

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ELM VƏ TƏHSİL NAZİRLİYİ
AZƏRBAYCAN TEXNİKİ UNİVERSİTETİ
YÜKSƏK TƏHSİL İNSTİTUTU

Süleymanov Əziz Məhəmməd oğlu
Həsənova Nigar Müseyib qızı

5G MOBİL RABİTƏ ŞƏBƏKƏLƏRİNDƏ TƏHLÜKƏSİZLİK
PROBLEMLƏRİNİN ANALİZİ mövzusunda

MAGİSTRİK DİSSERTASİYASI

İxtisas: 060627 – “Elektronika, telekommunikasiya və radiotexnika”

İxtisaslaşma: “Rabitə qovşaqları və kommutasiya sistemləri” və
“Şəbəkələr, rabitə sistemləri və informasiyanın paylanması”

Elmi rəhbər: f.ü.f.d, dosent Cahangirov Murad Muxtar oğlu

BAKİ – 2024

MÜNDƏRİCAT

İXTİSARLARIN SİYAHISI	3
GİRİŞ	5
I FƏSİL: MOBİL RABİTƏ ŞƏBƏKƏLƏRİN ARXİTEKTURASI	8
1.1 İkinci nəsil (2G) mobil rabitə şəbəkəsinin struktur sxemi.....	14
1.2 Üçüncü nəsil (3G) mobil rabitə şəbəkəsinin struktur sxemi.....	21
1.3 Dördüncü nəsil (4G) mobil rabitə şəbəkəsinin struktur sxemi	25
1.4 Beşinci nəsil (5G) mobil rabitə şəbəkəsinin struktur sxemi	29
II FƏSİL: MOBİL RABİTƏDƏ İSTİFADƏ OLUNAN PROTOKOLLAR YIĞIMI	36
2.1 2G və 3G Kanal Kommutasiya şəbəkəsində istifadə olunan protokollar yığımı.....	36
2.2 2G və 3G Paket Kommutasiya şəbəkəsində istifadə olunan protokollar yığımı	41
2.3 4G şəbəkədə istifadə olunan protokollar yığımı	46
2.4 5G şəbəkədə istifadə olunan protokollar yığımı	48
III FƏSİL: MOBİL RABİTƏDƏ İSTİFADƏ OLUNAN PROSEDURLAR.....	51
3.1 2G və 3G Kanal Kommutasiya şəbəkələrdə Qeydiyyat.....	51
3.2 2G və 3G Paket Kommutasiya şəbəkələrdə Qeydiyyat.....	54
3.3 2G və 3G şəbəkələrdə Autentifikasiya	56
3.4 2G və 3G şəbəkələrdə Mobil Cihazın yoxlanışı	58
3.5 2G Paket Kommutasiya şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi	59
3.6 3G Paket Kommutasiya şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi	61
3.7 4G şəbəkədə Qeydiyyat	62
3.8 5G şəbəkədə Qeydiyyat	65
3.9 5G şəbəkədə Xidmətin Aktivləşdirilməsi	68
3.10 5G şəbəkədə Autentifikasiya.....	71
NƏTİCƏ.....	75
ƏDƏBİYYAT SİYAHISI	758

İXTİSARLARIN SİYAHISI

3GPP	3rd Generation Partnership Project
5GC	5G Core Network
AMF	Access and Mobility Management Function
APN	Access Point Name
AUSF	Authentication Server Function
BSC	Base Station Controller
BTS	Base Transceiver Station
CP	Control Plane
DTAP	Direct Transfer Application Part
EIR	Equipment Identity Register
EPC	Evolved Packet Core
GGSN	Gateway GPRS Support Node
GPRS	General Packet Radio Services
GSM	Global System for Mobile Communications
GTP	GPRS Tunnelling Protocol
GUTI	Globally Unique Temporary UE Identity
HLR	Home Location Register
HSS	Home Subscriber Server
IMEI	International Mobile station Equipment Identity
IMSI	International Mobile Subscriber Identity
LTE	Long Term Evolution
M3UA	MTP3 User Adaptation Layer
MAP	Mobile Application Part
MCC	Mobile Country Code
ME	Mobile Equipment
MGW	Media Gateway
MME	Mobility Management Entity
MNC	Mobile Network Code
MS	Mobile Station
MSC	Mobile-services Switching Centre
MSISDN	Mobile Subscriber ISDN number
MSS	MSC Server
MTP	Message Transfer Part
NAS	Non-Access-Stratum
NR	New Radio
NSSF	Network Slice Selection Function
PCF	Policy Control Function
PCRF	Policy and Charging Rules Function
PDN	Packet Data Network

