mreža bude sposobna za besprijekorno rukovanje dolaznim korisnicima i da ne bude problema oko povezivosti mreža.

Kada je UE upaljen, skenira sve E-UTRAN frekvencijske pojase i počinje slušati odašiljačke kanale sa svrhom sinkronizacije. To se radi kako bi se pronašla odgovarajuća ćelija za inicijalno kampiranje sa najboljim mogućim radio uvjetima ovisno o RSRP (engl. Reference Signal Received Power) mjerenjima u ćeliji.

Mjerenja za susjedne ćelije se ne moraju nužno obavljati ukoliko UE izmjeri da je RSRP od određivne ćelije dovoljno visok. Parametri za započinjanje intra-frekvencijskog, inter-frekvencijskog ili inter-sustavnih mjerenja se čak mogu zasebno konfigurirati u eNB. Alternativno tome, te sve procedure se kod planiranja mreže mogu onemogućiti tako da UE uopće ne radi ta mjerenja [2].



## 3.2 Koncept mobilnosti unutar LTE mreža

Kao i u prošlim generacijama mobilnih mreža, kako bi se uređaj mogao kretati između različitih područja, tehnologija i mreža, potrebno je definirati područja pokrivenosti

Općenito, UE može biti u stanju mirovanja (engl. IDLE) ili u spojenom stanju (engl. CONNECTED). UE u stanju mirovanja nema pridruženih mrežnih niti radio resursa. Lokacija takvog UE je poznata MME samo unutar susjednih grupnih ćelija, poznatijih kao područje praćenja (engl. Tracking Area - TA). Operator definira skupinu susjednih eNB-ova kao područje praćenja i takva grupiranja se donose prilikom inicijalnog razvoja mreže. Svaki eNB se konfigurira sa vlastitim područjem praćenja. Lista područja praćenja je lista gdje je sve UE registriran. Stoga ako UE prijeđe u područje praćenja koje nije na listi, mora provesti proceduru ažuriranja područja praćenja, tražeći zahtjev za ažuriranje liste od mreže.

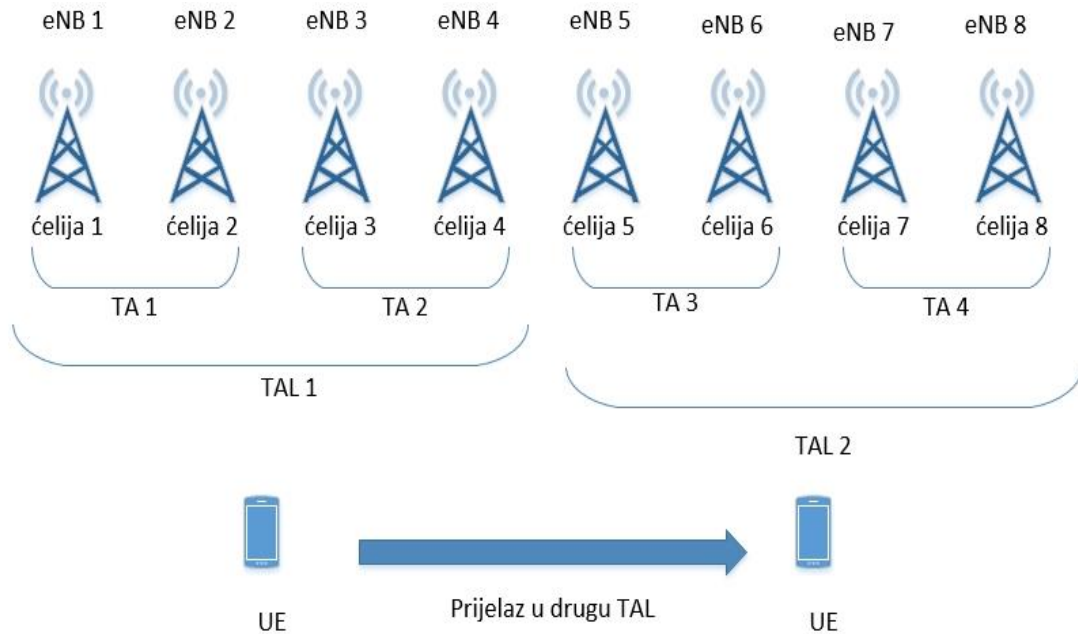
U LTE, koncept TA listi se može iskoristiti kako bi se smanjila učestalost ažuriranja TA. Ako se može predvidjeti kretanje UE, liste se mogu adaptirati za individualni UE kako bi se osiguralo da prolazi preko čim manje granica te UE-ovi koji primaju puno *paging* poruka se mogu pridružiti manjim TA listama [9].

Kada postoji potreba za slanje podataka takvom UE-u, MME šalje poruku svim eNB-ovima u njegovom području praćenja, i eNB-ovi stupaju u kontakt s UE putem radio sučelja. Prilikom primanja poruke, UE obavlja proceduru zahtjeva usluge, koja prebacuje UE u spojeno stanje. Informacije vezane u UE se stoga kreiraju u E-UTRAN, i svi radio nosioci su ponovno uspostavljeni [10].

Prema [2], kada UE prelazi između lista praćenja (slika 4.), to se odvija sljedećim koracima:

1. Kada UE odabere novu ćeliju i shvati da se odašiljani TA ID ne nalazi u njegovoj TA listi, UE započinje TAU proceduru prema mreži. Prva akcija je slanje TAU poruke MME-u
2. Kada MME primi TA poruku od UE, provjerava jeli kontekst za taj određeni UE dostupan, te ako nije provjerava UE-ov privremeni identitet kako bi saznao koji čvor sadrži UE kontekst. Kada se to sazna, MME traži stari MME za kontekst.
3. Stari MME prebacuje UE kontekst na novi MME
4. Kad MME primi stari kontekst, informira HSS da je UE kontekst prebačen na novi MME

5. HSS briše UE kontekst u starom MME
6. HSS ubacuje nove pretplatničke podatke u MME
7. MME informira UE da je TAU bio uspješan i da s obzirom na to da je MME promijenjen sada isporučuje novi GUTI (engl. Globally Unique Temporary Identifier)



*Slika 4: Koncept lista praćenja*

Izvor: [2]

Do ažuriranja područja praćenja može doći i kod isteka brojača za ažuriranje (Periodic Tracking Area Update) T3412. Takvo ažuriranje kroz određeni vremenski period obavještava mrežu o lokaciji dostupnosti UE. Proceduru kontrolira UE s brojačem. Vrijednost brojača postavlja MME i on se pokreće kada se UE prebacuje iz spojenog stanja u stanje mirovanja [2].

## **4. Opis procedura i protokola za upravljanje mobilnošću kod LTE mreže**

Upravljanje mobilnošću i sesijama između korisnika i mreže se kontrolira u skladu s NAS protokolima koji se nalaze u NAS sloju u kontrolnoj ravnini UE i MME. Oni komuniciraju jedno s drugim koristeći NAS poruke. NAS protokoli se ugrubo mogu klasificirati u EPS upravljanje mobilnošću (EPS Mobility Management – EMM) i EPS upravljanje sesijama (EPS Session Management – ESM). EMM procedure se koriste za podršku UE mobilnosti, sigurnosti i usluge upravljanja signalizacijskom vezom za ESM. ESM procedure se koriste za aktivaciju, deaktivaciju ili modificiranje EPS nosioca [6], [8].

Prebacivanje poziva u LTE mrežama je jedna od EMM procedura te je stoga potrebno sagledati koja su moguća EMM stanja mobilnosti u mreži.

EMM procedure se mogu izvoditi samo ako je uspostavljena NAS signalizacija između UE i mreže. Ako ne postoji aktivna signalizacijska veza, EMM sloj mora inicirati uspostavljanje NAS signalizacijske veze.

Razlikuju se tri tipa EMM procedura; EMM uobičajena procedura, EMM specifična procedura i EMM procedura za upravljanje vezom.

EMM uobičajena procedura se može inicijalizirati dok postoji NAS signalizacijska veza između UE i MME. Ta procedura se može dijeliti u pet drugih procedura: dodjeljivanje globalnog jedinstvenog privremenog identifikatora (GUTI), autentikacija, identifikacija, kontrola sigurnosti (engl. Security Mode Control – SMC) i EMM informacija.

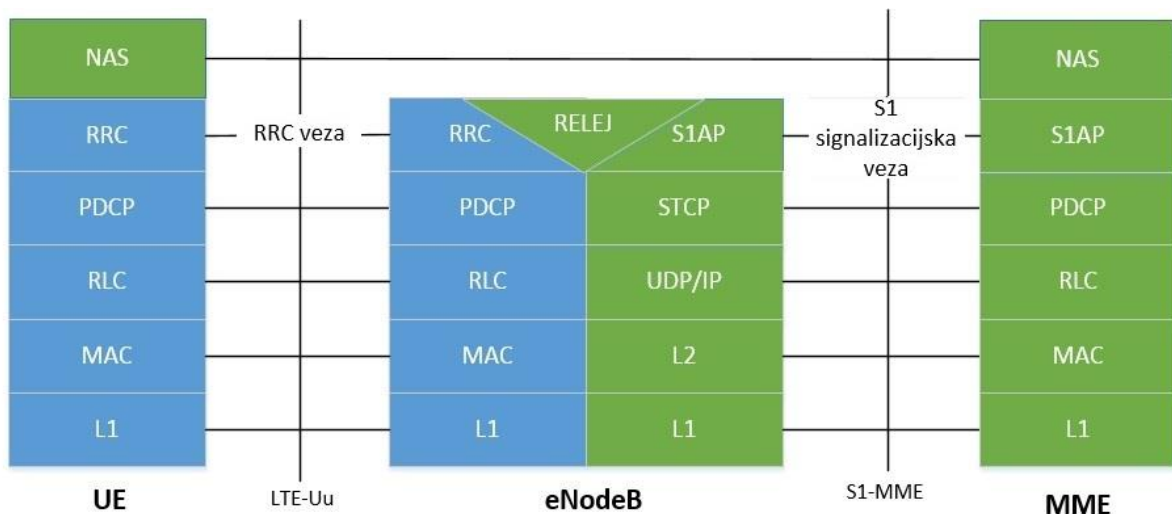
EMM specifična procedura se odnosi na onu koja je povezana s korisničkom mobilnošću (registracija i ažuriranje lokacije). Dalje se dijeli na tri procedure: prikapčanje, otkapčanje i ažuriranje područja praćenja.

