

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

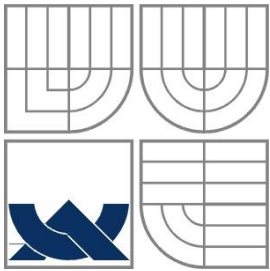
ANALÝZA ŘÍDICÍHO PROVOZU V MOBILNÍCH SÍTÍCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

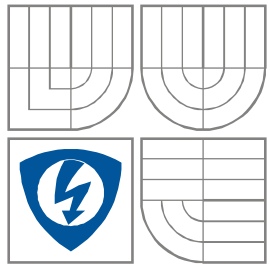
JAN ŠUBRT

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV TELEKOMNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

ANALÝZA ŘÍDICÍHO PROVOZU V MOBILNÍCH SÍTÍCH

ANALYSIS OF CONTROL TRAFFIC IN MOBILE NETWORKS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JAN ŠUBRT

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Vít Novotný, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Teleinformatika

Student: Jan Šubrt

ID: 154891

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Analýza řídicího provozu v mobilních sítích

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte základní řídicí procedury v mobilních sítích druhé a čtvrté generace, jakými jsou přihlášení a odhlášení se do/ze sítě, update pozice mobilního terminálu, realizace hovoru z terminálu a na něj, handover, realizace datových služeb s odlišnými požadavky na QoS. Proveďte měření na dostupných rozhraních mobilní sítí a s dostupnými prostředky ústavu navrhnete a realizujte laboratorní úlohu pro předmět Komunikační prostředky mobilních sítí a vytvořte pro ni podrobný návod.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

[1] KREHER, Ralf a Karsten GAENGER. LTE signaling, troubleshooting, and optimization: architectures and mechanisms for quality of service. Hoboken, N.J.: Wiley, 2011, xii, 282 p. Cisco Press networking technology series. ISBN 978-047-0689-004.

[2] COX, Christopher a Karsten GAENGER. An introduction to LTE: LTE, LTE-advanced, SAE, and 4G mobile communications. Hoboken: Wiley, c2012, xxviii, 324 s. Cisco Press networking technology series. ISBN 978-1-119-97038-5.

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 2.6.2015

Vedoucí práce: doc. Ing. Vít Novotný, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na popis jednotlivých řídicích procedur v mobilních systémech. Zejména se projekt zabývá procesy v mobilních systémech GSM a LTE. Dále jsou uvedeny základní procesy, které předchází samotné službě. Jedná se o procedury jako je inspekce rádiového prostředí terminálem, výběr nejvhodnější buňky, přidělení kanálu mobilní stanici, autentizace účastníka, aktualizace polohy. V další části práce jsou popsány procedury při tzv. handoveru a v poslední řadě procesy pro uskutečnění hovoru a přenosu datových služeb. V poslední kapitole je popsána vytvořená laboratorní úloha pro předmět Komunikační prostředky mobilních sítí.

KLÍČOVÁ SLOVA

GSM, LTE, řídicí procedury, handover, VoLTE, signalizace

ABSTRACT

The Bachelor's thesis describe management procedures in mobile systems. This thesis is mainly focused on mobile systems GSM and LTE. Further are describe basic processes what are required before starting service. This basic procedures contains: inspection of radio signals, select the cell with the best parameters for connection, allocate channel to mobile station, authentication of subscriber and location update. Next part of thesis describe procedures in handover, initialize call session and data session. Last chapter describes laboratory task for subject Communication resources in mobile networks.

KEYWORDS

GSM, LTE, management procedures, handover, VoLTE, signalling

ŠUBRT, J. *Analýza řídicího provozu v mobilních sítích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2015. 61 stran, 3 přílohy. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Vít Novotný, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Analýza řídicího provozu v mobilních sítích“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat doc. Ing. Vítu Novotnému, Ph.D za cenné rady, připomínky a odborné vedení při vypracovávání bakalářské práce.

OBSAH

Seznam obrázků	9
Úvod	10
1 Představení mobilních systémů	11
1.1 Historie mobilních systémů	11
1.1.1 Systémy 1. generace	11
1.1.2 Systémy 2. generace	11
1.1.3 Systémy 3. generace	12
1.1.4 Systémy 4. generace	13
1.2 Princip buňkových systémů	13
2 Signalizace v telekomunikačních sítích	15
2.1 Odlišnost signalizace v pevných a mobilních sítích	15
2.2 Kanály systému GSM	15
3 Systémy GSM a LTE	17
3.1 GSM	18
3.1.1 Architektura GSM	18
3.1.2 Kanály v systému GSM	19
3.2 LTE	19
3.2.1 Architektura systému LTE	19
4 Základní řídicí procedury v mobilních sítích	22
4.1 Průzkum rádiového prostředí terminálem	22
4.2 Přihlášení do sítě	23
4.2.1 Náhodný přístup terminálu v síti	23
4.2.2 Autentizace účastníka	24
a) Proces autentizace v síti GSM	24
b) Proces autentizace v síti LTE	26
4.2.3 Aktualizace polohy terminálu	28
4.3 Odpojení od sítě	28
5 Handover	30
5.1 Handover v systému GSM	30

5.1.1	Intra BSC Handover.....	30
5.1.2	Intra MSC handover.....	31
5.1.3	Inter MSC handover.....	32
5.2	Handover v systému LTE	34
5.2.1	Inter-eNodeB Handover přes rozhraní X2.....	35
5.2.2	S1 Handover	36
5.2.3	Inter RAT Handover	37
6	Hovorová služba	40
6.1	Okruhově spojovaná hovorová služba.....	40
6.1.1	Mobile Originated Call	40
6.1.2	Mobile Terminated Call.....	41
6.2	Hovorové služby v LTE.....	43
6.2.1	Circuit Switched Fallback.....	43
6.2.2	Voice Over LTE.....	45
7	Datové spojení	47
7.1	GSM/GPRS.....	47
7.1.1	Připojení k GPRS.....	47
7.2	LTE	49
8	Laboratorní úloha	51
9	Závěr	52
	Literatura	53
	Seznam zkratk	56
	Seznam příloh	60
A	Obsah přiloženého DVD	61

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Sektorizace buněk.....	14
Obr. 1.2: Podmínka pro interferenční zónu [13].....	14
Obr. 2.1: Přibližné rozložení logických kanálů	16
Obr. 3.1: Pokrytí LTE u T-Mobile k 13.11.2014 [32]	17
Obr. 3.2: Pokrytí LTE u T-mobile k 18.5.2015 [32]	17
Obr. 3.3: Architektura GSM [13].....	19
Obr. 3.4: Architektura LTE [14].....	21
Obr. 4.1: Sousední buňky	22
Obr. 4.2: Channel request	23
Obr. 4.3: CM service Request.....	24
Obr. 4.4: Random access procedure [9].....	24
Obr. 4.5: Ověření totožnosti	25
Obr. 4.6: Komunikace mezi bloky při procesu ověřování [26]	26
Obr. 4.7 Přehled generovacích klíčů v různých systémech [34]	27
Obr. 4.8: Autentizace účastníka LTE [27].....	27
Obr. 4.9: Odpojení v síti LTE [27]	29
Obr. 5.1: Procedury v intra BSC handoveru [31]	31
Obr. 5.2: Procedury při Intra MSC handoveru [31].....	32
Obr. 5.3: Inter MSC handover	34
Obr. 5.4: Lte X2 handover [11]	35
Obr. 5.5: Lte handover X2 fáze 2 [11].....	36
Obr. 5.6: S1 handover	37
Obr. 5.7: IRAT handover preparation [21]	38
Obr. 5.8: Irat Handover pokračování [21]	39
Obr. 6.1: Mobile Originated Call [24]	41
Obr. 6.2: Paging request	42
Obr. 6.3: Paging response	42
Obr. 6.4: Mobile Terminated Call [1].....	43
Obr. 6.5: CS fallback MOC [20].....	44
Obr. 6.6: CS fallback MTC [20]	44
Obr. 6.7: Registrace SIP [33].....	46

Obr. 7.1: GSM/GPRS architektura [6].....	47
Obr. 7.2: GPRS připojení 1.část [5].....	48
Obr. 7.3: GPRS připojení 2.část [5].....	49
Obr. 7.4: GPRS připojení 3.část [5].....	49

ÚVOD

V dnešní době jsou mobilní sítě velmi rozsáhlé a většina občanů využívá jejich služeb. Mobilní systémy prochází bouřlivým vývojem a to hlavně z toho důvodu, že účastníkům již nestačí jen hovorové služby, ale stále více je kladen požadavek na služby datové. Hlavní výhodou mobilních systémů je jejich mobilita a proto také v poslední době vytlačují pevné sítě. Jelikož se ale uživatel může s terminálem pohybovat, jsou procedury, které se dějí mezi terminálem a systémem, složitější.

Systému GSM, který odstartoval nástup mobilních systémů je dnes nejstarší, ale stále používaný systém řadí se do druhé generace mobilních systémů. Nyní jsou využívány i mobilní systémy třetí a čtvrté generace. Jelikož všechny systémy jsou v provozu současně, je nutné aby mezi sebou dokázaly komunikovat.

Tato práce by měla čtenáři přiblížit procesy, které probíhají mezi terminálem a systémem. Jelikož mnoho lidí netuší, co se vlastně odehrává při uskutečňování jednotlivých služeb. Proto je hlavním cílem bakalářské práce seznámit čtenáře s procesy, které mobilní zařízení provázejí po celou dobu kdy je zapnuto. Jedná se o základní řídicí procedury jako je nalezení stanice s nejkvalitnějším signálem, až po uskutečnění datového spojení.

V rámci projektu by se čtenář měl dozvědět, co si představit pod pojmem signalizace a také se seznámit s hlavními rozdíly mezi signalizací pevných sítí a mobilních sítí.

Mobilní systémy, které se již běžně používají, nejsou všechny stejné architektury a mají jiné vlastnosti. Největší komplikací je, že systém LTE se velmi liší od systémů 2G a 3G. Proto jsou v tomto projektu rozebírány zejména řídicí procedury systémů 2G a systému LTE.

Bakalářská práce je členěna na osm částí. Kapitola první uvádí vývoj mobilních systémů. Druhá kapitola se zabývá odlišností signalizace v pevných a mobilních sítích. V kapitole třetí jsou blíže popsány systémy GSM a LTE. Základní řídicí procedury v mobilních sítích jsou uvedeny v kapitole čtvrté. Procedury u jednotlivých typů handoveru jsou představeny v kapitole páté. Kapitola šesté popisuje kroky při vytváření hovorového spojení, následující kapitola popisuje proces pro navázání datového spojení. Závěrečná kapitola popisuje vytvořenou laboratorní úlohu a její účel.

1 PŘEDSTAVENÍ MOBILNÍCH SYSTÉMŮ

Mobilní, neboli radiotelefonní sítě na rozdíl od pevných sítí mají tu zásadní vlastnost, že se s koncovým zařízením můžeme pohybovat téměř všude, bez toho aniž bychom s sebou nosili další kabel. V dnešní době stále více vytlačují mobilní sítě ty pevné.

Radiotelefonní systémy se stále zdokonalují a to zejména pro potřebu větší přenosové kapacity, větší rychlosti přenášených dat a přizpůsobením se nejrozšířenější paketové síti, jak je tomu už v systému LTE (*Long Term Evolution*).

1.1 Historie mobilních systémů

Základem mobilních služeb byl přenos hovorových signálů. Postupem času však přechází priorita na datové služby, a tomu také odpovídá vývoj mobilních technologií. Úplně první systém který v Americe byl roku 1979 spuštěn do testovacího provozu se označuje jako analogový AMPS (*Advanced Mobile Phone System*), později se přešlo na systémy digitální, které mají vyšší úroveň zabezpečení, menší rozměry mobilních stanic, vyšší provozní kapacitu sítě a mnohé další výhody.

1.1.1 Systémy 1. generace

Předpokladem pro generaci bylo, že se bude přenášet jen hovorový signál, nebyla taková potřeba jako je v dnešní době internetu, přenášet datové signály. Systémy neefektivně využívaly přiděleného frekvenčního pásma, byly analogové a jelikož systémy první generace nebyly navzájem slučitelné, nebyl možný tzv. roaming (volný pohyb účastníky přes různé státy). Na území České republiky byl využíván systém NMT (*Nordic Mobile Telephone*). Pro vytvoření si představy o různorodosti systémů na území jednotlivých států slouží Tab. 1.1. [13]

Tab. 1.1: Základní přehled analogových systémů ve světě

Systém	Země
NMT 450	Švédsko, Norsko, Dánsko, Finsko, ČR
AMPS	USA
TACS	Velká Británie
C-NET	Německo, Rakousko, Portugalsko

1.1.2 Systémy 2. generace

Systémy 2. generace jsou již digitální a díky digitálnímu zpracování signálu mají oproti svým předchůdcům značný náskok. Jedna z výrazných změn je použití metody časového multiplexu TDMA (*Time Division Multiple Access*), která na každém radiovém kanálu vytvoří 8 časových úseků, neboli Time slotů, přičemž jeden interval může přenášet jeden uživatelský kanál. Tato metoda výrazně pomáhá efektivnímu využití frekvenčního pásma. Odposlech je pomocí digitalizace téměř vyloučen. Zdroje

informací k této podkapitole jsou: [13], [17], [15].

Nejrozšířenější je v této generaci systém GSM (*Global System for Mobile communication*), který přešel z Evropy do celého světa. Využívá mnohonásobného přístupu s frekvenčním dělením FDMA (*Frequency Division Multiple Access*), kdy se přidělené pásmo rozdělí na subpásma, účastník tak má přidělené své pásmo (kanál) přes které komunikuje. Tato metoda se v GSM kombinuje s TDMA, zde se každému účastníkovi připojí v určitém kanálu časový interval. Systému GSM se budeme věnovat více v kapitole 3.1.

Jelikož postupem času byly kladeny větší nároky na přenos datových služeb a GSM byl navržen převážně pro přenos hovorových signálů, bylo nutné vytvořit nové standardy pro přenos datových služeb. Zde se již dostáváme do éry 2,5. generace, což je vlastně taková nástavba GSM .

Díky flexibilitě systému GSM bylo možné implementovat do něj nové technologie jako GPRS (*General Packet Radio Service*). Jedná se o systém, který přidává do GSM možnost přenášet datové pakety přes rádiové rozhraní. Jeho teoretická rychlost je 171,2 kb/s při využití všech 8 kanálů. V praxi je však rychlost menší.

Dalším standardem je EDGE (*Enhanced Data For GSM Evolution*). Zde se jedná také o paketový přenos dat. Tento systém docílil zvýšení přenosové rychlosti dat pomocí účinnější modulace 8-PSK (*Phase Shift Keying*). Předěšlý systém GPRS používá modulaci GMSK (*Gaussian Minimum Shift Keying*). Přenosová rychlost je při alokování 8 timeslotů až 384 kbit/s.

Posledním systémem spadající do 2,5. generace je HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*). Tento standard umožňuje přenos dat vyšší rychlostí v GSM bez toho, aniž bychom zasahovali do hardwarové struktury. Z čehož vyplývá že úpravy jsou tedy jen softwarové a na rozdíl od předešlých standardů se nejedná o paketový přenos dat. Přenosová rychlost je navýšena pomocí nového způsobu kódování.

1.1.3 Systémy 3. generace

Na rozdíl od předešlé 2. generace se 3. generace zaměřila při vývoji hned z počátku na zkvalitnění datových přenosů. Jejím cílem bylo dosáhnout přenosové rychlosti pro uživatele s menším stupněm mobility (centrum měst, obytné čtvrti), 2 Mb/s a pro uživatele s větším stupněm mobility 384 kb/s. Jelikož měl být systém celosvětový, zavedly se podmínky IMT-2000 (*International Mobile Communication - 2000*) pro vznik nových standardů. [29]

Systémy využívají technologii vícenásobného přístupu s kódovým dělením tzv. CDMA (*Code Division Multiple Access*), která ponechává uživatelům přidělené frekvenční pásmo po celou dobu a jednotliví uživatelé se rozeznávají na základě přiděleného binárního kódu. Konkrétně nejrozšířenější systém v Evropě UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), využívá technologii W-CDMA (*Wideband Code Division Multiple Access*). [13]

Kvůli stále rostoucím nárokům na rychlejší přenos dat bylo nutné vylepšit stávající systém. Jedná se o systémy označované jako 3,5. generace, mezi které se řadí nový standard HSPA (*High Speed Packet Access*), který se dále dělí na HSPDA (*High Speed Downlink Packet Access*), tato technologie zvyšuje přenosové rychlosti pro downlink,

tedy teoretická přenosová rychlost dat směrem od uživatele by měla být 14,4 Mb/s. Pro opačný směr přenosu dat slouží technologie HSUPA (*High Speed Uplink Packet Acces*), zde by měla být teoretická přenosová rychlost 11,5 Mb/s.

1.1.4 Systémy 4. generace

Pro tyto sítě by měla rychlost přenášených dat dosahovat 1 Gbit/s pro statické zařízení a pro velmi rychle se pohybující terminál rychlosti 100 Mb/s. Těmto parametrům odpovídá mobilní síť LTE Advanced (*Long Term Evolution Advanced*), jejíž teoretická přenosová rychlost pro downlink je 3 Gb/s a pro uplink 1.5 Gb/s. Předchůdce tohoto systému je technologie LTE, která ovšem nedosahuje takových rychlostí potřebné pro plnohodnotné sítě 4. generace i přesto je tato technologie někdy označována jak 4G, spíše by se dalo konstatovat, že je to jakýsi 3,9G standard.

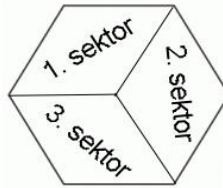
Systém LTE využívá ortogonální frekvenční multiplex tzv. OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Díky tomu je dané spektrum využito maximálně. [17]

1.2 Princip buňkových systémů

Jedná se o plošnou strukturu rádiové sítě, kterou využívají všechny zmíněné generace mobilních systémů. Jsou založeny na faktoru, že jednotlivá území například celého státu jsou pomocí základových stanic rozdělena do tzv. buněk. Odtud název buňková síť, neboli anglicky, cellular network.

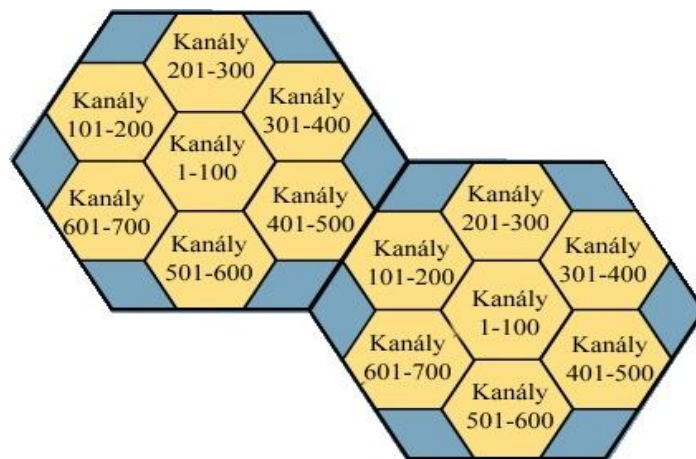
Velikost buněk není pokaždé stejná a závisí především na předpokládané hustotě provozu, proto dělíme buňky podle velikosti na pikobuňky, vyskytují se v místech velké koncentrace účastníků, např. obchodní domy, větší školy. Mikrobunčky, které se využívají v centru měst, kde se předpokládá větší hustota provozu. Dále makrobunčky, jejichž pole pokrývá větší oblast než předešlé, ale s menším počtem účastníků, např. různé vesnice. Pro nepokrytý prostor mezi pikobuňky nebo mikrobunčky se využívají tzv. deštníkové buňky. [13]

Jednotlivé základové stanice nemusí být zpravidla uprostřed buňky, ale mohou být umístěny i na společné hranici buněk. Tento proces se nazývá sektorizace. Ještě před samotnou sektorizací je za účelem obsluhy co nejvíce účastníků, vhodné rozdělit jeden svazek, (několik buněk vedle sebe) na 21 menších buněk do kterých ale musíme umístit základové stanice. Pro redukci těchto stanic použijeme právě už zmíněnou sektorizaci a do každé z přilehlých buněk nasměrujeme jednu vysílací anténu.. Tento proces napomáhá k efektivnímu využití frekvenčního pásma. Například pokud rozdělíme buňku do tří sektorů (viz Obr. 1.1) získáme tak trojnásobný počet kanálů, které lze využít v této buňce.