PDP	Packet Data Protocol
PEI	Permanent Equipment Identifier
PGW	PDN Gateway
PLMN	Public Land Mobile Network
PSTN	Public Switched Telephony Network
P-TMSI	Packet-Temporary Mobile Subscriber Identity
QoS	Quality of Service
RAN	Radio Access Network
RANAP	Radio Access Network Application Protocol
RNC	Radio Network Controller
SCCP	Signalling Connection Control Part
SCTP	Stream Control Transmission Protocol
SGSN	Serving GPRS Support Node
SGW	Serving Gateway
SIM	Subscriber Identity Module
SMF	Session Management Function
SMSC	Short Message Service Center
SUCI	Subscription Concealed Identifier
SUPI	Subscription Permanent Identifier
TMSI	Temporary Mobile Subscriber Identity
UDM	Unified Data Management
UE	User Equipment
UE	User Equipment
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UP	User Plane
UPF	User Plane Function
VLR	Visitor Location Register

GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı: Müasir dövrdə 2G, 3G və 4G mobil rabitə texnologiyalarından çox geniş istifadə olunmaqdadır. Ən sadə formada insanlar arasında səs rabitəsinin təşkil olunması ilə başlayan macərə bu gün artıq kritik infrastrukturun idarə olunması daxil olmaqla həyatımızın hər bir sahəsinə nüfuz etmişdir və bu texnologiyaların tətbiq sahələri artmaqda davam etməkdədir.

Bəzi hallarda, bu texnologiyaların arxitekturasında mövcud olan boşluqlardan istifadə etməklə mobil şəbəkələrə hücumlar təşkil olunmaqdadır. Bunlara misal olaraq radio efirin analizi vasitəsilə məlumatların əldə edilməsi və ya saxta rouminq şəbəkələr üzərindən həyata keçirilən manipulyasiyalar göstərilə bilər. Bu tip “əməliyyatlar” məlumatların icazəsiz əldə olunmasına gətirib çıxarmaqla yanaşı bəzi hallarda istifadəçi xidmətlərinə birbaşa təsir göstərən daha ciddi fəsadlara da səbəb ola bilər.

Müasir dövrdə insanların artıq həyatın hər sahəsində bu texnologiyalara olan yüksək asılılığını nəzərə alaraq ənənəvi şəbəkə texnologiyalarındakı mövcud təhlükəsizlik problemlərinin səbəblərinin ətraflı araşdırılması və son dövrlərdə tətbiq olunmağa başlanılan 5G şəbəkələrdə də bu problemlərin mövcud olub olmamasının təyin olunması mühüm əhəmiyyət kəsb edir.

Tədqiqatın məqsədi və vəzifələri: Bu tədqiqat işinin məqsədi 2G, 3G və 4G mobil rabitə şəbəkələrinin detallı analizi, orada mövcud olan təhlükəsizlik problemlərinin təyin olunması və həmin problemlərin 5G şəbəkəsində də aktuallığının yoxlanılmasıdır. Bunun üçün, sadalanan texnologiyalar üç aspektdən təhlil edilmişdir:

- 1) Mobil rabitə şəbəkələrinin arxitekturası
- 2) Mobil rabitədə istifadə olunan protokollar
- 3) Mobil rabitədə icra edilən prosedurlar

Həmçinin, hələ də aktuallığını qoruyan problemlərinin həlli üçün təkliflərin verilməsi nəzərdə tutulmuşdur.

Tədqiqatın predmeti və obyektı: Bu dissertasiya işi üçün tədqiqat obyektı 2G, 3G, 4G və 5G mobil rabitə texnologiyaları, predmet isə mobil şəbəkələrin arxitekturası, orada istifadə olunan protokollar və icra edilən prosedurlardır.

Tədqiqat metodları: Mobil rabitə şəbəkələrinin təşkili üçün beynəlxalq standartlar və spesifikasiyalardan istifadə olunur. Bu spesifikasiyalar ITU (International Telecommunication Union), IETF (Internet Engineering Task Force), ETSI (European Telecommunications Standards Institute), GSMA (GSM Association), 3GPP (3rd Generation Partnership Project) və s. kimi bu sahə üzrə ixtisaslaşmış beynəlxalq qurumlar tərəfindən hazırlanmışdır və şəbəkənin hər bir aspekti bu sənədlərdə çox konkret, dəqiq və detallı olaraq təsvir olunmuşdur.

Bu dissertasiya işinin hazırlanması zamanı mobil rabitə texnologiyalarının tədqiqatı nəzərdə tutulan aspektlərinə aid spesifikasiyalar detallı analiz olunmuş və aidiyyət hissələrinin qarşılaşdırılması vasitəsilə mobil rabitə texnologiyalarındakı təhlükəsizlik məsələləri təhlil edilmişdir.