EMM procedura za upravljanje vezom se koristi za uspostavljanje NAS signalizacijske veze. Može se podijeliti na tri procedure: uslužni zahtjev, „paging“ i prijenos NAS poruka [10].

## 4.1. EMM/ ECM/ RRC stanja

Tijekom odvijanja EMM procedure, UE može imati jedan od sedam EMM stanja i MME može imati jedno od četiri EMM stanja. Od tih stanja, neka stanja poput „*EMM-Registered*“ i „*EMM-Deregistered*“ su uobičajena stanja koja oba entiteta mogu imati. Zbog toga će se u ovom radu spominjati samo ta stanja.

Kako bi UE i MME međusobno razmjenjivali poruke, mora postojati signalizacijska veza između njih. Takva veza se naziva EPS veza za upravljanje vezom (EPS Connection Management – ECM). To je logička veza koja se sastoji od RRC veze između UE i eNB i S1 signalizacijske veze između eNB i MME (slika 5). To znači da kada se ECM veza uspostavi/prekine, RRC i S1 signalizacijske veze se također uspostavljaju/prekidaju. Za UE, uspostavljena ECM veza znači da postoji RRC veza s eNB i za MME to znači da ima S1 vezu s eNB [8].



Slika 5: Signalizacijska veza između eNB i MME

Izvor: [11]

EMM može biti ili u „*EMM-Registered*“ ili u „*EMM-Deregistered*“ stanju, ovisno o tome je li UE spojen s mrežom ili odspojen s mreže. ECM može imati „*ECM-Connected*“ ili „*ECM-Idle*“ stanje, ovisno o tome je li uspostavljena NAS signalizacijska veza. Isto tako, RRC može biti u „*RRC-Connected*“ ili u „*RRC-Idle*“ ovisno o tome je li RRC veza uspostavljena. Tablica 3 prikazuje u kojim uvjetima UE ostaje u određenom stanju [2], [8].

Tablica 3: EMM/ECM/RRC stanja

Sloj	Stanje	Uključeni Entiteti	Opis stanja
EMM	<i>EMM-Deregistered</i>	UE, MME	UE nije prikačen na LTE mrežu. MME ne zna trenutačnu lokaciju UE, ali možda zna posljednje odašiljane TA informacije
	<i>EMM-Registered</i>	UE, MME	UE se prikačio za LTE mrežu i dodijeljena mu je IP adresa. EPS nosioc je uspostavljen. MME zna trenutačnu lokaciju UE sa točnošću ćelije ili barem TA.
ECM	<i>ECM-Idle</i>	UE, MME	Nije uspostavljena NAS signalizacija (ECM veza). UE-u još nisu dodijeljeni fizički resursi, odnosno radio i mrežni resursi.
	<i>ECM-Connected</i>	UE, MME	NAS signalizacijska veza je uspostavljena. UE-u su se dodjelili fizički resursi.
RRC	<i>RRC-Idle</i>	UE, eNB	Nije uspostavljena RRC veza.
	<i>RRC-Connected</i>	UE, eNB	RRC veza je uspostavljena.

Izvor: [8]

## 4.2. EMM stanja i prijelazi

EMM, ECM i RRC stanja se mijenjaju dok se EMM procedura mijenja. S obzirom da je RRC veza dio ECM veze, ECM i RRC uvijek imaju ista stanja iz UE pogleda. Prema [11], kombinacije korisnikovih EMM i ECM/RRC stanja su prikazana kao A, B, C i D. Primjeri korisničkih iskustava koji mogu voditi tim kombinacijama su prikazana u tablici 4.

Tablica 4: EMM stanja i prijelazi

Slučaj	Stanje	Primjeri korisničkih akcija
A	<i>EMM-Deregistered ECM-Idle i RRC-Idle</i>	UE se pali prvi put nakon pretplate. UE se pali nakon što je bio ugašen duži period. Nema UE konteksta u LTE mreži.
B	<i>EMM-Deregistered ECM-Idle i RRC-Idle</i>	UE se pali nakon što je bio ugašen određeni dopušteni vremenski period. Kada se ECM veza gubi tijekom komunikacije zbog otkazivanja radio veze
C	<i>EMM-Registered ECM-Connected i RRC Connected</i>	Kada je UE spojen na mrežu i koristi njene usluge (Internet, streaming i sl.)
D	<i>EMM-Registered ECM-Idle i RRC-Idle</i>	Kada je UE spojen na mrežu ali ne koristi nikakve usluge. Mobilnost UE se odrađuje procedurom ponovnog odabira ćelije.

Izvor: [8]

#### **4.2.1. EMM-Deregistered stanje**

U A i B situacijama, kada je *EMM-Deregistered*, *ECM-Idle* i *RRC-Idle*, UE je odspojen od mreže. Mreža nema informaciju o UE osim kod A slučaja gdje je mreža zadržala GUTI i NAS sigurnosni kontekst od zadnjeg puta kada je UE bio spojen. Stoga, ovisno o tome spaja li se UE na mrežu u stanju A ili stanju B, inicijalna procedura spajanja može varirati.

Kada je u stanju B, mreža zadržava podatke o korisniku potrebne za autentikaciju i sigurnost (GUTI i NAS sigurnosni kontekst) u slučaju da će se UE ponovo spajati. Nakon određenog vremena briše te podatke i vraća se u stanje A.

Dok je u *EMM-Deregistered* stanju (A ili B), UE odlučuje s kojom ćelijom i u kojoj mreži može komunicirati dok bira PLMN i mrežu. Kada UE zatraži dopuštenje da se zakači za mrežu, procedura inicijalnog spajanja započinje, s čime UE prelazi u stanje C. (*EMM-Registered*, *ECM-Connected* i *RRC-Connected*) [8].

#### **4.2.2. EMM-Registered stanje**

U C i D slučajevima EMM je u *EMM-Registered* stanju i UE je zakačen na mrežu. Unatoč tome, ECM i RRC mogu biti ili u *ECM-Connected/RRC-Connected* (C) ili u *ECM-IDLE/RRC-Idle* (D) stanju ovisno o UE aktivnosti. Kada je UE uspješno vezan za mrežu prebacivanjem svog stanja iz *EMM-Deregistered* stanja (A ili B) u stanje C, ostaje u stanju C dok koristi usluge, ali prelazi u stanje D kada ne koristi usluge.

Dok je u stanju C, radio i mrežni resursi su dodijeljeni signalizacijskim vezama u upravljačkoj ravnini i EPS nosiocima u korisničkoj ravnini. UE može odrađivati prebacivanje poziva u susjednu ćeliju koja ima bolju kvalitetu radio signala od ćelije u kojoj se trenutno nalazi čak i dok komunicira sa svojom izvorišnom ćelijom.

Dok je u stanju D, UE je deaktiviran i time se otpušta ECM/RRC veza. Resursi se ne dodjeljuju ECM vezi u upravljačkoj ravnini, ni EPS nosiocima (osim S5 nosioca). U tom stanju ni UE ni mreža ne mogu dostavljati nikakav promet. Kako bi se u tom stanju dostavljao korisnički promet, ECM veza se treba ponovo uspostaviti prebacivanjem u stanje C, i tek tada se novi DRB (engl. Data Radio Bearer) i S1 nosioci mogu uspostaviti kako bi se aktivirao EPS nosioc. U stanju D, UE bira ćeliju za kampiranje ovisno o kriteriju ponovnom odabiru ćelije i mjerenjem snage radio signala iz izvorišne i odredišnih ćelija.

Do prijelaza iz stanja D u C dolazi kada se pojavi novi promet i kada UE u stanju mirovanja pokrene TAU zahtjev zbog promjene TA ili isteka TAU brojača. Do prijelaza iz stanja C u D dolazi kada je UE neaktivan duži vremenski period.

UE koji koristi usluge u *EMM-Registered* stanju, odrađuje prebacivanje poziva u susjednu ćeliju koja ima kvalitetniji radio signal od one u kojoj se trenutno nalazi. UE koji trenutno ne koristi usluge, ali je u *EMM-Registered* stanju, traži ćeliju sa boljim signalom od one u kojoj se trenutno nalazi i tamo kampira.

UE u *EMM-Registered* stanju, koristio usluge ili ne, ažurira svoje područje praćenja kada god se promijeni. Unatoč tome, kada je u *ECM-Idle/RRC-Idle* stanju, UE ažurira područje praćenja svaki put kada TAU brojač istekne, čak i ako se područje praćenja ne mijenja [2], [8].

## **5. Prebacivanje poziva između ćelija kao funkcija upravljanja mobilnošću**

Najosnovnije prebacivanje se odvija kada se telefonski poziv u trajanju prebacuje iz ćelije u kojoj se trenutno nalazi (izvorišna ćelija) u novu (odredišnu) ćeliju bez prekidanja.