Obr. 1.1: Sektorizace buněk

Buňkové systémy velmi efektivně využívají přidělené rádiové spektrum, což je v dnešní době bezdrátových technologií velmi žádoucí. Princip spočívá v tom, že v každém svazku celulární sítě se využívá stejného kmitočtu. Hlavní podmínkou pro využití stejné frekvence je, aby byla vzdálenost dvou buněk vysílající stejné rádiové kanály, rovna minimálně pětinásobku jejich ekvivalentního poloměru. Naznačení opakování kanálů můžeme vidět na Obr. 1.2. Kde je v jednom svazku rozděleno celkem 700 kanálů a každé buňce je přiděleno 100 kanálů.



Obr. 1.2: Podmínka pro interferenceční zónu [13]

Způsob přidělení kanálů, který je na Obr. 1.2 se nazývá Fixed Channel Allocation, neboli pevné přidělení kanálu buňce. Pro efektivnější využití radiových kanálů se používá technika označovaná jako „Dynamic Channel Allocation“, která je výhodná zejména pokud je v jedné buňce nedostatek volných radiových kanálů pro účastníky a v jiné buňce, která splňuje podmínku pro interferenceční zónu, je naopak využití výrazně menší. V takovém případě může přetížená základnová stanice použít nevyužitý kanál z nevytížené buňky, ale zároveň musí monitorovat zda se již prostřednictvím tohoto kanálu nevysílá v sousedních buňkách. [13]

2 SIGNALIZACE V TELEKOMUNIKAČNÍCH SÍTÍCH

Většina populace v dnešní době má možnost využívat různé technologie pro uskutečnění hovoru, přenosu dat a jiných služeb. Běžný uživatel však vnímá skrze své zařízení jen výslednou službu. Proces, který stojí za inicializací sestavení služby se nazývá signalizace.

Signalizace tedy slouží pro výměnu řídicích informací, které jsou nutné pro řízení komunikace. Dále také k vytváření a rušení spojení a dalších informací nutných pro řízení komunikace mezi jednotlivým body.

2.1 Odlišnost signalizace v pevných a mobilních sítích

Rozdíl v signalizaci mezi pevnými a mobilními sítěmi je způsoben převážně umožněním mobility účastníka v mobilních sítích.

V pevných sítích není žádný důvod pro signalizaci spojenou s lokalizací účastníka. A to z toho důvodu, že je z ústředny vedeno fyzické vedení až k účastníkovi, kde je telefonní přípojka. K této telefonní přípojce má možnost připojit účastník své telefonní zařízení.

Na rozdíl od pevných sítí, se v těch mobilních může účastník s terminálem pohybovat. Před samotným přihlášením do sítě se musí provést řada řídicích procesů. Mezi tyto procesy patří např. lokalizace účastníka, jelikož na rozdíl od systémů pevných se poloha účastníka mohla změnit.

Další zásadní rozdílnost mezi těmito dvěma sítěmi je v zabezpečení informací proti zneužití. Tento rozdíl je způsoben tím, že mobilní sítě využívají pro přenos signálů rádiové prostředí, které je mnohem zranitelnější než používané kabely u pevných sítí.

Liší se tedy procedury vykonávané při žádosti o službu z pohledu autentizace účastníka, která je u radiotelefonních systémů důkladnější. Důkladnější zejména v tom, že systém si musí vyměnit informace o použitém šifrování. Dále např. udržuje anonymitu účastníka pomocí dočasně přiděleného identifikačního čísla. V pevných sítích se jedná zejména jen o ověření, zdali má účastník povolené určité služby. Žádné šifrování a další ověřovací procesy jako u systému mobilních nejsou nutné.

2.2 Kanály systému GSM

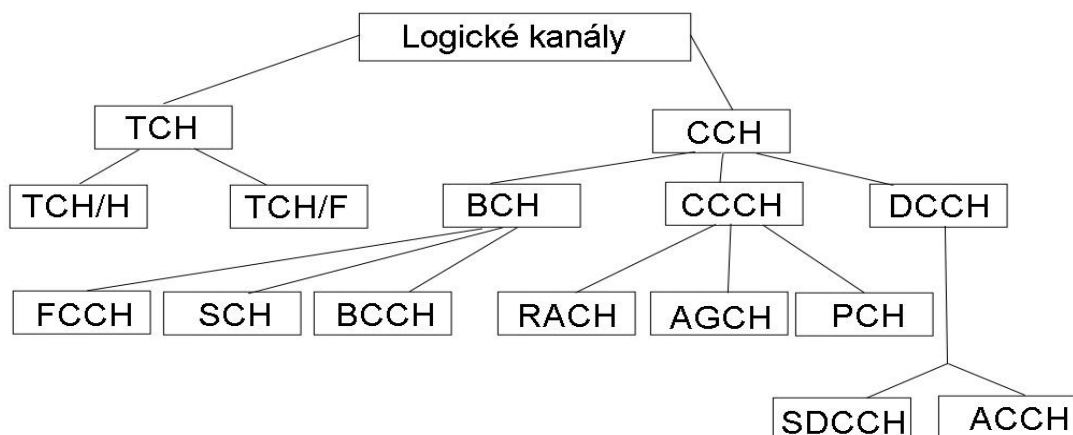
Pro výměnu uživatelských a řídicích informací mezi mobilní stanicí a systémem GSM se používají tzv. kanály.

Neustálá komunikace v systému GSM, která probíhá mezi mobilní stanicí a systémem vyžaduje výměnu informací. Ať už se jedná o zprávy přenášené v idle režimu (stav kdy terminál nevykonává žádnou službu) nebo v dedicated režimu (stav kdy mobilní stanice vykonává službu). Tyto zprávy se přenáší pomocí tzv. kanálů.

Kanály dělíme na fyzické a logické, kde fyzický kanál je skutečný přenosový kanál definovaný číslem timeslotu a číslem rádiového kanálu. Logické kanály jsou v určitých konfiguracích sdružovány do fyzických kanálů. [13]

Logické kanály se dělí na provozní kanály (TCH) a signalizační kanály (CCH) viz Obr. 2.1. Pro signalizační účely se využívají kanály signalizační. Tyto kanály můžeme rozdělit do tří skupin:

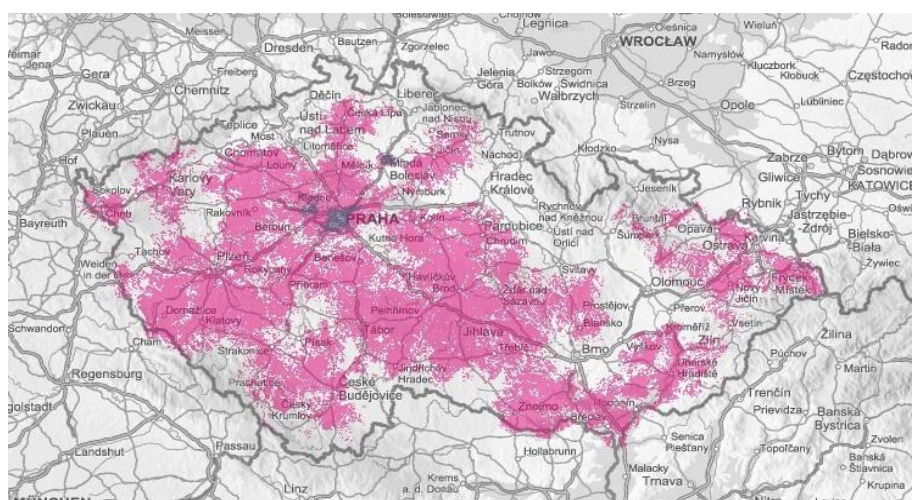
- Broadcast channel (BCH) - Vysílá pouze systém k mobilní stanici. Jsou tedy vysílány jen ve směru downlink. Tyto všesměrové řídicí kanály přenáší informace o oblasti kde se MS nachází (LAI), seznam sousedních buněk atd. Dále obsahují informace umožňující korekci k naladění mobilní stanice a identifikaci kmitočtu nesoucího signalizační kanály v FCCH (*Frequency Correction Channel*) a také informace pro rámcovou signalizaci mobilní stanice (číslo rámce) a identifikaci základnové stanice v SCH (*Synchronization channel*).
- CCCH (*Common Control Channel*) - kanály všeobecného řízení, jsou vysílány v obou směrech (uplink i downlink) a slouží pro řízení přístupu MS k síti. Pod CCCH spadá kanál PCH (*Paging Channel*), který slouží k předání informace o přichozím hovoru. Dále kanál RACH (*Random Access Channel*), který slouží pro vyžádání samostatného řídicího kanálu pro další signalizaci je vysílán ve směru uplink. A poslední kanál AGCH, který slouží pro přidělení samostatného řídicího kanálu mobilní stanici, která předtím o toto požádala (odpověď na RACH).
- DCCH (*Dedicated Control Channel*) - tyto vyhrazené řídicí kanály jsou určeny pro signalizaci s konkrétní MS. SDCCH (*Stand Alone Dedicated Control Channel*) je určen pro obousměrnou komunikaci mezi mobilní a základnovou stanicí před přidělením provozního kanálu. ACCH (*Access Control Channel*), slouží pro přenos důležitých informací během komunikace.



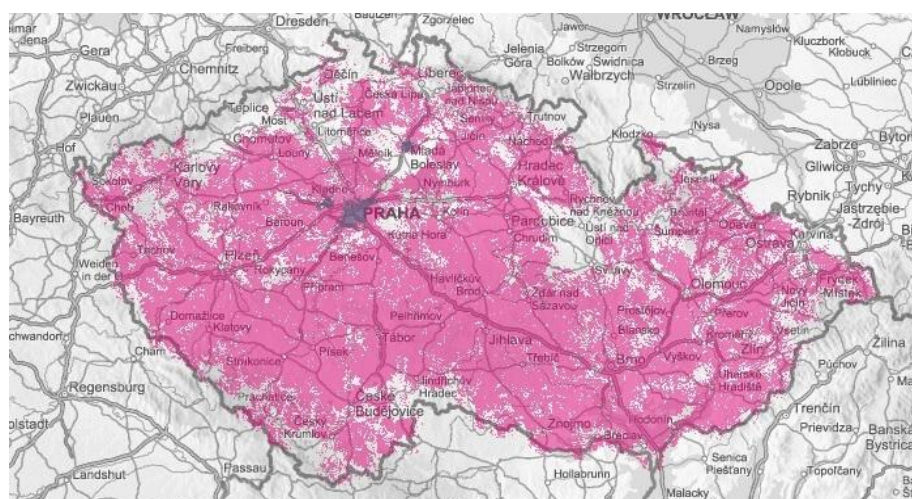
Obr. 2.1: Přibližné rozložení logických kanálů

3 SYSTÉMY GSM A LTE

Jsou to dva velmi odlišné standardy. I přesto, že GSM je v komerčním provozu už od devadesátých let, je to stále aktuální záležitost. Naproti tomu systém LTE je zatím nejnovější systém, který byl spuštěn v České republice teprve nedávno a zatím probíhá jeho pokrývání na území našeho státu, viz Obr. 3.1 a Obr. 3.2: Pokrytí LTE u T-mobile k 18.5.2015 [32]. Na obou obrázcích vidíme pokrytí u operátora T-mobile, kde růžová barva označuje síť LTE 800 MHz s přenosovou rychlostí až 75 Mb/s a tmavá barva kterou lze vidět téměř jen v Praze značí LTE 1800 MHz s přenosovou rychlostí až 150 Mb/s.



Obr. 3.1: Pokrytí LTE u T-Mobile k 13.11.2014 [32]



Obr. 3.2: Pokrytí LTE u T-mobile k 18.5.2015 [32]

3.1 GSM

Pro popis jednotlivých procedur je nezbytné popsat systém GSM a to hlavně jeho architekturu. Podkapitola tedy slouží pro získání základního přehledu o struktuře a úloze jednotlivých jednotek systému.

3.1.1 Architektura GSM

Důležité je, že systém GSM není uzavřený, čímž umožňuje přístup i do jiných sítí. Systém můžeme rozdělit na tři základní subsystémy viz Obr. 3.3.

- Subsystém základnových stanic BSS (*Basic Station Subsystem*)
- Síťový spojovací subsystém NSS (*Network Switching Subsystem*)
- Operační a podpůrný subsystém OSS (*Operation and Support Subsystem*)

Samostatná mobilní stanice ze které provádí účastník veškeré pokyny obsahuje tzv. SIM kartu (*Subscriber Identity Module*). Bez této karty není účastník oprávněn k využívání služeb. Jedinou akcí která mu je povolena, je tísňové volání. SIM karta totiž mimo jiné obsahuje identifikační číslo IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*), pro jednoznačnou identifikaci uživatele.

Pokud není využito sektorizace, tak je uvnitř každé buňky umístěna základnová stanice, která zajišťuje komunikaci s mobilní stanicí přes rádiové rozhraní označované jako rozhraní U_m . Jednotlivé skupiny základnových stanic BTS (*Base Transceiver Station*) jsou pak přiřazené k jedné řídicí jednotce BSC (*Base Station Controller*), jak lze vidět na Obr. 3.3. Mezi funkce stanice BSC patří např. vykonávání Handoveru, přidělování kanálů a částečné přepojovací funkce. [29]

Subsystém NSS obsahuje jednotku MSC (*Mobile Switching Centre*) ke které jsou připojeny její součásti:

- HLR (*Home Location Register*) je databáze všech účastníků GSM služeb a ukládá polohu terminálu.
- AuC (*Authnetication Centre*) je databáze bezpečnostních klíčů pro autentizaci uživatelů.
- VLR (*Visitor Location Register*) je databáze, která uchovává a obnovuje data o užívatelích nacházejících se v oblasti příslušné MSC.
- EIR (*Equipment Identity Register*), v této databázi jsou uložena čísla IMEI (*International Mobile Equipment Identity*) jednotlivých mobilních stanic. Na základě těchto čísel se vyhodnocuje zda-li je zařízení (mobilní stanice, terminál) platně registrované a má tedy přístup k síti, nebo je např. nahlášené jako ukradené a přístup je odmítnut.

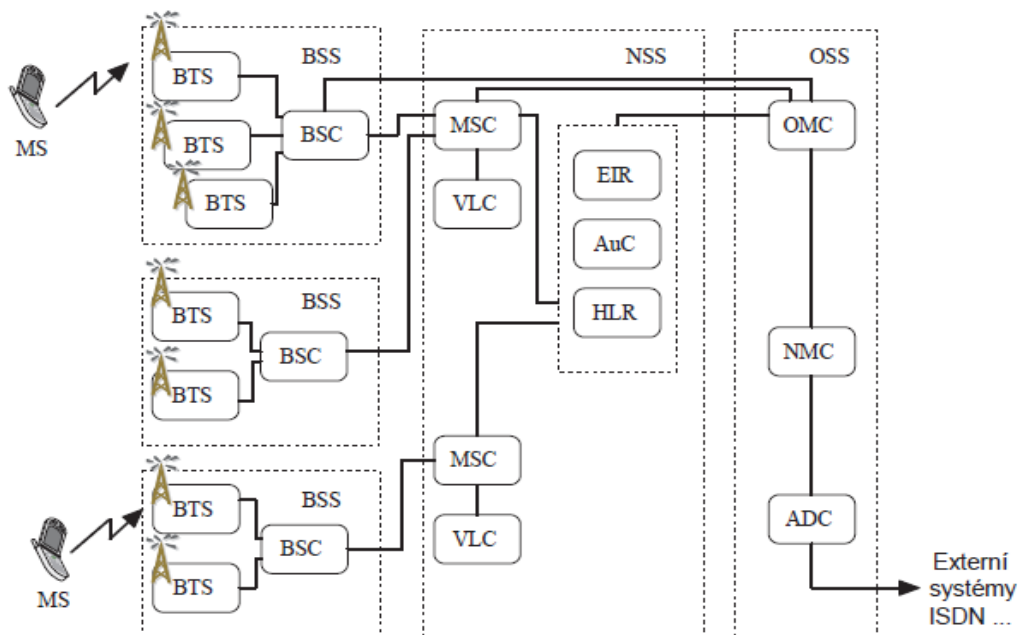
Jednotka MSC představuje ve své podstatě klasickou telefonní ústřednu. Navíc je však doplněna o funkce, které jsou spojené s mobilitou účastníka. [15]

Poslední subsystém tvoří následující části:

- OMC (*Operational & Maintenance Centre*)

- NMC (*Network Management Centre*)
- ADC (*Administrative Centre*)

Jednotlivé bloky OSS se starají o údržbu hardwaru BSS a NSS. Sledují registrace účastníku a řeší otázky tarifkace, monitorují mobilní stanice a evidují porouchané stanice.



Obr. 3.3: Architektura GSM [13]

3.1.2 Kanály v systému GSM

3.2 LTE

Systém LTE je již plnohodnotný paketový systém, avšak musí stále zvládat i propojení se sítěmi druhé a třetí generace, což je v případě uskutečnění hovoru problém. Proto systém musí využívat např. subsystému IMS (*IP Multimedia Subsystem*). Zdroje informací k části systému LTE jsou: [19], [27], [14].

3.2.1 Architektura systému LTE

Architektura systému se na rozdíl od GSM skládá ze dvou základních částí. Z tzv. EPC (*Evolved Packet Core*), která představuje páteřní síť a druhá část sítě se nazývá E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*), která představuje přístupovou síť viz Obr. 3.4. Základnová stanice je označena jako eNode B (*evolved Node B*) a je mnohem inteligentnější a propracovanější než v systému GSM.

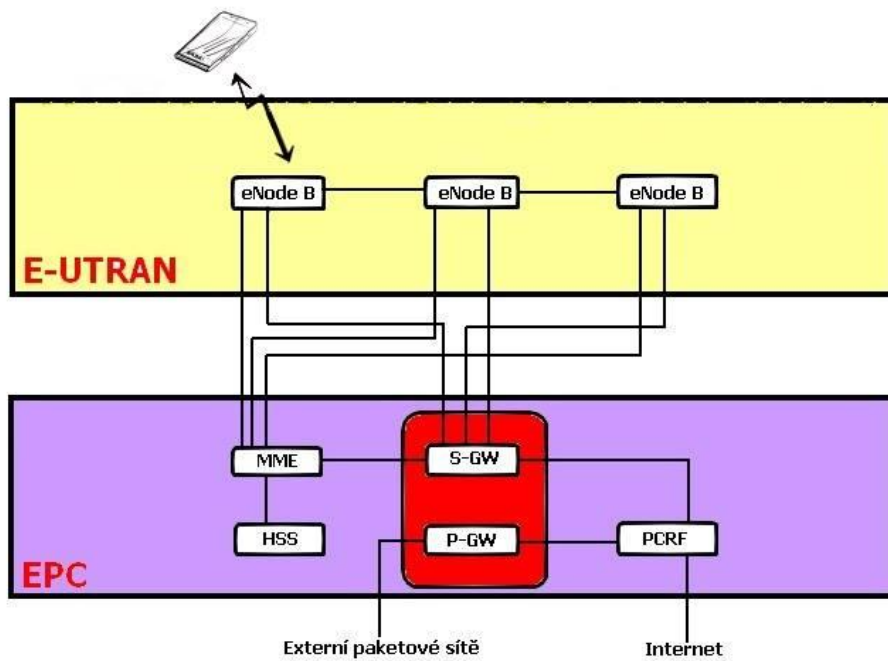
Pokud účastník chce využívat síť LTE, musí k tomu mít vyhovující uživatelské zařízení označované jako UE (*User Equipment*). Jeho SIM karta je buď ve formě USIM

(*UMTS SIM*), *ISIM (IP Multimedia Subsystem SIM)*, nebo společná *UICC (UMTS Integrated Circuit Card)*).

Do přístupové sítě E-UTRAN spadají všechny základové stanice eNode B, které se starají o zajištění komunikace s uživatelským zařízením. Tyto stanice převzaly funkce BSC u systému GSM. Rozhodují tedy o provedení handoveru, přidělují rádiové kanály. Jedna základnová stanice může obsluhovat několik uživatelů. Propojení mezi páteřní sítí a přístupovou se provádí optickými či metalickými kabely.

