

**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU**



## **PREGLED VOLTE TEHNOLOGIJE**

– Diplomski rad –

Kandidat:

Teodora Garašanin 2011/248

Mentor:

doc. dr Zoran Čiča

Beograd, Septembar 2015.

# SADRŽAJ

|  |           |
|--|-----------|
| SADRŽAJ.....   | 2         |
| <b>1. UVOD.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>2. EVOLUCIJA MOBILNIH MREŽA .....</b>                                   | <b>4</b>  |
| 2.1. 1GENERATION .....   | 4         |
| 2.2. 2GENERATION .....   | 4         |
| 2.2.1. GSM – Global System for Mobile Communications .....                 | 4         |
| 2.2.2. GPRS - General Packet Radio Services (2.5G) .....                   | 5         |
| 2.2.3. EDGE - Enhanced Data rates for GSM Evolution (2.75G).....           | 5         |
| 2.3. 3GENERATION .....   | 5         |
| 2.4. 4GENERATION .....   | 5         |
| <b>3. LTE.....</b>   | <b>6</b>  |
| 3.1. POČECI I RAZVOJ LTE MOBILNE MREŽE.....                                | 6         |
| 3.2. OSNOVNA ARHITEKTURA LTE .....   | 6         |
| <b>4. PRENOS PODATAKA KROZ MOBILNE MREŽE .....</b>                         | <b>9</b>  |
| 4.1. PRENOS PODATAKA PRINCIPOM KOMUTACIJE KOLA .....                       | 9         |
| 4.2. PRENOS PODATAKA PRINCIPOM KOMUTACIJE PAKETA.....                      | 10        |
| <b>5. PROBLEM PRENOSA GOVORNOG SAOBRAĆAJA KROZ LTE MREŽU .....</b>         | <b>11</b> |
| 5.1. VOIP ADOPTED FROM FIXED BROADBAND .....                               | 11        |
| 5.2. CIRCUIT SWITCHED FALLBACK – CSFB .....                                | 12        |
| 5.3. SIMULTANEOUS VOICE AND LTE - SVLTE.....                               | 13        |
| 5.4. SINGLE RADIO VOICE CALL CONTINUITY – SRVCC .....                      | 13        |
| 5.5. VOLTE.....  | 14        |
| <b>6. VOLTE.....</b>   | <b>15</b> |
| 6.1. UVOD U VOLTE TENOLOGIJU.....  | 15        |
| 6.2. VOIP TEHNOLOGIJA KAO OSNOVA RAZVOJA VOLTE TEHNOLOGIJE .....           | 15        |
| 6.3. IMS PLATFORMA - KLJUČNI ZAHTEV ZA VOLTE POZIV .....                   | 16        |
| 6.4. VOLTE IMS ARHITEKTURA .....   | 20        |
| 6.5. SIP PROTOKOL.....   | 21        |
| 6.6. IMS REGISTRACIJA .....  | 23        |
| <b>7. VOLTE PROCEDURA USPOSTAVE POZIVA .....</b>                           | <b>26</b> |
| 7.1. RADIO PROCEDURA USPOSTAVE VEZE .....                                  | 26        |
| 7.1.1. PDN Connectivity .....  | 27        |
| 7.1.2. Autentifikacija.....  | 27        |
| 7.1.3. Bearer setup – uspostavljanje radio kanala za prenos podataka ..... | 28        |
| 7.1.4. P-CSCF Discovery.....   | 29        |
| 7.2. IMS REGISTRACIJA/DEREGISTRACIJA U SLUČAJU VOLTE POZIVA.....           | 29        |
| 7.3. MO/MT POZIV – KONAČNA USPOSTAVA POZIVA .....                          | 30        |
| <b>8. ZAKLJUČAK.....</b>   | <b>32</b> |
| LITERATURA.....  | 33        |

# 1. UVOD

Glavni problem u svetu telekomunikacija sa kojim se suočavaju operatori mobilnih mreža danas je sve veća potražnja korisnika za što većim protokom, kao i sve većim brojem zahtevanih servisa od strane korisnika i obezbeđivanjem što boljeg kvaliteta tih servisa.

Današnje mobilne mreže (bežične mreže) se nalaze u poziciji u kojoj je potrebno korisnicima obezbediti protoke korisničkog saobraćaja gotovo iste kao što je to slučaj sa fiksnim mrežama (ADSL). Shodno tome kao najveći problem 2G/3G mreža pojavila se potreba za sve većim kapacitetom same mreže. Otuda i potrebna za razvojem nove 4G LTE (*Long Term Evolution*) tehnologije. LTE mreža je nastala sa ciljem da obezbedi korisnicima veliki protok paketskog saobraćaja. LTE tehnologija se još uvek razvija i naznake su da će u narednim godinama ova mreža biti još superiornija u odnosu na 2G/3G mreže. LTE mreža bi takođe trebalo da obezbedi bolju iskorišćenost spektra kao i da pojednostavljenjem mreže oslobodi deo spektra, čime će biti otvoren put ka razvoju novih servisa. Prva komercijalna LTE mreža je pokrenuta u Švedskoj krajem 2009. godine. Od tada LTE je postala najbrže rastuća mobilna komunikaciona tehnologija ikad. Tehnologija koja nudi izuzetnu brzinu prenosa podataka, smanjeno kašnjenje i povećane performanse kapaciteta sistema. Sa skoro 400 komercijalnih LTE mreža u svetu LTE se pokazao kao uspešan konkurent 2G/3G mrežama. LTE mreža je zasnovana na principu prenosa podataka isključivo principom komutacije paketa što nije slučaj sa 2G/3G mrežama koje za prenos govornog saobraćaja koriste komutaciju kola. Suštinski u LTE mreži nije moguće ostvariti tradicionalni telefonski poziv (*legacy call*) upravo zbog takvog pristupa prenosu podataka. Kao rešenje ovog problema razvijena je tehnologija VoLTE (*Voice over LTE*) koja umesto 2G/3G mreže za prenos govornog saobraćaja koristi upravo LTE mrežu. Ova tehnologija bazirana je na VoIP (*Voice over IP*) tehnologiji koja se već duže vreme koristi u slučaju fiksnih mreža (*Skype*). VoLTE tehnologija unosi velike promene u sam fizički prenos korisničkog saobraćaja. Smatra se da će potpunom implementacijom VoLTE tehnologije biti potpuno iskorenjen način prenosa korisničkog saobraćaja, pre svega govornog, putem komutacije kola.

Glavna tema ovog rada je VoLTE tehnologija. Rad obuhvata kratak pregled evolucije i razvoja mobilnih mreža kako bismo bili u mogućnosti da sagledamo koliki je evolutivni korak LTE mobilna tehnologija i koje su velike promene koje donosi sama VoLTE tehnologija. Zatim kratak osvrt na LTE mobilnu tehnologiju, kao platformu na kojoj je VoLTE tehnologija prenosa govora razvijena. Pregled mogućih načina prenosa govora preko LTE mreže. Rad će se u nastavku baviti samom tehnološkom pozadinom VoLTE tehnologije načinom uspostave poziva, signalizacijom i drugim tehničkim parametrima, kao osnova tehničke podrške biće predstavljena IMS platforma.

## 2. EVOLUCIJA MOBILNIH MREŽA

Mobilne mreže (*mobile network* ili *cellular network*) se sastoje od pojedinačnih ćelija (*cell*) koje predstavljaju određenu fizičku oblast pokrivenosti jednom radio-frekvencijom preko koje se odvija sav paketski saobraćaj sa područja te ćelije. Mobilne komunikacije podrazumevaju da je bar jedan korisnik koji učestvuje u telefonskom pozivu mobilan. U protekle tri decenije razvijeni su standardi za analogne i digitalne sisteme mobilnih telekomunikacija. Razvoj mobilnih mreža razvrstan je po tzv. generacijama koje predstavljaju evolutivni tok razvoja mobilnih mreža počev od najstarije mobilne mreže 1G (1 *Generation*) do danas aktuelne 4G mobilne mreže (LTE).

### 2.1. 1Generation

1G predstavlja prvu generaciju mobilnih mreža tj. bežične telefonske tehnologije. Ova tehnologija je bazirana na upotrebi analognog radio signala. Omogućavala je isključivo glasovnu komunikaciju tj. uspostavu telefonskog poziva, nikakav prenos podataka nije bio moguć. Sistemi prve generacije koristili su FM modulaciju (*Frequency Modulation*). Dok su mobilni uređaji za pristup mreži koristili tehniku višestrukog pristupa sa frekvencijskom raspodelom - FDMA tehnologiju pristupa. U ovom slučaju za svaki kanal koji je dodeljen korisniku rezervisan je opseg od 30kHz. U ovim sistemima se prvi put koristi koncept ćelijske pokrivenosti.

### 2.2. 2Generation

2G predstavlja drugu generaciju razvoja tehnologije mobilnih mreža. 2G donosi poboljšanja kao i velike promene u odnosu na 1G mrežnu tehnologiju. Pre svega 2G je prva mobilna tehnologija koja se zasnivala na digitalnom prenosu informacija. Ova tehnologija donosi značajna poboljšanja u smislu spektralne efikasnosti i omogućava razvoj novih servisa. 2G tehnologija uvodi nove mogućnosti prenosa podataka servisima kao što su SMS (tekstualne poruke) i MMS (prenos slika putem poruka). 2G je kasnije prezentovao nadogradnje kao što su 2.5G i 2.75G koje su predstavljale još bolje performanse u odnosu na početnu 2G tehnologiju. Neke od ovih tehnologija se u mnogim delovima sveta još uvek koriste. Ove tehnologije poznatije su pod nazivima GSM, GPRS i EDGE u daljem tekstu sledi detaljniji opis svake od njih pojedinačno.

#### 2.2.1. GSM – Global System for Mobile Communications

Predstavlja prvu digitalna paketsku mrežu. Upotrebom digitalne enkripcije pružene su nove mogućnosti korisnicima kao što je prenos podataka (data servis). Problem je nastao usled nedostatka kapaciteta, tako da se data servis svodio na prenos SMS poruke, više od toga nije bilo moguće ostvariti. Ovaj standard prvobitno je koristio samo tehnologiju komutacije kola za prenos

govornog saobraćaja da bi kasnije tokom vremena bio unapređen da bi mogao da podrži komutaciju paketa. Korišćenjem komutacije kola, garantovan je određeni kvalitet servisa za prenos podataka.

### **2.2.2. GPRS - General Packet Radio Services (2.5G)**

GPRS je 2G sa poboljšanom transmisijom podataka tj. podrškom za komutaciju paketa, uvode se servisi poput MMS-a i WAP-a. Prva mobilna mreža koja je omogućila da korisnik uvek bude konektovan na mrežu. GPRS predstavlja *best-effort* servis što znači da se korisnički saobraćaj ne prenosi na osnovu prioriteta, već samo na osnovu stanja u mreži. Protok podataka zavisi od broja korisnika i količine servisa koji se u tom trenutku koriste. Za razliku od GSM ovde nemamo garantovan kvalitet servisa. GPRS omogućava protoke od 56-114 kbit/s.

### **2.2.3. EDGE - Enhanced Data rates for GSM Evolution (2.75G)**

Predstavlja poboljšani protok prenosa podataka namenjen evoluciji GSM standarda, dodatno unapređuje performanse postojećih mreža. Protok podataka je uvećan do 1Mb/s. Uvedeno je zaštitno kodovanje korišćenjem turbo kodova kako bi se smanjio broj grešaka koje nastaju pri prenosu.

## **2.3. 3Generation**

UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) je komercijalno predstavljen potrošačkom tržištu 2003. godine. UMTS je tehnologija koja je omogućila korisnicima video pozive, glasovnu komunikaciju i simultanu upotrebu govornog i data servisa. Današnjica mobilnih mreža predstavlja 3G ekstenzije koje su široko podržane od strane proizvođača mobilnih telefona i mrežnih operatora. 3.xG standardi kao što su HSDPA, HSUPA, HSPA+ i LTE (E-UTRA) su bazirani na paketskoj mrežnoj infrastrukturi (*all IP*), ali ne zadovoljavaju 4G propusni opseg. UMTS koristi W-CDMA (*Wideband - Code Division Multiple Access*) radio tehnologiju kako bi ponudio veću spektralnu efikasnost mobilnim operatorima. UMTS je definisan kao kompletni mrežni sistem uključujući i radio pristupnu mrežu (*UTRAN - UMTS Terrestrial Radio Access Network*) kao i jezgro mreže (*core network*). Za autentifikaciju korisnika koriste se SIM kartice (*Subscriber Identity Module*). UMTS zahteva nove bazne stanice i nove alokacije frekvencija. Teorijski najviša brzina koja se može ostvariti je 42Mb/s u slučaju kada je *Evolved HSPA* (HSPA+) implementran u mrežu. Ovo je prva mrežna tehnologija koja je omogućila mobilne aplikacije kao što su mobilni TV i video poziv.

## **2.4. 4Generation**

LTE – *Long Term Evolution* je tehnologija koja se razvija i uz prethodno navedenu tehnologiju predstavlja današnjicu razvoja i korišćenja mobilnih mreža. Zbog važnosti koju predstavlja za ovaj rad kao platforma na kojoj je razvijena VoLTE tehnologija u narednom poglavlju će biti detaljnije priložene karakteristike ove mobilne tehnologije. Budućnost mobilnih mreža predstavlja *LTE Advanced*.