Prebacivanje poziva je osnovni element u planiranju i postavljanju mobilnih mreža. Omogućava korisnicima da stvaraju podatkovne sesije ili odrađuju telefonske pozive u pokretu. Korisnici ne zamjećuju prelazak iz ćelije u ćeliju.

### **5.1. Prebacivanje poziva kao funkcija mobilnosti**

Prebacivanje poziva između ćelija je važna funkcija upravljanja mobilnosti. Neki od razloga kada je potrebno prebacivanje poziva su:

- Kada se uređaj udaljava od područja koje pokriva jedna ćelija i ulazi u područje pokrivenosti druge ćelije, poziv se mora prebaciti kako se nebi prekinuo kada uređaj izađe iz područja pokrivenosti prve ćelije
- Ako su svi kanali određene bazne stanice zauzeti tada stanica u blizini mora pružiti uslugu uređaju.

Kod kontinuiranog očuvanja komunikacije između područja postoje dvije vrste prebacivanja:

- čvrsto prebacivanje: proces u kojem se veza sa izvorišnim područjem pokrivenosti prekida prije nego se ostvaruje veza s odredišnim područjem
- meko prebacivanje: uređaj održava komunikaciju s oba područja pokrivenosti, odnosno ostvaruje se veza s odredišnim područjem prije prekidanja i prebacivanja od starog područja

Osim tih vrsta prebacivanja, razlikuju se i prebacivanja između različitih tehnologija, odnosno mreža u kojima se nalaze. Takva prebacivanja su:

- Horizontalno prebacivanje se odvija kada se mobilni uređaj kreće od jedne pristupne točke do druge bez promjene tehnologije. Uglavnom se odvija u homogenim mobilnim mrežama kada se korisnik kreće između dvije mreže različitih pristupnih tehnologija. Na primjer iz 4G u 4G, WLAN (engl. Wireless Local Area Network) u WLAN.



- Vertikalno prebacivanje se odvija kada se izvorišno i odredišno područje pokrivenosti razlikuju u pristupnim tehnologijama. Vertikalno prebacivanje može biti i potaknuto korisnikovom potrebom za boljom kvalitetom veze [2], [11].

Prebacivanje poziva se odrađuje u tri faze:

- Skupljanje informacija o prebacivanju, odnosi se na prikupljanje svih potrebnih informacija o susjednim mrežama.
- Odluka o prebacivanju - ovaj proces pronalazi prikladne mreže u koje se uređaj može prebaciti ovisno o određenom algoritmu donošenja odluke.
- Izvršavanje prebacivanja - signalizacija o uspostavi nove komunikacije se proveda zajedno za rutiranjem podataka istim komunikacijskim putem [4].

Odabir mreža kod horizontalnog prebacivanja ovisi od algoritmu donošenja odluka koji se sastoji od snage primljenog signala - RSS (engl. Received Signal Strength.)

Kod donošenja odluke o vertikalnom prebacivanju moraju se u obzir uzeti kriteriji poput cijene usluge, potrošnje energije, brzine kretanja mobilnog uređaja te preferencije korisnika.

S obzirom na to da je LTE *All-IP* mreža, susreće se sa velikim izazovima kada se radi o prebacivanju poziva i ponovnom odabiru ćelija.

Prebacivanje poziva je samo po sebi kompliciranije jer osim toga što se LTE mora nositi sa prebacivanjima unutar svoje infrastrukture, mora i podržavati prebacivanja između drugih mreža poput UTRAN i sl. [11].

## 5.2. Prebacivanje poziva u LTE mrežama

Osnovni zahtjevi koje procedura prebacivanja mora zadovoljiti su:

- QoS mora biti održan cijelo vrijeme, ne samo nakon prebacivanja nego i tijekom
- Prebacivanje ne smije trošiti UE bateriju
- UE mora biti u mogućnosti održati sve usluge u trajanju (glasovni poziv, podatkovna sesija) tijekom i nakon prebacivanja
- Mora postojati beskontinuitetno prebacivanje između drugih 2G/3G/LTE tehnologija

Inače postoje dvije vrste pristupa prebacivanju poziva u mobilnim mrežama:

- Mrežno kontrolirani pristup, mreža donosi odluke o prebacivanju
- Mobilni uređaj odlučuje o prebacivanju: UE donosi odluke o prebacivanju i informira mrežu o tome, ali mreža i dalje donosi konačnu odluku ovisno o dostupnim radio resursima u odredišnoj ćeliji

U LTE mreži se koristi kombinirani pristup. UE šalje informacije o mjerenjima mreži i ovisno o tim mjerenjima, mreža traži UE da se prebaci u odredišnu ćeliju.

U LTE mreži postoje tri glavne vrste prebacivanja poziva:

- Intra-LTE prebacivanje: izvorna i odredišna ćelija su dio iste LTE mreže
- Inter-LTE prebacivanje: prebacivanje se odvija prema drugim LTE čvorovima (Inter-MME i Inter-SGW)
  - Inter-MME prebacivanje: UE-ov uslužni MME se mijenja ali S-GW ostaje nepromijenjen nakon prebacivanja
  - Inter S-GW prebacivanje: UE-ov uslužni S-GW se mijenja ali MME ostaje nepromijenjen
  - Inter-MME/S-GW prebacivanje: UE-ovi uslužni MME i S-GW se mijenjaju nakon prebacivanja
- Inter-RAT prebacivanje: prebacivanje između različitih radio tehnologija, npr iz LTE u WCDMA (engl. Wide Band Code Division Multiple Access) [11].

Kao što je navedeno u 4. poglavlju, prebacivanje poziva se sastoji od određenih procedura te su u tablici 5 prikazane one koje se odnose na LTE.

Tablica 5: Procedure u prebacivanju poziva

Procedura	Uključeni elementi	Opis
Konfiguracija mjerenja	eNB, UE	Specificiranje mjerenja koja UE mora obavljati
Izvješće o mjerenju	UE, eNB	Prikazivanje rezultata mjerenja
Odluka o prebacivanju	Izvorišni eNB	Donošenje odluke o određenišnim ćelijama i vrsti prebacivanja (X2 ili S1)
Priprema prebacivanja	Ovisi o tipu prebacivanja poziva	Priprema puta usmjeravanja
Izvršavanje prebacivanja		Usmjeravanje podataka
Završetak prebacivanja		Mijenjanje toka podataka

Izvor: [13]

## **6. Analiza i prikaz procedura LTE prebacivanja poziva između ćelija**

Prebacivanja poziva u E-UTRAN-u su mrežno kontrolirana i najčešće ih pokreću izvješća o mjerenju koja UE šalje. Kada UE započne RRC vezu, prima listu izmjerenih ćelija u RRC rekonfiguracijskoj poruci. Ta poruka sadrži i intra-LTE i inter-RAT listu ćelija i sve parametre vezane uz prebacivanje poziva kao što su pragovi opterećenja i prioritizacija ćelija za izvješća o mjerenju. Izvješća o mjerenju se šalju ovisno o konfiguriranom kriteriju izvještavanja.

Konfiguraciju mjerenja eNB pruža UE, i ona indicira koje informacije o mjerenju se moraju javiti.

Kada je snaga signala susjedne ćelija jača od one u kojem se UE trenutno nalazi, UE šalje te podatke o mjerenju (u svrhu prebacivanja poziva) eNB koja tada donosi konačnu odluku o prebacivanju poziva.

Ovisno o tome koji su EPC elementi uključeni u pripremu i izvedbu prebacivanja poziva između izvorišne i odredišne eNB, LTE prebacivanje može biti izvedeno ili putem X2 sučelja ili putem S1 sučelja, [11], [13].

### **6.1. Prebacivanje poziva putem X2 sučelja u Intra-LTE okruženju**

Prebacivanje poziva putem X2 sučelja se provodi između izvorne eNB i odredišne eNB. Kao što je navedeno u drugom poglavlju, u LTE mreži eNB-ovi mogu direktno komunicirati jedno s drugim putem X2 sučelja što znači da mogu razmjenjivati informacije o statusu veze i neovisno o drugim elementima EPC mreže izvoditi prebacivanja poziva.

U upravljačkoj ravnini, dva eNB-a pomoću X2 aplikacijskog protokola (X2AP) omogućavaju signalizaciju većem broju korisnika preko jedne SCTP veze. U X2AP sloju, korisnici se identificiraju eNB UE X2AP ID (stari UE X2AP ID i novi UE X2AP ID). U podatkovnom složaju, dva eNB-a su spojena pomoću GPRS protokola za tuneliranje (GTP). Jedinstveni GTP tunel se stvara za svakog korisnika i svaki tunel je identificiran dodijeljenim identifikatorom [14].