V páteřní síti už se nenachází bloky pro komutovaný přenos. Místo nich má systém LTE nové následující jednotky:

- *MME (Mobile Management Entity)* je hlavním řídicím prvkem sítě LTE. Zajišťuje ověřování totožnosti, kontrolu přístupu do sítě, může obsluhovat eNode B. Dále se stará o šifrování pro zajištění odolnosti proti odposlechu. Místo čísla TMSI (*Temporary Mobile Subscriber Identity*), které se používá v GSM přiřazuje jednotka MME jednotlivým účastníkům číslo GUTI (*Global Unique Temporary Identity*). Toto číslo slouží pro ochranu komunikace před odposlechem. Dále také sleduje pohyb účastníků.
- *HSS (Home Subscriber Server)* je databáze všech účastníků v síti a jsou zde uvedeny i informace o jejich oprávnění využívat různé služby. Důležité je, že HSS je spojena se všemi MME v síti a zasílá jim kopie uživatelských profilů. Také se tento blok stará o autentičnost.
- *PCRF (Policy and Charging Rules Function)* dohlíží na kvalitu služeb QoS (*Quality of Services*) dále na vyúčtování služeb.
- *SAE-GW (System Architecture Evolution Gateway)* je kombinací dvou výchozích brán S-GW (*Serving Gateway*) a P-GW (*Packet Gateway*). Kde S-GW slouží mimo jiné pro kompatibilitu mezi systémy LTE, 2G a 3G. P-GW, poskytuje propojení s externími paketovými sítěmi a EPC.



Obr. 3.4: Architektura LTE [14]

4 ZÁKLADNÍ ŘÍDICÍ PROCEDURY V MOBILNÍCH SÍTÍCH

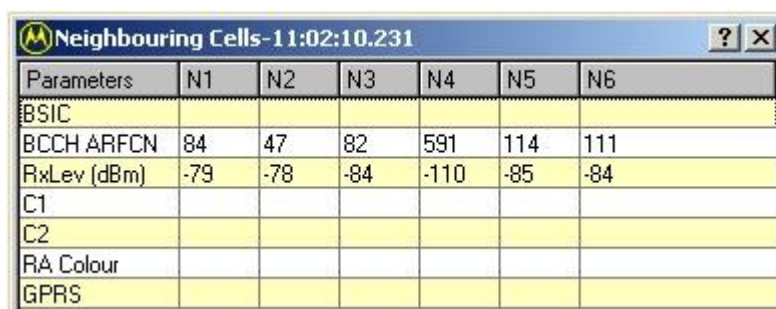
Proto, aby mobilní stanice mohla uskutečnit hovor, přenos dat či poslat SMS (*Short Message Service*), je nezbytné, aby mobilní stanice byla připojena k některé ze základnových stanic. Aby se stanice připojila k některým ze stanic BTS, předchází několik základních procedur a to inspekce rádiového okolí terminálem, výběr sítě vhodného operátora, výběr nejvhodnější buňky, prvotní náhodný přístup a dále už samotné žádání o službu, se kterou jsou spojeny další procedury jako je např. autentizace účastníka.

4.1 Průzkum rádiového prostředí terminálem

Pokud se zapne terminál, což znamená, že zařízení nemá údaje o buňkách, které jsou aktuálně kolem něj. Zařízení zareaguje tak, že ztlumí výkon a přijímač je nastaven na malou hodnotu, poté začne vyhledávání. Terminál vlastně přeladuje po celém pásmu a měří hodnoty jednotlivých signálů.

Jakmile stanice dokončí své hledání, má dostatečný přehled o signálech v jejím okolí. Pokud se stanici nepodaří najít tzv. FCCH (*Frequency Control Channel*), tento kontrolní kanál je vysílán přes řídicí kanály (informace je všesměrově vysílána směrem od systému k účastníkům), mobilní stanice zareaguje tak, že zvýší výkon přijímače. Pokud je kanál FCCH nalezen, provede terminál kmitočtové naladění na tento kanál. [13]

Kritérium pro výběr stanice není jen podle síly signálu. Pokud by tomu tak bylo, účastník by se přepojoval velmi často. Pro mobilní zařízení je důležité, aby si stále udržoval informaci o sousedících buňkách. Viz Obr. 4.1. Zkratka ARFCN (*Absolute Radio Frequency Channel Number*) označuje číslo rádiového kanálu. Pro udržení si přehledu o okolních buňkách napomáhají i samotné stanice v BSS, které posílají přehled o kanálech svých sousedů (*Neighbourhood List*).



Parameters	N1	N2	N3	N4	N5	N6
BSIC						
BCCH ARFCN	84	47	82	591	114	111
RxLev (dBm)	-79	-78	-84	-110	-85	-84
C1						
C2						
RA Colour						
GPRS						

Obr. 4.1: Sousední buňky

4.2 Přihlášení do sítě

Jakmile má stanice přehled o buňkách kolem ní, může se pokusit o přihlášení do sítě. Pomocí nejvhodnějšího signálu přicházející ze stanice BTS u systému GSM, stanice nodeB u systému UMTS a eNodeB u systému LTE.

Přihlášení do sítě se skládá z několika procesů. Nejdříve musí být účastníkovi přiřazen kanál přes který bude moct komunikovat se systémem. Dále musí být účastník autentizován a musí být aktualizována jeho poloha.

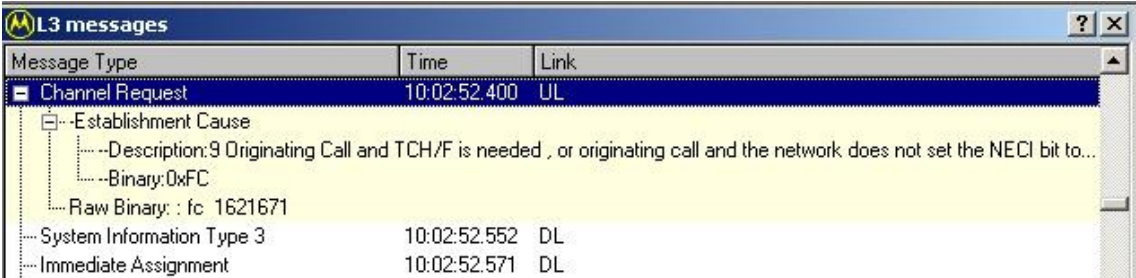
4.2.1 Náhodný přístup terminálu v síti

U mobilních sítí se používá dynamická přístupová metoda, což znamená, že všem účastníkům jsou přístupny jednotlivé zdroje o které se musí podělit. K tomu u mobilních sítí slouží náhodná metoda označovaná jako Slotted ALOHA. V této podkapitole je čerpáno ze zdroje [9].

Princip této metody je velmi jednoduchý. Jednotlivé zařízení mohou vyslat požadavek o kanál v pevně stanovených okamžicích a zařízení nedetekuje, jestli je sdílení médium obsazené, nebo ne. Což nevyklučuje případnou kolizi na sdíleném médiu.

V případě, že mobil chce uskutečnit jakoukoliv službu, např. sestavení hovoru nebo přihlášení do sítě, potřebuje navázat spojení se systémem přes přiřazený fyzický kanál.

Proces přiřazení kanálu je následující. Mobilní stanice pošle zprávu pomocí přístupového kanálu RACH (*Random Access Channel*) o alokaci fyzického kanálu a popisuje důvod pro sestavení spojení, (viz Obr. 4.2) základnové stanici v rámci BSS a čeká na odpověď na kanálu AGCH (*Access Grant Channel*). Pokud v určitém časovém intervalu nedorazí odpověď, opakuje akci znovu a změní interval čekací doby.



The screenshot shows a window titled 'L3 messages' with a table of messages. The first message is a 'Channel Request' at time 10:02:52.400, link UL. It has an expanded view showing 'Establishment Cause' with a description: '9 Originating Call and TCH/F is needed, or originating call and the network does not set the NECI bit to...'. Other details include 'Binary: 0xFC' and 'Raw Binary: fc 1621671'. Below this are 'System Information Type 3' at 10:02:52.552 (DL) and 'Immediate Assignment' at 10:02:52.571 (DL).

Message Type	Time	Link
Channel Request	10:02:52.400	UL
[-] Establishment Cause		
Description: 9 Originating Call and TCH/F is needed, or originating call and the network does not set the NECI bit to...		
Binary: 0xFC		
Raw Binary: fc 1621671		
System Information Type 3	10:02:52.552	DL
Immediate Assignment	10:02:52.571	DL

Obr. 4.2: Channel request

BSS odesílá odpověď typu Immediate Assignment přes AGCH kanál. Tato zpráva obsahuje přidělený kanál (frekvenci, Timeslot), dále tzv. Time correction, díky kterému může mobilní stanice načasovat své vysílání tak, aby dorazil signál k stanici v BSS jen ve specifikovaném slotu. Zpráva obsahuje i tzv. Frequency correction, která slouží pro úpravu frekvence kvůli Dopplerovu jevu způsobeným pohybováním se stanice.

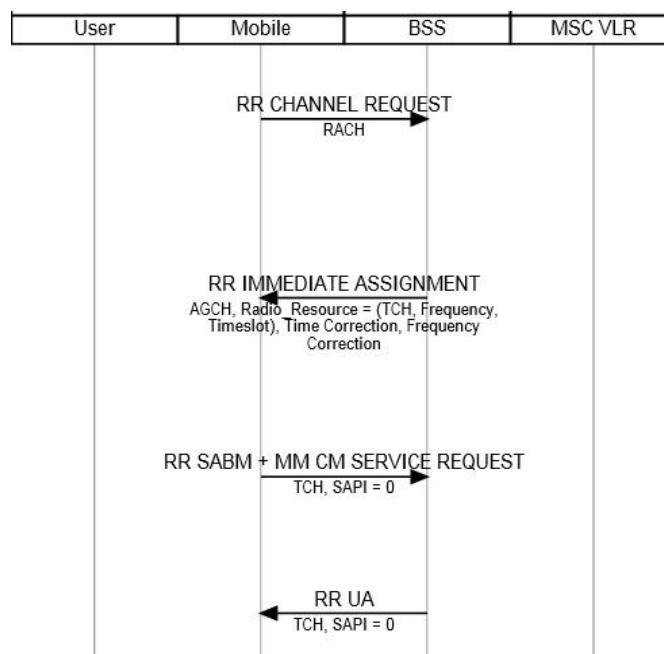
Mobilní stanice pak posílá po naladění na kanál první zprávu SABM (*Set Asynchronous Balanced Mode*) + Confirm Service Request ve které inicializuje spojení na druhé vrstvě a udává podrobnější informace o službě, kterou chce provést viz Obr. 4.3.

Posledním krokem je potvrzení směrem k mobilní stanici pomocí zprávy UA (Unnumbered Acknowledge). Celý proces je stručně znázorněn na Obr. 4.4.

```

CM Service Request          10:02:52.580  UL
  -Protocol Discriminator:5 Mobility management message - Non GPRS Message
  -Skip Indicator:0 This message is not to be ignored.
  -Message Type:36 CM Service Request
  -CM Service Type:1 Mobile originating call establishment or packet mode connection establishment
  -Ciphering Key Sequence Number:0
  -Mobile Station Classmark
  -Mobile Identity
  -Raw Binary: 13: 05 24 01 03 53 19 81 05 f4 38 8c 4e 61
  
```

Obr. 4.3: CM service Request



Obr. 4.4: Random access procedure [9]

4.2.2 Autentizace účastníka

Důležitou součástí všech systémů je autentizace účastníka. Velmi významnou roli zde hraje číslo IMSI, které má účastník uloženo ve své SIM kartě a je to jeho jednoznačný identifikátor. Z hlediska bezpečnosti je uživateli pro další komunikaci přiřazené dočasné číslo TMSI/GUTI.

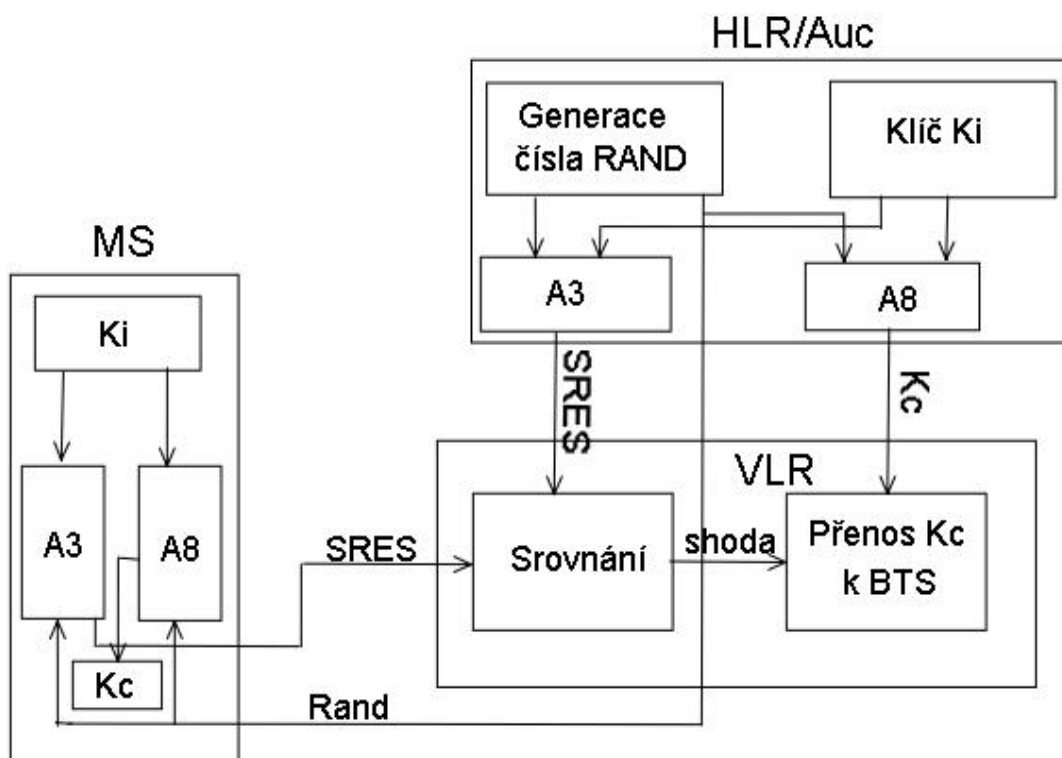
a) Proces autentizace v síti GSM

Jak již bylo popsáno, výše mobilní stanice používá číslo IMSI v případě, pokud se po zapnutí přihlašuje do sítě, dále jí je přiřazeno číslo TMSI. Toto číslo se uloží do SIM karty. V případě, že se účastník dostane na území, které již ovládá jiná ústředna, obdrží od ní nové číslo TMSI.

Pokud chce účastník uskutečnit hovor, nebo se mu snaží dovolat někdo jiný, jsou

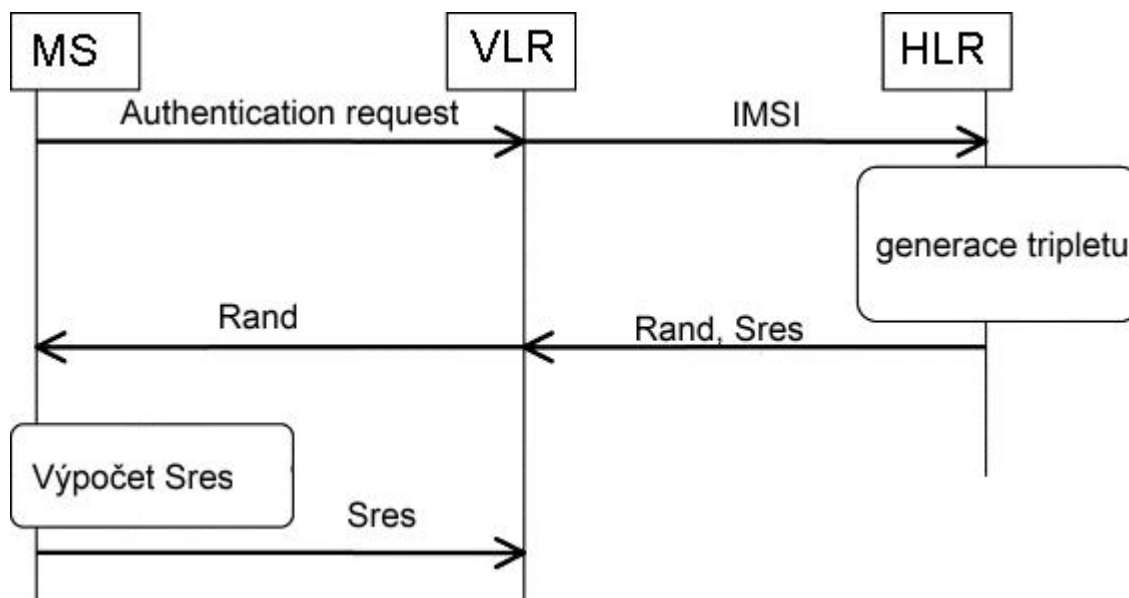
právě výše zmíněná čísla základem pro sestavení ověřovacího procesu. Po znalosti těchto čísel se může začít generovat tzv. triplet. Jedná se o tři následující čísla: SRES (*Signed Response*), náhodné číslo RAND, šifrovací klíč K_c .

Proces ověřování je znázorněn na Obr. 4.5. V bloku HLR/AuC se vygeneruje náhodné číslo RAND, které putuje dvěma směry. V bloku HLR/AuC se vytvoří s pomocí šifrovacího algoritmu A3, náhodného čísla RAND a autentifikačního klíče K_i odpověď SRES. Druhým směrem jde číslo RAND do registru VLR, který ho posílá k MS. Mobilní stanice vypočítá odpověď stejným způsobem jako blok HLR/AuC a posílá číslo SRES zpět do bloku VLR, který ověřuje zda-li jsou odpovědi stejné či nikoliv a na tomto základě určí zda má účastník povolen vstup do sítě.



Obr. 4.5: Ověření totožnosti

Pro lepší zobrazení komunikace mezi jednotlivými bloky slouží Obr. 4.6.



Obr. 4.6: Komunikace mezi bloky při procesu ověřování [26]

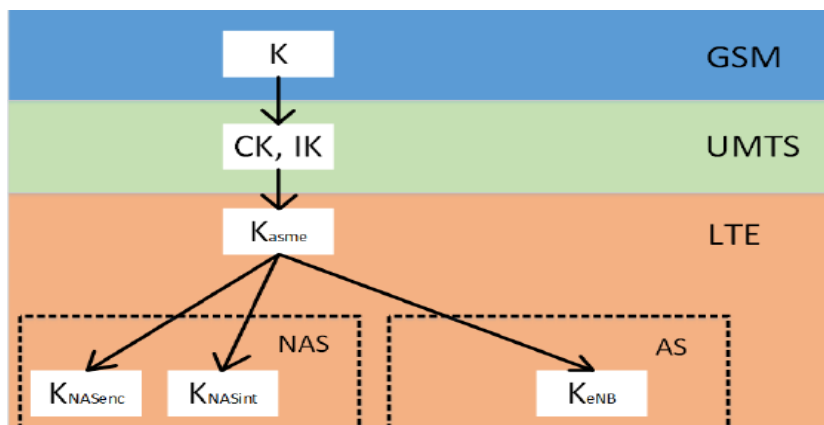
b) Proces autentizace v síti LTE

U technologie GSM je možné předstírat z půlky stanici BTS a z druhé poloviny MS a odposlouchávat tzv. Man in middle. A proto je již u technologie UMTS a LTE při autentizaci účastníka požadavek i pro autentizaci sítě.