## 3. LTE

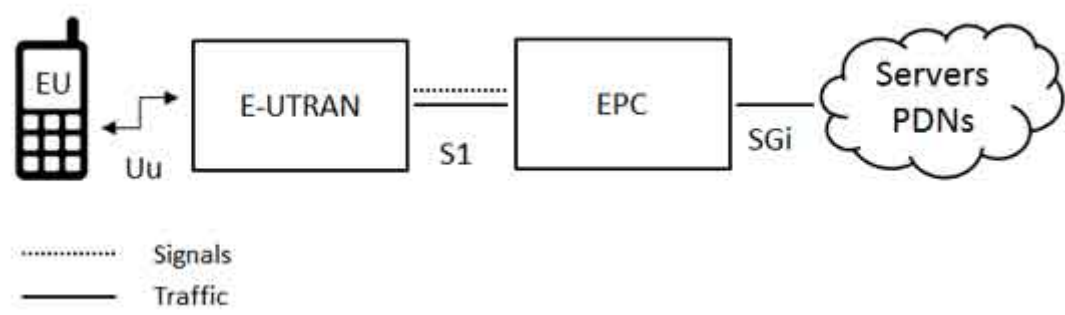
### 3.1. Počeci i razvoj LTE mobilne mreže

*LTE (Long Term Evolution)* je projekat koji je nastao 2004. godine od strane telekomunikacionog regulatornog tela - 3GPP (*Third Generation Partnership Project*). LTE predstavlja standard za bežični prenos podataka velikog protoka. Ova mrežna tehnologija je evoluirala od ranijeg projekta 3GPP-a UMTS-a koji je evoluirao od prethodnog GSM-a. Standardizacija LTE tehnologije je razvijena u okviru 3GPP specifikacije *Release 8*. U slučaju ove mrežne tehnologije ispunjena je kompatibilnost unazad sa GSM/EDGE i UMTS/HSDPA mrežama. LTE se oslanja na već postojeću infrastrukturu uz određene dodatke. LTE je dizajniran da obezbedi korisniku veliku brzinu protoka podataka i ispuni zahteve korisnika za novim servisima. Protok koji je moguće ostvariti na *downlink*-u je 100Mb/s, a u laboratorijskim uslovima ostvaren je protok od neverovatnih 1Gb/s, dok je na *uplink*-u protok do 50Mb/s. U slučaju HSDPA tehnologije najveći protok na *downlink*-u bio je svega 14Mb/s, a na *uplink*-u 5,7 Mb/s. Očigledno je da LTE omogućava korisnicima daleko veći protok. Cilj prelaska na LTE mrežnu tehnologiju je obezbeđivanje većeg protoka korisnicima, poboljšanje spektralne efikasnosti, realizovanje znatno efikasnije paketske komutacije i prevođenje mobilne mreže na isključivo paketsku mrežu. LTE je IP (*Internet Protocol*) orijentisana mreža, isključivo paketska mreža, koja je uglavnom dizajnirana za Internet/data aplikacije. Postoje dve osnovne mogućnosti za podšku servisa telefonskog poziva na ovoj mrežnoj tehnologiji. Prvi je VoLTE tehnologija koja predstavlja korišćenje VoIP principa uz pomoć IMS (*IP Multimedia Subsystem*) podrške i drugi način su koncepti koji koriste prenos podataka 2G/3G mrežom. Ove tehnologije ne predstavljaju prenos govornog saobraćaja LTE mrežom, već alternative u slučaju kada VoLTE tehnologija nije podržana. Više reči o mogućim tehnologijama prenosa govora preko LTE mreže biće u narednom poglavlju.

### 3.2. Osnovna arhitektura LTE

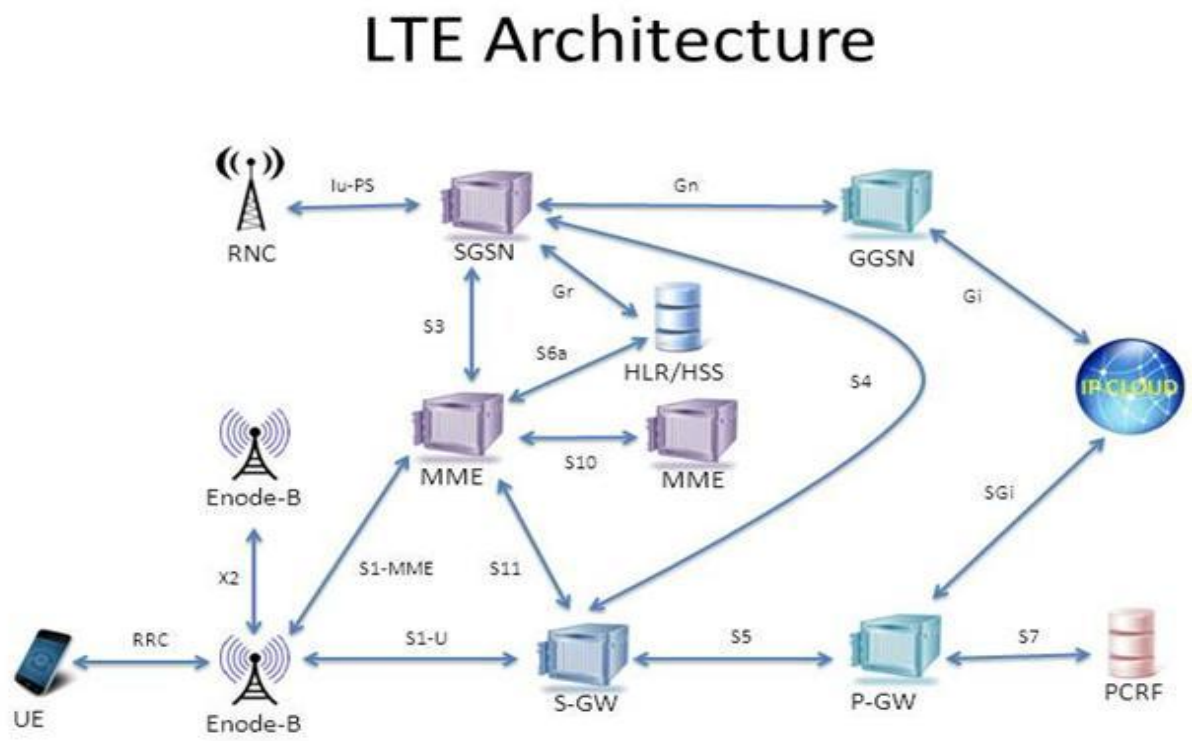
EPS (*Evolved Packet System*) je podeljen na dva dela. LTE deo koji se bavi tehnologijom koja je u vezi sa radio pristupom E-UTRAN (*Evolved UTRAN*) i drugi deo koji predstavlja EPC (*Evolved Packet Core*) koji se bavi tehnologijom koja se odnosi na jezgro mreže (*core network*). LTE mreža je E2E IP (*End to end IP*) što znači da svi saobraćajni tokovi, sav prenos podataka od UE (*User Equipment*) do PDN (*Public Data Network*) koji povezuje entitete, prenose se zasnovano na IP protokolu u okviru EPS-a. EPC pruža pristup ka spoljnim mrežama za prenos podataka (Internet), upravlja funkcijama sigurnosti (autentifikacija, dodela sigurnosnih ključeva), vodi računa o pretplatničkim informacijama, tarifiranju i naplati kao i mobilnost prema drugim pristupnim mrežama. E-UTRAN obavlja sve funkcije koje su u vezi sa radio pristupom za aktivne terminale.

Sastoji se od baznih stanica (*eNB – e-Node B*). Pojednostavljena arhitektura LTE mreže je na slici 3.2.1. na kojoj se mogu videti glavne komponente ove arhitekture.



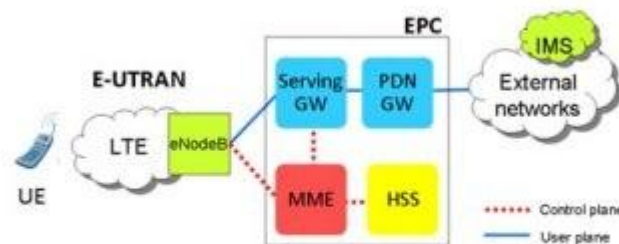
Slika 3.2.1. Uprošćena arhitektura LTE mreže [6]

Slika 3.2.2. predstavlja detaljniji prikaz LTE arhitekture, na kojoj možemo videti pojedinačne komponente u okviru glavnih delova mreže kao i interfejse između pojedinačnih mrežnih elemenata.



Slika 3.2.2. Arhitektura LTE mreže [14]

LTE komponente predstavljaju gore navedeni UE – mobilni uređaj i eNB bazna stanica koja obezbeđuje korisniku radio kanal (*radio bearer*) preko koga će se vršiti bežični prenos podataka. EPC je sastavljen od komponenti različite funkcionalnosti. Jedna od osnovnih komponenti čija je uloga funkcija kontrole i upravljanje uspostavljenom sesijom je MME (*Mobility Management Entity*) komponenta. Funkcije bezbednosti predstavljaju funkcije koje su zadužene za autentifikaciju korisnika i proveru identiteta korisnika. Sledeće funkcije ovog entiteta su funkcije koje služe za uspostavljanje parametara kvaliteta servisa (*QoS - Quality of Service*) kao i praćenje lokacije korisnika u trenucima kada korisnik nije aktivan (*idle mode*). Sledeća veoma bitna komponenta je HSS (*Home subscriber server*) koja predstavlja bazu informacija o korisniku. Ova komponenta je sadržana od dva funkcionalna dela. HLR (*Home Location Register*) i AuC (*Authentication Center*). HSS sadrži informacije o identifikaciji korisnika koji se čuvaju u obliku IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) ili MSISDN (*Mobile Subscriber ISDN*). HSS takođe sadrži informacije o uslovima koji važe za određenog korisnika na osnovu pretplate korisnika, ovi parametri uključuju parametre o QoS informacijama. Informacije koje su sadržane u HSS su i informacije o autentifikaciji i autorizaciji korisnika, kao i lokaciji korisnika i aktivnom S-CSCF (*Serving - Call Session Control Function*). SGW (*Signaling Gateway*) obezbeđuje interfejs ka signalizacionoj ravni CS (*circuit switching*) mreže, tačnije predstavlja terminal između PS (*packet switching*) i E-UTRAN. SGW obavlja konverziju mrežnih protokola. PDN GW (*Gateway*) predstavlja tačku spajanja EPC i eksterne IP mreže. PDN GW rutira pakete ka i od PDN-a. PDN GW dodatno obavlja funkcije kao što je alokacija IP adresa/IP prefiks, kao i funkcije bezbednosti, kontrole i tarifiranja. PCRF (*Policy and Charging Rules Function*) komponenta se bavi problemom sigurnosti i zaštite kao i postavljanjem QoS parametara za svaku sesiju. Deli se na dve funkcionalnosti PDF (*Policy Decision Function*) i CRF (*Charging Rules Function*). PDF je zadužen za sigurnost. Na slici 3.2.3. prikazane su osnovne komponente LTE arhitekture.



Slika 3.2.3. Osnovne komponente LTE mreže [4]



## 4. PRENOS PODATAKA KROZ MOBILNE MREŽE

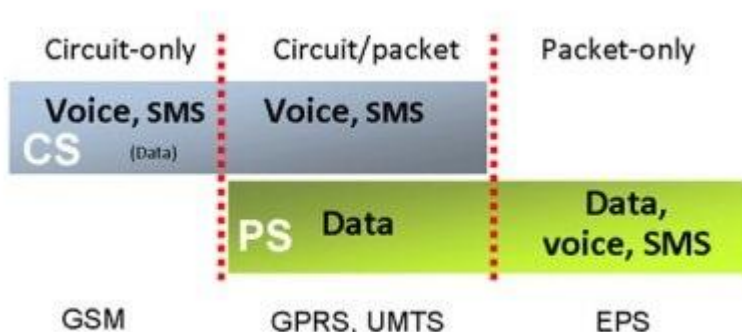
Telefonski poziv predstavlja komunikaciju između dva korisnika što uslovljava uspostavu veze kao i siguran prenos govornog saobraćaja (informacija) od izvorišta do odredišta. Korisniku se mora obezbediti takav kvalitet servisa tako da ne postoji kašnjenje niti smetnje pri prenosu koje bi uticale na to da korisnik bude u situaciji da mu govor drugog korisnika bude nerazumljiv. U slučaju fiksne telefonije jasno je da se sav prenos podataka prenosi žičnim putem, a sigurnost i kvalitet prenosa je bio ispunjen jer je sav saobraćaj išao jednom fiksnom putanjom. Međutim pojavom mobilnih telekomunikacija to nije ostvarivo na takav način. Dodatan problem je što prenos informacija danas ne predstavlja samo prenos govornog saobraćaja, već i ostali vidovi telekomunikacionih servisa što podrazumeva i prenos podataka i video informacija. Danas postoje dva principa prenosa podataka putem bežičnih mreža. Princip koji se još uvek koristi za prenos podataka govornog saobraćaja je princip komutacije kola, dok se za prenos svih ostalih podataka koristi princip komutacije paketa. Detaljniji opis ova dva načina prenosa podataka kao i poređenje istih biće priloženo u daljem tekstu. Upravo promene koje donosi VoLTE tehnologija, predstavljaju potpuni prelazak saobraćaja na princip prenosa komutacijom paketa. Ovo nije bilo ostavareno u slučaju prethodnih mrežnih tehnologija u kome je ostalo zadržano da se za prenos govornog saobraćaja koristi komutacija kola.

### 4.1. Prenos podataka principom komutacije kola

Komutacija kola (*circuit switching*) predstavlja način prenosa podataka kroz mobilne mreže koji je veoma sličan prenosu podataka u slučaju fiksnih mreža. Pri prenosu podataka uspostavlja se virtuelna putanja i svi podaci se prenose tom istom putanjom. Prenos podataka istom putanjom obezbeđuje garancije kvaliteta servisa koji se stavlja ispred korisnika. Pri prenosu podataka komutacijom kola na početku uspostave poziva rezervišu se resursi mreže i ostaju rezervisani sve dok postoji potreba za komunikacijom između ta dva korisnika. Tek nakon završenog razgovora ovi resursi se oslobodaju. Ovakav način prenosa podataka garantuje kvalitet prenosa i manju verovatnoću gubljenja paketa, dok je mana efikasnost prenosa. Ljudski govor svojim karakteristikama predstavlja neefikasan način komunikacije, tačnije više od polovine vremena tokom razgovora dva korisnika čine pauze. Pauze ne predstavljaju samo periodi kada korisnici ne razgovaraju, već sam ljudski govor ima takve karakteristike da čak i kada korisnik sve vreme govori veliki deo tog vremena čine pauze. Smatra se da je efikasnost prenosa najveći problem, upravo zbog toga što su resursi rezervisani čime je taj prazan prostor koji čine pauze praktično nemoguće iskoristiti. Kao rešenje ovog problema razvijen je način prenosa podataka komutacijom paketa koji se zasniva na prenosu paketa različitim putanjama, bez rezervacije resursa mreže. [2]

## 4.2. Prenos podataka principom komutacije paketa

Komutacija paketa (*packet switching*) je prenos podataka primenjen u digitalnim telekomunikacionim mrežama. Poruke koje se prenose kroz mrežu podeljene su na pakete fiksne dužine koji se nezavisno prenose kroz mrežu različitim putanjama. Ovim principom prenosa podataka se ne zahteva od mreže rezervisanje mrežnih resursa. Komutacija paketa je bolje rešenje od komutacije kola u smislu iskorišćenosti resursa mreže. Ovaj metod prenosa podataka omogućava uspostavljanje simultane upotrebe više aplikacija. Svaki paket u svom zaglavlju sadrži adresu odredišta što nije bio slučaj kod komutacije kola gde je bilo dovoljno da samo prvi paket nosi takvu informaciju. Ovim se povećava *overhead*, što predstavlja prenos dodatnih, redundantnih bita. Komutacija kola je i danas aktuelna u slučaju prenosa govornog saobraćaja tradicionalnog telefonskog poziva. VoLTE tehnologija je tehnologija kojom će se i prenos govornog saobraćaja prenositi principom komutacije paketa. LTE mreža primenom VoLTE tehnologije za prenos govornog saobraćaja predstavlja veliki iskorak u odnosu na prethodne tehnologije.