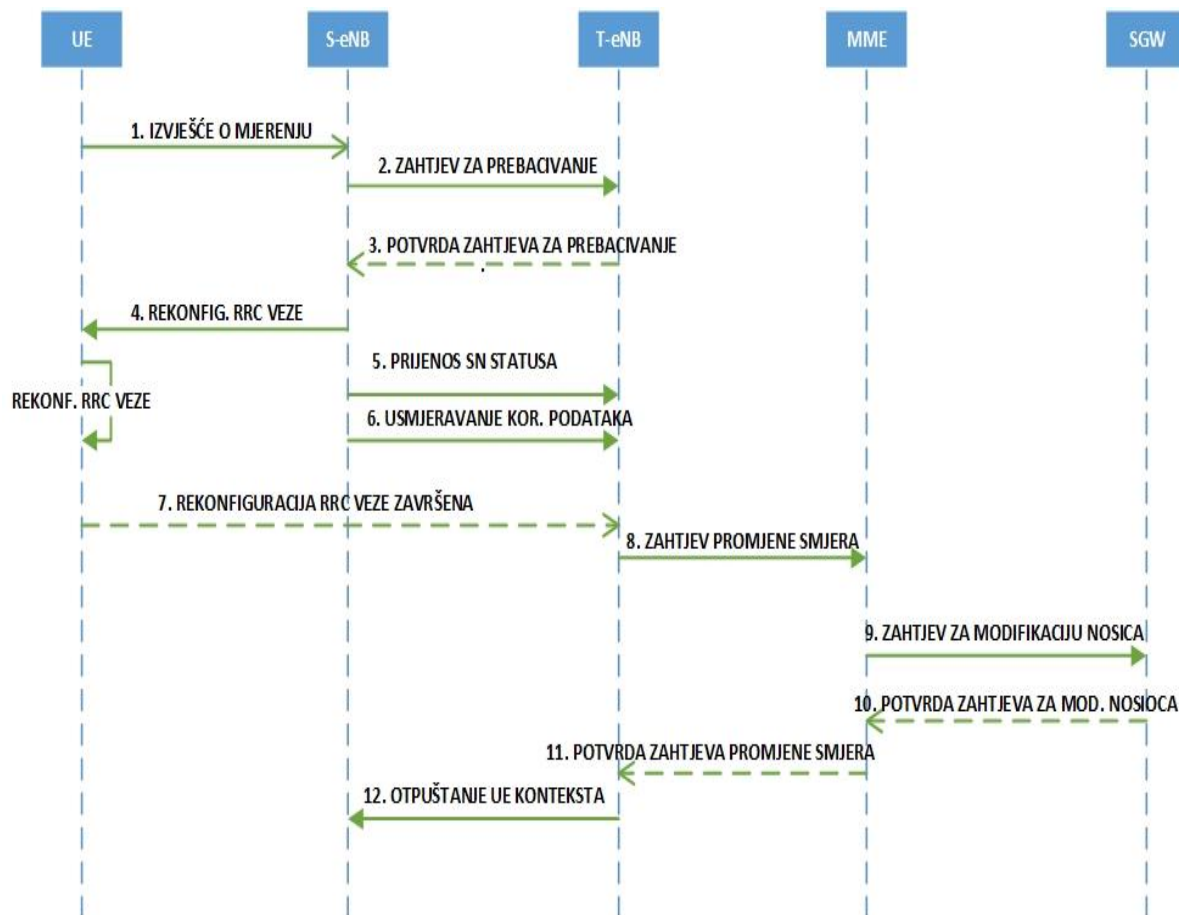
Jedna od glavnih funkcija X2AP je upravljanje mobilnošću te stoga upravlja osnovnim procedurama za prebacivanje poziva kao što su:

- Priprema prebacivanja
- Promjena statusa izvorišne ćelije
- Otpuštanje UE konteksta
- Otkazivanje prebacivanja

Prije pregleda prebacivanja poziva putem X2 sučelja, potrebno je i proučiti neke od poruka koje se razmjenjuju preko sučelja tijekom prebacivanja.

- Zahtjev za prebacivanjem: ova poruka se koristi tijekom faze pripreme prebacivanja. Izvorni eNB ju dostavlja odredišnom eNB-u i sadrži korisnički kontekst.
- Prihvat zahtjeva za prebacivanje: koristi se također tijekom pripremne faze. Izvorni eNB ju dostavlja odredišnom ukoliko je odredišni eNB uspješno odradio dodjeljivanje resursa.
- Neuspjeh pripreme prebacivanja: koristi se tijekom pripremne faze, izvorišni eNB ju dostavlja odredišnom ukoliko je dodjeljivanje resursa neuspjelo.
- Status prebacivanja odredišne ćelije: Ova poruka se koristi tijekom faze izvršavanja prebacivanja. Izvorišni eNB ju dostavlja odredišnom i sadrži informacije o tome koji paket treba primiti ili poslati.
- Otpuštanje UE konteksta: koristi se tijekom faze završetka prebacivanja. Odredišni eNB ju šalje izvorišnom kako bi zatražio otpuštanje UE konteksta.
- Prekid prebacivanja: poruka koja se koristi tijekom pripreme prebacivanja, izvorišni eNB ju šalje odredišnom u svrhu otkazivanja prebacivanja u pripremi [4].

Dijagram 1 prikazuje prebacivanje poziva X2 sučeljem unutar iste LTE mreže bez mijenjanja MME-a ili SGW-a.



Dijagram 1: Prebacivanje poziva putem X2 sučelja u Intra-LTE okruženju

Izvor: [12]

UE je spojen i u mogućnosti slanja i podaci se mogu slati i primati u oba smjera. Mreža može tražiti od UE izvješće o mjerenju kako bi se postavili parametri za mjerenje te granične mjere za te parametre. Svrha zahtjeva je da UE pošalje izvješće čim se pređu te granične mjere.

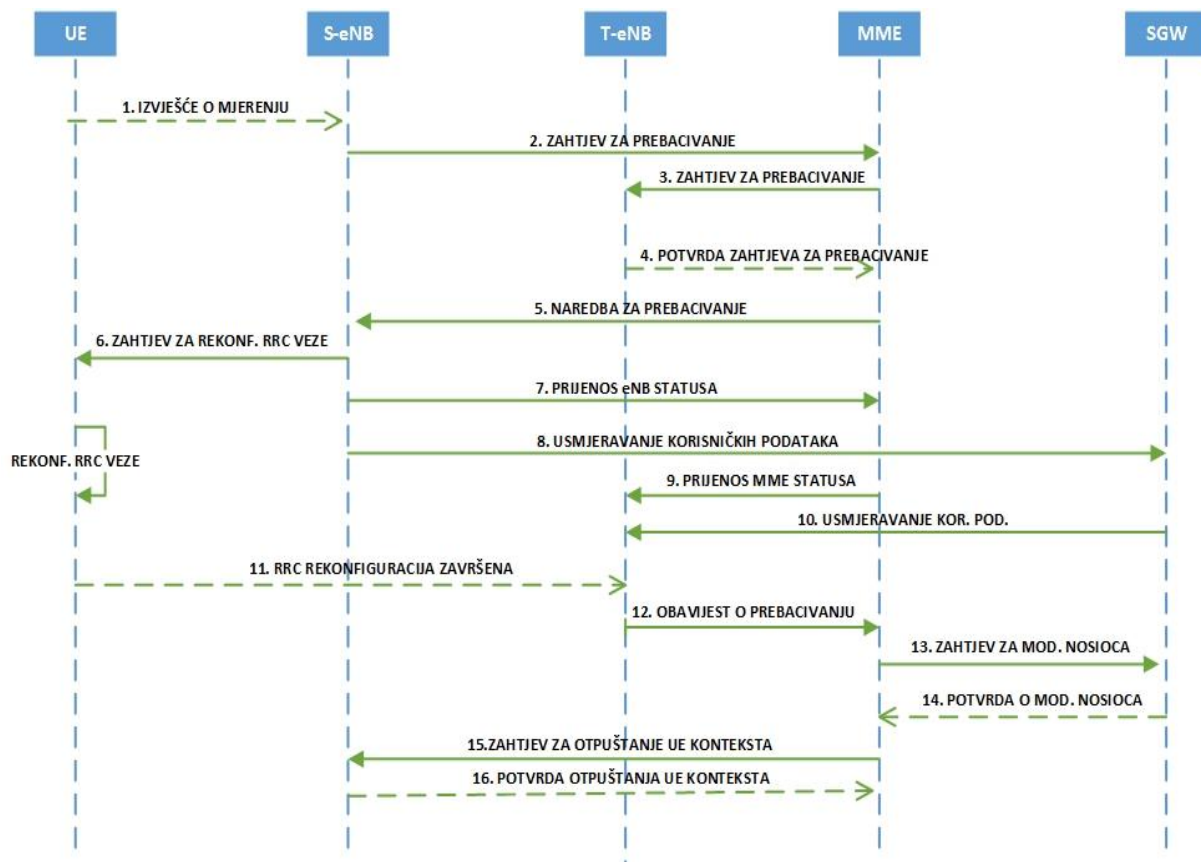
1. UE šalje izvješće o mjerenju S-eNB nakon što postigne kriterije izvješća o mjerenju koji su prethodno razmijenjeni. S-eNB donosi odluku za prebacivanje UE-a prema T-eNB koristeći algoritam za prebacivanje (svaki operater postavlja vlastiti algoritam) Ovisno o izvješću o mjerenju, S-eNB može donijeti odluku vezanu uz daljnje odvijanje prebacivanja putem X2 sučelja.
2. S-eNB šalje zahtjev za prebacivanje prema T-eNB, time šaljući potrebne informacije za pripremu prebacivanja na odredišnoj strani.