Pro vygenerování klíčů platí tedy stejné algoritmy jak u systémů UMTS a LTE. Blok HSS vytvoří dle zvolené komunikace z klíčů CK (klíč utajení) a IK (klíč pro ochranu integrity) nový klíč K_{ASME} , který slouží k výpočtu dalších klíčů dle použitého typu komunikace. Typ komunikace může být buď mezi uživatelským terminálem a MME. O tuto komunikaci se stará sada protokolů nazývaná NAS (*Non Access Stratum*). Jedná se o spojení, kdy se uživatel pohybuje v síti. Druhý typ komunikace je mezi terminálem a konkrétní eNodeB. Přehled generovacích klíčů je zobrazen na Obr. 4.7. [34]

Samotný autorizační proces je naznačen na Obr. 4.8. Uživatel posílá zprávu bloku MME, že chce sestavit spojení. V této zprávě nese mimo jiné informace o možnostech zabezpečení daného terminálu, např. jaké ovládá algoritmy a jednoznačný identifikátor IMSI nebo dočasně přidělený GUTI. MME jednotka za předpokladu, že s účastníkem nebyla předtím v kontaktu musí poslat požadavek na autentizační informace bloku HSS. Tato zpráva obsahuje i číslo IMSI. Blok HSS zná síťový klíč K, který je uložen i na USIM (*UMTS SIM*).

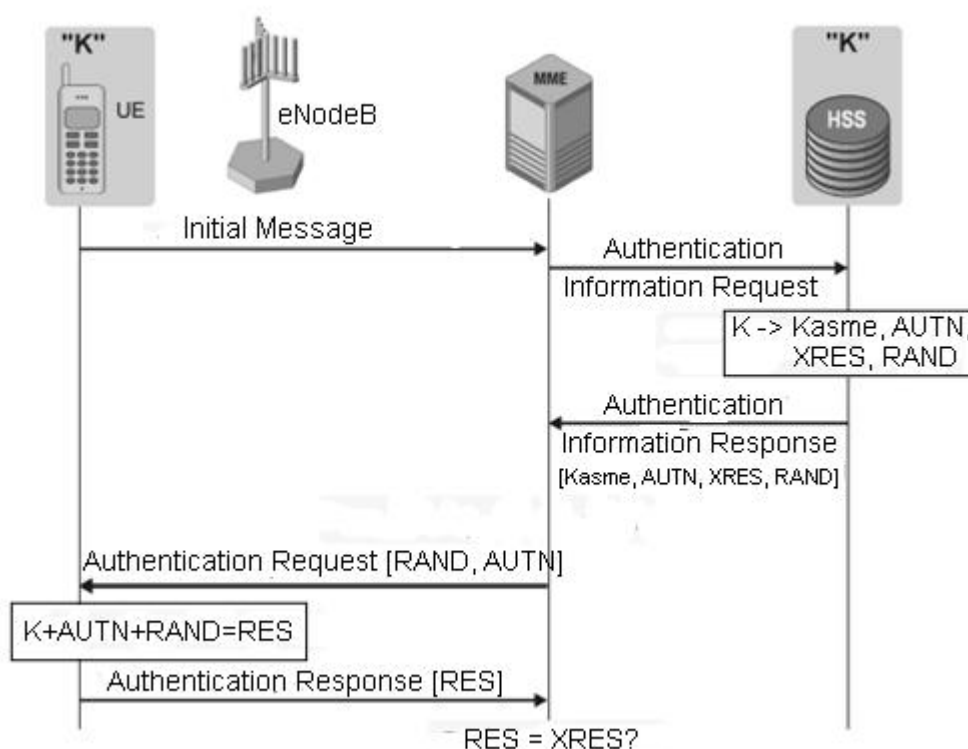
Blok HSS odvodí z čísla K a uživatelského identifikačního čísla tři parametry K_{ASME} , AUTN (*Authentication Token*) a XRES (*Expected Response*), které se společně s náhodně vygenerovaným číslem RAND posílají zpět bloku MME.



Obr. 4.7 Přehled generovacích klíče v různých systémech [34]

Po přijetí zprávy jednotka MME zašle účastníkovi jen čísla RAND a AUTN jako požadavek pro autentizaci. V terminálu se ověří pravost sítě na základě AUTN, jelikož jen síť se znalostí správného tajného klíče může vygenerovat správný AUTN. Poté terminál na základě čísla K, RAND, AUTN vypočítá odpověď RES a zašle ji zpět do bloku MME, který porovná odpovědi XRES a RES a podle shody či neshody obou čísel povolí či nepovolí účastníkovi vstup do sítě. [27]

Na rozdíl od GSM může proces autentizace proběhnout kdykoliv na žádost operátora.



Obr. 4.8: Autentizace účastníka LTE [27]

4.2.3 Aktualizace polohy terminálu

Aktuální poloha je pro sestavení spojení velmi důležitá. Jelikož terminál se může stále pohybovat a procházet jednotlivými buňkami, které spadají pod správu jiným jednotkám MSC/MME a v tom případě by bez aktualizace polohy terminálu ztratil systém přehled o tom, kde se právě mobilní stanice nachází. Skupina buněk je označována jako LA (Location Area). V této podkapitole je čerpáno ze zdroje [22].

Location update (aktualizace polohy) se může provádět v rámci jedné skupiny buněk, pokud jsou např. vyžadovány periodické aktualizace poloh. Další skutečnost vyžadující aktualizaci polohy může proběhnout v případě, že je terminál zapnut a přemístil se do jiné LA, než ve které byl před vypnutím.

Celý proces začíná tím, že terminál pošle žádost o aktualizaci tzv. UPDATE LOCATION REQUEST k BST, nacházející se v nové buňce. Tzn. že se např. terminál přemístil z jedné buňky nebo skupiny buněk do buňky jiné, a žádá o aktualizaci polohy.

Žádost o aktualizaci polohy se dostane až k jednotce MSC. Jednotka MSC porovná starou a novou LA a jakmile zjistí, že předešlá LA byla spravována jinou MSC vyžádá si identifikační číslo účastníka (IMSI) od bloku MSC/VLR pod kterým byl terminál spravován než přešel do jiné oblasti.

V dalším kroku je nutné aby si databáze HLR upravila svůj záznam tak, aby při dotazu na daného uživatele odkazovala na správnou jednotku MSC. K tomu se využívá zpráva UPDATE LOCATION od bloku MSC k databázi HLR. Tato zpráva se využívá také proto, aby stanice MSC dostala informace o účastníkovi.

V situaci kdy jednotce MSC dorazily informace o novém účastníkovi. Těmito informacemi se myslí např. šifrovací klíč, náhodné číslo RAND a odpověď SRES. Tyto informace si jednotka MSC uloží do své paměti pro pozdější použití.

Dalším krokem je smazání záznamů o účastníkovi ze staré MSC na žádost CANCEL LOCATION vytvořenou databází HSS. Po tomto kroku už může proběhnout autentizace účastníka viz 4.2.2.

4.3 Odpojení od sítě

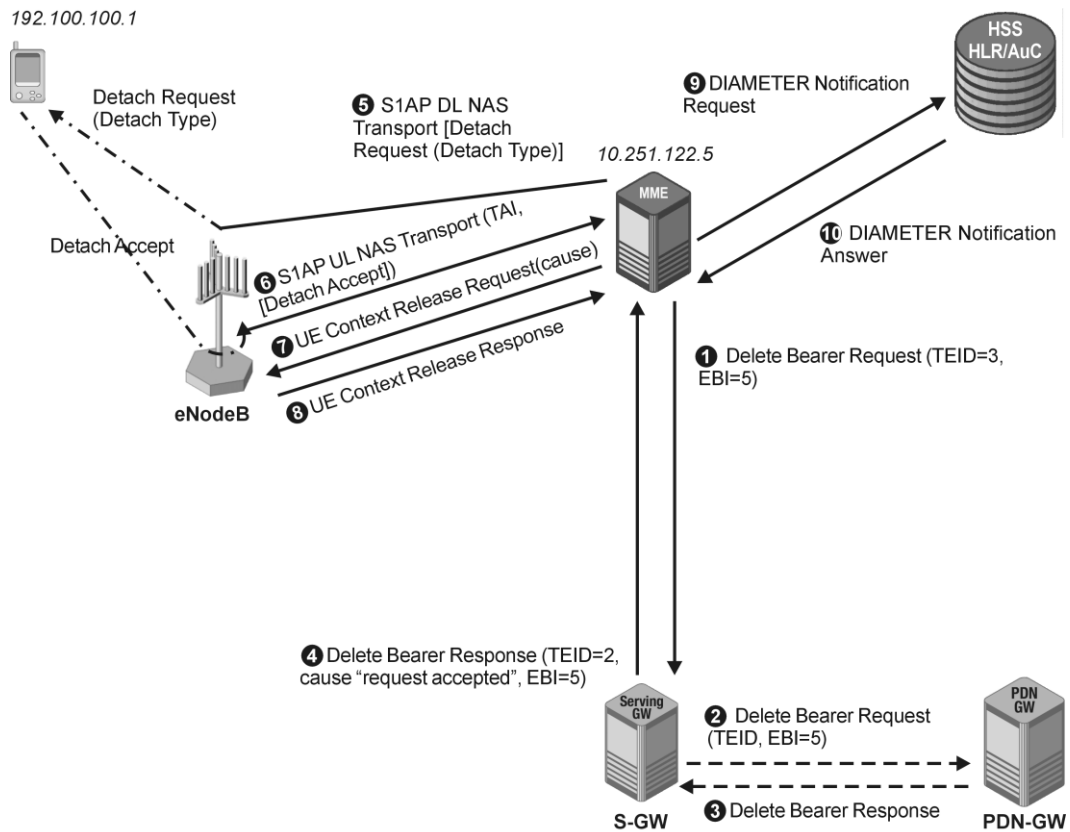
Odpojení zařízení od mobilního systému se provádí za účelem sdělení síti, že je účastník nedostupný z důvodu ztráty signálu nebo vypnutého telefonu. V tom případě může síť považovat účastníka za nedostupného.

Odpojení od sítě může vyvolat buď samotná síť, nebo o odpojení žádá sama mobilní stanice. V prvním případě, pokud systém požaduje od mobilní stanice pravidelné aktualizace poloh a po nějaký stanovený interval nedostane systém zprávu o aktuální poloze uživatelského zařízení, bere takovou mobilní stanici jako neaktivní a odpojí ji. Systém si poznačí tohoto účastníka dle IMSI ve své příslušné jednotce že je neaktivní popřípadě smaže jeho dočasnou lokaci.

Při inicializaci odpojení směrem od uživatelského zařízení odesílá stanice zprávu o odpojení IMSI/DETACH. Na tuto zprávu nemusí přijít odpověď od systému, jelikož stanice už nemusí být schopna tuto zprávu přijmout.

Na Obr. 4.9 je naznačen princip odpojení v systému LTE inicializován směrem

k uživatelskému zařízení, kde se nejdříve vyšle požadavek pro uvolnění a smazání spojení inicializovaných od neaktivního účastníka. Poté jednotka MME pošle zprávu, kde žádá o odpojení k účastníkovi, ten už ji nemusí být schopen přijmout (v obrázku neúplné šipky). Uvolní se kanály na základnové stanici a upozorní se jednotka HSS, že účastník byl odpojen.



Obr. 4.9: Odpojení v síti LTE [27]

5 HANDOVER

Při komunikaci terminálu se základovou stanicí se předpokládá že uživatel nebude v průběhu komunikace na stejném místě, ale bude v pohybu. Dochází tak k přeladování se z jednoho kanálu na druhý. Tento úkon se nazývá handover.

Velmi blízko má k handoveru i tzv. reselekcce. V případě, kdy uživatelský terminál vykonává službu neboli je v tzv. dedicated režimu a dojde k přepojení z jedné buňky do druhé (intercell handover) nebo dojde jen k výměně timeslotů (intracell handover), tak se jedná o handoveru. V případě, kdy mobilní stanice nevykonává službu je v tzv. idle režimu a dojde k přeladění kanálů jedná se o reselekcii. V případě reselekcce, mobilní stanice nezatěžuje systém a přepojení na jinou BTS inicializuje sama. Ovšem pokud by MS opouštěla území pod správou jedné jednotky MSC, musí se o této skutečnosti dozvědět právě jednotka MSC.

Jak již bylo zmíněno handover může být vnější (inter), vnitřní (intra) a tzv. IRAT handover, který vzniká při uskutečnění handoveru mezi stanicemi z různých systémů. Např. handover ze stanice v systému LTE na stanici v systému UMTS.

Dále se handover dělí podle toho, kdo a jakou mírou z celulárního systému rozhoduje o uskutečnění Handoveru. Máme tři základní typy označovány jako NCHO (*Network Controlled Handover*), MAHO (*Mobile Assisted Handover*), MCHO (*Mobile Controlled Handover*).

Poslední dělení Handoveru je podle procesu, který probíhá při přepojení mobilní stanice z jednoho kanálu na druhý. Rozlišujeme opět tři základní typy a to tzv. Hard handover (Tvrdý handover), Seamless Handover (Bezešvý handover), Soft handover (měkký handover). [12]

5.1 Handover v systému GSM

V systému GSM se používá hard handover, který funguje na principu, že se mobilní stanice nejdříve odpojí od stávajícího kanálu a hned se přepojí na kanál nový. Dojde tedy ke krátkému přerušení hovoru (do 100 ms), což při hovorovém signálu účastník nepostřehne. Ovšem u datových signálů může tvrdý handover způsobit ztrátu informace.[13]

GSM systém využívá handover za spoluúčasti mobilní stanice tzv. MAHO. Tento typ pracuje na takovém principu, že mobilní stanice měří vlastnosti signálu okolních základnových stanic a výsledky předává základnové stanici se kterou právě komunikuje. Na základě naměřených signálů systém rozhodne o provedení handoveru.

5.1.1 Intra BSC Handover

V případě vnitřního BSC handoveru se jedná o přechod mobilní stanice z jedné BTS na druhou v rámci jedné BSC. Nemusí využívat blok MSC a tím pádem se šetří síťové prostředky.

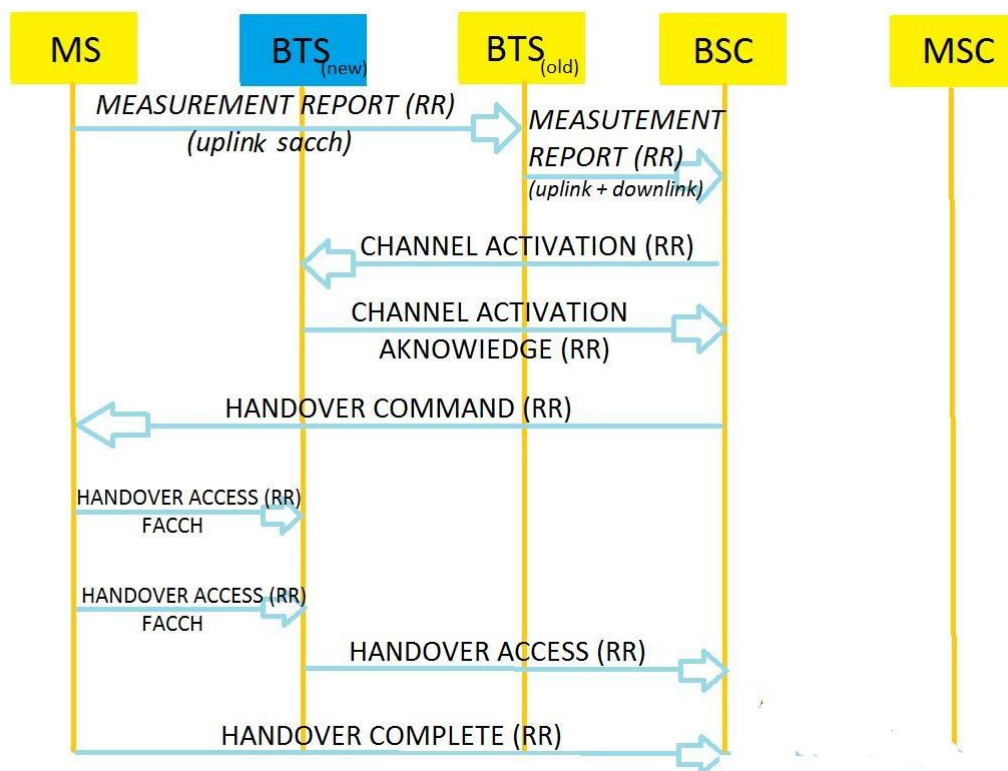
Jednotlivé kroky při intra BSC handoveru (viz Obr. 5.1) jsou následující:

Nejprve mobilní stanice posílá naměřený signál okolních buněk i současné buňky. Stávající základnová stanice BTS přepoše do stanice BSC jen naměřené signály s nejlepšími parametry. Stanice BSC se rozhodne, zda je lepší stanici přepojit jinam či nikoliv. Pokud ano, aktivuje na nové BTS nový provozní kanál TCH.

Mobilní stanice je poté informována o připravenosti kanálu na nové BTS. Mobilní stanice posílá několik přístupových burstů, aby nová BTS mohla odhadnout za jak dlouho k ní dorazí signál vyslaný mobilní stanicí.

Nová BTS stanice poté pošle stanici BSC informaci o detekci handoveru. Což vede k tomu, že BSC posílá mobilní stanici fyzické informace o kanálu (na obrázku není naznačeno).

Předposledním krokem je, že mobilní stanice pošle zprávu k BSC, že byl handover úspěšně realizován. Nakonec je nutné uvolnit kanály (na obrázku není naznačeno), které jsou nyní nevyužité vlivem přechodu stanice na jinou BTS.



Obr. 5.1: Procedury v intra BSC handoveru [31]

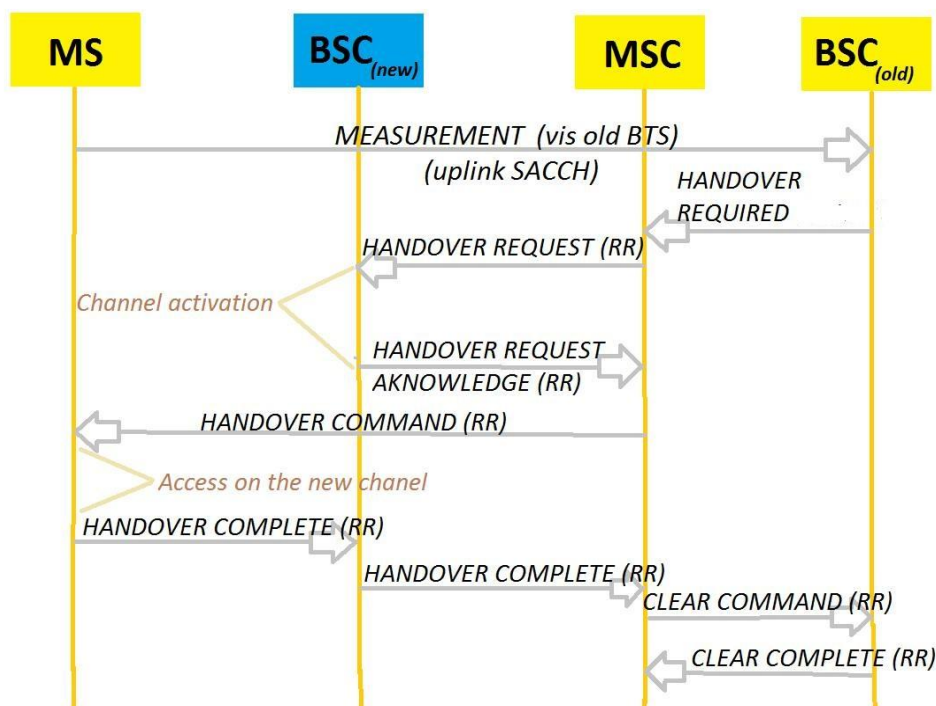
5.1.2 Intra MSC handover

V intra MSC handoveru stanice nezmění jenom stanici BTS, ale i BSC v rámci jedné mobilní přepojovací ústředny MSC. Na rozdíl od intra BSC handoveru nyní rozhoduje jednotka MSC, zda je nezbytný handover či nikoliv, a aktivuje kanál na nové BSC stanici viz Obr. 5.2.

U tohoto typu handoveru stanice BSC zjistí naměřené signály patřící do buňky, která spadá pod kontrolu jiné stanice BSC. Proto posílá požadavek na handoveru se seznamem všech možných buněk s kvalitním signálem vůči mobilní stanici jednotce MSC.

Jednotka MSC poté zasílá požadavek o handover nové BSC, jelikož potřebuje zajistit kanál pro mobilní stanici. Pokud se podaří jednotce BSC aktivovat kanál předá o tom zprávu zpět jednotce MSC.