Slika 4.2.1. Način prenosa podataka praćen razvojem mobilnih mreža [4]

U nastavku rada biće obrađen problem prenosa govornog saobraćaja kroz LTE mrežu. Slika 4.2.1. predstavlja korišćenje principa prenosa podataka na dosadašnjim tehnologijama koje se menja sa razvojem tehnologije. Vidimo da je upravo cilj razvoja potpuni prelazak na princip prenosa komutacijom paketa. Međutim, danas je još uvek aktuelan prenos podataka i komutacijom kola i komutacijom paketa iz čega vidimo da izbacivanje određene tehnologije nije uvek tako jednostavno koliko god da je velika potražnja i namera da se to ostvari. Prepreka potpunom prelasku na princip komutacije paketa je upravo prenos govornog saobraćaja tradicionalnog telefonskog poziva koji se još uvek odvija komutacijom kola. U narednom poglavlju možemo videti tehnologije koje rade simultano sa oba principa prenosa podataka, kao i tehnologije koje koriste pristup dvema mrežama da bi ostvarile telefonski poziv i prenos podataka istovremeno, ovo svakako nije idealno rešenje i tendencije su da će se sve više raditi na potpunom prelasku na princip komutacije paketa i razvoju VoLTE tehnologije kao jedine prihvatljive za prenos govornog saobraća.

## **5. PROBLEM PRENOSA GOVORNOG SAOBRAĆAJA KROZ LTE MREŽU**

LTE mreža je kao što je već napomenuto isključivo paketska mreža. U slučaju LTE mrežne tehnologije komutacija kola kao princip prenosa podataka uopšte nije podržana. Inicijalno je zamišljeno i kao takvo rešenje bi bilo idealno je da se sav korisnički saobraćaj uključujući i prenos podataka kao i prenos govora odvija preko same LTE mreže, kao što je to bilo u slučaju prethodnih tehnologija 2G/3G. Način prenosa govornog saobraćaja u razvijenoj LTE mreži je VoLTE tehnologijom, dok se u slučajevima kada LTE nije dostigla taj nivo razvoja koriste alternativne metode kao što su CSFB (*Circuit Switched FallBack*) i SVLTE (*Simultaneous Voice and LTE*). U slučaju ovih tehnologija prenos govora se još uvek vrši preko 2G/3G mreže. Cilj LTE je ostvarivanje potpune multimedijalne komunikacije isključivo preko LTE mreže kojom će se iskoristiti pun potencijal LTE mreže. Problem prenosa govornog saobraćaja putem LTE mreže se rešava na više načina. Prva navedena tehnologija ne predstavlja nikakav pomak u odnosu na ranije tehnologije, već samo upotrebu Interneta za ostvarivanje poziva korišćenjem VoIP tehnologije. Suštinski to ne predstavlja telefonski poziv, ali govorni servis predstavlja pa je iz tog razloga prezentovan. Naredne dve tehnologije (CSFB i SVLTE) predstavljaju alternativne načine prenosa govornog saobraćaja u slučaju kada VoLTE tehnologija nije podržana. Za trenutne LTE mreže operatori se uglavnom odlučuju za razvijanje CSFB i SVLTE tehnologija. Postoji više razloga zbog kojih se operatori odlučuju za ove tehnologije iako se uporedo radi na razvijanju VoLTE tehnologije. Osnovni razlog je nerazvijena implementacija IMS tehnologije koja bi operatorima omogućila ponudu servisa VoLTE telefonskog poziva. Dodatni razlog je neoptimalna LTE pokrivenost, postoji određeni procenat nepokrivenih oblasti LTE infrakstrukturuom. Takođe, jedan od razloga je potreba da za pristup LTE mreži mobilni uređaji poseduju određenu hardversku podršku na mobilnim uređajima. Veliki broj mobilnih uređaja koji je sada u opticaju nema tu hardversku podršku.

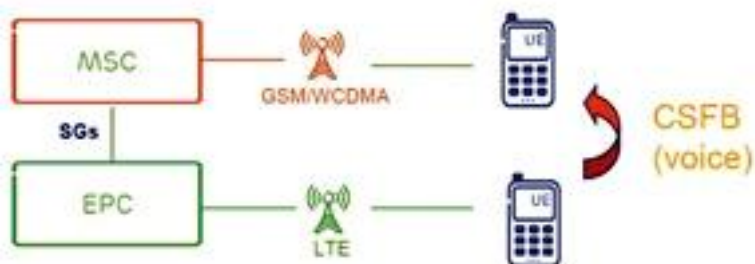
### **5.1. VoIP adopted from fixed Broadband**

VoIP (*Voice over IP*) preuzet iz fiksnih mreža predstavlja korišćenje aplikacija kao što su *Skype*, *Google Talk*, *Windows Live Messenger* za ostvarivanje govornog servisa na mobilnim uređajima. U ovom slučaju ostvaruje se govorni servis, ali to nije telefonski poziv, već poziv koji mreža posmatra kao vid data servisa. Ovakav izbor ostvarivanja poziva je veoma popularan kod korisnika, a jedan od razloga tome je i to što je to jeftiniji način da se ostvari poziv. Kako ovakav način uspostave poziva nije imao određenu evoluciju u paketskim mrežama, rešenja koja su preuzeta iz fiksnih mreža imaju mnogo mana kada su bežične mreže u pitanju. Prenos podataka kroz mrežu se vrši po principu *best-effort* prenosa, pa u slučaju ovakve vrste poziva, kvalitet servisa govornog saobraćaja ne može biti garantovan jer je u pitanju paketski prenos podataka. Dok ovaj problem može biti rešen u slučaju fiksnih mreža povećanjem propusnog opsega i kvalifikacijom saobraćaja na osnovu prioriteta koji je dodeljen prenošenom saobraćaju, to nije tako jednostavan

problem u slučaju bežičnih mreža. Kada su u pitanju fiksne mreže, dodeljivanjem prioriteta saobraćaju može se garantovati određeni kvalitet servisa VoIP servisima. VoIP servis u slučaju bežičnih mreža funkcioniše po principu *best-effort* prenosa saobraćaja pri čemu kvalitet prenosa zavisi od trenutnog stanja u mreži.

## 5.2. Circuit Switched FallBack – CSFB

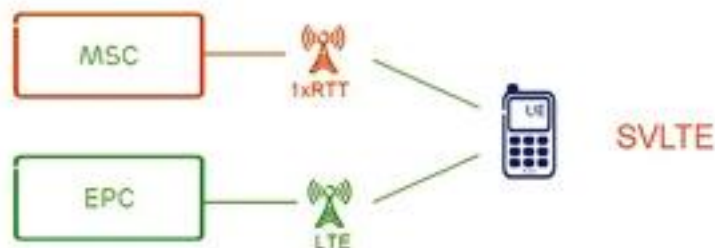
Ostvarivanje govornog poziva na LTE mreži, kao potpuno paketskoj mreži, moguće je isključivo VoLTE tehnologijom korišćenjem VoIP tehnologije i podrške IMS platforme. CSFB je jedno od rešenja problema prenosa govora putem LTE. Ovakav način uspostavljanja poziva ne predstavlja prenos govornog saobraćaja LTE mrežom, već prelazak sa jedne tehnologije prenosa podataka na drugu tehnologiju. Sa CSFB mobilni uređaji koji su pristupili na LTE mrežu privremeno se prebacuju na 2G/3G mrežu da bi ostvarili poziv. Nakon što se telefonski poziv obavi, mobilni uređaj se vraća na LTE mrežu. CSFB rešava problem prenosa govora koji nije podržan na LTE mreži. CSFB omogućava podršku govornog servisa bez razvoja i primene IMS tehnologije. Ovakav pristup prenosa govornog saobraćaja predstavlja mogući scenario koji može pomoći operatorima koji tek startuju sa LTE tehnologijom. CSFB i IMS mogu biti razvijani simultano omogućavajući operatoru da postepeno prelazi na IMS sistem dok podrška CSFB ostaje sve dok je neophodna. Mogućnost CSFB tehnologije podrazumeva određenu podršku u arhitekturi mreže. Na slici 5.2.1. prikazana je uprošćena šema realizacije CSFB servisa. Neophodan uslov za uspostavu CSFB-a je SGs interfejs između MSC (*Mobile Switching Center*) servera i MME (*Mobility Management Entity*) entiteta. Ovaj interfejs omogućava kontrolisani prelazak sa EPC domena na CS domen. Kada se inicijalizuje poziv korisnika ka drugom korisniku (*Mobile Originated*), mobilni uređaj se konektuje na LTE mrežu i šalje određeni zahtev (*extended service*) sa CSFB indikacijom ka LTE jezgru mreže, nakon čega se uspostavlja RRC (*Radio Resource Control*) konekcija kojom se vrši redirekcija na 2G/3G mrežu. Mobilni uređaj tokom RRC konekcije uspostavlja parametre za uspostavu veze preko 2G/3G mreže i koristi CS jezgru mreže za prenos govornog saobraćaja. Tokom ovog poziva moguće je uspostaviti prenos podataka 2G/3G mrežom. Kada se poziv završi mobilni uređaj se vraća u *idle* stanje. Mobilni uređaj sada ponovo pristupa LTE mreži. Kada je u pitanju MT (*Mobile Terminated*) poziv, posmatrani korisnik prima poziv od nekog drugog korisnika. Poziv stiže do korisnika sa MSC-a. MSC prosleđuje informacije o pozivu do određenog MME-a. UE prelazi iz *idle* stanja u aktivno stanje i odgovara na pristigli poziv.



Slika 5.2.1. CSFB tehnologija prenosa govornog saobraćaja [15]

### 5.3. Simultaneous Voice and LTE – SVLTE

Za ovu tehnologiju ne postoje definisani standardi. Ova tehnologija podrazumeva postojanje dve radio mreže istovremeno (LTE i 2G/3G). Mobilni uređaj je registrovan na obe mreže nezavisno i može koristiti obe mreže za prenos podataka. U slučaju SVLTE mobilni uređaj inicira poziv na standardan način preko 2G/3G mreže korišćenjem komutacije kola (*legacy call*), a prenos paketskih podataka nastavlja se na LTE mreži. Predviđeno je da mobilni uređaj bude istovremeno povezan i na LTE i na 2G/3G mrežu. U tom slučaju 2G/3G mreža bi bila korišćena za telefonski poziv kao i razmenu poruka (*sms*). Prednost SVLTE rešenja je u tome što su govorni i data LTE servisi podržani istovremeno. Još jedna od prednosti je ta što se prenos podataka preko LTE mreže odvija nesmetano u odnosu na prenos govornog saobraćaja, nije narušena brzina prenosa podataka, koja je veoma bitna u slučaju LTE mreže jer predstavlja osnovu ove mreže u odnosu na prethodne mrežne tehnologije. Nažalost ova tehnologija se pokazala kao veoma kompleksna u smislu hardvera za mobilne uređaje jer se moraju koristiti dva nezavisna propusna opsega, što predstavlja dodatne troškove na strani operatora i smanjuje iskorišćenost spektra. Ova tehnologija dovodi do ubrzane potrošnje baterije što opet za posledicu ima negativne reakcije korisnika. Ovakav način uspostave telefonskog poziva ne zahteva podržanu IMS tehnologiju, ali poziv se ne odvija preko LTE mreže, što nije bio cilj kada je LTE mrežna tehnologija razvijana. SVLTE je tehnologija koja razdvaja paketski prenos od prenosa govornog saobraćaja, takođe ne rešava problem prenosa govora kroz LTE mrežu. Na slici 5.3.1. prikazana je pojednostavljena šema pristupa mobilnog uređaja istovremeno i LTE mreži kao i 2G/3G mreži.



Slika 5.3.1. SVLTE tehnologija prenosa govornog saobraćaja [15]

### 5.4. Single radio voice call continuity – SRVCC

Kako je LTE mreža u razvoju, još uvek nije ostvaren određeni stepen pokrivenosti, koji bi omogućio servis korisniku na bilo kojoj lokaciji. Ukoliko korisnik koristi 4G uslugu za paketski prenos, u trenutku kada izgubi 4G signal, korisnik se prebacuje na 2G/3G mrežu i prenos podataka se nastavlja smanjenom brzinom. Međutim, problem nastaje u slučaju telefonskog poziva. LTE nema potpunu pokrivenost i sve dok je takva situacija hendover je neopodan na 2G/3G mreži koje su CS mreže. Kako 2G/3G mreže ne podržavaju VoLTE tehnologiju, problem je složenije prirode. Neophodno je nastaviti poziv, bez prekida veze. 3GPP je definisao VCC (*Voice Call Continuity*)

kao podršku handovera sa VoLTE poziva na običan telefonski poziv. SRVCC eliminiše mogućnost simultanog rada na dve mreže i na LTE i na 2G/3G mreži. Najbitnija stvar u slučaju ove tehnologije je prelazak sa jednog radio kanala na drugi radio kanal koji je na 2G/3G mreži. VCC definiše prelazak sa IMS platforme na komutaciju kola u okviru jezgra mreže. Do korišćenja ovakovog načina prenosa govornog saobraća dolazi se u situaciji kada je poziv već otpočeo na LTE mreži, a u već napomenutoj situaciji kada usled još uvek nedovoljno razvijene pokrivenosti, korisnik napusti prostor u kome postoji LTE pokrivenost, VoLTE poziv se ne prekida, već se nastavlja na 2G/3G mreži.

## 5.5. VoLTE

Standardizovan od strane GSMA (*GSM Association*). VoLTE predstavlja ostvarivanje cilja razvoja LTE mobilne tehnologije, a to je i govor i data na istoj mreži. VoLTE za sada predstavlja najbolje rešenje problema prenosa govornog saobraćaja kroz LTE mrežu. VoLTE govorni saobraćaj se prenosi komutacijom paketa ne narušavajući kvalitet prenosa. Prednost VoLTE tehnologije je to što se zahteva samo jedan radio kanal u odnosu na sve prethodno navedene tehnologije prenosa govornog saobraćaja na LTE mreži. Osnovni zahtev VoLTE tehnologije je podrška IMS platforme. Problem potpune podrške VoLTE je pokrivenost LTE mreže, kao i hardverska podrška koja još uvek izostaje na strani mobilnih uređaja. Više reči o VoLTE tehnologiji u narednom poglavlju.