3. T-eNB provjerava dostupnost resursa i, ako je moguće, rezervira resurse i šalje natrag potvrdu zahtjeva za prebacivanje.
4. S-eNB generira RRC poruku za izvršavanje prebacivanja (rekonfiguracija RRC veze), koja sadrži informacije o upravljanju mobilnošću. S-eNB provodi potrebne zaštitne i kriptirajuće mjere i šalje poruku UE.
5. S-eNB šalje prijenos SN (engl. Source Node – izvorišni eNB) statusa prema T-eNB kako bi javio PDCP i HFN status radio nosioca.
6. S-eNB započinje usmjeravanje dolaznih podataka prema T-eNB za sve nosioce (nosioci se uspostavljaju u T-eNB tijekom trajanja zahtjeva za prebacivanje poruke)
7. U međuvremenu, UE pokušava pristupiti T-eNB ćeliji korištenjem RA (engl. Random Access) procedure. Ukoliko uspije, šalje potvrdu o završetku rekonfiguracije RRC veze prema T-eNB.
8. T-eNB šalje zahtjev promjene smjera prema MME kako bi ga obavijestio da je UE promijenio ćelije. MME odlučuje da isti SGW i dalje može posluživati UE.
9. MME šalje zahtjev za modifikaciju nosioca prema SGW. Ukoliko PGW zatraži informacije o lokaciji UE, MME uključuje i informaciju o lokaciji korisnika u toj poruci.
10. SGW šalje silazne pakete prema eNB koristeći nove adrese i potvrdu zahtjeva za modifikaciju nosioca prema MME.
11. MME odgovara T-eNB sa potvrdom zahtjeva promjene toka kako bi ga obavijestio o završetku prebacivanja.
12. T-eNB zatim zahtijeva od S-eNB da otpusti vezane resurse. S tom porukom prebacivanje završava [12], [14].

## 6.2. Prebacivanje poziva putem S1 sučelja u Intra-LTE okruženju

S1 prebacivanja se izvode između izvorišnog eNB i odredišnog eNB putem S1 sučelja koje spaja eNB i EPC. eNB komunicira s MME pomoću S1AP signalizacije u upravljačkoj ravnini i komunicira sa SGW preko GTP tunela u korisničkoj ravnini.

Kada se postavi novi eNB u mrežu, „S1 Setup“ procedura se izvodi između eNB i MME. eNB daje MME konfiguracijsku informaciju slanjem S1 Setup zahtjeva. Nakon toga, svaki MME vraća S1 Setup potvrdu prema eNB kako bi ažurirao konfiguracijske informacije. U tom slučaju, relativni kapacitet MME (engl. Relative MME Capacity) se koristi u podjeli opterećenja između MME-ova. Ta vrijednost pokazuje MME-ov relativni kapacitet za UE veze. eNB-ovi povezani s više od jednog MME-a koriste tu vrijednost kada biraju s kojim će MME-om uspostaviti novu vezu, [15], [16]. Uspješno prebacivanje putem S1 sučelja prikazano je dijagramom 2.



Dijagram 2: Prebacivanje poziva putem S1 sučelja u Intra-LTE okruženju

Izvor: [16]



Procedura prebacivanja je jako slična onoj korištenjem X2 sučelja, jedina razlika je uključenje MME-a u prenošenju signalizacije između S-eNB i T-eNB.

Kod S1 prebacivanja nema potrebe za procedure promjene puta između T-eNB i MME, jer je MME svjestan prebacivanja. Također, SGW je uključen u usmjeravanje DL podataka ako nema direktnog puta usmjeravanja između S-eNB i T-eNB.

Pri završetku prebacivanja, MME se rješava S1 logičke veze sa S-eNB slanjem procedure za otpuštanje konteksta [16].

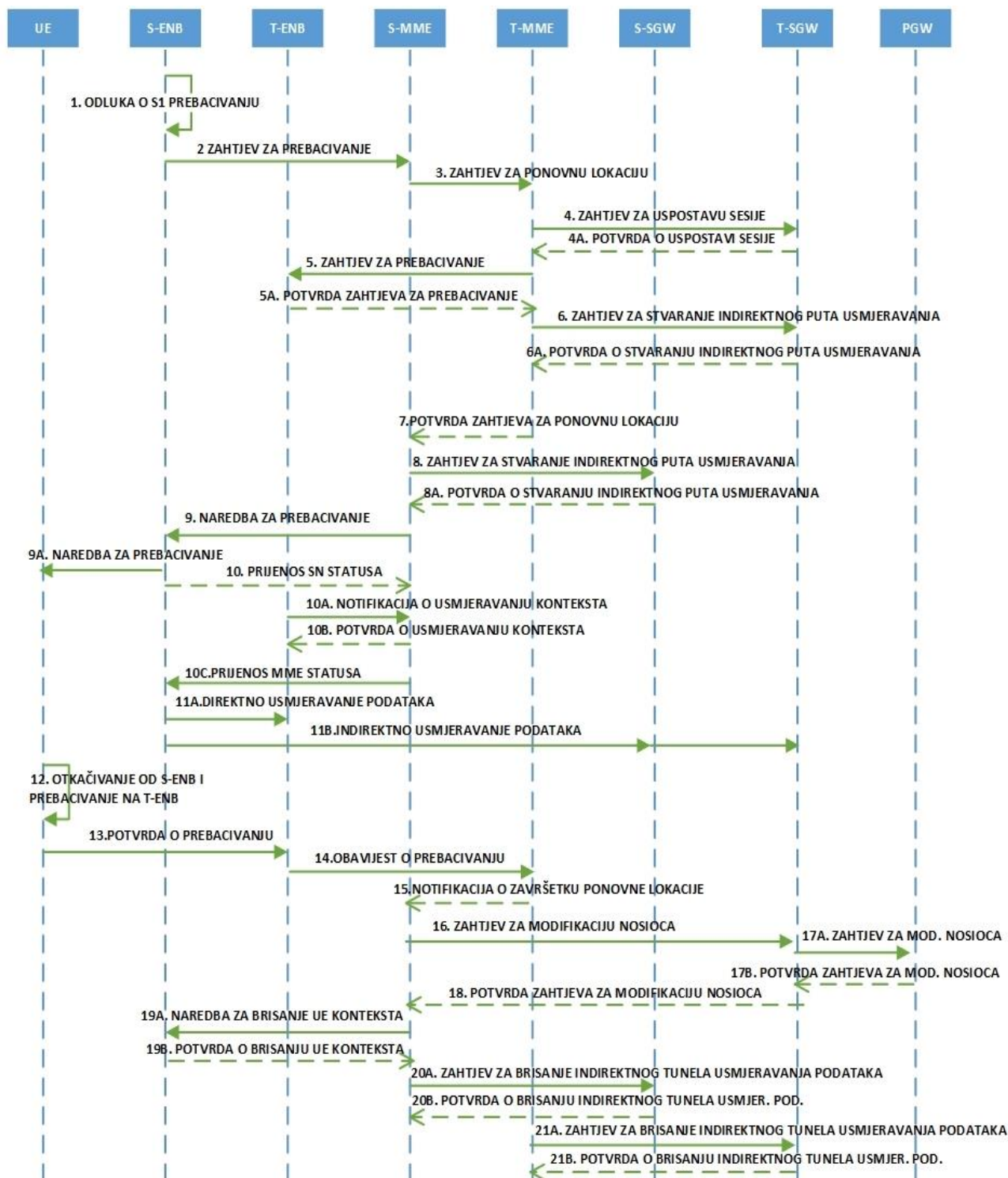
## **6.2. Prebacivanje poziva u Inter-LTE okruženju putem S1 sučelja**

Izvorišni eNB započinje prebacivanje slanjem zahtjeva za prebacivanje putem S1-MME sučelja. Ta procedura može ponovno locirati MME i/ili SGW. Izvorišni MME odabire određeni MME. MME se ne može mijenjati tijekom inter-eNB prebacivanja osim ako UE ne napusti MME područje pokrivenosti u kojem se nalazi. Određeni MME odlučuje ukoliko se i SGW mora mijenjati. Ukoliko se treba mijenjati, MME odabire određeni SGW.

Izvorišni eNB odlučuje koji od EPS nosioca sudjeluje u usmjeravanju silaznih podataka i eventualno i uzlaznih podataka od izvorišnog eNB prema određenom. EPC ne mijenja odluke koje se donesu u eNB. Usmjeravanje paketa se može odvijati ili direktno od izvorišnog eNB prema određenom eNB, ili indirektno od izvorišnog eNB prema određenom eNB putem izvorišnog i određnog SGW.

Dostupnost direktnog puta usmjeravanja se odlučuje u izvorišnom eNB i javlja određenom MME. Ukoliko je dostupna X2 veza između izvorišnog i određnog eNB-a, direktni put usmjeravanja je moguć.

Ukoliko direktni put usmjeravanja nije dostupan, koristi se indirektni put. Izvorišni MME koristi poruke od izvorišnog eNB kako bi odlučio o primjeni indirektnog usmjeravanja. Izvorišni MME javlja određenom MME-u treba li primijeniti indirektno usmjeravanje, [17]. Dijagram 3 prikazuje ovaj tip usmjeravanja sa prikazima uspostava mogućih puteva usmjeravanja.



Dijagram 3: Prebacivanje poziva u Inter-LTE okruženju putem S1 sučelja

Izvor: [17]

1. Izvorišni eNB donosi odluku o S1 prebacivanju prema određišnom eNB-u. To se može pokrenuti ne-postojanjem X2 veze prema određišnom eNB, ili porukom o grešci od određišnog eNB-a nakon neuspješnog X2 prebacivanja.