Pak už jen ústředna (MSC) posílá příkaz pro provedení handoveru mobilní stanici, která se připojí na nachystaný kanál. Stanice BSC podá zprávu o tom, že je stanice připojena (handover complete). Poslední část procesu je uvolnění kanálu na kterém byla mobilní stanice připojena. [15]



Obr. 5.2: Procedury při Intra MSC handoveru [31]

5.1.3 Inter MSC handover

U tohoto typu handoveru již jednotka MSC musí kontaktovat jinou jednotku MSC, pod kterou spadá vybraná buňka, která byla určena pro učinění handoveru. Jedná se tedy o tzv. inter handover, neboli vnější handover. Tato podkapitola je čerpána ze zdroje [11].

Průběh handoveru je zobrazen na Obr. 5.3: Inter MSC handover. Pro zjednodušení není na obrázku zobrazena mobilní stanice a BTS. U kterých se provádí téměř stejné

procedury jako v minulém handoveru.

Na začátku handoveru se předají informace o kvalitě signálu. Základnová stanice BSC A rozhodne o učinění handoveru do oblasti, která nespadá do jejího řízení proto předá tyto výsledky stanici MSC A.

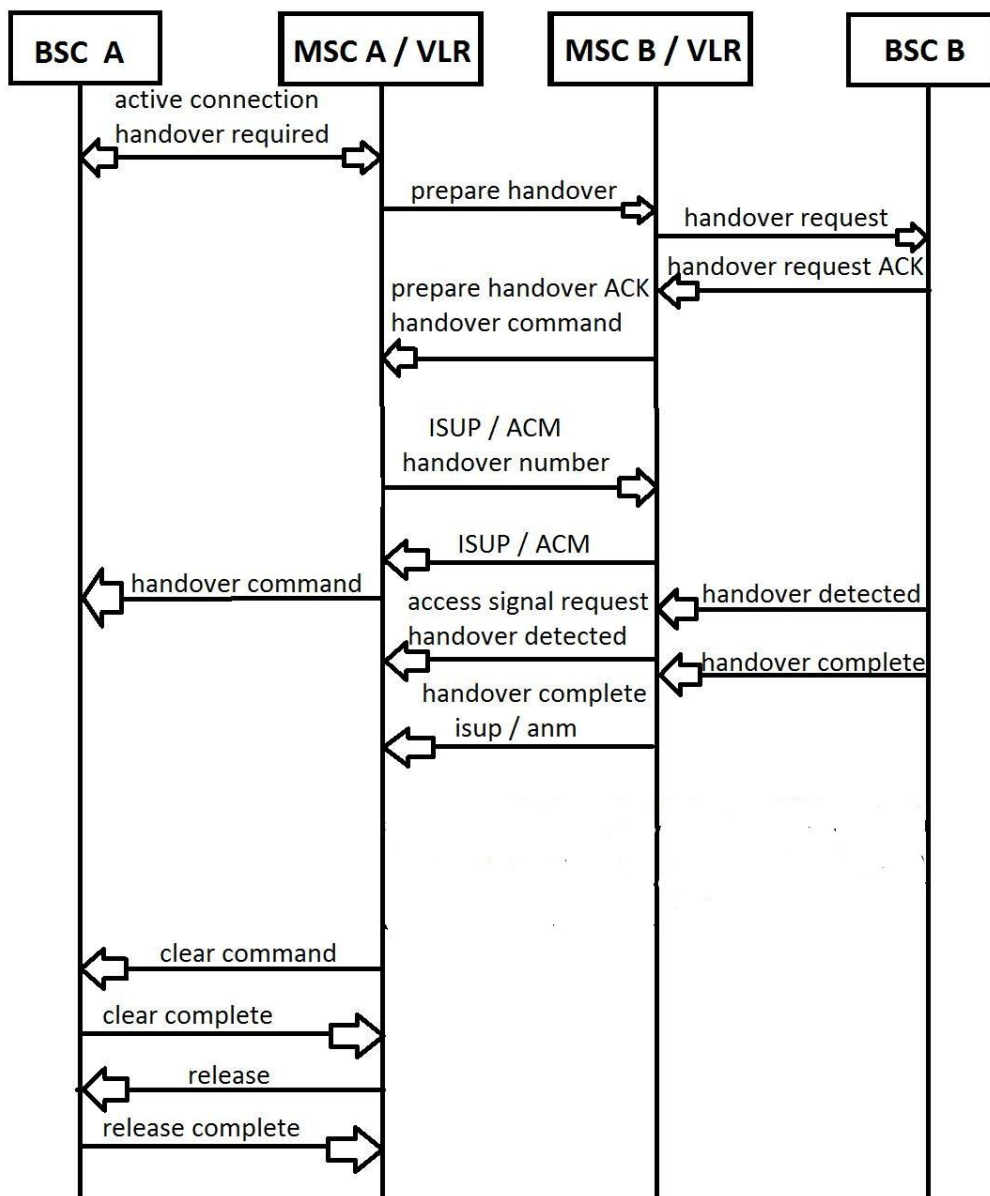
Poté co jednotka MSC A identifikuje správnou jednotku MSC, (v našem případě jednotku MSC B), kde se nachází určená buňka pro učinění handoveru. Pošle MSC A zprávu o přípravu handoveru jednotce MSC B. Tato jednotka tuto zprávu přijme a pošle požadavek na handover odpovídající kontrolní stanici (v našem případě BSC B).

Pokud jsou zdroje potřebné pro handover volné, pošle BSC B potvrzení handoveru zpět stanici MSC B, a ta potvrdí připravenost zdrojů stanici MSC A. Poté jednotka MSC A reaguje požadavkem na sestavení spojení mezi ní a jednotkou MSC B, za použití zprávy typu IAM (*Initial Address Message*). Jako adresa je ve zprávě použito handover number. Potvrzení dostává stanice zprávou ACM (*Adress Complete*).

Poté dá MSC A příkaz k učinění handoveru stanici BSC A, která ji předá až k mobilní stanici. V této zprávě je mimo jiné kanál, na který se má mobilní stanice připojit.

Jakmile mobilní stanice tuto žádost přijme a učiní handover, vyšle stanice BSC B zprávu stanici MSC B o detekci handoveru, a tato zpráva je pak předána i jednotce MSC A, ve formě Access Signal Request. Poté BSC B posílá mobilní stanici přes BTS B fyzické informace, např. časovou a frekvenční korekci.

Mobilní stanice se spojí s novou BTS B, která vyšle zprávu Handover Complete jednotce BSC B. Tato zpráva se dostane až k jednotce MSC A, která přepojí. Nakonec se uzavře nové spojení a uvolní se nepotřebné kanály.



Obr. 5.3: Inter MSC handover

5.2 Handover v systému LTE

System LTE má výrazně inteligentnější základovou stanicí eNodeB, která dokáže o handoveru rozhodovat sama. Jeho architektura je výrazně odlišná od systému GSM, proto také proces handoveru je nepatrně odlišný. Zdroje informací k této podkapitole jsou [27], [11], [16], [21].

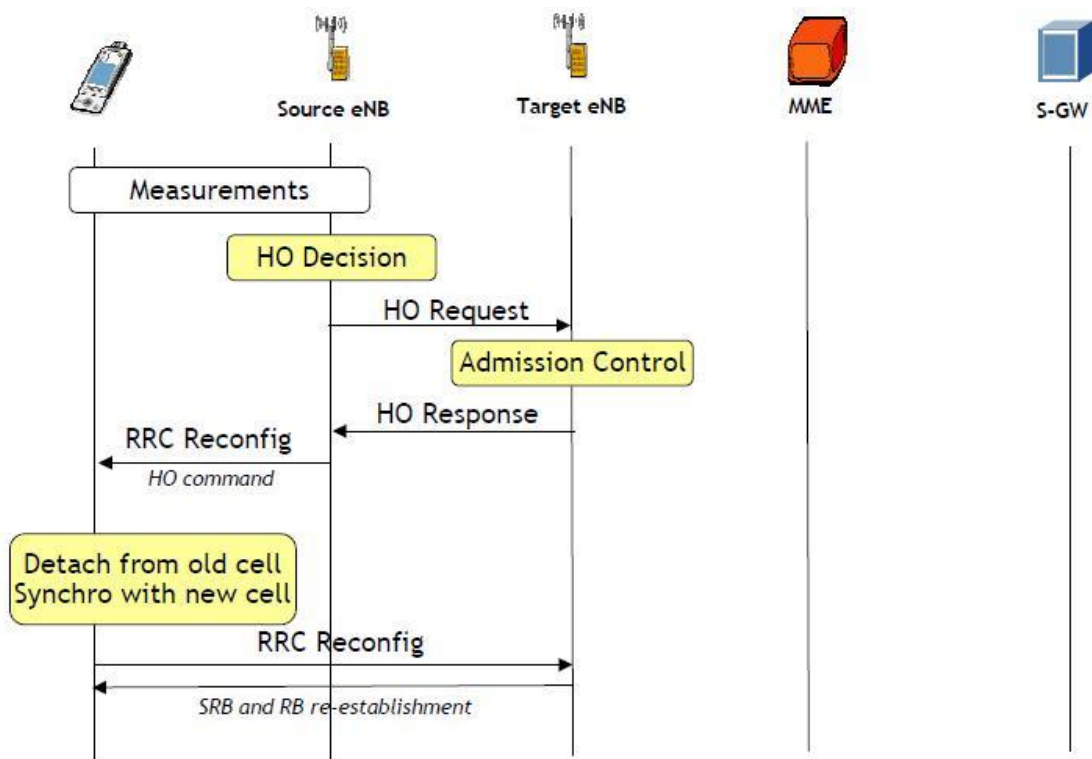
5.2.1 Inter-eNodeB Handover přes rozhraní X2

Tento typ handoveru se používá, když jsou dvě základové stanice eNodeB přímo propojeny rozhraním X2 a jsou řízeny stejnou jednotkou MME.

Na Obr. 5.4 je zobrazen celý proces tohoto typu handoveru. Kde se odehrává stejný proces předání naměřených informací jako v předešlých handoverech.

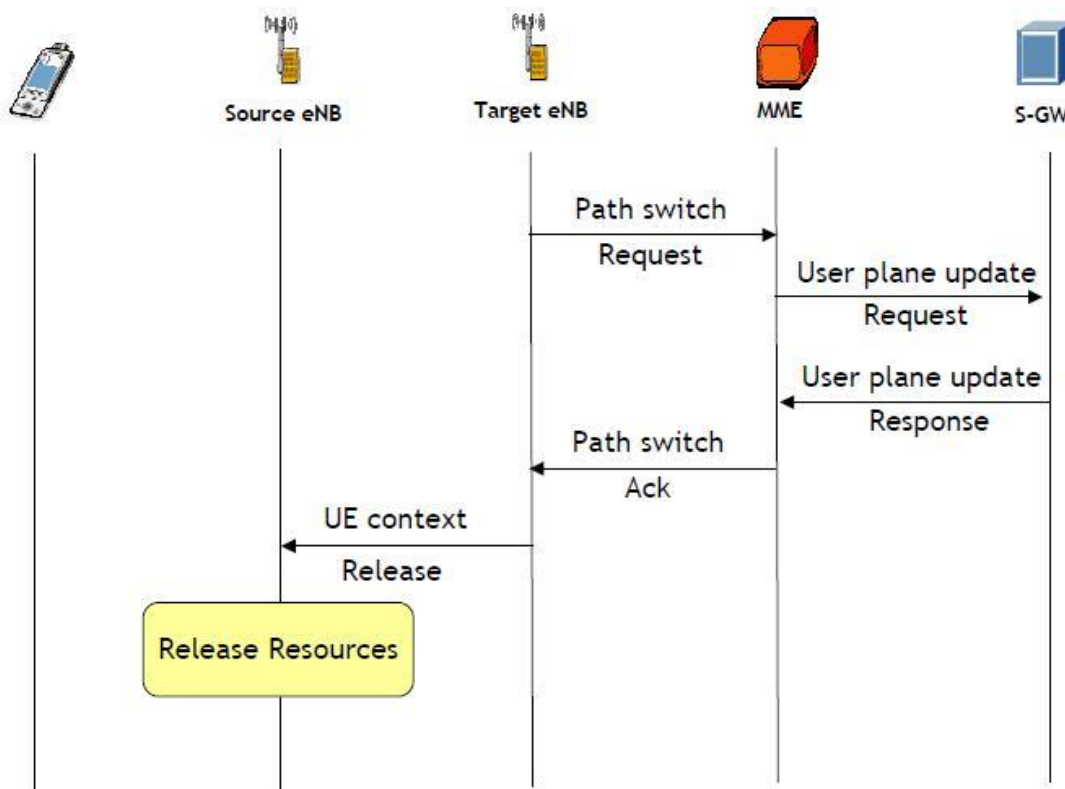
Zdrojová stanice eNodeB rozhodne o učinění handoveru a přes rozhraní X2 posílá požadavek na handover cílové základové stanici. Pokud má cílová základnová stanice volné zdroje, je odeslána kladná odpověď a následně Handover Command.

Zařízení se odpojí ze staré buňky, provede synchronizaci s novou stanicí a naváže spojení. V průběhu tohoto procesu je vytvořeno spojení mezi cílovou a zdrojovou stanicí pro přenos uživatelských dat během handoveru.



Obr. 5.4: Lte X2 handover [11]

V tomto bodě už zařízení přijímá data. Příchozí data jsou však stále směřovány na starou základovou stanici a od té preposílány na nynější eNodeB. Proto se provede změna cesty pro data směrem k zařízení. Posledním krokem je uvolnění volných kanálů viz Obr. 5.5.



Obr. 5.5: Lte handover X2 fáze 2 [11]

5.2.2 S1 Handover

Tento typ handoveru se používá pokud nejsou dvě základnové stanice eNodeB spojeny přes rozhraní X2 a účastník potřebuje přejít na jinou základnovou stanici. Procedury používané v S1 Handoveru slouží také k přípravě inter-RAT handoveru.[27]

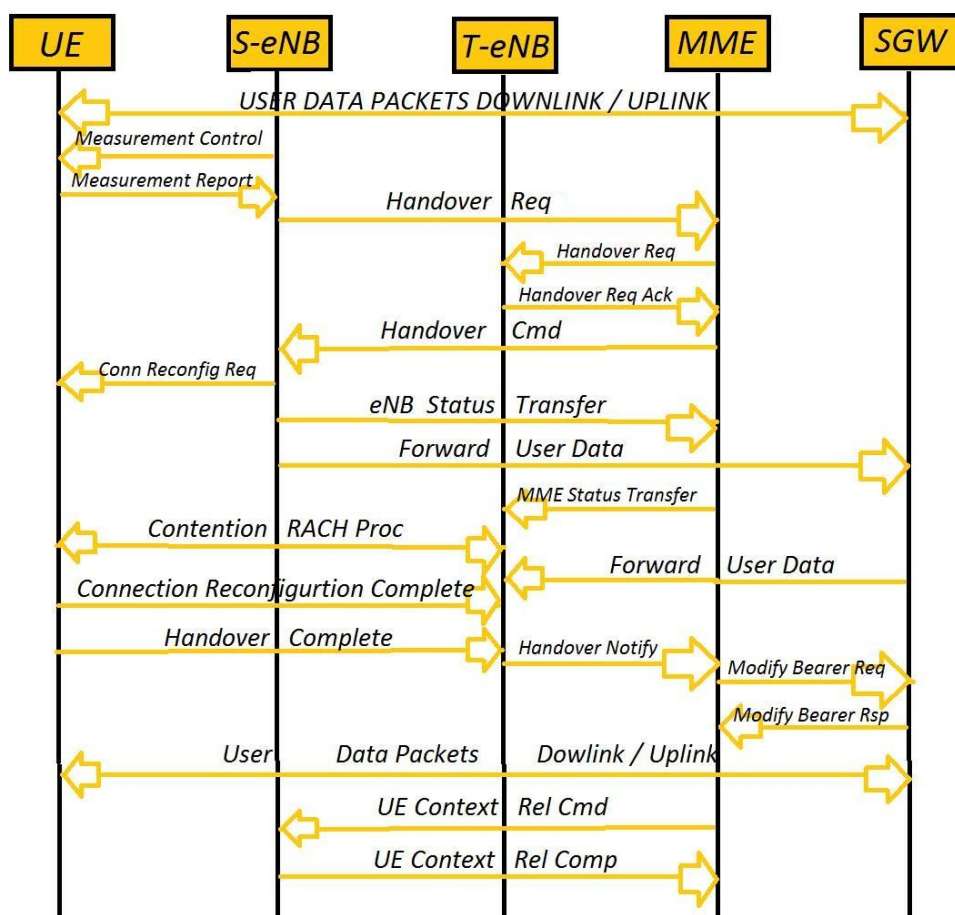
Handover se liší od předešlého tím, že požadavek na handover je posílán jednotce MME. A tato jednotka předá požadavek na handover cílové eNodeB. Po přijmutí požadavku na handoveru od zdrojové stanice (S-eNB) vyšle jednotka MME příkaz k handoveru k cílové stanici eNodeB.

Jelikož nejsou stanice eNodeB propojeny navzájem, je nutné udělat tzv. tunel pro transport dat ze stávající eNodeB do cílové eNodeB a to přes bránu SGW. Posílá se příkaz k handoveru účastníkovi (Connection Reconfiguration Request).

Zdrojová stanice posílá přes jednotku MME k cílové stanici zprávu (Status Transfer) o tom, že účastník opouští jeho buňku a chystá se na přechod k cílové stanici. Tato zpráva obsahuje např. následující číslo sekvence dat, které předpokládá pro obnovu datového spojení.

Dále přeposílá zdrojová stanice uživatelská data k cílové stanici eNodeB ta je drží v paměti dokud se k ní nepřipojí uživatel. Jakmile se synchronizuje uživatel s novou eNodeB je poslána zpráva Handover Confirm.

Poté se jen pošle zpráva o detekci handoveru. Jednotka MME změní směrovací proces pro účastníka a dá příkaz pro uvolnění kanálů.



Obr. 5.6: S1 handover

5.2.3 Inter RAT Handover

Tento typ handoveru se používá např. pokud je účastník připojen v rámci systému LTE, ale vlivem malého pokrytí území tímto systémem a pohybem účastníka pryč z této zóny zachytává silnější signály od stanice, která již nepatří do systému LTE, ale např. do systému UMTS a je nutné provést handoveru na tuto stanici.

Na začátku procesu stanice eNodeB rozhodne o učinění handoveru, určí také základovou stanici a RNC (*Radio Network Controller*), což je řídicí jednotka pro základové stanice v systému UMTS.

Dále jednotka MME identifikuje blok SGSN (*Serving GPRS Support Node*) na který je připojena cílová řídicí jednotka RNC. Blok SGSN je zodpovědný za doručování datových paketů z a do mobilního zařízení v systému UMTS.

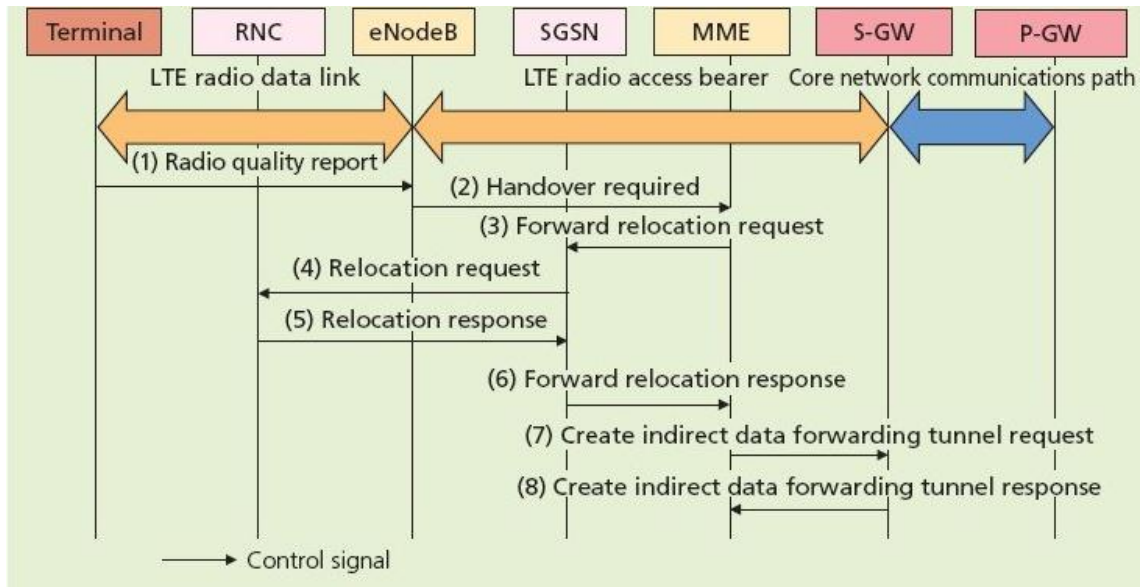
SGSN pře pošle požadavek o přemístění mobilní stanice k jednotce RNC, ta provede konfiguraci podle přijatých informací a odešle odpověď tzv. *Relocation Response* k SGSN.