# 6. VoLTE

## 6.1. Uvod u VoLTE tehnologiju

VoLTE standardizacija je objavljena u GSMA specifikaciji kao PRD (*Permanent reference Document*) IR.92 *IMS Profile for Voice and SMS*. VoLTE specifikacija definiše zahtevanu podršku LTE za implementaciju telefonskog poziva preko IMS tehnologije. Istorijski gledano mobilni telefoni su koncipirani tako da omogućavaju servis telefonskog poziva principom komutacije kola. Drugi metod za prenos podataka je prenos komutacijom paketa koji je u 2G/3G mrežama korišćen isključivo za prenos podataka. Prenos govora putem PS metode je postao dostupan tek sa pojavom pametnih telefona primenom servisa kao što su *Skype*, *Viber*, *VoIP* koji predstavljaju tehnologije razvijene na fiksnim ADSL mrežama. Prenos telefonskog poziva putem komutacije paketa u slučaju bežičnih mreža još uvek nije u potpunosti standardizovan, za sada jedina tehnologija koja omogućava ovakav prenos govornog saobraćaja je VoLTE tehnologija. VoLTE tehnologija zasnovana je na principima VoIP tehnologije koja se koristi za prenos govornog saobraćaja preko Interneta. Razlika koja čini VoLTE tehnologiju superiornijom u odnosu na korišćenje VoIP tehnologije, kada su u pitanju bežične mobilne mreže, predstavlja podrška IMS tehnologije koja omogućava garancije kvaliteta servisa što u slučaju VoIP prenosa podataka nije bilo ostvarivo na bežičnim mobilni mrežama. Garancije kvaliteta servisa omogućile su da se VoLTE tehnologija koristi za potrebe tradicionalnog telefonskog poziva. VoLTE je bazirana na IMS (*IP Multimedia Subsystem*) platformi koja obezbeđuje specifične profile za kontrolu kvaliteta govornog saobraćaja. Primenom ove tehnologije ispunjen je zahtev za ostvarivanje servisa telefonskog poziva principom komutacije paketa. LTE obezbeđuje više od tri puta veći kapacitet za prenos kako paketskog saobraćaja tako i govornog saobraćaja u odnosu na 3G mreže, a čak do šest puta veći kapacitet u odnosu na 2G mreže. Da bi VoLTE poziv bio moguć na LTE mobilnoj mreži neophodno je da IMS tehnologija bude razvijena i podržana. Dodatan uslov koji zahteva VoLTE tehnologija je da LTE mora imati zahtevanu oblast pokrivenosti. U slučaju da LTE nema pokrivenost VoLTE tehnologija gubi smisao i poziv svakako mora ići 2G/3G mrežom. VoLTE poziv zahteva od mreže visok kvalitet servisa. Od VoLTE poziva se očekuje izuzetno dobar kvalitet poziva, bez kašnjenja i gubljenja paketa. Korisnik ne sme primetiti nikakvu razliku u kvalitetu poziva u odnosu na prethodne tehnologije.

## 6.2. VoIP tehnologija kao osnova razvoja VoLTE tehnologije

VoIP (*Voice over IP*) je termin koji se koristi da se opiše više različitih tehnologija koje omogućavaju prenos govornog saobraćaja i multimedijalnih sesija preko IP mreže kao što je Internet. Drugi naziv za VoIP je IP telefonija ili Internet telefonija. Termin Internet telefonija

predstavlja prenos komunikacionih servisa (govor, faks, SMS) preko javnog Interneta, a ne preko PSTN (*Public Switched Telephone Network*) kako je to uobičajeno u slučaju mobilnih telefona. Prenos podataka u slučaju ove tehnologije je sličan kao u tradicionalnim digitalnim telefonskim mrežama i uključuje signalizaciju, dodeljivanje radio kanala, digitalizaciju analognog signala i šifrovanje podataka. Umesto prenosa komutacijom kola, digitalizovana informacija se deli na pakete i prenos se vrši preko IP mreže principom komutacije paketa. Pogodnost ovakvih poziva su mnogo manje cene u odnosu na tradicionalni telefonski poziv. Mana VoIP tehnologije je nedostatak garancije kvaliteta servisa koji zavisi od karakteristika mreže kojoj je korisnik pristupio. VoIP prenos podataka je *best-effort* prenos. Iako se VoLTE tehnologija zasniva na principima VoIP tehnologije, korišćenjem IMS platforme za prenos korisničkog saobraćaja i drugačijim načinom izbora radio kanala, u odnosu na VoIP, VoLTE nudi garancije kvaliteta servisa, smanjeno kašnjenje, unapređen sistem ispravljanja grešaka, čime je omogućen servis tradicionalnog telefonskog poziva, principom VoIP tehnologije. VoIP tehnologija zahteva kontrolu i upravljanje pozivom. Prvi signalizacioni protokol koji je korišćen za tu svrhu je protokol H323. Takođe, *Cisco* je razvio svoj signalizacioni protokol „*Skinny*“ koji je korišćen za VoIP. Postojanje više različitih protokola koji imaju istu funkciju dovodi do toga da proizvođači ne mogu da se usaglase oko korišćenja jednog, pa je kao rešenje ovog problema nastao SIP (*Session Initiation Protocol*) protokol koji je sada široko prihvaćen od strane proizvođača. Drugi protokol korišćen za VoIP je protokol koji upravlja razmenom podataka VoIP saobraćaja. Kako je VoIP *real-time* servis, korišćeni protokol je RTP (*Real Time Protocol*) koji može upravljati i audio i video podacima. Ovaj protokol obezbeđuje transportne funkcije za aplikacije koje prenose vremenski osetljive podatke. RTP ne omogućava rezervaciju resursa mreže pa samim tim ne garantuje kvalitet servisa za vremenski osetljive servise.

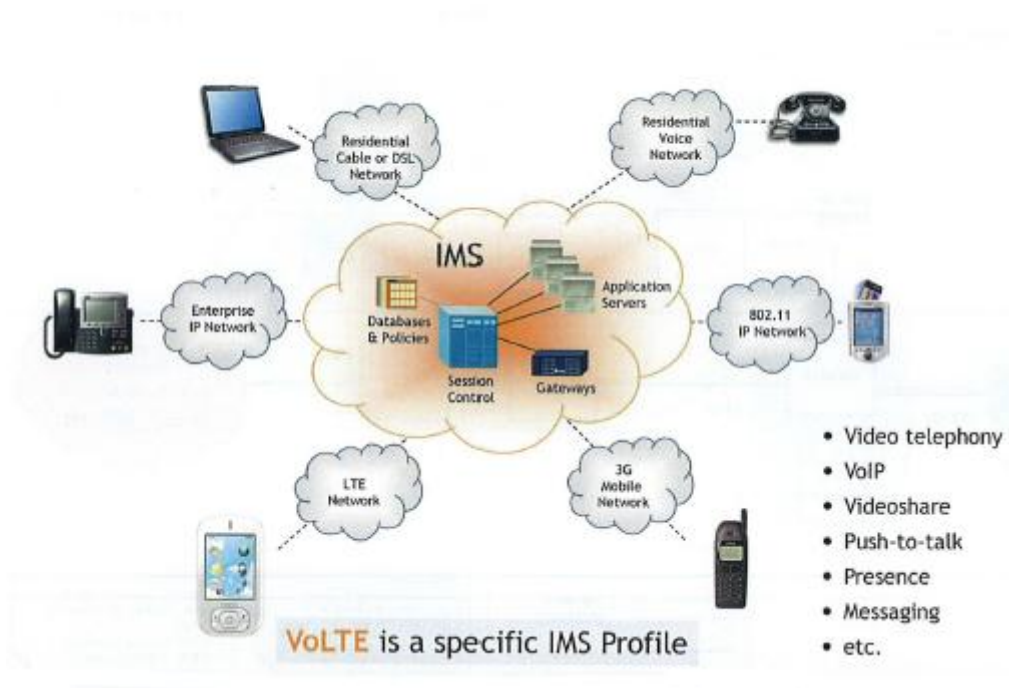
### 6.3. IMS platforma - ključni zahtev za VoLTE poziv

IMS predstavlja skraćenicu od *IP Multimedia Subsystem*, a u nekim literaturama se može pronaći i naziv *IP Multimedia Core Network Subsystem*. VoLTE je kombinacija servisa koja je zasnovana na IMS govornom prenosu. Da bi se obezbedio uspešan govorni poziv, mobilni operatori i proizvođači opreme moraju osigurati kvalitet telefonskog poziva i pouzdanost poziva koji mora biti na istom nivou ako ne čak i bolji od telefonskog poziva koji bi se obavljao 2G/3G mrežama.

IMS je platforma koja omogućava uspostavu IP multimedijalnih sesija. Osnovni cilj razvoja IMS je obezbediti korisnicima mobilni pristup svim servisima koje pruža Internet. Ova tehnologija je prvenstveno dizajnirana u okviru 3GPP (*Wireless standard 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project*) kao deo razvoja mobilne mreže u okviru GSM-a. Više je razloga koji su doveli do uvođenja IMS-a. Među osnovnim razlozima je kvalitet servisa. U okviru IMS-a eliminisan je prenos korisničkih podataka principom *best-effort*. Prenos podataka principom *best-effort* ne garantuje korisniku vrednost protoka koji će imati na raspolaganju u toku uspostavljene konekcije niti maksimalnu vrednost kašnjenja koja se javlja pri prenosu paketa. Garantovani kvalitet servisa je posebno bitan u slučaju multimedijalnih servisa koji su *real-time* servisi (video konferencije, VoIP konekcije). Nasuprot ovakvom načinu prenosa IMS brine o sinhronizaciji uspostavljene konekcije (sesije) i održava zahtevani QoS čime se korisnicima omogućava korišćenje odgovarajućih multimedijalnih servisa. IMS tehnologija omogućava operatorima uvid u to koje servise korisnik koristi i naplata se vrši na osnovu sadržaja. Tarifiranje u slučaju IMS je fleksibilno i bazirano je na sadržaju usluga koje je korisnik koristio. IMS tehnologija integriše više različitih servisa na jednoj platformi.



Integriranje različitih servisa predstavlja jedan od glavnih razloga za uvođenje IMS-a. Velika sloboda pri integriranju različitih servisa i mogućnost saradnje operatora sa raznovrsnim proizvođačima, ostvarena je zahvaljujući tome što su u okviru IMS-a definisani standardni interfejsi za kreiranje servisa bazirani na Internet protokolima. Neki od najznačajnijih IMS servisa su *Presence servis*, *Instant-messaging* i *Push-to Talk*. VoLTE takođe predstavlja jedan od IMS servisa.[1] IMS platforma predstavlja ključni zahtev kada je u pitanju VoLTE servis pre svega zbog uspostave kvaliteta servisa koja je neophodna kada je u pitanju VoLTE tehnologija. IMS eliminiše nedostatak koji je postojao u slučaju korišćenja VoIP tehnologije na bežičnim mobilnim mrežama time što osigurava kvalitet servisa.

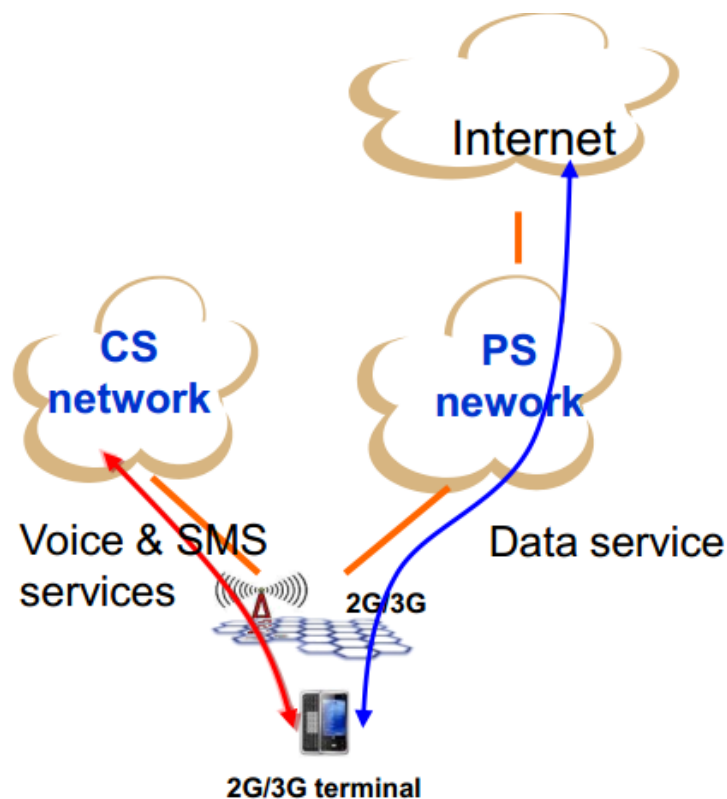


Slika 6.3.1. IMS servisi [7]

Od kada je IMS razvijen 2002. godine, još uvek nije postigao potpunu implementaciju. Jedan od razloga je taj što operatori imaju dobro utvrđen sistem funkcionisanja 2G/3G mreža. Ovakav pristup operatorima donosi ekonomičan i efikasan sistem bez dodatnih ulaganja. Implementacija IMS tehnologije za operatore bi značila dodatna ulaganja kako u sferi marketinga tako i u sferi same infrastrukture. Zbog tih i sličnih razloga na strani operatora nije postojala potražnja za IMS servisima. Takođe, IMS nije bio ključni faktor za običan CS poziv (*legacy call*) na 2G/3G mrežama. IMS je ključni zahtev za VoLTE poziv. IMS klijenti takođe moraju na svojim telefonima imati omogućenu podršku VoLTE-u kako bi korisnikov zahtev bio nepromenjen u odnosu na poziv koji se odvija na 2G/3G mreži. LTE mreža se još uvek razvija i potrebno je proširiti pokrivenost koja mora dostići stepen pokrivenosti kao u slučaju 2G/3G mreža. Govorni poziv je *real-time* servis sa malim dozvoljenim kašnjenjem, što zahteva robusniju radio mrežu koja će pružiti optimalan servis koji korisnik zahteva. VoLTE zahteva podršku kvaliteta servisa kroz ceo sistem (*End to end QoS*), počev od mobilnog uređaja preko radio mreže do jezgra mreže uključujući interakciju sa IMS platformom. IMS tehnologija omogućava korišćenje Interneta kao i svih servisa koji zahtevaju Internet na jednostavan način korišćenjem mobilnog uređaja. Ova tehnologija nastala

je na osnovama uspešnih principa mobilnih mreža i Interneta. Razvojem IMS tehnologije otišlo se korak dalje u razvoju savremenih bežičnih IP mreža. [1] IMS je platforma koja omogućava korisniku pristup multimedijalnim servisima bez posebnog zahteva za drugim specifičnim tehnologijama. Kao što je prikazano na slici 6.3.1. niz raznovrsnih IMS pristupnih mreža dele zajedničku ponudu različitih usluga preko platforme koja omogućava ponudu različitih servisa. Centralna kontrola svake specifične sesije i pružanje usluga preko jedne platforme omogućava odgovarajući kvalitet servisa što ne bi bilo isto u situaciji da se pristup vrši preko više različitih platformi. Međutim, QoS može biti ograničen kapacitetom i mehanizmima kojima je uslovljena sama mreža koja koristi IMS platformu, nezavisno od IMS platforme. Još jedna od prednosti IMS je mogućnost pravljenja razlike između servisa kao i način naplate istih. VoLTE ne zahteva kompletnu IMS implementaciju. Već samo specifične mrežne elemente i protokole povezanih medija za prenos podataka koji zahtevaju transport govornog saobraćaja kao i određenih dopunskih servisa.