2. Izvorišni eNB šalje zahtjev za prebacivanje prema izvorišnom MME. Izvorišni eNB određuje koji nosioci sudjeluju u usmjeravanju podataka.
3. Izvorišni MME odabire odredišni MME i ako se odluči na prebacivanje, šalje zahtjev za ponovnu lokaciju prema odredišnom MME. Odredišni TAI se šalje odredišnom MME kako bi mu pomoglo oko odluke o ponovnoj lokaciji SGW.
4. Ukoliko se MME ponovno locirao, odredišni MME verificira može li odredišni SGW i dalje posluživati UE. Ukoliko ne, odabire novi SGW. Ako MME nije ponovno lociran, izvorišni MME odlučuje o spomenutom SGW ponovnom odabiru. Ukoliko izvorišni SGW i dalje poslužuje UE, ne šalje se nikakva poruka u ovom koraku. U ovom slučaju, odredišni SGW je identičan izvorišnom. Ukoliko se odabere novi SGW, odredišni MME šalje zahtjev za uspostavu sesije po PDN vezi prema odredišnom SGW. Odredišni SGW uređuje adrese i ID-eve tunela za uzlazni promet na S1-U sučelju. Odredišni SGW šalje potvrdu o uspostavi sesije natrag odredišnom MME.
5. Odredišni MME šalje zahtjev za prebacivanje prema odredišnom eNB. Ta poruka stvara UE kontekst u odredišnom eNB-u, uključujući informacije o nosiocima i sigurnosni kontekst. Odredišni eNB šalje potvrdu o prebacivanju prema odredišnom MME. U potvrdi se između ostalog nalaze liste adresa i ID-eva tunela koji su dodijeljeni odredišnom eNB-u za silazni promet preko S1-U sučelja.
6. Ukoliko se primjenjuje indirektno usmjerivanje i SGW je ponovno lociran, odredišni MME uspostavlja parametre usmjerivanja slanjem zahtjeva za stvaranje indirektnog tunela usmjeravanja prema SGW. SGW šalje potvrdu o zahtjevu odredišnom MME-u. Ukoliko SGW nije ponovno lociran, indirektno usmjeravanje se može uspostaviti i u koraku 8.
7. Ako je MME ponovno lociran, odredišni MME šalje potvrdu zahtjeva za ponovnu lokaciju izvorišnom MME. Ukoliko je SGW promijenjen, poruka sadrži i podatke o tome.
8. Ukoliko se primjenjuje indirektno usmjeravanje, MME šalje zahtjev za stvaranje tunela prema SGW. Ukoliko je SGW ponovno lociran, sadrži ID o tunelu prema odredišnom SGW. SGW vraća potvrdu prema izvorišnom MME.
9. Izvorišni MME šalje zahtjev za prebacivanje prema izvorišnom eNB. Naredba za prebacivanje sadrži podatke potrebne za prebacivanje prema odredišnim entitetima i šalju se prema UE. Nakon što primi poruku, UE se rješava svih EPS nosioca za koje nije primio odgovarajuće podatke u odredišnoj ćeliji.

10. Izvorišni eNB šalje poruku o prijenosu eNB statusa odredišnom eNB preko MME-a kako bi prenio PDCP i HFN (engl. Hyper Frame Number) status nosioca. Ukoliko postoji MME ponovna lokacija, izvorišni MME šalje tu informaciju odredišnom MME putem notifikacije o usmjeravanju konteksta koje odredišni MME priznaje. Izvorišni MME, ili ako je ponovno lociran, odredišni MME, šalje informaciju odredišnom eNB putem poruke o prijenosu MME statusa.

11. Izvorišni eNB započinje usmjeravanje silaznih podataka prema odredišnom eNB-u. To može biti odrađeno direktnim (korak 11A) ili indirektnim usmjeravanjem (korak 11B).

12. UE se odspaja sa izvorišne ćelije i sinkronizira se sa odredišnom ćelijom

13. Nakon uspješne sinkronizacije, UE šalje potvrdu o prebacivanju prema odredišnom eNB. Silazni paketi usmjereni od izvorišnjog eNB se mogu poslati prema UE. Također, uzlazni paketi se mogu slati od UE-a.

14. Odredišni eNB šalje obavijest o prebacivanju prema odredišnom MME.

15. Ukoliko je MME ponovno lociran, odredišni MME šalje notifikaciju o potvrdi ponovne lokacije izvorišnom MME.

16. MME šalje zahtjev za modifikaciju nosioca prema odredišnom SGW.

17. Ukoliko je SGW ponovno lociran, odredišni SGW dodjeljuje adrese i identifikatore puteva za silazni promet od PGW-a. Šalje zahtjev za modifikaciju nosioca prema PGW za svaku PDN vezu. PGW ažurira UE kontekst i šalje potvrdu o modifikaciji nosioca prema odredišnom SGW.

18. SGW vraća potvrdu o modifikaciji nosioca prema MME. MME zna da se odradila procedura prebacivanja poziva jer je primio kontekst o UE-u te se stoga između 18. i 19. koraka odrađuje procedura za ažuriranje područja praćenja.

19. MME šalje naredbu za brisanje UE konteksta izvorišnom eNB-u. eNB otpušta resurse vezane uz UE i vraća potvrdu o brisanju.

20 i 21. koraci se odnose na brisanje uspostavljenih indirektnih tunela usmjeravanja podataka.

### 6.3. E-UTRAN prema UTRAN Inter-RAT prebacivanje

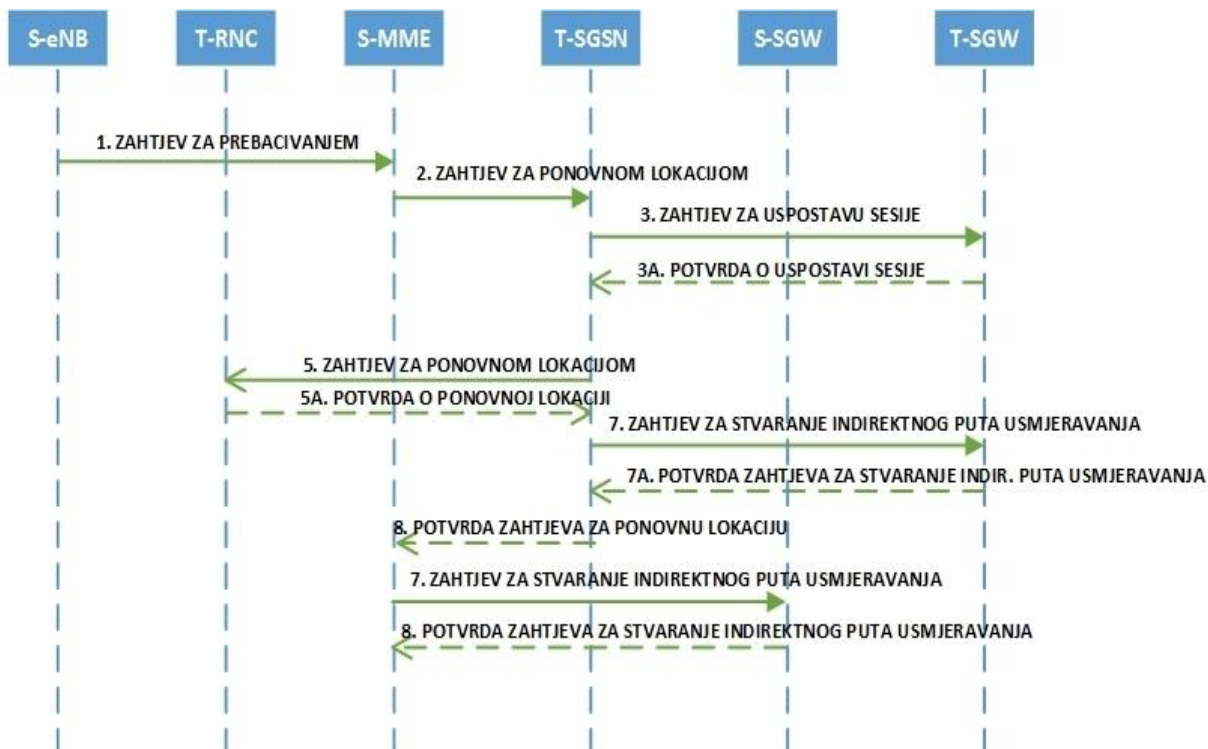
Osnovni zahtjev za prebacivanje prema 3G (s UE strane) je da UE funkcionirati i u 4G i 3G vezama te da se može bez poteškoća prebacivati iz jednog načina u drugi. Također, UE mora biti u mogućnosti odraditi I-RAT mjerenja na obje frekvencije. To nije jednostavan zadatak te se stoga mora koordinirati sa eNB-om tako da određene sesije prijenosa nisu zakazane tijekom prekida za mjerenje [4].

Uvjet za ovu vrstu prebacivanja je da UE bude u *ECM-CONNECTED* stanju (s E-UTRAN strane).

Prebacivanje prema određenom RNC-u (engl. Radio Network Controller) se izvodi bez obzira na to je li UE usred razgovora/sesije. Ukoliko su u tijeku važne sesije, određeni MME procjenjuje prebacivanje prema određenoj ćeliji bez obzira na to je li UE pretplaćen na određenu ćeliju zatvorene pretplatničke grupe. Ukoliko se zaista radi o ćeliji na koju nije pretplaćen, određeni RNC prihvaća samo hitne nosioce i određeni SGSN (engl. The Serving GPRS Support Node) deaktivira PDP kontekste koji nisu hitni [17].

Izvorišni eNB odlučuje pokrenuti Inter-RAT prebacivanje prema određenoj mreži, u ovom slučaju UTRAN. U ovom trenutku, silazni i uzlazni korisnički podaci se prenose nosiocima između UE i S-eNB te GTP tunelima između S-eNB i SGW i PGW-a.

Prema [17], ovaj način prebacivanja je lakše prikazati u pripremnoj i završnoj fazi te se stoga u ovom poglavlju prebacivanje prikazuje na taj način na dijagramu 4 (pripremna faza) i dijagramu 5 (završna faza).