Poté blok SGSN pře pošle zprávu o tom, že proces pro učinění přemístění účastníka

je hotov. Také je ve zprávě požadavek o vytvoření cesty mezi bloky S-GW a SGSN.

Jednotka MME na základě právě přijaté zprávy vyšle požadavek na vytvoření spojení mezi S-GW a SGSN. Tato zpráva je určena jednotce S-GW, která sestaví spojení pro přeposílání dat.

Celý přípravný proces je znázorněn na Obr. 5.7.

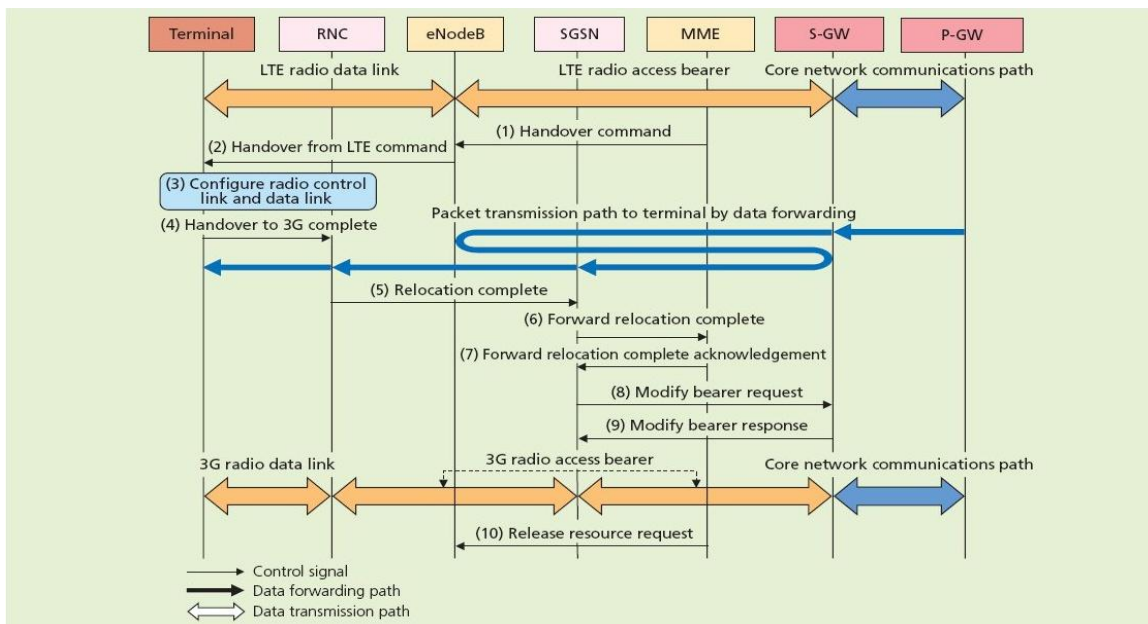


Obr. 5.7: IRAT handover preparation [21]

Nyní může jednotka MME vydat pokyn k uskutečnění handoveru směrem ke stanici eNodeB. Tato stanice zprávu předá až k terminálu. Důležité je, že jednotka S-GW začala přijaté data přeposílat terminálu po následující cestě: S-GW, eNodeB, S-GW, SGSN, RNC, Terminal.

Dále se terminál musí připojit ke stanici nodeB (základnová stanice systému UMTS), která spadá pod RNC. Po dokončení úkonů nutných k připojení terminálu je vyslána zpráva od účastnického zařízení k RNC a dále až k jednotce MME.

Blok SGSN vydá pokyn pro změnu směru posílaných dat k terminálu. A nakonec celého procesu se uvolní nepotřebné kanály. Tento proces je zobrazen na Obr. 5.8.



Obr. 5.8: Irat Handover pokračování [21]

6 HOVOROVÁ SLUŽBA

Poskytnutí účastníkovi kvalitní hovorovou službu je snad nejdůležitější vlastnost jednotlivých systémů. Mezi systémy GSM a UMTS nejsou velké rozdíly při použití hlasové služby. Kdežto u technologie LTE, která je už ryze paketová, nastává problém při spojení např. LTE a GSM a je nutný tzv. CSFB (*Circuit Switch FallBack*). V této kapitole je čerpáno z následujících zdrojů: [33], [31], [28], [24], [20], [18], [10], [9], [8].

6.1 Okruhově spojovaná hovorová služba

Pro hovorové služby se využívá v systému GSM a UMTS okruhově spojovaná služba. Jedná se tedy o službu s přepojováním okruhů.

Hlasovou službu můžeme rozdělit na dva typy. Pokud je z mobilní stanice volán jiný uživatel označujeme tento typ hovoru jako MOC (*Mobile Originating Call*). A naopak, pokud se na mobilní stanici snaží dovolat jiný uživatel, jedná se o tzv. MTC (*Mobile Terminated Call*).

6.1.1 Mobile Originated Call

Jak již bylo zmíněno výše, pokud z mobilní stanice žádáme o sestavení hovoru, je tento jev označován jako MOC. Celý stručný proces sestavení hovoru je znázorněn na Obr. 6.1.

Jako první musí uživatel vytočit číslo volaného, (používá se zde tónová volba) jakmile mobilní stanice zpracuje požadavek, požádá si o kanál, specifikuje požadavky a proběhne autentizace. Tyto procedury byly podrobně řešeny v kapitole 4.

Mobilní stanice pak pošle zprávu SETUP za účelem sestavení hovorové služby. Tato zpráva obsahuje vytočené číslo a ostatní informace potřebné pro sestavení hovoru. Zpráva se doručí až k jednotce MSC.

Dále jednotka MSC odešle zprávu CALL PROCEEDING k mobilní stanici, aby MS věděla že se pracuje na uskutečnění spojení.

Poté MSC určuje digitální kanál, který by měl být přidělen pro hlasovou službu mezi jednotkou MSC a BSC.

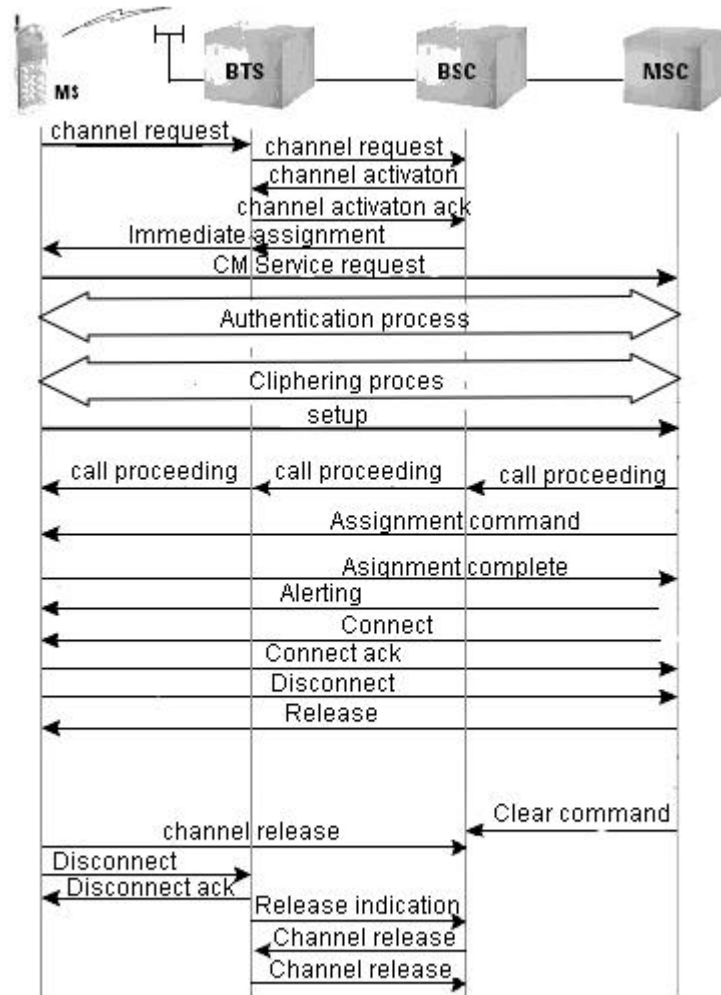
Nyní je téměř celý proces v režimu hovoru. Stačí pouze, aby byl stanici sdělen kanál, který by měl být použit mezi ní a BTS pro hlasovou službu.

Zpráva ASSIGNMENT COMPLETE je doručena jednotce MSC jako potvrzení na žádost o přiřazení kanálu.

V dalším kroku MSC směřuje hovor k volanému účastníkovi. Po potvrzení této zprávy jednotce MSC, že volaný účastník začal být upozorňován na žádost o hovor, jednotka MSC o tomhle faktu informuje zprávou ALERTING mobilní stanici.

Jakmile volaný účastník přijme hovor dostane zprávu ISUP ANSWER jednotka MSC. Tím informuje jednotka mobilní stanici že byl hovor přijat. V okamžiku kdy tuto zprávu potvrdí mobilní stanice, začne hovor a s ním i účtování této služby.

Po ukončení hovoru (ze strany volajícího), mobilní stanice vyšle zprávu DISCONNECT k jednotce MSC o odpojení hovoru. Jednotka MSC začne postupně uvolňovat všechny již nepotřené zdroje jak pro hlasovou službu, tak kanály pro signalizaci.



Obr. 6.1: Mobile Originated Call [24]

6.1.2 Mobile Terminated Call

V případě MTC se na mobilní stanici snaží dovolat jiný uživatel. V tomto případě je žádost o spojení generována v jednotce MSC a nikoliv v mobilní stanici. Uživatele nemusí volat jen jiná mobilní stanice, ale i stanice připojená přes pevnou linku.

Mobilní stanice v klidovém stavu neustále přijímá zprávy typu PAGING REQUEST (viz Obr. 6.2), které jsou vysílány všesměrově, a je v nich obsaženo jedinečné číslo účastníka (IMSI/TMSI), kterému je zpráva určena.

Message Type	Time	Link
Immediate Assignment	11:04:05.666	DL
Paging Request Type 1	11:04:07.079	DL
Paging Request Type 1	11:04:08.491	DL
Paging Request Type 1	11:04:09.903	DL
Paging Request Type 1	11:04:11.316	DL
Paging Request Type 1	11:04:12.728	DL
Paging Request Type 1	11:04:14.140	DL
Paging Request Type 1	11:04:15.553	DL
Paging Request Type 2	11:04:16.965	DL
Paging Request Type 1	11:04:18.377	DL

Obr. 6.2: Paging request

Samotný proces pro sestavení hovoru bez indikace uvolnění kanálů je na Obr. 6.4. První krok nutný pro navázání spojení spočívá v tom, že jednotka MSC/VLR musí lokalizovat volaného účastníka. K tomu využívá právě zprávy PAGING, která je vyslána do všech buněk, které spadají pod správu jednotce MSC. Jednotlivé základnové stanice poté vysílají zprávu PAGING REQUEST všem mobilním stanicím, které jsou v jejich buňkách.

Mobilní stanice, která objeví své identifikační číslo TMSI/IMSI si vyžádá kanál pomocí přístupového kanálu RACH. Jakmile mu je kanál přiřazen odpovídá na předešlý PAGING zprávou PAGING RESPONSE (viz Obr. 6.3), k inicializaci spojení. Tato zpráva obsahuje mimo jiné údaje o zařízení (Mobile Station Classmark), jsou zde uvedeny např. algoritmy, které zařízení podporuje. Tyto informace spolu s lokací uživatele jsou posílány jednotce MSC.

Field	Value
Protocol Discriminator	6 Radio resource management message
Skip Indicator	0 This message is not to be ignored.
Message Type	39 Paging Response
Ciphering Key Sequence Number	1
Spare Nibble	0
Mobile Station Classmark	
Mobile Identity	
Value	39EEEC91
Type	TMSI
Raw Binary	13 06 27 01 03 53 19 81 05 f4 39 ee ec 91

Obr. 6.3: Paging response

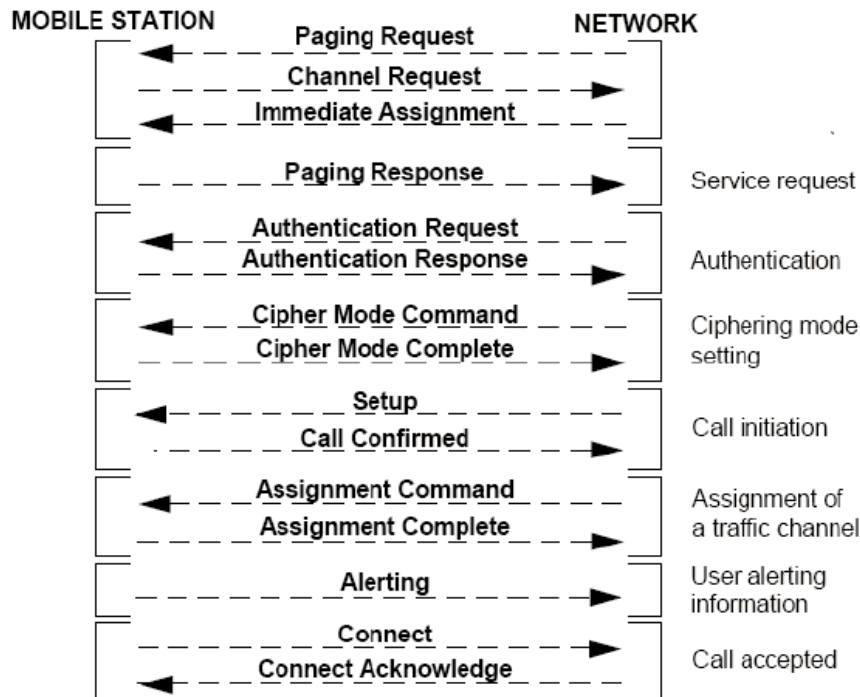
Dále proběhne autentizace účastníka, a poté se povolí šifrovací režim a další zprávy mezi systémem a mobilní stanicí jsou šifrovány pomocí vybraných algoritmů.

V dalším kroku MSC/VLR na základě přijaté odpovědi na zprávu paging vyslanou k mobilní stanici, pošle zprávu SETUP pro nastavení spojení. V této zprávě jsou obsaženy nezbytné technické požadavky pro spojení. Pokud je stanice schopna splnit tyto požadavky, potvrdí tuto skutečnost zprávou CALL CONFIRMED.

Dále se musí stejně jako v případě MOC přiřadit kanál, přes který bude hlasová služba realizována. Po přiřazení kanálu začne mobilní stanice upozorňovat na příchozí hovor a současně vysílá zprávu k MSC o této skutečnosti. Dále jednotka MSC přeposílá zprávu ALERTING až k volající stanici.

Po přijmutí hovoru účastníkem je posláno upozornění (CONNECT) jednotce MSC. Nakonec pošle stanice MSC zpět volanému účastníkovi zprávu o potvrzení spojení, která indikuje začátek hovoru a také inicializuje účtování služby.

Po ukončení spojení z jedné nebo druhé strany, dochází k postupnému uvolňování jednotlivých kanálů již nepotřebných.



Obr. 6.4: Mobile Terminated Call [1]

6.2 Hovorové služby v LTE

Vzhledem k současné žádanosti datových služeb byl systém LTE převážně navržen pro datové služby. Tento systém již nemá např. jako systém UMTS jeden okruh pro realizaci hovorů a druhý pro datové služby, ale pouze okruh pro datové služby.

Protože uživatelé chtějí využívat i hovorové služby, je nutné aby se technologie LTE přizpůsobila. V současné době se pracuje na technologii tzv. VoLTE (*Voice over LTE*) a např. v České republice se využívá metoda pro uskutečnění hovoru tzv. CSFB (*Circuit Switched FallBack*).

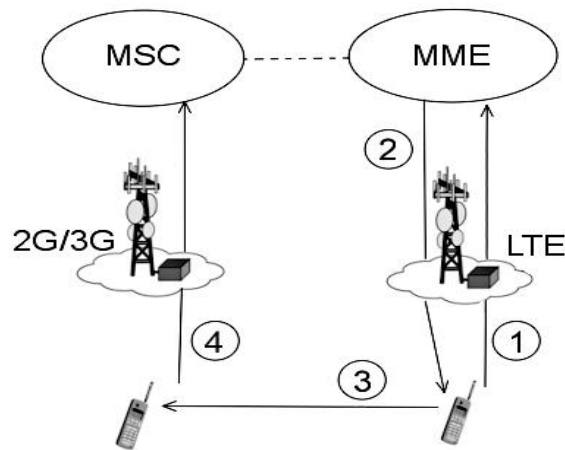
6.2.1 Circuit Switched Fallback

Tato metoda funguje na principu, že se využívá souběhu se sítěmi třetí generace a druhé generace. Uživatelské zařízení přenáší data v rámci sítě LTE, ale při realizaci hovoru se vrací zpět do 2G/3G sítě. Tato metoda má několik technických nevýhod. Velká nevýhoda je v tom, že pokud se uživatelský terminál vrací ze sítě LTE do sítě 2G/3G je doba přepnutí celkem dlouhá, a zároveň pokud byl v LTE realizován datový přenos tak

se s tzv. pádem ukončuje. [18]

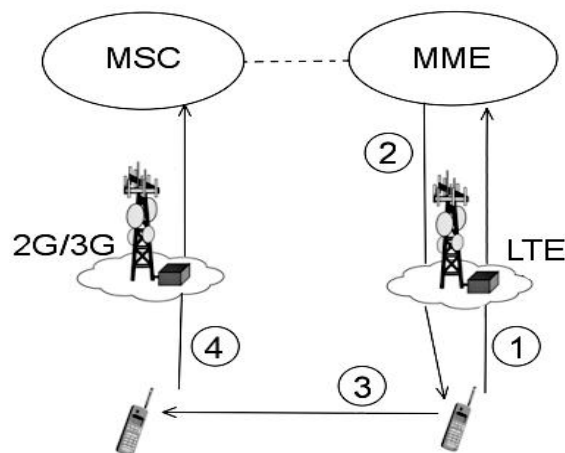
Při realizaci hovoru směrem od účastníka (MOC) je postup takový, že stanice připojená k eNodeB, tedy v síti LTE zašle požadavek o hovor zprávou EXTENDED SERVICE REQUEST.

Poté uživatelské zařízení obdrží zprávu od MME, že je nutný tzv. fallback, neboli zařízení se musí připojit k základnové stanici 2G, nebo 3G. Jakmile toto stanice učiní, aktualizuje systém její polohu a může se sestavit hovor. Proces je znázorněn na Obr. 6.5.



Obr. 6.5: CS fallback MOC [20]

Jedná-li se o situaci, kdy je účastník volaný v síti LTE viz Obr. 6.6 . Zpráva Paging Request je posílána ze sítě 2G/3G. Jednotka MME tuto zprávu přijme a indikuje požadavek na fallback směrem k uživatelskému zařízení. Poté uživatelské zařízení učiní fallback do sítě 2G/3G, kde se musí lokalizovat jeho poloha pomocí zprávy Location Update. Po aktualizaci polohy může zařízení přes přidělený kanál odpovědět na zprávu Paging.



Obr. 6.6: CS fallback MTC [20]

6.2.2 Voice Over LTE

Nynější varianta, jak zavést přenos hlasových služeb do technologie LTE, byla inspirována technologií VoIP (*Voice over Internet Protocol*). Tato technologie umožňuje přenos hlasu přes zcela paketizovaný systém počítačových sítí. Nutnou podmínkou jak pro VoLTE, tak pro VoIP je, aby pro telefonní spojení byly v síti zajištěny dostatečné prostředky pro hovor. K tomu se využívá tzv. QoS (*Quality of Services*), neboli zajištění kvality služby.