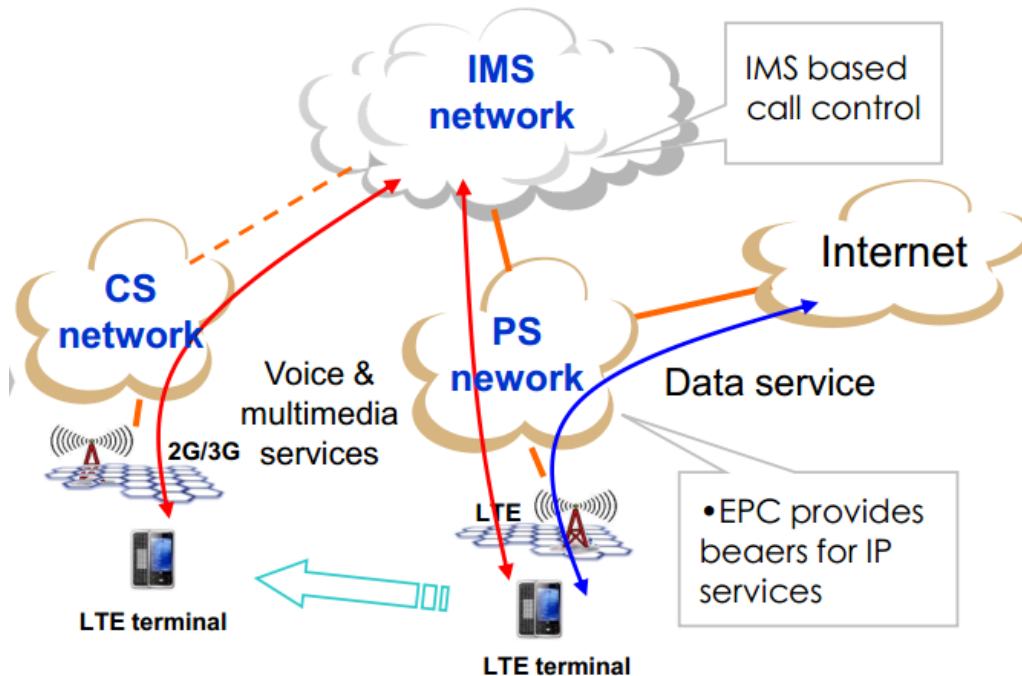
Razlika između telefonskog poziva koji se odvija CS (*circuit switching*) mrežom i PS (*packet switching*) mrežom predstavljena je na slikama 6.3.2. i 6.3.3. Na slici 6.3.2. predstavljen je protok korisničkog saobraćaja u slučaju CS mreže (2G/3G). Na ovoj slici se može videti da se govorni servis i SMS poruke (*Voice and SMS service*) prenose CS mrežom, dok se za data servise koristi paketski prenos saobraćaja odnosno PS mreža.



Slika 6.3.2. Prenos korisničkih podataka kroz 2G/3G mreže [16]

Na slici 6.3.3. prikazan je prenos korisničkih podataka kroz 4G mrežu. Za prenos data podataka očigledno se i dalje koristi PS mreža, odnosno paketski prenos podataka. Međutim, promene koje donosi 4G su upravo korišćenje PS mreže za prenos telefonskog poziva, ali da bi to bilo moguće neophodna je podrška IMS platforme kako bi se obezbedio kvalitet servisa telefonskog

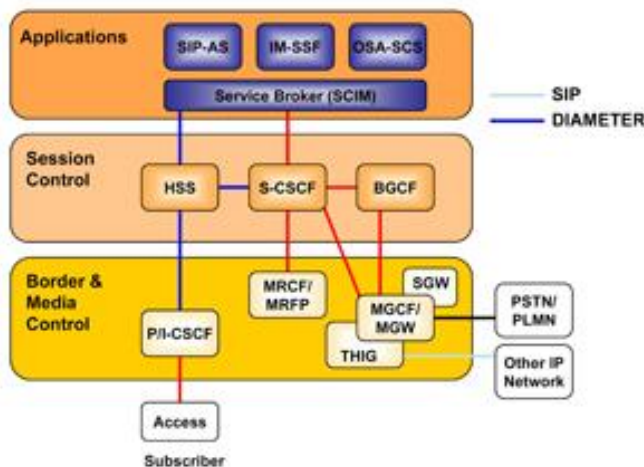
poziva. CS mreža ostaje samo kao podrška u slučaju da mreža još uvek nema razvijenu podršku IMS platformi. Ili u slučaju handovera kada usled nedostatka signala na određenom prostoru handover se mora izvršiti na CS mreži.



Slika 6.3.3. Prenos korisničkih podataka kroz 4G mreže [16]

Slika 6.3.4. predstavlja osnovnu IMS arhitekturu. VoLTE arhitektura ne zahteva potpunu podršku IMS platforme već određene komponente. IMS arhitektura sačinjena je od više funkcionalnih slojeva.

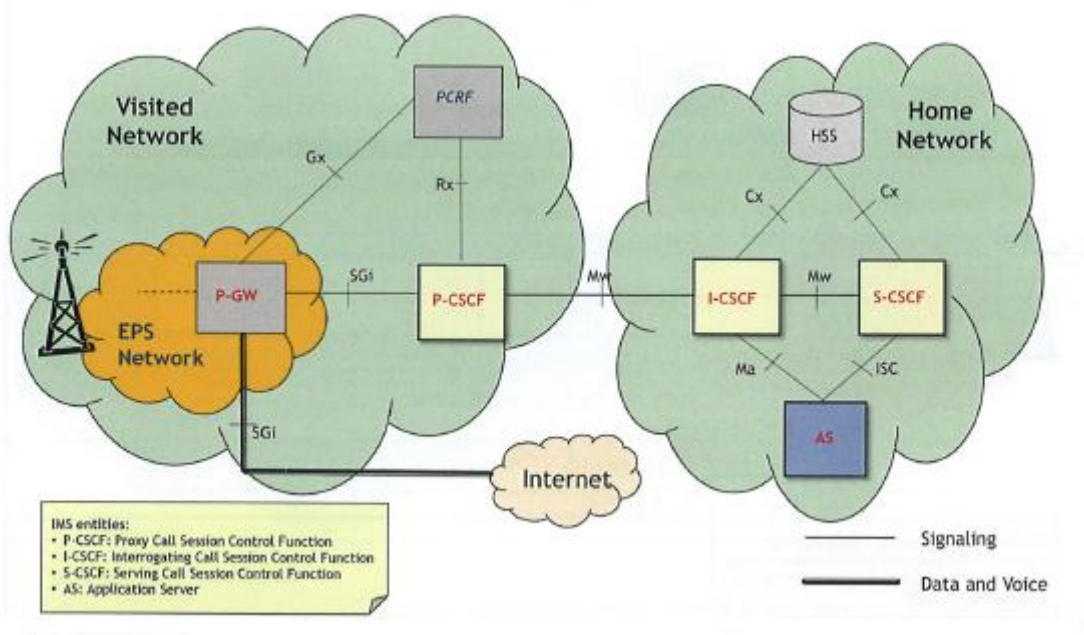
### IMS Architecture



Slika 6.3.4. IMS arhitektura [13]

Prvi sloj IMS arhitekture *Border and Media Control* sadrži komponente koje su neophodne za registraciju korisnika na IMS, o ovim komponentama više reči u narednom poglavlju. U narednom poglavlju biće prezentovana arhitektura mreže koja omogućava VoLTE poziv. Arhitektura LTE mreže koja omogućava VoLTE poziv, predstavlja LTE mrežu uz podršku određenih elemenata IMS platforme kojom se omogućava paketski prenos korisničkih podataka prilikom telefonskog poziva. Kako se IMS arhitektura može razlikovati u zavisnosti od servisa koji se koristi, u narednom poglavlju će biti prikazana VoLTE IMS arhitektura. Drugi sloj IMS arhitekture predstavlja *Session Control* sloj i sadrži komponente koje učestvuju u održavanju kontrole sesije što podrazumeva kontrolu kvaliteta servisa kao najbitnije funkcionalnosti IMS-a u slučaju VoLTE poziva. Aplikacioni sloj (*Application layer*) zadužen je za signalizaciju, a osnovni protokol koji se koristi u tu svrhu je SIP (*Session Initiation Protocol*) protokol.

## 6.4. VoLTE IMS arhitektura



Slika 6.4.1. VoLTE IMS arhitektura [7]

IMS arhitektura prikazana na slici 6.4.1. predstavlja skup funkcija međusobno povezanih standardizovanim interfejsima. 3GPP ne standardizuje same mrežne komponente, već njihove funkcije. [1] CSCF (*Call Session Control Function*) predstavlja grupu signalizacionih servera i predstavlja ključnu komponentu u VoLTE IMS arhitekturi. Osnovna funkcija CSCF-a je procesiranje signalizacije u okviru IMS-a. VoLTE ne zahteva potpunu IMS implementaciju već samo specifične mrežne komponente i protokole koji su zahtevani za prenos govornog saobraćaja. CSCF je zajednički naziv za tri servera. P-CSCF (*Proxy – Call Session Control Function*) je prva

tačka kontakta korisnika sa mrežom. Ovaj entitet ima zaduženje slanja i primanja svih IMS signalizacionih poruka ka korisniku. P-CSCF vrši autentifikaciju korisnika, potvrđivanje identiteta, verifikacija ispravnosti SIP zahteva kao i kompresija istih prema IMS, generisanje informacija o tarifiranju. P-CSCF je takođe zadužen za upravljanje zahtevima za *emergency* sesije. I-CSCF (*Interrogation - CSCF*) se nalazi na ivici administrativnog domena. I-CSCF poseduje interfejs prema HSS bazi podataka. I-CSCF preuzima iz baze podatke o korisniku i na osnovu njih prosleđuje SIP zahtev, obično ka S-CSCF-u (*Serving - CSCF*). I-CSCF predstavlja gejtvej. Odgovoran je za identifikaciju i pristup S-CSCF koja se zasniva na zahtevu korisnika za određenim servisom. U principu I-CSCF prenosi SIP poruke od i do S-CSCF, radi prevođenja adresa sa SIP URI na Tel URI. S-CSCF je centralna komponenta u signalizacionoj ravni IMS tehnologije. S-CSCF obavlja kontrolu sesije tj. spovođenja bezbednog poslovanja operatora i sprečavanja neautorizovanih radnji od strane korisnika. S-CSCF obezbeđuje vezu između korisnika i korisničke SIP adrese. Kao i I-CSCF poseduje interfejs ka bazi podataka HSS. S-CSCF informiše bazu podataka da je dodeljen korisniku. Glavna funkcija S-CSCF je da obezbedi servise SIP rutiranja. Uvek je lociran u matičnoj mreži. BGCF (*Breakout Gateway Control Function*) predstavlja SIP proxy servis koji prosleđuje zahteve za rutiranje dobijene od S-CSCF-a. Glavni zadatak BGCF-a je izbor odgovarajuće mreže gde se može obaviti povezivanje sa CS domenom. Kao i izbor adekvatnog PSTN/CS gejtveja, ukoliko se međupovezivanje realizuje u istoj mreži gde se nalazi i BGCF.

IMS arhitektura na slici 6.4.1. koja je primenjena za VoLTE tehnologiju ima elemente locirane i u matičnoj (*home*) mreži i u roaming (*visited*) mreži. Kada je korisnik lociran u matičnoj mreži, sav saobraćaj će se prenositi matičnom mrežom. U slučaju kada je korisnik trenutno registrovan u roaming mreži, P-GW je posrednik koji povezuje korisnikov IP interfejs sa P-CSCF. P-CSCF je jedini entitet preko koga se IMS signalizacija od korisnika prenosi do korisnikove matične mreže. P-CSCF interfejs šalje zahteve do I-CSCF u matičnoj mreži. I-CSCF prosleđuje SIP zahtev dalje do S-CSCF. Oba ova entiteta i i S-CSCF i I-CSCF su povezana sa HSS. PCRF obezbeđuje kvalitet prenosa podataka. PCRF je povezan sa P-CSCF.