*Dijagram 4: Pripremna faza E-UTRAN prema UTRAN Inter-RAT prebacivanja*

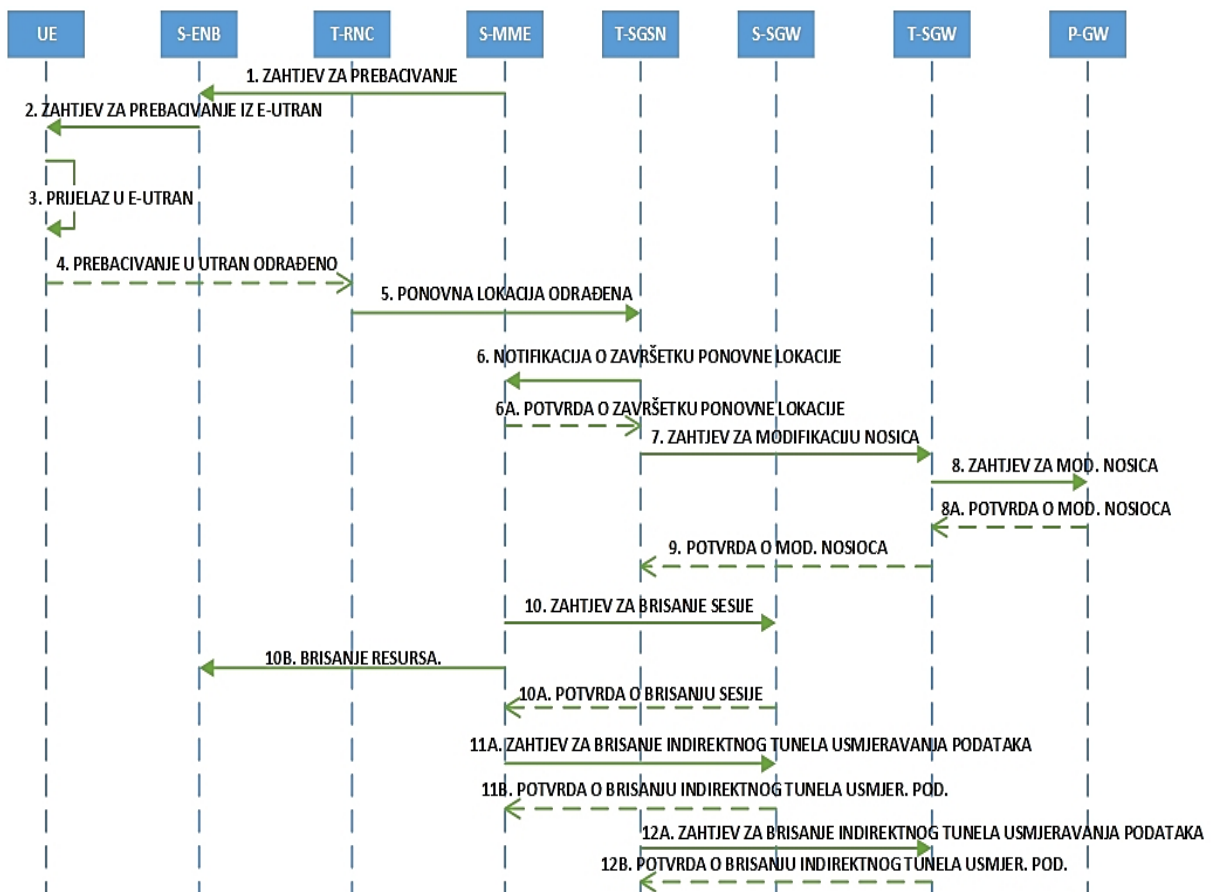
Izvor: [17]

1. Izvorišni eNB šalje zahtjev za prebacivanjem prema izvorišnom MME kako bi zatražio CN da uspostavi resurse u određišnom RNC-u, određišnom SGSN-u i SGW-u.
2. Izvorišni MME iz identifikatora određišnog RNC-a prepoznaje da se radi o IRAT prebacivanju u UTRAN. Izvorišni MME pokreće proceduru za dodjeljivanje potrebnih resursa slanjem zahtjeva za ponovnom lokacijom prema određišnom SGSN-u. U SGSN-u se zatim odrađuju potrebne prilagodbe vezane uz QoS razlike između nosioca.
3. Odredišni SGSN odlučuje o ponovnoj lokaciji SGW-a (npr. zbog promjene PLMN). Ukoliko se S-GW mora ponovno locirati, određišni SGSN odabire određišni SGW i šalje zahtjev za uspostavu sesije prema određišnom SGW. Odredišni SGW dodjeljuje sve potrebne resurse i vraća potvrdu o uspostavi sesije prema određišnom SGSN-u.
4. Odredišni SGSN traži od određišnog RNC da uspostavi potrebne radio nosioce (engl. Radio Access Bearers – RABs) slanjem zahtjeva za ponovnu lokaciju. Odredišni RNC dodjeljuje sve potrebne resurse i vraća parametre određišnom SGSN-u u potvrdi zahtjeva za ponovnu lokaciju

5. Ukoliko se indirektno usmjeravanje i ponovna lokacija SGW-a primjenjuje, određišni SGSN šalje zahtjev za stvaranje indirektnog puta usmjeravanja prema SGW. Indirektno usmjeravanje se može odvijati putem SGW-a, što se razlikuje od korištenja SGW-a kao sredstvo usmjeravanja za UE. SGW vraća potvrdu o uspostavi puta sa potrebnim podacima prema određišnom SGSN-u.

6. Određišni SGSN šalje potvrdu zahtjeva za ponovnu lokaciju prema određišnom MME.

7. Ukoliko se primjenjuje indirektno usmjerivanje, određišni MME šalje poruku o stvaranju indirektnog puta usmjeravanja prema SGW. SGW vraća parametre za usmjeravanje slanjem potvrde o stvaranju indirektnog puta. Ukoliko SGW ne podržava usmjeravanje podataka, odgovarajući razlog će se vratiti u poruci i adresa SGW-a i TEID-ovi (engl. Tunnel Endpoint ID) neće biti uključeni u poruku [17].



Dijagram 5: Izvršna faza E-UTRAN prema UTRAN Inter-RAT prebacivanja

Izvor: [19]

1. Izvorišni MME završava fazu pripreme prema odredišnom eNB-u slanjem naredbe za prebacivanje. Izvorišni eNB pokreće usmjeravanje podataka koje može ići direktno prema odredišnom RNC-u ili alternativnim putem preko SGW-a, ovisno o tome kako su odlučili izvorišni MME i/ili odredišni SGSN u fazi pripreme.
2. Izvorišni eNB šalje naredbu prema UE da se prebaci prema odredišnoj pristupnoj mreži. Ta poruka sadrži radio parametre koje je RNC uspostavio u fazi pripreme. Pri primitku poruke, UE pridružuje ID-eve svojih nosioca odgovarajućim RAB-ovima i zaustavlja uzlazni prijenos podataka korisničke ravnine.
3. UE prelazi u odredišni UTRAN sustav i odrađuje prebacivanje poziva prema parametrima koji su stigli u poruci u prethodnom koraku.
4. UE javlja odredišnom RNC-u da je završio s prebacivanjem te nastavlja prijenos podataka ali samo za one NSAPI-ove (engl. Network Service Access Point Identifier) za koje su dodijeljeni radio resursi u odredišnom RNC-u.
5. Kada se novi odredišni podaci uspješno razmjene s UE-om, odredišni RNC šalje poruku o odrađenoj ponovnoj lokaciji odredišnom SGSN-u. Nakon primanja poruke, SGSN je spreman za primanje podataka od odredišnog RNC-a.
6. Sad kada odredišni SGSN zna da se UE prebacio na odredišnu stranu, šalje potvrdu o ponovnoj lokaciji odredišnom MME-u. Ukoliko je određeno, ISR (engl. Idle-mode Signaling Reduction) govori izvorišnom MME-u da zadrži UE kontekst i da aktivira ISR, što je moguće samo kad je SGW nepromijenjen. Pokreće se brojač u MME koji nadzire kada se resursi u izvorišnom eNB i izvorišnom SGW otpuštaju. Kada brojač istekne, MME otpušta sve resurse nosioca za UE.  
Nakon što primi potvrdu o završetku ponovne lokacije, odredišni SGSN pokreće brojač ukoliko je odredišni SGSN pridružio SGW resurse za indirektno usmjeravanje.
7. Odredišni SGSN završava proceduru prebacivanja informiranjem SGW-a da je odredišni SGSN sada odgovoran za sve kontekste EPS nosioca koje je UE uspostavio. To se odrađuje slanjem zahtjeva za modifikaciju nosioca prema odredišnom SGW-u.. Ukoliko PGW zahtjeva i lokaciju UE, SGSN uključuje i te podatke. Ukoliko se SGW nije ponovno locirao ili SGSN nije primio nikakve stare podatke o mreži od starog MME-a, SGSN uključuje i nove podatke o mreži u toj poruci. Ukoliko potvrda o modifikaciji nosioca javlja da se SGW nije promijenio,
8. Odredišni SGW može javiti PGW informacije o ponovnoj lokaciji SGW-a ili o promjeni tipa RAT (informacije koje se odnose na naplaćivanje) slanjem zahtjeva za modifikaciju nosioca. Kao u prethodnom koraku, svi podaci o ponovnoj lokaciji se također nalaze u



poruci te PGW mora potvrditi navedeni zahtjev potvrdom o modifikaciji nosioca. U slučaju ponovne lokacije SGW, PGW ažurira svoje polje s kontekstom te nakon toga vraća potvrdu.