K tomu aby bylo možné uskutečnit hovor v systému LTE, je nutné implementovat architekturu subsystému IMS (*IP Multimedia Subsystem*), která poskytuje multimediální služby na bázi protokolu IP.

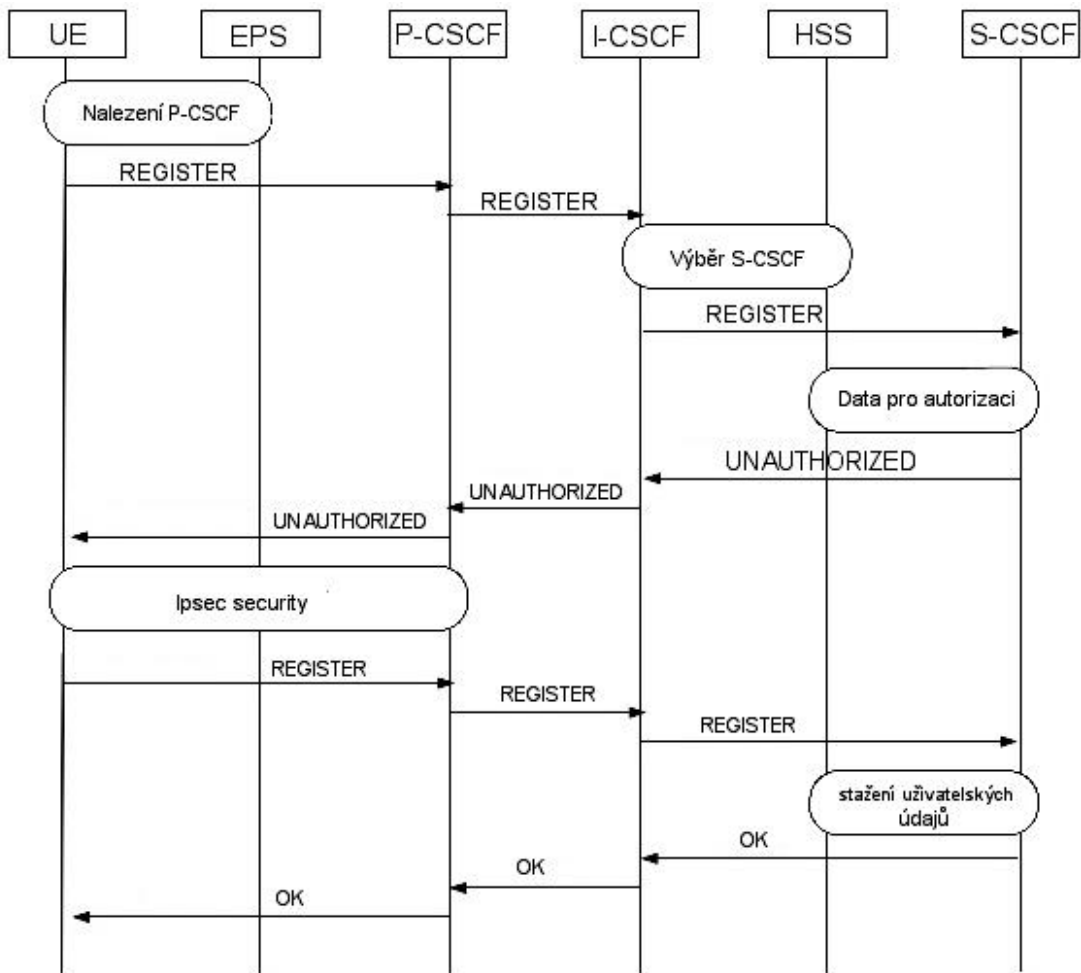
Celý proces začne tím, že účastník v síti LTE požádá systém o hlasovou službu, neboli o VoIP. Což znamená, že systém musí vytvořit spojení s IMS. Jakmile systém identifikuje kde se nachází subsystém IMS, propojí účastníka k vybrané P-GW.

IMS pracuje s protokolem SIP (*Session Initialize Protocol*). Důležité uzly systému IMS jsou S-CSCF (*Serving Call Session Control Function*) a P-CSCF (*Proxy Call Session Control Function*). První zmíněný uzel slouží k registraci účastníka v architektuře IMS a druhý zmíněný je někdy označován administrativní asistent S-CSCF, jehož úkolem je provádět nezbytné administrativní úkoly před předáním žádosti k uzlu S-CSCF.[28]

Pro uskutečnění hovorové služby se musí účastník nejdříve registrovat v síti IMS (viz Obr. 6.7) až poté může požádat o VoIP. Nejdříve se tedy musí najít uzel sítě IMS označován jako P-CSCF. Tento uzel přeposílá žádost od uživatele dále do systému. Po nalezení tohoto uzlu je odeslána žádost na registraci sítě IMS.

Jakmile obdrží uzel P-CSCF žádost o registraci, přepoše ji uzlu I-CSCF (*Interrogating-Call State Control Function*) tento blok je spojen s databází HSS se kterou komunikuje v případě obdržených žádostí. I-CSCF tedy na základě informací z HSS zjistí ke kterému uzlu S-CSCF přepoše přijatou žádost o registraci. Poslední zmíněný uzel je také spojen s databází HSS ze které získá nezbytné klíče pro autorizaci účastníka.

Tyto údaje vyše zpět jako výzvu pro autentizaci přes bloky I-CSCF a P-CSCF až k zařízení uživatele. Zařízení odpovídá na tuto výzvu další zprávou SIP REGISTERED, která jde stejnou cestou jako předešlá žádost. Pokud blok S-CSCF vyhodnotí přijaté informace ve zprávě REGISTERED (odpověď na autentizaci) jako správné, informuje o této skutečnosti uživatele. Všechny zprávy kromě první žádosti o registraci a následná výzva pro autentizaci jsou chráněné protokol IPsec (Internet Protocol Security).



Obr. 6.7: Registrace SIP [33]

Pokud byl účastník úspěšně autentizován, vyšle zprávu SIP INVITE k S-CSCF. Tato zpráva obsahuje protokol SDP (*Session Description Protocol*), ve které je uveden požadavek na požadovanou kvalitu služeb. V době, kdy se tato SIP zpráva přenáší přes síť LTE, tak tato síť nerozumí obsahu této zprávy.

Zatímco zpráva SIP INVITE směřuje k volanému účastníkovi, jsou mezitím z bloku P-CSCF posílány informace o QoS k bloku PCRF. Poslední zmíněný blok vytvoří pravidla pro kvalitu služby a zašle zprávu bloku PCRF, který se nachází v P-GW v síti LTE. Nyní se systém LTE dozvídá že musí vytvořit cestu pro hlasovou službu.

Po přiřazení potřebných kanálů od brány P-GW k účastníkovi. Se účastník dozvídá o tom, že je připraven na hovorovou službu pomocí nachystaného kanálu v síti LTE. Informuje o této skutečnosti SIP zprávou síť IMS. To tedy znamená, že je připravena cesta pro hlasovou službu a IMS může dokončit sestavení spojení. Přenášená hlasová data budou nakonec putovat jen sítí LTE přes brány P-GW a nebudou tím pádem přenášena do sítě IMS. Pro ukončení spojení se používá zpráva SIP BYE, která už je opět směřována do sítě IMS.

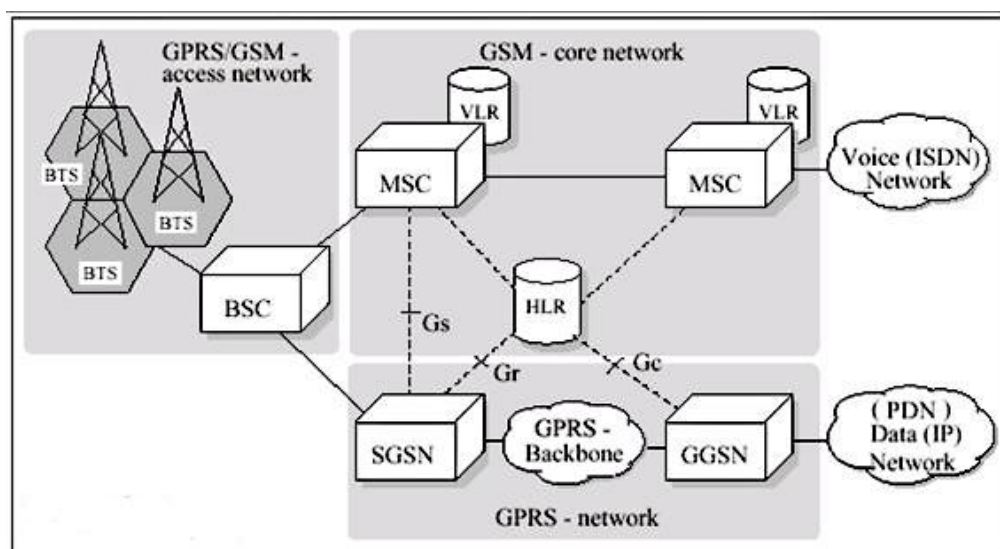
7 DATOVÉ SPOJENÍ

Jak již bylo několikrát zmíněno, ve vývoji mobilních systémů se kladou čím dál tím větší nároky na přenos datových služeb. Proto byla do systému GSM implementována architektura GPRS podporující datové přenosy. LTE systém už je soustředěn primárně na datové přenosy. V této kapitole je čerpáno ze zdrojů: [23], [15], [4], [5], [3].

7.1 GSM/GPRS

GPRS je technologie, díky které se mobilní stanice v systému GSM může připojit k datové síti. Pro vytvoření představy jak vypadá architektura GSM s implementovanou technologií GPRS slouží Obr. 7.1.

Pokud mobilní stanice chce využívat služby GPRS, připojuje se pomocí BSC a GPRS sítě.



Obr. 7.1: GSM/GPRS architektura [6]

7.1.1 Připojení k GPRS

Některé procesy, které se uskutečňují pro připojení se do datové sítě pomocí GPRS jsou odlišné od procesů, které vznikají při hovorové službě viz Obr. 7.2 - Obr. 7.4.

Na začátku procesu se pro připojení k GPRS vyšle terminálem zpráva ATTACH REQUEST k bloku SGSN (*Serving GPRS Support Node*). Tato zpráva obsahuje číslo TMSI, identitu mobilní sítě a svou oblast, ve které se nachází.

Pokud nová SGSN nenajde číslo TMSI ve své databázi, použije starou informaci o lokalizační oblasti, kde se nacházel terminál, aby identifikoval starou SGSN kterou byl terminál obsluhován.

Nová SGSN dostane odpověď ve zprávě IDENTITY RESPONSE, kde se nachází účastníkově jedinečné číslo IMSI. Po přijetí této zprávy požádá terminál, aby identifikoval své číslo s tím, které obdržela nová SGSN od bývalé SGSN.

Po úspěšné identifikaci proběhne autorizační proces na stejném principu, jako při hovorové a jiné službě v GSM. V dalším kroku se identifikuje samotný terminál, zdali jeho číslo IMEI není zablokované.

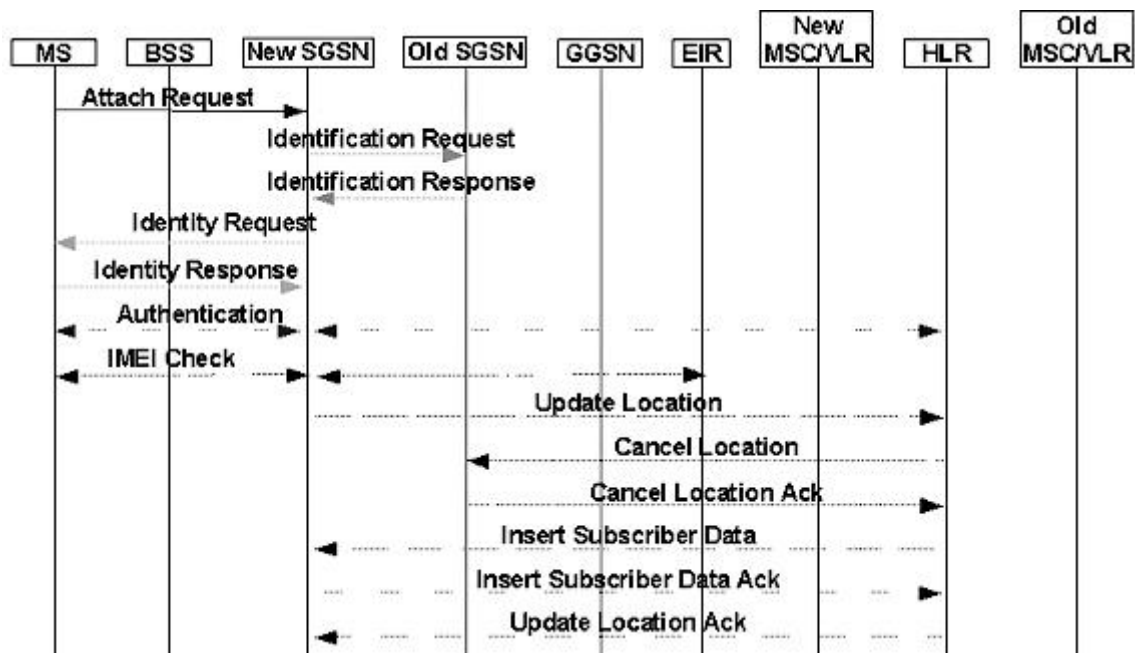
Poté proběhne aktualizace polohy mobilní stanice a nová SGSN dostane od jednotky HLR informace o účastníkovi. Totožná aktualizace polohy potom proběhne i mezi novou MSC/VLR, HLR a starou MSC/VLR.

Jakmile je dokončený proces pro aktualizaci polohy terminálu, terminál vyšle zprávu ACTIVATE PDP CONTEXT, která je aktivována, aby zařízení získalo IP adresu. V této zprávě je obsažen tzv. APN (*Access Point Name*), neboli jméno přístupového bodu.

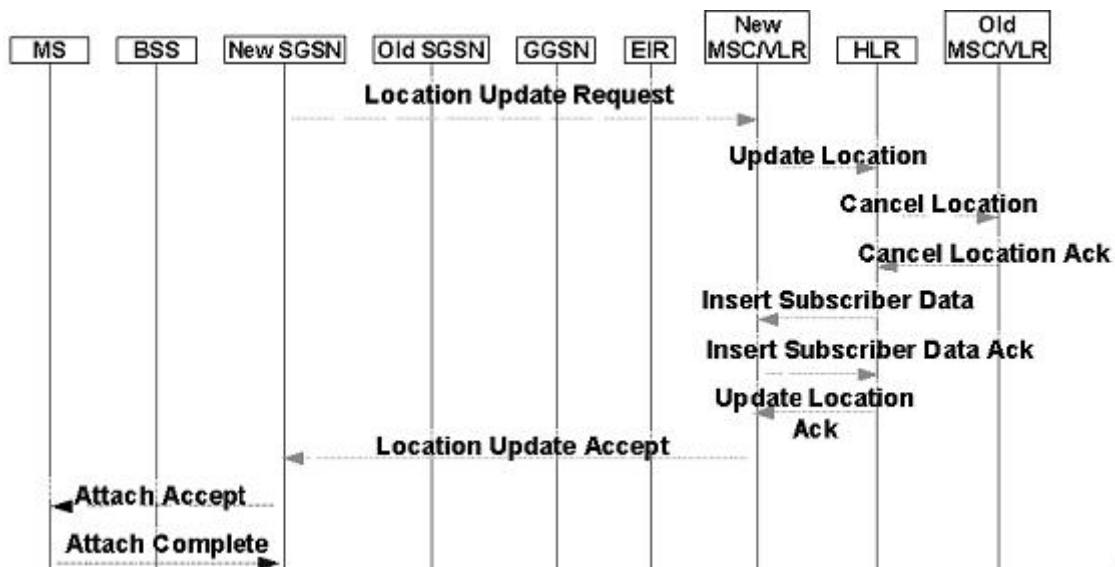
Dále blok SGSN vyšle dotaz DNS QUERY k serveru DNS (*Domain Name Server*), za účelem nalezení výchozí brány GGSN odpovídající přístupovému bodu uvedeném v předchozí zprávě od terminálu.

Po nalezení brány GGSN tato brána nejprve přes RADIUS (*Remote Authentication Dial In User Service*) server autentizuje účastníka a až poté vyšle brána GGSN požadavek DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) serveru o přidělení IP adresy terminálu.

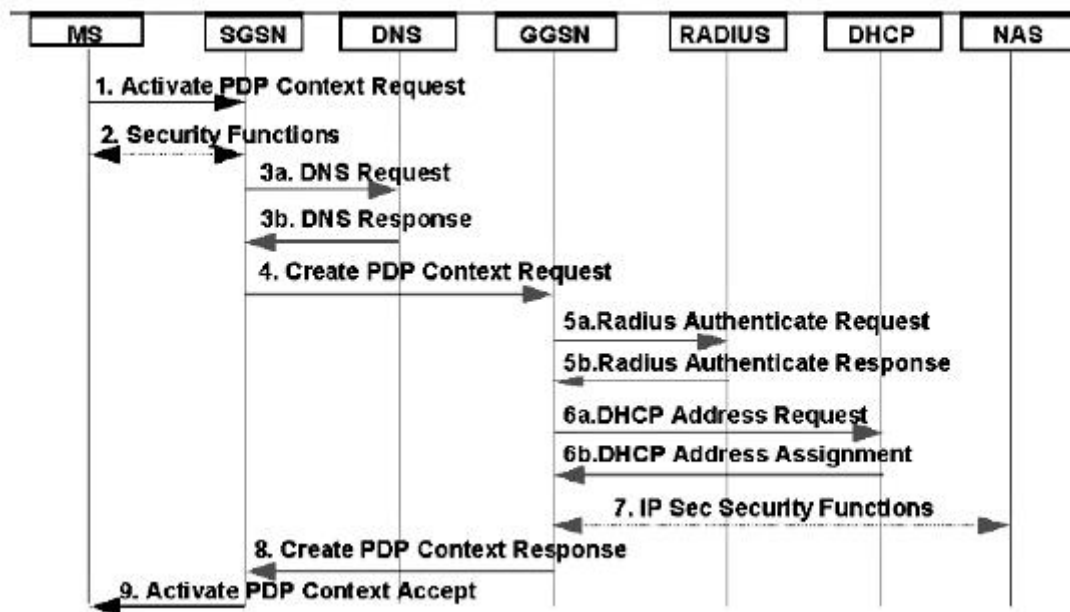
Po přidělení jsou informace odeslány až k terminálu a tím je uzavřeno paketové spojení.



Obr. 7.2: GPRS připojení 1.část [5]



Obr. 7.3: GPRS připojení 2.část [5]



Obr. 7.4: GPRS připojení 3.část [5]

7.2 LTE

Procedury pro sestavení datového spojení v systému LTE jsou odlišné zejména v tom, že tento systém využívá tzv. nosiče, neboli tzv. bearery, kde se ukrývá i informace o požadované kvalitě dané služby (QoS). Hlavním cílem k připojení se k datové síti je získání IP adresy pro terminál, díky které je mu umožněno komunikovat v síti.

Na rozdíl od služby VoLTE není tento proces směrován do subsystému IMS

Celý proces se začíná pomocí random acces procedury, kde dostane terminál přidělené zdroje od eNodeB. Poté je vyslána zpráva k eNodeB ve které je obsaženo např. TMSI, nebo důvod pro sestavení spojení.

Další krok je proces autentizace, který byl popsán v kapitole 4.2.2. Aktualizuje se také poloha přes databázi HSS.

Následujícím krokem je požadavek jednotky MME směrem k jednotce S-GW pro vytvoření tzv. GTP tunelu. Přístupový bod APN se použije pro aktivaci defaultního nosiče. Mezi bránou S-GW a P-GW se vytvoří spojení pomocí defaultního nosiče a servisní brána začne přijímat první data směrem k terminálu a ukládat je do své paměti.