U narednom poglavlju će biti prezentovane osnovne karakteristike SIP protokola, protokola koji upravlja svim sesijama u okviru IMS-a. Signalizaciona ravan predstavlja nezavisan deo IMS-a u okviru koga se vrši prenos i procesiranje signalizacionih poruka, SIP poruka. Signalizacione poruke realizuju uspostavljanje i upravljanje IP multimedijalnim sesijama, obezbeđivanje zaštite u IMS-u, a kao najvažnija karakteristika u slučaju VoLTE tehnologije, SIP signalizacija aktivira mehanizam kontrole servise. U principu da bi IMS arhitektura mogla da rutira poziv do UE prvo mora znati gde je lociran korisnik. Zbog toga se vrši UE registracija svaki put kada korisnik postane aktivan i svaki put kada promeni lokaciju da bi IMS mreža uvek imala informaciju o tome koja je tačna lokacija korisnika. SIP registracija omogućava korisniku da koristi IMS servise kao i da poveže svoj javni URI sa URI koji sadrži IP adresu terminala koji će korisnik koristiti. IMS SIP omogućava komunikaciju u mreži i kontroliše sve akcije koje sprovode korisnici.[1]

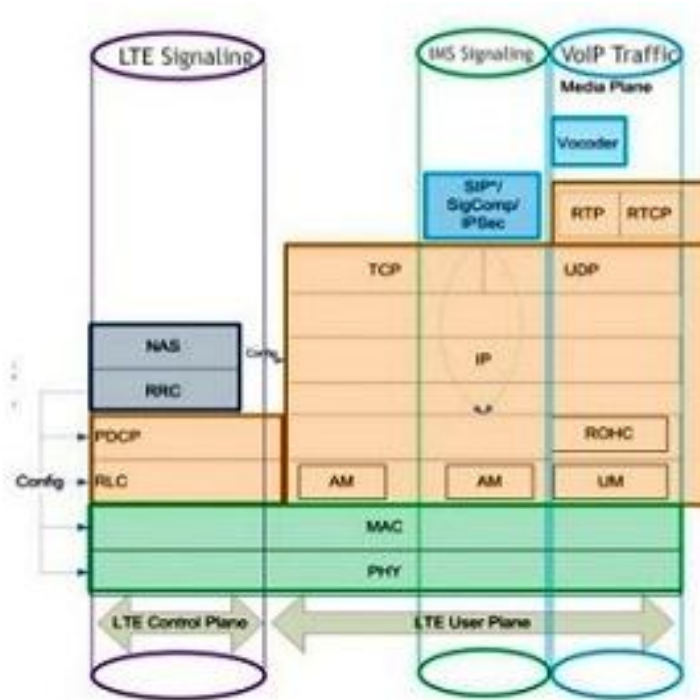
## 6.5. SIP protokol

SIP (*Session Initiation Protocol*) je protokol na kome je bazirana IMS tehnologija. Ovaj protokol izabran je od strane 3GPP grupe zbog fleksibilnosti, jednostavnosti uspostave zahteva i odgovora na zahtev (*request-response*), lake mogućnosti nadogradnje, interoperabilnosti sa postojećim telefonskim sistemom (PSTN). Ovaj protokol je zadužen za uspostavljanje i održavanje



multimedijlnih sesija. SIP je baziran na HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) protokolu. Realizovan je kao tekstualni protokol. Između ostalih funkcionalnosti SIP u IMS arhitekturi jedna od važnijih je mogućnost lokacije korisnika. Zadužen je za upravljanje sesijom što uključuje modifikaciju parametara sesije, aktiviranje funkcija za obezbeđivanje servisa tokom sesije i okončanje sesije, kao i kontrolom parametara sesije. SIP je signalizacioni protokol koji radi na aplikacionom nivou, koristi se za kreiranje, modifikovanje i prekidanje multimedijalne sesije koja može biti sa jednim ili sa više korisnika. Ovaj protokol nezavisan je od transportnih protokola nižih nivoa. [3]

Slika 6.5.1. predstavlja VoLTE protokol stek. IMS signalizacija se odvija pomoću SIP protokola. SIP je dizajniran kao nezavisan protokol u odnosu na transportni sloj. SIP obezbeđuje sopstvene mehanizme za pouzdanost pa se signalizacija SIP protokola može se prenositi uz pomoć TCP (*Transmission Control Protocol*) ili UDP (*User Datagram Protocol*) protokola. [3] LTE signalizacija predstavlja LTE NAS (*LTE Non-Access Stratum*) i RRC (*Radio Resource Control*) signalizaciju. NAS obezbeđuje konfiguraciju IP steka (IPv4 ili IPv6) i IMS-a (otkrivanjem adrese P-CSCF-a). *EPS Session Management* protokol obezbeđuje podršku uspostave i rukovanja korisničkih podataka u NAS-u. RRC signalizacija se koristi prilikom procedure pristupa korisnika LTE mreži.



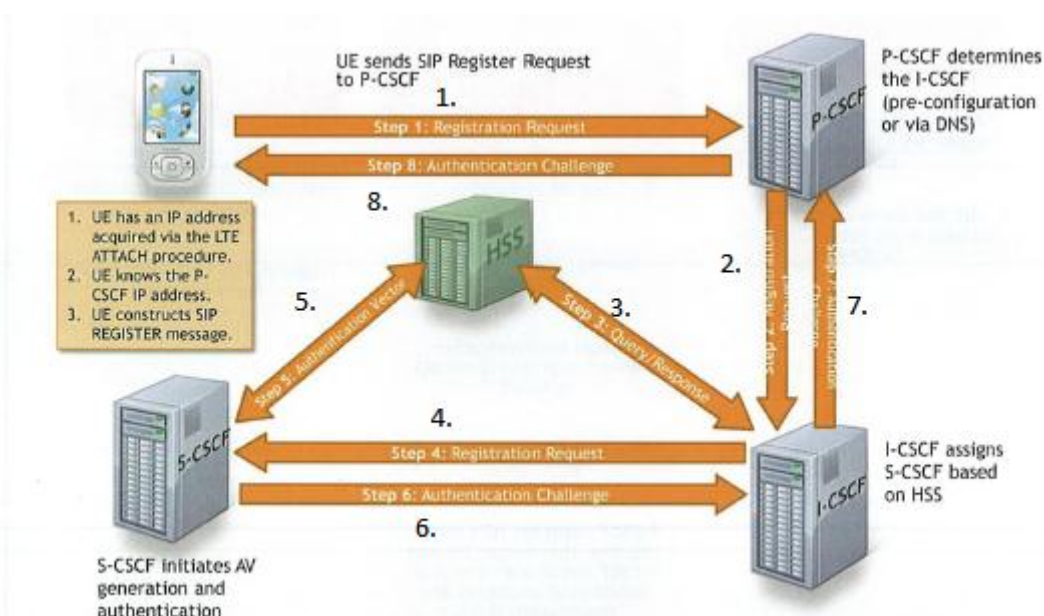
Slika 6.5.1. VoLTE protokol stek [7]

SIP protokol ne definiše šta je to sesija, to je definisano unutar sadržaja u SIP porukama. SIP predstavlja samo signalizacioni protokol koji se mora koristiti sa nekim drugim protokolom kako bi pružio kompletnu multimedijalnu uslugu. Ovaj protokol je razvijen da omogući napredne telefonske servise putem Interneta i drugih IP mreža. Sesije uključuju svaki oblik interaktivne komunikacije kao što su Internet, multimedijalne konferencije, Internet telefonski pozivi ili multimedijalna distribucija. U IMS tehnologiji je definisan način identifikacije korisnika kojim se od operatora

matične mreže zahteva da dodeli korisniku jedan ili više javnih korisničkih identiteta (*Public User Identities*). PUI je javno dostupan i u okviru IMS se koristi za rutiranje SIP signalizacije. Javni korisnički identitet može biti definisan kao SIP URL (*SIP Uniform Resource Identifier*) ili TEL URI (*Telephone Uniform Resource Locator*). SIP protokol zahteva da URI prilikom registracije bude SIP URI. Nije se moguće registrovati uz pomoć TEL URL na mrežu, ali je ovakav format identifikacije neophodan ukoliko PSTN pretplatnik želi da pozove IMS korisnika. Svaki IMS korisnik dobija privatni korisnički identitet (*Private User Identity*) koji se koristi isključivo za autentifikaciju korisničkog naloga i potrebe autentifikacije, ali ne i za potrebe SIP rutiranja. [1]

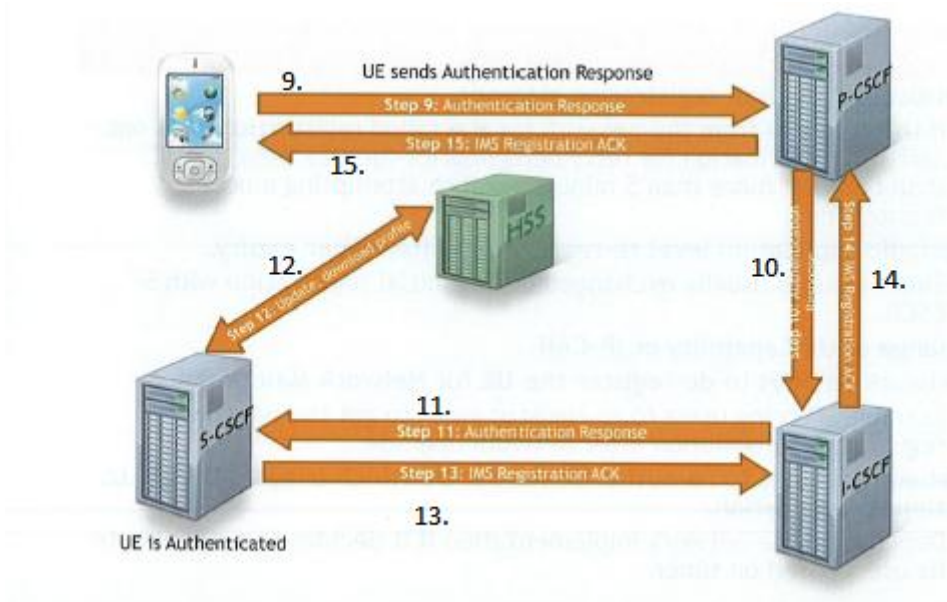
## 6.6. IMS registracija

U matičnoj mreži I-CSCF određuje S-CSCF koji je zadužen za korisnika koristeći podatke iz HSS-a. Jednom kada S-CSCF primi zahtev za registracijom, odmah se prelazi na autentifikaciju korisnika. S-CSCF zatim registruje korisnika na osnovu njegove javne adrese i ažurira podatke o korisniku u bazi podataka HSS. Nakon uspešno obavljene procedure, S-CSCF šalje odgovor do korisnika da potvrdi da je registracija uspešno obavljena, ovaj odgovor takođe omogućava korisniku da nauči direktni putanju do S-CSCF. S-CSCF može takođe ažurirati relevantni aplikacioni server (*application server*) o korisnikovoj registraciji na IMS mrežu. IMS registracija se odvija u više koraka. Predstavljena je registracija korisnika na IMS mrežu, slučaj nije konkretan i ne predstavlja registraciju korisnika kada je u pitanju bilo koji servis. Registracija korisnika na IMS se može razlikovati u odnosu na servis koji se koristi. IMS registracija je prikazana na slikama 6.6.1. i 6.6.2. uz koje su priložena objašnjenja svakog koraka IMS registracije.



Slika 6.6.1. IMS registracija[7]

- 1) UE šalje zahtev *SIP REGISTER* do P-CSCF-a. Ova poruka šalje se nezaštićena. (Korisnik šalje zahtev do prvog P-CSCF-a koji se nalazi u mreži u kojoj se trenutno nalazi i korisnik.) Mobilnom uređaju je dodeljena IP adresa prilikom *ATTACH* procedure kojom pristupa LTE mreži. Korisnik poznaje IP adresu P-CSCF-a.
- 2) P-CSCF identifikuje I-CSCF korisnikove matične mreže bazirano na *Request URI*-u, podatku koji se nalazi u *REGISTER* poruci i prosleđuje zahtev za registracijom do tog I-CSCF-a.
- 3) I-CSCF prosleđuje zahtev do S-CSCF koji je zadužen za ovog korisnika. I-CSCF te informacije preuzima iz baze podataka o korisniku HSS baze.
- 4) I-CSCF dodaje S-CSCF adresu u *SIP REGISTER* poruku u polje *Route Header* i dodaje sopstvenu adresu u polje *Via Header*. Zahtev za registraciju se prosleđuje do S-CSCF-a.
- 5) S-CSCF preuzima informacije o autentifikaciji iz HSS za odgovarajući UE.



Slika 6.6.2. IMS registracija [7]

- 6) S-CSCF šalje UE autentifikacioni zahtev nazad do I-CSCF-a. (RAND, AUTN, IK, CK, authentication scheme – zaglavljka koja se nalaze u poruci). RAND (*Random challenge*) je slučajno generisani izazov koji S-CSCF šalje korisniku. AUTN (*Network Authentication Token*) je žeton za autentifikaciju mreže od strane korisnika.
- 7) I-CSCF zatim zahtev za autentifikacijom prosleđuje do korisnika, ali preko P-CSCF-a.
- 8) P-CSCF uklanja CK, IK koji su korišćeni za povratno slanje do P-CSCF koji prosleđuje dalje do korisnika. CK, IK su korišćeni za bezbednost asocijacije korisnika. CK je ključ sesije za enkripciju. IK je ključ sesije za proveru integriteta.



- 9) UE verifikuje AUTN koji zatim šalje mreži. UE upoređuje RES (*Authentication Response*) baziran na RAND i *shared secret*. Takođe se izračunavaju CK, IK koji se koriste za bezbednu asocijaciju korisnika i P-CSCF-a. UE generise IPsec (*Internet Protocol Security*) zaštitu (koristeći AKA – *Authentication and Key Agreement* algoritam) i autentifikacioni odgovor RES se šalje P-CSCF sa novim *SIP REGISTER* zahtevom. IPsec obezbeđuje zaštitu integriteta i poverljivost na mrežnom sloju.
- 10) P-CSCF prima *REGISTER* poruku od UE. Asocijacija je sada bezbedna. Tada se menja sadržaj polja *Integrity protected field*, u zaglavlju poruke i šalje se *REGISTER* poruka uključujući odgovor o autentifikaciji do I-CSCF-a.
- 11) I-CSCF šalje autentifikacioni odgovor do S-CSCF-a.
- 12) S-CSCF prima poruku i upoređuje RES primljen od korisnika sa XRES (očekivani odgovor korisnika) koji se nalazi u HSS-u. Ako se poklapaju UE je autentifikovan i S-CSCF registruje korisnikov javni identitet. S-CSCF menja sadržaj informaciju o korisniku u HSS i preuzima korisnikov *IMS service profile*.
- 13) S-CSCF odgovara sa potvrdom da je registracija bila uspešna I-CSCF-u.
- 14) I-CSCF uklanja svoju adresu sa odgovora i šalje potvrdu do P-CSCF-a.
- 15) P-CSCF šalje potvrdu do korisnika koja sadrži putanju rutiranja (*path information*) od P-CSCF do S-CSCF-a koji će se u budućnosti koristiti.