9. SGW potvrđuje prebacivanje korisničke ravnine na odredišni SGSN slanjem potvrde o modifikaciji nosioca. U tom trenutku su uspostavljeni svi putevi korisničke ravnine za EPS nosioce između UE, odredišnog RNC-a, odredišnog SGSN-a, SGW-a i PGW-a.

Između 9. i 10. koraka, kada UE prepozna da njegovo trenutno područje usmjeravanja nije registrirano na mreži, pokreće proceduru ažuriranja područja sa odredišnim SGSN-om. Odredišni SGSN zna da je odrađen I-RAT prebacivanje te odrađuje potrebne RAU procedure, specifično isključuje kontekste o procedurama prijenosa između izvorišnog MME i odredišnog SGSN-a.

10. Kada brojač iz 6. koraka ističe, i ukoliko je izvorišni MME primio informacije o promjeni SGW-a, briše EPS nosioce slanjem zahtjeva za brisanje sesije prema izvorišnom SGW-u. SGW vraća potvrdu o brisanju. Također, po isteku brojača iz koraka 6, MME šalje poruku o otpuštanju resursa prema izvornom eNB-u. Izvorni eNB zatim otpušta sve resurse vezane uz UE.

11. i 12. koraci se odnose na brisanje uspostavljenih indirektnih puteva usmjeravanja podataka između entiteta te otpuštanje privremenih resursa koji su bili dodijeljeni u tom periodu [17].

## 7. Zaključak

Arhitektura LTE-a je dizajnirana s ciljem da podrži prijenos podataka s besprijekornom mobilnošću i odgovarajućom kvalitetom usluge. Nove usluge prijenosa i mobilnosti donesene s LTE-om daju impresivne uslužne mogućnosti poput visokih brzina prijenosa te ekonomične operacije mobilnosti koje omogućavaju besprekidna kretanja korisničke opreme i prebacivanja poziva. U radu se objašnjavaju novi koncepti mobilnosti za LTE koji olakšavaju praćenje korisničke opreme u kojem god se stanju nalazila.

S brzim razvojem mobilnih tehnologija u svim aspektima telekomunikacija, besprekidno prebacivanje poziva mora biti izvedivo u svakoj tehnologiji. Pružatelji usluga i korisnici imaju koristi od takve vrste prebacivanja što se tiče učinkovitosti, unaprijeđenih značajki, neovisnosti lokacije i lakoće uporabe. Te se značajke moraju odnositi ne samo na prebacivanje unutar LTE-a, već i na prebacivanje prema drugim mrežama.

U radu su prikazani osnovni tipovi prebacivanja poziva u LTE-u. S obzirom da se u LTE-u koristi kombinirani pristup kod pripreme prebacivanja, besprekidno prebacivanje je puno učestalije jer korisnička oprema može sama odlučiti kada joj odgovaraju uvjeti za prijelaz u drugu ćeliju/mrežu.

Velik dio kompleksnosti kod I-RAT prebacivanja leži na mrežnoj strani. Uz dodatak koordinacije oko mjerenja, eNB mora biti u mogućnosti konfigurirati kriterije za mjerenja i točke okidanja za prebacivanja te javiti parametre UE-u. Jezgri elementi mreže u obje pristupne tehnologije moraju imati kompatibilne procedure.

## Literatura

- [1] S. Palat; P. Godin: *The LTE Network Architecture, Strategic White Paper*, Alcatel – Lucent, 2009.
- [2] M. Olsson; S. Sultana; S. Rommer; L. Frid; C. Mulligan: *SAE and the Evolved Packet Core: Driving the Mobile Broadband Revolution*, Elsevier Ltd., Amsterdam, 2010.
- [3] Internet stranica: <https://www.netmanias.com/en/?m=view&id=techdocs&no=5904> (pristupljeno: kolovoz 2017.)
- [4] Internet stranica: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/3720/urn100472.pdf> (pristupljeno: rujan 2017.)
- [5] Internet stranica: [https://www.tutorialspoint.com/lte/lte\\_protocol\\_stack\\_layers.htm](https://www.tutorialspoint.com/lte/lte_protocol_stack_layers.htm) (pristupljeno: kolovoz 2017.)
- [6] 3GPP; Technical Specification Group Core Network and Terminals: *Non-Access-Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System (EPS); Stage 3 (Release 14)*, izdanje 23401-b30, str. 58-60, lipanj 2017.
- [7] P. Kumar; M. Thirupathi: *Enhancements in Mobility Management for future Wireless Networks*, International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering, vol. 2, str. 1-3, 2013.
- [8] Internet stranica: <https://www.netmanias.com/en/post/techdocs/5909/ecm-emm-lte-mobility/lte-emm-and-ecm-states> (pristupljeno: kolovoz 2017.)
- [9] Internet stranica: <https://www.netmanias.com/en/?m=view&id=blog&no=5930> (pristupljeno: kolovoz 2017.)
- [10] A. Karandikar; N. Akhtar; M. Mehta: *Mobility Management in LTE Heterogeneous Networks*, Springer Nature Singapore Pte Ltd, Singapur, 2017.
- [11] Internet stranica: <http://www.3glteinfo.com/lte-handover-overview/> (pristupljeno: rujan 2017.)
- [12] Internet stranica: <http://www.3glteinfo.com/intra-lte-handover-using-x2-interface/> (pristupljeno: rujan 2017.)

[13] Internet stranica: <https://www.netmanias.com/en/?m=view&id=techdocs&no=6224>  
(pristupljeno: rujan 2017.)

[14] Internet stranica: <https://www.netmanias.com/en/?m=view&id=techdocs&no=6257>  
(pristupljeno: rujan 2017.)

[15] Internet stranica: <https://www.netmanias.com/en/?m=view&id=techdocs&no=6286>  
(pristupljeno: rujan 2017.)

[16] Internet stranica: <http://www.3glteinfo.com/intra-lte-handover-using-s1-interface/>  
(pristupljeno: rujan 2017.)

[17] 3GPP; Technical Specification Group Core Network and Terminals: *General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access (Release 11)*“, izdanje 23401-e40, str. 227-240, Lipanj 2017.

## **Popis kratica**

HSDPA - High Speed Downlink Packet Access

UMTS - Universal Mobile Telecommunications System

LTE - Long Term Evolution

3GPP - Third Generation Partnership Project

EPS - Evolved Packet System

E-UTRAN – Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network

MME - Mobility Management Entity

eNB - Evolved Node B

PGW - Packet Data Network Gateway

QoS - Quality of Service

SGW - Serving Gateway

HSS - Home Subscriber Server

PCRF - Policy Control and Charging Rules Function

PLMN - Public Land Mobile Network

RAN - Radio Access Network

UE - User Equipment

RRM - Radio resource management

VoIP - Voice over Internet Protocol

PDCP - Packet Data Convergence Protocol

RLC – Radio Link Control

MAC- Medium access control

RRC - Radio Resource Control

NAS - Non Access Stratum

GTP - GPRS Tunneling Protocol

ROHC - Robust Header Compression

SMS - Short Message Service

PDU - Packet Data Units

AMC - Adaptive Coding and Modulation

HARQ - Hybrid Automatic Retransmission on reQuest

AM - Acknowledged Mode

UM - Unacknowledged mode

TM - Transparent mode

SAP - Security Access Point

EMM - EPS mobility management

ESM - EPS session management

SCTP - Stream Control Transmission Protocol

USIM - Universal Subscriber Identity Module

I-RAT - Inter Radio Access Technology

RSRP - Reference Signal Received Power

TA – Tracking Area

TAI – Tracking Area Identity

TAL – Tracking Area List

TAU – Tracking Area Update

GUTI - Globally Unique Temporary Identifier

SMC - Security Mode Control

ECM - EPS Connection Management

DRB - Data Radio Bearer

WLAN - Wireless Local Area Network

RSS - Received Signal Strength

WCDMA - Wide Band Code Division Multiple Access

HFN - Hyper Frame Number

CSG - Closed Subscriber Group

RNC - Radio Network Controller

SGSN - The Serving GPRS Support Node

TEID - Tunnel Endpoint ID

NSAPI - Network Service Access Point Identifier

ISR - Idle-mode Signaling Reduction

## Popis slika

Slika 1: LTE arhitektura .....	3
Slika 2: E-UTRAN elementi .....	5
Slika 3: Protokolni složaj E-UTRAN korisničke ravnine .....	7
Slika 4: Koncept lista praćenja .....	13
Slika 5: Signalizacijska veza između eNB i MME .....	15

## Popis tablica

Tablica 1: Sučelja u EPC.....	4
Tablica 2: Sučelja u E-UTRAN .....	6
Tablica 3: EMM/ECM/RRC stanja.....	16
Tablica 4: EMM stanja i prijelazi.....	16
Tablica 5: Procedure u prebacivanju poziva .....	22



## Popis dijagrama

Dijagram 1: Prebacivanje poziva putem X2 sučelja u Intra-LTE okruženju .....	25
Dijagram 2: Prebacivanje poziva putem S1 sučelja u Intra-LTE okruženju.....	27
Dijagram 3: Prebacivanje poziva u Inter-LTE okruženju putem S1 sučelja.....	29
Dijagram 4: Pripremna faza E-UTRAN prema UTRAN Inter-RAT prebacivanja.....	33
Dijagram 5: Izvršna faza E-UTRAN prema UTRAN Inter-RAT prebacivanja.....	34