Jednotka MME posílá terminálu celkem tři druhy zpráv a to S1AP Initial Context Setup Request, NAS Attach Accept a Activate Default Bearer Request. První zpráva S1AP obsahuje informace o maximální bitové rychlosti určenou pro terminál, i informace o QoS pro nový eRAB (*e-Radio Acces Bearer*). Další zpráva NAS Attach Accept informuje o úspěšném dokončení připojení a obsahuje mimo jiné číslo GUTI. Poslední zpráva obsahuje informace o kvalitě služby, jakou je například garantovaná bitová rychlost pro downlink a uplink.

Posledními kroky jsou aktivace defaultního rádiové nosiče a předání informace o adrese eNodeB určeného pro downlink přenos. Jakmile je zaslána zpráva Attach Complete jednotce MME, je spuštěn uplink provoz. Nakonec jednotka MME informuje bránu S-GW zprávou Update Bearer Request, která obsahuje informace o identitě nového nosiče i adresu nové eNodeB. Po potvrzení této zprávy brána S-GW přeposílá uložená data směrem k terminálu. Čímž je sestaveno datové spojení.

8 LABORATORNÍ ÚLOHA

Nedílnou součástí bakalářské práce je vytvořená laboratorní úloha pro předmět Komunikační prostředky mobilních sítí. V této úloze se využívají nalogované soubory, které obsahují naměřené zprávy řídicího provozu v systému GSM. V době měření se mobilní stanice pohybovala a docházelo tak k procesům, které je obtížné vyvolat pokud se stanice nepohybuje (aktualizace polohy, handover atd.) . Pro analýzu zpráv se využívá softwarové aplikace Motorola Driver Test Tool (MDTT).

Nejdříve je řešitel této úlohy seznámen se teorií, která je potřebná pro pochopení problematiky.

V samotném řešení se tedy využívá program MDTT. V první části úlohy se student nejprve seznámí s informacemi přenášenými prostřednictvím systémových zpráv, které přijímá mobilní stanice od systému. Například ze systémových informací vyčte kód lokalizační oblasti dozví se, jaký minimální výkon musí přijmout MS aby mohla použít BTS jako servisní dále po jakém intervalu musí dojít k aktualizaci polohy mobilní stanice atd.

Druhá část se zabývá procesem týkající se polohy účastníky. Řešitel úlohy se seznámí se zprávami LOCATION UPDATE. A opět pro procvičení a pochopení procesu aktualizace polohy musí splnit různé úkoly. Například zjistit jakým kódem byla označena stará poloha terminálu a jakým kódem je označena nová poloha. Dále si student ověří, že požadavek na aktualizaci polohy může být z různých důvodů atd.

Třetí část laboratorní úlohy je zaměřena na komunikaci mezi MS a systémem při žádosti stanice o službu. Je zde představena zpráva CHANNEL REQUEST a odpověď na tuto zprávu přiřazením kanálu IMMEDIATE ASSIGNMENT. Z těchto zpráv má řešitel zjistit důvod žádosti mobilní stanice o kanál, tedy jaký kanál byl mobilní stanici přiřazen atd.

Následující část laboratorní úlohy se zabývá zprávami při vykonávání hovorové služby. Zde se jedná o analýzu zpráv týkajících se handoveru a dále se analyzují měřící reporty, které posílá MS systému. Student se tedy například dozví jaké hodnoty kvality signálu či síly přijímaného signálu předcházelely k vykonání handoveru.

Po analýze hovorových služeb následuje analýza zpráv okolo GPRS. U těchto zpráv student dohledává např. informace o periodické době pro aktualizaci oblasti směřování, zjišťuje domluvené parametry na QoS atd.

Poslední část této úlohy je zaměřena na režim, kdy mobilní stanice nemá dostatek signálu pro vykonávání služby. Zde student zkoumá jak se MS chová v takové situaci a prostuduje zprávy, které se přenáší pro tísňové volání. Je zde tedy demonstrováno připojení MS k BTS, která nespadá do sítě odpovídající SIM kartě, která je v mobilní stanici. Nakonec by měl být řešitel schopen odpovědět na kontrolní otázky z laboratorní úlohy.

9 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo seznámit čtenáře s řídicími procedurami, které probíhají mezi terminálem a mobilní sítí. Zejména se jedná o řídicí procedury v poněkud starším systému GSM (stále hojně využívaný) a čím dál více rozšiřujícího se systému LTE.

V rámci bakalářské práce bylo provedeno měření na dostupném rozhraní mobilní sítě GSM. Pomocí softwarového programu od firmy Motorola byly zachyceny a zanalyzovány zprávy, které se vysílají v mobilních sítích na třetí vrstvě. Během měření byly analyzovány zprávy při sestavování hovoru z terminálu a na něj. V rámci měření proběhla zejména analýza zpráv při pohybu mobilní stanice. Naměřené soubory jsou dále využity pro praktickou část této práce.

V práci byly představeny mobilní systémy od první generace až po systémy čtvrté generace.

Blíže představeny byly systémy GSM a LTE a to hlavně z pohledu na jejich architekturu, která je potřebná pro pochopení komunikace mezi terminálem a systémem. Dále už se práce vztahovala na řídicí procedury převážně v těchto dvou systémech.

Byly popsány základní rozdíly mezi signalizací pevných sítí a mobilních sítí. Také byl vysvětlen pojem signalizace v telekomunikačních systémech.

V bakalářské práci byly rozebrány nejprve základní řídicí procedury, mezi které spadají následující procesy: Průzkum rádiového prostředí terminálem, přihlášení do sítě, aktualizace polohy a odpojení od sítě. Dále autentizace účastníka, která je nedílnou částí přihlášení účastníka do sítě, byla rozdělena na proces v systému LTE a GSM.

Velká část práce byla zaměřená na tzv. handover, kde jsou popsány jednotlivé typy, které se vyskytují v systému LTE a systému GSM. Všechny typy handoveru jsou pro lepší pochopení procedur ilustrovány přidělenými obrázky.

V neposlední řadě byly popsány hovorové služby. Zde byl rozebrán postup k sestavení hovoru v síti GSM. U systému LTE byla popsána technologie VoLTE a způsob umožňující komunikaci se systémy 2G/3G neboli tzv. CS Fallback.

Jako předposlední část byly v rámci bakalářské práce popsány procedury provázející připojení k datové síti. U systému GSM bylo popsáno připojení pomocí implementované technologie GPRS.

Poslední část popisuje vytvořenou laboratorní úlohu, která je určena do předmětu Komunikační prostředky mobilních sítí. Úloha je nedílnou součástí bakalářské práce. Student si detailně prostuduje jednotlivé řídicí procedury, které jsou naměřeny při pohybu mobilní stanice.

LITERATURA

- [1] Call Set-up in GSM. *Telecom knowledge and experience sharing* [online]. [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://telecom-knowledge.blogspot.cz/2013/05/call-set-up-in-gsm.html>
- [2] Dělení a sektorizace buněk, kapacita sítě. *Katedra telekomunikační techniky* [online]. 2010 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://comtech.vsb.cz/video/laboratore/frvs/martynek/4_sektorizace_a_kapacita_site.swf (
- [3] General Packet Radio Service. *Документация - unix.org.ua* [online]. 2002 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://docstore.mik.ua/univercd/cc/td/doc/product/wireless/moblwrls/cmx/mmg_sg/cmxgm.htm
- [4] GPRS Attach and PDP Context Activation. *Call Flow Sequence Diagram Based Modeling / EventHelix.com* [online]. 2005 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: http://www.eventhelix.com/realtimemantra/telecom/gprs_attach_pdp_sequence_diagram.pdf
- [5] GPRS Process. *2G 3G Wireless Technology* [online]. 2008 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: http://wirelessworld.weebly.com/uploads/1/5/7/3/1573108/gprs_processes.pdf
- [6] GPRS Network Architecture. *S.M.Nawaz* [online]. 2012 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://smnawaz.blogspot.cz/2012/11/gprs-network-architecture.html>
- [7] GSM Inter MSC Handover Call Flow. *Call Flow Sequence Diagram Based Modeling* [online]. [cit. 2014-12-02]. Dostupné z: http://www.eventhelix.com/RealtimeMantra/Telecom/GSM_Inter_MSC_Handover_Call_Flow.pdf
- [8] GSM Mobile Terminated Call. *Call Flow Sequence Diagram Based Modeling* [online]. [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: http://www.eventhelix.com/realtimemantra/telecom/gsm_terminating_call_flow.pdf
- [9] GSM Originating Call. *Call Flow Sequence Diagram Based Modeling* [online]. [cit. 2014-12-06]. Dostupné z: http://www.eventhelix.com/realtimemantra/telecom/GSM_RR_Call_Flows.pdf
- [10] GSM Originating Cal. *Call Flow Sequence Diagram Based Modeling* [online]. [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: http://www.eventhelix.com/realtimemantra/telecom/GSM_Originating_Call_Flow.pdf
- [11] Handover Process in LTE. In: *Telecom Techniques Guide* [online]. [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: <http://www.teletopix.org/4g-lte/handover-process-in-lte/>
- [12] Handover. *Technologie pro mobilní komunikace* [online]. 2002 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/bunk-hand.htm>
- [13] HANUS, Stanislav. *Bezdrátové a mobilní komunikace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2003, 134 s. ISBN 80-214-1833-8.
- [14] HANUS, Stanislav. *Nové technologie mobilních komunikací pro integrovanou výuku VUT a VŠB-TUO*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií Ústav telekomunikací, 2013. ISBN 978-80-214-4824-7.
- [15] HEINE, Gunnar. *GSM networks: protocols, terminology, and implementation*. Boston:

- Artech House, 1998, xi, 416 s. ISBN 08-900-6471-7.
- [16] Intra-LTE Handover Using the S1 Interface. *3G LTE INFO - 4G Technology and Tutorial* [online]. 2013 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://www.3glteinfo.com/intra-lte-handover-using-s1-interface/>
- [17] JIRKOVSKÁ, Š. *Současné bezpečnostní trendy v mobilních sítích*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta Elektrotechniky a komunikačních technologií, 2010. 97 s.
- [18] K čemu je mobilním operátorům technologie VoLTE?. *Jiří Peterka: archiv článků a přednášek* [online]. [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://www.earchiv.cz/b14/b1023001.php3>
- [19] LTE Architecture- SERVICE, EPC, E-UTRAN and User Equipment. *Technologie pro mobilní komunikace* [online]. 2013 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.teletopix.org/4g-lte/lte-architecture-service-epc-e-utran-and-user-equipment/>
- [20] LTE CSFB Call Flows. *Academia.edu - Share research* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: http://www.academia.edu/7504040/UMTS_LTE_EPC_Call_Flows_for_CS_FallBack
- [21] LTE to 3G Handover Procedure and Signalling. *THE 3G4G Blog* [online]. [cit. 2014-12-03]. Dostupné z: <http://blog.3g4g.co.uk/2011/03/lte-to-3g-handover-procedure-and.html>
- [22] Location Update. *Call Flow Sequence Diagram Based Modeling | EventHelix.com* [online]. 2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: http://www.eventhelix.com/realtimemantra/telecom/GSM_Location_Update_Sequence_Diagram.pdf
- [23] Long Term Evolution (LTE) Attach and Default Bearer Setup. *Call Flow Sequence Diagram Based Modeling | EventHelix.com* [online]. 2012 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: <http://www.eventhelix.com/lte/attach/lte-attach.pdf>
- [24] Mobile Originated-MO call flow in GSM. *RF Wireless Vendors and Resources | RF Wireless World* [online]. [cit. 2014-12-07]. Dostupné z: <http://www.rfwireless-world.com/Articles/mobile-originated-call-GSM.html>
- [25] Mobile phone and SIM card cloning. *Upload, Share, and Discover Content on SlideShare* [online]. 2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/ankurkumar983/mobile-phone-and-sim-card-cloning-vulnerabilities>
- [26] On cellular encryption. *A Few Thoughts on Cryptographic Engineering* [online]. 2013 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://blog.cryptographyengineering.com/2013/05/a-few-thoughts-on-cellular-encryption.html>
- [27] RALF KREHER, Karsten Gaenger. *LTE signaling troubleshooting and optimization*. Norwood Mass: Books24x7.com, 2011. ISBN 978-047-0977-712.
- [28] The VOLTE “Conversation” Between IMS and LTE. *LTE University* [online]. 2012 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: http://lteuniversity.com/get_trained/expert_opinion1/b/bbest/archive/2012/12/17/the-volte-conversation-between-ims-and-lte.aspx
- [29] Princip buňkového systému. *Technologie pro mobilní komunikace* [online]. 2002 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/bunk-princip.htm>
- [30] Proces ověření totožnosti SIM karty. *Technologie pro mobilní komunikaci* [online]. 2002 [cit. 2014-12-14]. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/gsm-aut.htm>
- [31] Signaling Procedure. *Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca* [online]. [cit. 2014-12-09].

- Dostupné z: <http://ares.utcluj.ro/Lecture8.pdf>
- [32] T-Mobile mapa pokrytí. *T-Mobile.cz* [online]. 2014 [cit. 2014-12-09]. Dostupné z: <http://coverage-tmcz.position.cz/#pos=49.808324;16.749958@sc=6200000@bw=1@el=LTE8OUT;LTE18OUT>
- [33] Voice and SMS in LTE. *Upload, Share, and Discover Content on SlideShare* [online]. 2011 [cit. 2014-12-08]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/allabout4g/voice-and-sms-in-lte>
- [34] *Zabezpečení dat v systémech mobilních komunikací* [online]. 2014 [cit. 2014-12-14]. ISSN 1213-1539. Dostupné z: www.elektrorevue.cz/file.php?id=200001288-62c6163bff

SEZNAM ZKRATEK

ACM	Adress Complete - Potvrzovací zpráva
ADC	Administrative Centre - Administrativní centrum
AGCH	Access Grant Channel - Přidělení přístupového kanálu
AMPS	Advanced Mobile Phone System - Standart pro mobilní systém
ANM	Answer Message - Odpovědní zpráva
APN	Acces Point Name - Jméno přístupového bodu
ARFCN	Absolute Radio Frequency Channel Number - Číslo kanálu
AuC	Authnetication Centre - Autentizační centrum
AUTN	Authentication Token - Autentizační známka
BSC	Base Station Controller - Řídící základnová stanice
BSS	Basic Station Subsystem - Subsystem základnových stanic
BTS	Base Transceiver Station - Vysílací/přijímací základnová stanice
CDMA	Code Division Multiple Access - Vícenásobný přístup s kódový dělením
CSFB	Circuit Switched Fallback - Pád do sítě s přepojovánín okruhů
DCT	Discrete Cosine Transform - diskrétní kosinová transformace.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol - Dynamické přidělování IP adres
DNS	Domain Name Server - Server doménových jmen
EDGE	Enhanced Data For GSM Evolution - Vylepšený přenos dat pro GSM
EIR	Equipment Identity Register - Registr identity zařízení
EMC	Electromagnetic compatibility - Elektromagnetická kompatibilita.
eNodeB	evolved Node B - vylepšená základnová stanice LTE
EPC	Evolved Packet Core - Vylepšené paketové jádro
eRAB	evolved-Radio Acces Bearer - Vylepšený rádiový přístupový nosič
E-UTRAN	Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network
FCCH	Frequency Controll Chanel - Frekvenční kontrolní kanál
FDMA	Frequency Division Multiple Access - Vícenásobný přístup s frekvenčním dělením
GMSC	Gateway Mobile Switching Centre - Výchozí brána mobilní ústředny
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying - Gausova modulace s minimálním zdvihem
GPRS	General Packet Radio Service - Datový přenos v systému GSM

GSM	Global System for Mobile communication - Celosvětový standart pro mobilní komunikace
GUTI	Global Unique Temporary Identity - Unikátní dočasně přidělená identita
HLR	Home Location Register - Domovský registr
HSCSD	High Speed Circuit Switched Data - Vysokorychlostní datová služba
HSPA	High Speed Packet Access - Vysokorychlostní paketový přístup
HSPDA	High Speed Downlink Packet Access - Vysokorychlostní downlinkový paketový přístup
HSS	Home Subscribe Server - Domovský uživatelský server
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access - Vysokorychlostní uplinkový paketový přístup
IAM	Initial Address Message - Inicializovací zpráva
IMEI	International Mobile Equipment Identity - Identita mobilního zařízení
IMS	IP Multimedida Subsystem
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
IMT-2000	International Mobile Communication 2000 - Mezinárodní standart pro mobilní komunikaci 2000
ISIM	IP Multimedia Subsystem SIM - Sim v síti LTE
I-CSCF	Interrogating Call State Control Function - Uzel komunikující s HSS v síti IMS
LA	Location Area - Lokalizační oblast
LTE	Long Term Evolution - Mobilní systém předcházející LTE advanced
MAHO	Mobile Assisted Handover - Handover asistovaný mobilní stanicí
ME	Mobile Equipment - Mobilní zařízení
MCHO	Mobile Controlled Handover - Handover kontrolovaný mobilní stanicí
MME	Mobile Management Entity - Ústředna v síti LTE
MOC	Mobile Originated Call - Hovor inicializovaný mobilní stanicí
MS	Mobilní Stanice
MSC	Mobile Switching Centre - Ústředna v síti GSM
MTC	Mobile Terminated Call - Hovor přicházející na mobilní stanicí
NAS	Non Access Stratum - Sada protokolů v EPS
NCHO	Network Controlled Handover - Síť kontrolovaný handover
NMC	Network Management Centr - Centrum síťového řízení
NMT	Nordic Mobile Telephone - Systém pro mobilní komunikaci

NSS	Network Switching Subsystem - Subsystém síťového přepínání
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Ortogonální dělení přenosových kanálů
OMC	Operational Maintenance Centre - Centrum pro správu funkčnosti
OSS	Operation and Support Subsystem - Operační a podpůrný subsystém
PCRF	Police and Charging Rules Function - Pravidla pro účtování služeb a pro kvalitu
P-CSCF	Proxy Call Session Control Function - První uzel v síti IMS
P-GW	Packet Gateway - Výchozí brána pro paketový přenos
PSK	Phase Shift Keying - Fázové klíčování
QoS	Quality Of Services - Kvalita služeb
RADIUS	Remote Authentication Dial In User Service - Vzdálená autentizace
RACH	Random Access Channel - Náhodný přístupový kanál
RNC	Radio Network Controller - Řídicí radiová kontrolér v síti UMTS
SABM	Set Asynchronous Balanced Mode - Inicializace spojení na druhé vrstvě
SAE-GW	System Architecture Evolution Gateway - Systémová architektura pro výchozí brány v síti LTE
S-CSCF	Serving Call Session Control Function - Služební uzel v síti IMS
SDP	Session Description Protocol - Protokol popisující požadavky na spojení
SGSN	Serving GPRS Support Node - Služební uzel v systému GPRS
S-GW	Serving Gateway - Služební výchozí brána v systému LTE
SIM	Subscriber Identity Module - Jedinečná identita uživatele
SIP	Session Initialize Protocol - Protokol pro inicializaci spojení
SMS	Short Message Service - Služba pro krátké zprávy
SRES	Signed Response - Podepsaná odpověď
TACS	Total Acces Communication System - Standart pro mobilní systém
TDMA	Time Division Multiple Access - Vícenásobný přístup s časovým dělením
TE	Terminál Equipment
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity - Dočasné identifikace uživatele
UA	Unnumbered Acknowledge - Potvrzovací zpráva
UE	User Equipment - Uživatelské zařízení
UICC	UMTS Integrated Circuit Card - Společná sim pro UMTS a LTE používaná v síti LTE

UMTS	Universal Mobile Telecommunacitons System - Univerzální mobilní systém
USIM	UMTS SIM
VLR	Visitor Location Centre - Návštěvnické lokalizační centrum
VoIP	Voice over Internet Protocol - Protokol pro přenos hlasu přes internet
VoLTE	Voice over LTE - Přenos hlasu přes síť LTE
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access - Širokopásmový vícenásobný přístup s kódovým dělením
XRES	Expected Response - Očekávaná odpověď

SEZNAM PŘÍLOH

A Obsah přiloženého DVD

61

A OBSAH PŘILOŽENÉHO DVD

Na přiloženém DVD se nachází složka se soubory potřebné pro vypracování laboratorní úlohy. Dále je na DVD uložena samotná laboratorní úloha i se souborem, který obsahuje správné řešení této úlohy. Nakonec se na DVD nachází elektronická verze bakalářské práce ve formátu pdf.