## 7. VoLTE PROCEDURA USPOSTAVE POZIVA

Da bi korisnik uspostavio VoLTE poziv kao i u slučaju prethodnih tehnologija i mreža i uređaj moraju proći kroz određeni skup procedura da bi se poziv ostvario. Procedura kojom se započinje je pre svega pristup mobilnog uređaja mreži, što uključuje proveru identiteta i bezbednosti korisnika i mogućnosti korišćenja mrežnih resursa. VoLTE je jedan od servisa koji obezbeđuje LTE tehnologija, a koji zahteva radio kanal koji će obezbediti određeni nivo kvaliteta servisa, koji se mora garantovati korisniku. VoLTE IMS signalizacija se može prenositi radio kanalom koji ne zahteva kvalitet servisa. Međutim, korisnički saobraćaj mora održati određeni kvalitet servisa. GBR (*Guaranteed Bit Rate*) predstavlja protok koji se mora ostvariti preko ovog radio kanala u svakom trenutku. GBR kanal definiše minimalni i maksimalni protok koji je zahtevan. Non-GBR ne garantuje koliki će protok kroz radio kanal biti. Kao i drugi *real-time* servisi VoLTE je isto tako osetljiv na kašnjenja kao i na džiter (*jitter*) u odnosu na *best-effort* servise. VoLTE zahteva *End to End QoS* podršku, resursi mreže se moraju rezervisati. GBR predstavlja kvalitet servisa koji podrazumeva obezbeđene garancije prenosa govora od korisnika do korisnika. Prva od procedura svakako predstavlja inicijalni pristup LTE mreži (*attach*) koji uključuje RRC (*Radio Resource Control*) konekciju, autentifikaciju i proveru bezbednosti pristupa korisnika. U ovoj proceduri, koja predstavlja radio proceduru uspostave veze, se određuje koji radio kanal će korisniku biti dodeljen, kao i parametri o načinu prenosa korisničkog saobraćaja, pa i podaci koji uključuju to kako će se korisniku tarifirati saobraćaj. Prilikom ove procedure vrši se više manjih procedura. Sledeće kroz šta mora proći ne samo korisnik koji poziva već i korisnik koji prima poziv je IMS registracija. Ukoliko drugi korisnik koji je pozivan nije registrovan na IMS mreži, poziv neće biti ostvaren. Na kraju poziva vrši se IMS deregistracija, ukoliko korisnik nema potrebe za korišćenjem nekih drugih servisa na mreži za koji je takođe neophodna IMS registracija. Nakon izvršenih navedenih procedura, može se ostvariti VoLTE poziv. Poziv može biti MO (*Mobile Originated*) što znači da je upućen od korisnika ka nekom drugom korisniku ili MT (*Mobile Terminated*) što znači da posmatrani korisnik prima poziv od nekog drugog korisnika.

### 7.1. Radio procedura uspostave veze

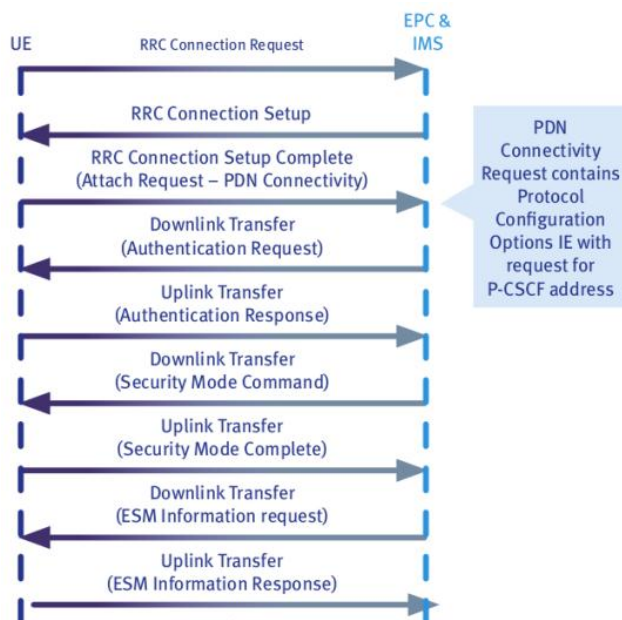
Sa tačke gledišta korisnika inicijalni korak je pristup mreži, da bi bilo kakav poziv uopšte bio moguć mreža prvo mora da prihvati korisnika. Početna procedura je način pristupa korisnika mreži koji zahteva od mreže mogućnost da koristi resurse i usluge ove mreže, kao i to kako se kreira podrazumevani radio kanal za usluge IMS servisa. Operator može konfigurisati da li će se IMS signalizacija odvijati preko podrazumevanog radio kanala ili će biti određen dodeljeni radio kanal. Radi lakšeg uvida u procese uspostave veze, razdvojićemo proceduru na niz odvojenih celina. Proces pristupa mreži u slučaju VoLTE tehnologije je baziran na sledećim procedurama.

### 7.1.1. PDN Connectivity

UE počinje konekciju tako što šalje *RRC Connection Request* (*RRC - Radio Resource Control*) poruku, slično kao u slučaju UMTS registracije. Ova poruka (*originated message*) koja ide od korisnika ka mreži sadrži u sebi bitne informacije o tome šta korisnik zahteva. Npr. *RRC Connection Request* može biti jedno od dve vrednosti: *Mobile Originated Signaling* ili *Emergency*. Poruka kojom se odgovara korisniku *RRC Connection Setup message* sadrži signalizacione informacije o radio kanalu i ona se prosleđuje kanalom DCCH (*Dedicated Control Channel*). Nakon primljenog odgovora UE odgovara sa *RRC Connection Complete message* porukom. U tom trenutku zahtev za pristup mreži je poslat dalje u mrežu. *PDN Connectivity* je procedura uspostave podrazumevanog radio kanala na PDN-u. Radio kanal može biti podrazumevani (*default radio bearer*) ili dodeljeni radio kanal (*dedicated radio bearer*).

### 7.1.2. Autentifikacija

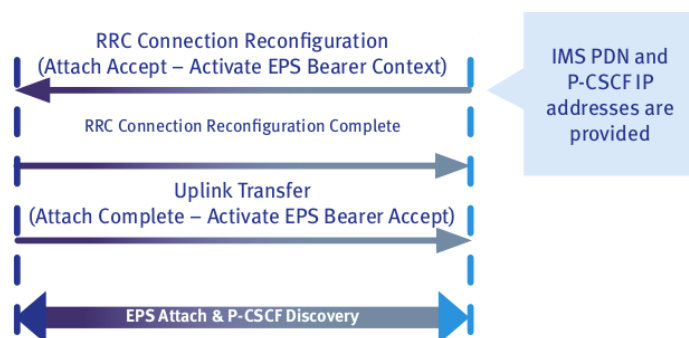
Da bi se korisnici i mreža zaštitili od neautorizovnog pristupa svi UE u mreži moraju biti provereni pre nego što mogu koristiti mrežne resurse. Da bi se izvršila autentifikacija korisnika, mreža šalje *Authentication Request* poruku da bi ispitala da li je UE validan entitet. U odgovoru od korisnika se šalje *Authentication Response*. Nakon toga mreža šalje *Security Mode Command* do UE. Ova poruka se šalje zaštićena kroz mrežu i u njoj su sadržane informacije o tarifiranju. UE odgovara porukom *Security Mode Complete message*. Da bi se zaštitila EPS (*Evolved Packet System*) informacija mreža šalje *ESM (EPS Session Management) Information Request*. Korisnik odgovara sa *ESM Information response* opisujući sada zaštićene informacije o uslovima pristupa mreži.



Slika 7.1.2.1 PDN Connectivity i Autentifikacija[5]

### 7.1.3. Bearer setup – uspostavljanje radio kanala za prenos podataka

Kako bi se obezbedio bilo kakav servis korisniku, korisnik mora izvršiti asocijaciju na određeni radio nosilac tj. radio kanal. Radio nosilac (*radio bearer*) predstavlja kanal ponuđen na drugom sloju ka višim slojevima za transfer podataka i kontrolu podataka. Za prenos IMS VoLTE poziva uz osnovni podrazumevani radio kanal (*default bearer*) potreban je dodatni, dodeljeni kanal (*dedicated bearer*). Mreža mora postaviti parametre za uspostavljanje dodatnog kanala za prenos podataka VoLTE poziva. Da bi se ispunio ovaj zahtev mreža šalje poruku *Radio Bearer Reconfiguration*. Korisnik odgovara na ovu poruku, porukom *Radio Bearer Reconfiguration Complete*. Ova razmena poruka definiše način na koji će se korisnički saobraćaj prenositi kroz mrežu. Mreža određeni saobraćaj može tretirati drugačije u odnosu na neki drugi saobraćaj npr. na osnovu prioriteta saobraćaja. Ukratko, *bearer setup* predstavlja set parametara koji definiše specifikacije na osnovu kojih će se korisnički saobraćaj prenositi kroz mrežu. Kada korisnik pristupa LTE mreži prvi put, biće mu dodeljen podrazumevani radio kanal, koji korisnik zadržava sve dok koristi usluge mreže. Podrazumevani radio kanal je *best-effort* servis. Svaki podrazumevani radio kanal ima svoju IP adresu. Korisnik može imati dodatne podrazumevane radio kanale, ako je to potrebno. Svaki od tih kanala će imati dodeljenu drugu IP adresu. QCI (*QoS Class Identifier*) vrednosti od 5 do 9 predstavljaju non-GBR radio kanale i mogu biti dodati korisniku uz podrazumevani kanal. Non-GBR radio kanali ne garantuju fiksne mrežne resurse. Podrazumevani radio kanal je non-GBR radio kanal i kao takav ovi radio kanali omogućavaju samo *best-effort* transport za korisnički saobraćaj, tako da QoS ne može biti garantovan za prenos podataka preko ovih radio kanala. Dodeljeni radio kanal omogućava sigurni tunel za jedan ili više različitih tokova specifičnog saobraćaja (VoIP, video). Dodeljeni radio kanal se ponaša kao dodatni kanal podrazumevanom radio kanalu. Dodeljeni radio kanal ne zahteva odvojeno novu IP adresu tako je uvek povezan za jedan od podrazumevanih radio kanala koji su uspostavljeni ranije. Dodeljeni radio kanal može biti ili GBR ili non-GBR, dok podrazumevani može biti samo non-GBR. Za servise kao što je VoLTE potrebno je obezbediti visok nivo kvaliteta servisa. Dodeljeni radio kanal koristi TFT (*Traffic Flow Templates*) da bi omogućio specijalni tretman određenim servisima. Da bi se osigurao kvalitet prenosa govornog saobraćaja, PS govorni saobraćaj se mora prenositi kroz mrežu uz ispunjen uslov QCI=1. Fiksni prenos podataka koji je potreban za ostvarivanje VoLTE servisa da bi se obezbedio QoS neopodan je dodeljeni radio kanal. Jedan podrazumevani radio kanal mora biti uspostavljen pre uspostave dodeljenog radio kanala. Uspostava ovakvih nosilaca između UE i EPS garantuje zahtevani i pregovarani QoS. Postoji više načina za izbor dodeljenog radio kanala koji može biti uspostavljen. Slika 7.1.3.1. uz sliku 7.2.1.1. predstavlja radio proceduru uspostave veze prilikom VoLTE poziva, opisanu u poglavlju 7.1.



Slika 7.1.3.1. Bearer setup [5]

#### 7.1.4. P-CSCF Discovery

Pre nego što će poslati SIP zahtev za registracijom mreži, mobilni uređaj mora proći kroz proceduru otkrivanja P-CSCF-a (*P-CSCF Discovery*). Proces identifikacije (prema adresi) tačnog P-CSCF-a koji će za njega obavljati ulogu ulazno/izlaznog *proxy* servera. P-CSCF adresa može biti otkrivena na tri moguća načina. Prvi način je da adresa može biti skladištena u ISIM (*IP Multimedia Services Identity Module*). Drugi način otkrivanja adrese je da UE pošalje zahtev u sklopu *PDN connectivity* zahteva u toku *attach* procesa. I treći mogući način je UE šalje zahtev na IP adresu i FQDN (*Fully Qualified Domain Name*) od DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) servera i nakon toga postavlja DNS (*Domain name system*) upit na osnovu vraćene IP adrese i FQDN-a. Ova procedura je bitna iz razloga što se poziv ne može uspostaviti bez određenog P-CSCF koji će biti zadužen za korisnika. P-CSCF koji je dodeljen IMS terminalu se ne menja sve do naredne *P-CSCF Discovery* procedure. Osim osnovnih funkcija koje su navedene ranije kada je bilo reči o komponentama IMS arhitekture, a to su funkcije bezbednosti pristupa korisnika kao i tarifiranje i naplata korisniku na osnovu korišćenih servisa, P-CSCF ima bitnu ulogu u prepoznavanju hitnog poziva. U slučaju hitnog poziva se ne vrši uobičajena registracija na mrežu, već se podaci šalju direktno na E-CSCF (*Emergency-CSCF*). E-CSCF je uveden od strane 3GPP upravo zbog razloga omogućavanja hitnog poziva.

## 7.2. IMS registracija/deregistracija u slučaju VoLTE poziva

Nakon što UE završi sve radio procedure i nakon što se uspostavi radio kanal UE može početi SIP registraciju koristeći IMS za VoLTE poziv. Iako je IMS registracija opisana u jednom od prethodnih poglavlja, opis je detaljniji jer se odnosi uopšteno na registraciju na IMS mrežu, ne na jedan servis pojedinačno. U daljem tekstu opisan je način IMS registracije koji se odvija isključivo u slučaju kada je servis VoLTE poziv.

IMS registracija počinje kada UE uspostavi radio kanal kojim će se odvijati SIP signalizacija. UE počinje registraciju na IMS mrežu slanjem *SIP REQUEST* zahteva do P-CSCF-a. Ova poruka se šalje nezaštićena, ali u sebi sadrži parametre koji se tiču bezbednosti zahteva tokom IMS registracije. P-CSCF trenutno skladišti parametre o sigurnosti primljene u SIP signalizacionoj poruci. P-CSCF zatim prosleđuje *REGISTER* poruku do određenog S-CSCF preko I-CSCF. I-CSCF traži informacije o korisniku iz baze podataka HSS da bi se odlučilo koji S-CSCF može da odgovori na *REGISTER* zahtev. I-CSCF donosi odluku. I-CSCF nakon donete odluke kome proslediti *REGISTER* zahtev prosleđuje zahtev do odgovarajućeg S-CSCF-a. Sada S-CSCF standardno šalje do P-CSCF *401 UNAUTHORIZED* poruku. P-CSCF nakon primanja *401 UNAUTHORIZED* odgovora, zadržava informacije o integritetu i tarifiranju, a zatim dodaje sigurnosne parametre i takvu poruku kao odgovor prosleđuje nazad do korisnika. Na obe strane i na strani korisnika i na strani mreže postoje SSD (*Shared Secret Data*). Na strani korisnika se ti podaci nalaze na ISIM ili USIM, dok su na strani mreže podaci skladišteni na HSS. Korisnik nakon prijema ove poruke ponovo šalje *REGISTER* zahtev sa dodatim vrednostima u zaglavlju poruke. P-CSCF proverava polje u kome su informacije o sigurnosti (*security field*) u novoj poruci koju je primio od korisnika, zatim uklanja *security* zaglavlja i ponovo prosleđuje poruku do S-CSCF preko I-CSCF-a sa naznakom da je integritet poruke zaštićen. S-CSCF proverava odgovor koji je stigao od korisnika. U slučaju uspešne registracije S-CSCF će generisati poruku *200 OK* uključujući i registrovan javni

identitet korisnika. Ovaj odgovor prosleđuje se do I-CSCF pa do P-CSCF. Kada korisnik primi *200 OK* odgovor inicira se uspešna autentifikacija i preuzima listu javnih korisničkih identiteta. Na slici 7.2.1. prikazana je IMS registracija u slučaju VoLTE poziva.



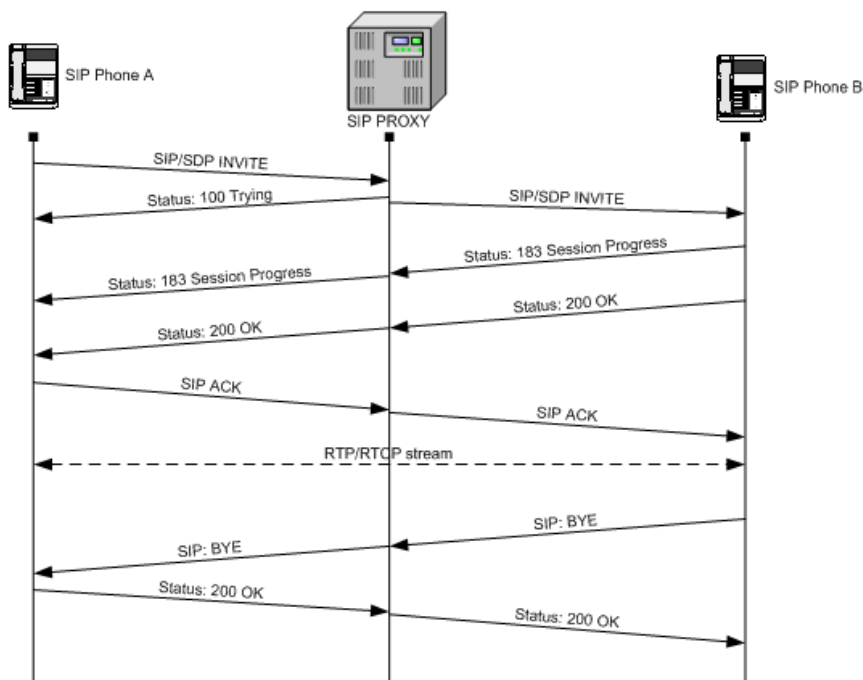
Slika 7.2.1. IMS registracija [5]

IMS deregistracija se odvija u par koraka. UE oslobađa sve korišćene dijaloge, a URI bivaju deregistrovani. SIP dijalog predstavlja signalizacionu relaciju između dva UE-a između kojih je uspostavljen poziv. UE šalje *REGISTER* zahtev u čijem se zaglavlju nalazi nula koja predstavlja zahtev za deregistracijom. Zahtev se prosleđuje gotovo isto kao u slučaju registracije. P-CSCF nakon odrađene obrade zahteva menja informacije o registraciji korisnika. I kao odgovor se šalje *200 OK* do korisnika kao potvrda da je deregistracija odrađena.

### 7.3. MO/MT poziv – konačna uspostava poziva

Da bi došlo do uspostave poziva oba korisnika moraju izvršiti potpunu registraciju na IMS mrežu, takođe mreža im mora obezbediti dodeljene radio kanale koji su neophodni da bi se ostvario prenos govornog saobraćaja kroz LTE mrežu. Pretpostavlja se da su oba korisnika u *RRC idle* stanju. Kada korisnik želi da uspostavi VoLTE poziv, korisnik koji je IMS klijent šalje signalizacionu poruku *SIP INVITE* da bi kontaktirao sa određenim korisnikom. Kada LTE stek primi ovu poruku, inicira se procedura zahteva za servisom. RRC sloj tada pokreće *RACH* proceduru da bi korisnik prešao u *RRC Connected* stanje. Nakon što je RRC procedura završena, LTE stek prosleđuje IPsec paket koji sadrži *SIP INVITE* poruku do radio kanala rezervisanog za SIP signalizaciju. *SIP INVITE* poruka sadrži parametre koji uključuju uslove QoS. IPsec paketi dolaze do P-CSCF-a odakle se dalje rutiraju do S-CSCF-a preko I-CSCF-a. P-CSCF šalje *100 Trying* poruku do IMS klijenta. U slučaju MO iniciranog poziva SIP poruka *INVITE* se prosleđuje do S-CSCF koji je dalje prosleđuje do određenog I-CSCF-a, zatim se poruka prosleđuje do PGW-a koji je zadužen za UE2. UE2 nakon završene procedure *RACH* postaje *RRC Connected*. UE2 inicira izbor koda/dekoda koji zavisi od servisa koji se koristi. Isti izbor vrši se predajnoj strani na osnovu poruke *SIP 183*. *SIP 183* je poruka inicirana od strane mreže kako bi se podesio dodeljeni

radio kanal i na predajnoj strani. Na ovu poruku UE2 odgovara porukom *200 OK*. UE šalje *SIP ACK* koji predstavlja potvrdu da je poruka uspešno primljena. Nakon toga može početi prenos podataka. Uspostavljen je *RTP stream (Real-time Transport Protocol)*. SIP signalizacija se nakon završene sesije završava porukom koju prosleđuje UE2 sadržaja *SIP BYE* na koju UE kao odgovor šalje *SIP 200 OK* odobravajući zahtev *SIP BYE*. Slika 7.3.1. predstavlja razmenu signalizacionih poruka između dva korisnika tokom uspostave VoLTE poziva.



Slika 7.3.1. Razmena SIP signalizacionih poruka [17]

Pregovaranje korisnika sa mrežom u vezi sa parametrima kvaliteta servisa, zahteva od mreže dodelu radio kanala koji će ispuniti kvalitet servisa koji je zahtevan. Ovi parametri takođe zahtevaju određeno rezervisanje resursa u mreži. Postoji više SIP zahteva kojim korisnik pregovara sa mrežom. *SIP UPDATE* predstavlja najkorišćeniji zahtev. Ovaj zahtev predstavlja sposobnost za ispunjavanje zahtevanih QoS servisa za ovaj poziv. U ređe korišćenom slučaju pregovara se u okviru *SIP INVITE* poruke ili u okviru *SIP PRACK* poruke, o mogućnosti mreže da ustupi resurse i obezbedi siguran prenos VoLTE poziva. Ukoliko je ispunjen uslov kvaliteta servisa, a korisnici i mreža su prošli kroz sve gore navedene procedure, VoLTE poziv je uspostavljen.

## 8. ZAKLJUČAK

VoLTE tehnologija predstavlja veliki iskorak u razvoju mobilnih tehnologija. VoLTE tehnologija je prva tehnologija u razvoju mobilnih mreža koja je tradicionalni telefonski poziv izmestila u domen paketskog prenosa. Tehnologija još uvek nije razvijena u potpunosti zbog tehničke podrške koja izostaje i na strani mreže i na strani korisnika. Da bi VoLTE tehnologija bila omogućena korisnicima neophodno je da mreža ima razvijenu podršku IMS platformu kako bi bio obezbeđen kvalitet servisa koji je neophodan kada je u pitanju tradicionalni telefonski poziv. Podrška izostaje i na strani korisnika, danas je u opticaju veliki broj mobilnih uređaja koji nema hardversku podršku za pristup LTE mreži pa tim ni mogućnost VoLTE tehnologije.

U radu je dat opis aktuelnih tehnologija koje se koriste kao alternativa u slučaju kada VoLTE tehnologija nije omogućena. Takođe je opisana i tehnologija koja se primenjuje u slučaju hendovera, koji predstavlja složeniji problem. Hendover ne predstavlja samo promenu mobilne mreže na kojoj se korisnik nalazi, već kada je u pitanju VoLTE poziv predstavlja prelazak na drugačiji način prenosa podataka, u tom slučaju koristi se SRVCC tehnologija. VoLTE tehnologija je tehnologija koja se još uvek razvija. Prelazak na novu tehnologiju nije uvek jednostavno izvodljiv. Problem su tehnologije koje već postoje, a predstavljaju sigurne izvore prihoda operatorima, koji se ne usuđuju lako da ulažu u nove tehnologije. Operatori se danas najčešće odlučuju za tehnologije kao što su CSFB i SVLTE jer u tom slučaju se može istovremeno razvijati LTE mreža kao i podrška IMS platformi koja je neophodna za VoLTE poziv. CSFB i SVLTE su tehnologije koje će se koristiti sve dok LTE mreža ne dostigne zadovoljavajući nivo razvoja. VoLTE servis je *real-time* servis, kao takav ključni faktor na kome se radi pri razvoju VoLTE je ostvarivanje garantovanog kvaliteta servisa prenosa govornog saobraćaja.

VoLTE predstavlja cilj razvoja LTE mrežne tehnologije. Razvojem VoLTE tehnologije LTE će se sve usluge ponuđene korisniku i data i govorni servisi prenositi paketskim putem, čime će biti iskorišćen maksimalni potencijal ove mrežne tehnologije.



## LITERATURA

- [1] Irena Janković, Aleksandar Nešković, “IMS“, 2010
- [2] Zoran Čiča, “Komutacioni sistemi”, 2013
- [3] *SIP protokol* [Online]. Available: <http://www.telfor.rs/telfor2004/radovi/RT-6-7.pdf>
- [4] <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/100-the-evolved-packet-core>
- [5] <http://www.3glteinfo.com/volte-call-flow-procedures/>
- [6] [http://www.tutorialspoint.com/lte/lte\\_network\\_architecture.htm](http://www.tutorialspoint.com/lte/lte_network_architecture.htm)
- [7] <http://www.slideshare.net/kirank29/ims-volte-sip>
- [8] [https://en.wikipedia.org/wiki/IMS\\_security#Registration\\_process](https://en.wikipedia.org/wiki/IMS_security#Registration_process)
- [9] <https://en.wikipedia.org/wiki/VoLTE>
- [10] [https://en.wikipedia.org/wiki/LTE\\_\(telecommunication\)](https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_(telecommunication))
- [11] [https://en.wikipedia.org/wiki/IP\\_Multimedia\\_Subsystem](https://en.wikipedia.org/wiki/IP_Multimedia_Subsystem)
- [12] <http://www.p3-group.com/en/p3-news-us-benchmark-2015-92441.html> P3
- [13] <http://www.tmcnet.com/ims/0607/from-the-desk-of-michael-khalilian-0607.htm>
- [14] <http://www.authorstream.com/Presentation/mohanvelu-1494689-lte/>
- [15] <http://briansang.blogspot.rs/2013/08/csfb-svlte-volte.html>
- [16] <https://litemobilezone.wordpress.com/page/2/>
- [17] <http://hongjoo71-e.blogspot.rs/2015/07/volte-pdn-connectivity-request-vs.html>
- [18] <http://4g-lte-world.blogspot.rs/2012/05/default-bearer-dedicated-bearer-what.html>
- [19] <http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/2013/04/IR.92-v7.0.pdf>
- [20] [http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br\\_1\\_2010/04.pdf](http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br_1_2010/04.pdf)
- [21] <http://www.redbooks.ibm.com/redbooks/pdfs/sg247255.pdf>
- [22] <https://sites.google.com/site/lteencyclopedia/lte-network-infrastructure-and-elements>
- [23] <http://catis-blog.com/>
- [24] [https://www.packetizer.com/ipmc/sip/papers/understanding\\_sip\\_voip/](https://www.packetizer.com/ipmc/sip/papers/understanding_sip_voip/)
- [25] [http://disi.unitn.it/locigno/didattica/AdNet/10-11/IMS\\_Tutorial\\_Scalisi.pdf](http://disi.unitn.it/locigno/didattica/AdNet/10-11/IMS_Tutorial_Scalisi.pdf)
- [26] [http://www.spirent.com/~media/White%20Papers/Mobile/IMS\\_Architecture\\_White\\_Paper.pdf](http://www.spirent.com/~media/White%20Papers/Mobile/IMS_Architecture_White_Paper.pdf)

- [27] [http://www.spirent.com/~media/Datasheets/Broadband/PAB/Landslide/Landslide\\_VoLTE\\_datasheet.pdf](http://www.spirent.com/~media/Datasheets/Broadband/PAB/Landslide/Landslide_VoLTE_datasheet.pdf)
- [28] <http://www.netmanias.com/en/post/techdocs/5904/architecture-lte/lte-network-architecture-basic>
- [29] [http://www.radio-electronics.com/info/telecommunications\\_networks/voip-voice-over-internet-protocol/technology-basics-tutorial.php](http://www.radio-electronics.com/info/telecommunications_networks/voip-voice-over-internet-protocol/technology-basics-tutorial.php)
- [30] [http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk701/technologies\\_configuration\\_guide\\_chapter09186a00800eadee.html](http://www.cisco.com/en/US/tech/tk652/tk701/technologies_configuration_guide_chapter09186a00800eadee.html)
- [31] [http://lteuniversity.com/get\\_trained/expert\\_opinion1/b/lpatterson/archive/2013/06/12/cscf-in-volte-the-p-cscf-part-1-of-4.aspx](http://lteuniversity.com/get_trained/expert_opinion1/b/lpatterson/archive/2013/06/12/cscf-in-volte-the-p-cscf-part-1-of-4.aspx)
- [32] [http://www.spirent.com/~media/White%20Papers/Mobile/Protocol\\_Reference\\_Guide.pdf](http://www.spirent.com/~media/White%20Papers/Mobile/Protocol_Reference_Guide.pdf)
- [33] [http://www.spirent.com/Blogs/Wireless/2015/June/2012-09-25\\_VoLTE\\_vs\\_VoIP\\_Whats\\_the\\_Difference](http://www.spirent.com/Blogs/Wireless/2015/June/2012-09-25_VoLTE_vs_VoIP_Whats_the_Difference)