Elmi yeniliyin elementləri və praktiki həll: Tədqiqat nəticəsində aşkarlanmış və hələ də aktuallığını qoruyan problemlərin həlli üçün verilmiş təklifləri icra etməklə mobil rabitə şəbəkələrində təhlükəsizlik artırıla bilər.

Müdafiə üçün təqdim edilən nəticələr (vəzifələr): Mövcud şəbəkələrdə aktual olan üç təhlükəsizlik məsələsinin 5G texnologiyaya keçiddə həll olunduğu tədqiqat nəticəsində təyin olunmuşdur. Bunlar, qısaca:

- 1) Əsas Şəbəkə komponentləri arasındakı interfeyslərdə məlumatların şifrələnməsi
- 2) Açıq formatda ötürülən IMSI yerinə şifrələnmiş SUCI-dən istifadə olunması
- 3) Autentifikasiya prosesinin xidmət edən şəbəkədəki MSS, SGSN və MME yerinə ev şəbəkədəki AUSF tərəfindən yerinə yetirilməsi.

2G, 3G və 4G şəbəkələrdə PDP kontekstin yaradılması zamanı GGSN tərəfindən HLR-da, 5G şəbəkədə isə Xidmətin aktivləşdirilməsi zamanı ev şəbəkədəki SMF tərəfindən UDM-də sorğunun göndərildiyi mobil şəbəkədə abunəçinin qeydiyyatının mövcudluğunun yoxlanılması hələ də açıq olaraq qalmaqdadır.

Nəticələrin aprobasiyası: Bu tədqiqat işinin nəticələri 2024-cü ilin may ayında Azərbaycan Texniki Universitetində keçirilmiş ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 101 illiyinə həsr olunan “Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar” mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransda müzakirə olunmuşdur.

Nəşrlər: Tədqiqat zamanı alınmış nəticələr aşağıdakı elmi əsərlərdə öz əksini tapmışdır:

- 1) M.M.Jahangirov, A.M.Suleymanov. Key Architectural Changes in 5G Network and Their Effects on End User Services / Proceedings Book for International Conference on Engineering Sciences, - Bakı, AzTU, 2022. 8s
- 2) A.M.Suleymanov. Implementation of 5G technologies for Enterprises as part of Digital Transformation / Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 101 illiyinə həsr olunan “Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar” mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransı materialları. - Bakı, AzTU, 2024. 8s

I FƏSİL: MOBİL RABİTƏ ŞƏBƏKƏLƏRİN ARXİTEKTURASI

2G, 3G, 4G və 5G olaraq adlandırılan rabitə nəsli abstrakt bir anlayışdır və bu məsələ ilə bağlı hər hansı bir beynəlxalq standard mövcud deyildir. Dünyada tətbiq edilən çoxsaylı rabitə standartları və texnologiyaları mövcuddur. Bu texnologiyalar müəyyən xarakteristikalarına və xüsusiyyətlərinə əsasən müəyyən bir “rabitə nəslinə” aid edilir.

Bu dissertasiya işində rabitə nəsilləri dedikdə aşağıda qeyd edilmiş konkret texnologiyalar nəzərdə tutulur və bütün tətqiqat prosesi bu texnologiyalar üzərində aparılmışdır.

- İkinci nəsil (2G): Avropa Telekommunikasiya Standartları İnstitutu (European Telecommunications Standards Institute - ETSI) tərəfindən hazırlanmış Global System for Mobile Communications – GSM (Mobil Rabitənin Qlobal Sistemi) texnologiyası.
- Üçüncü nəsil (3G): 3rd Generation Partnership Project - 3GPP (Üçüncü Nəsil Əməkdaşlıq Layihəsi) tərəfindən hazırlanmış Universal Mobile Telecommunications System – UMTS (Universal Mobil Rabitə Sistemi) texnologiyası.
- Dördüncü nəsil (4G): 3GPP tərəfindən hazırlanmış Long Term Evolution – LTE (Uzun Müddətli Təkamül) və Evolved Packet Core – EPC (İnkişaf etmiş Paket Kommutasiya Əsas Şəbəkəsi) texnologiyaları.
- Beşinci nəsil (5G): 3GPP tərəfindən hazırlanmış New Radio – NR (Yeni Radio) və 5G Core Network - 5GC (5-ci nəsil Əsas Şəbəkə) texnologiyaları.

Bu metodun seçilməsinin 2 əsas səbəbi vardır:

- 1) Bu texnologiyalar həm Avropa qitəsində, həmçinin də Azərbaycanda istifadə olunan əsas mobil rabitə texnologiyalarıdır.
- 2) Bu texnologiyalar eyni beynəlxalq standardlaşdırma təşkilatları tərəfindən hazırlanmışdır. Buna görə də onlar arasında məntiqi bir ardıcılıq mövcuddur.

Qeyd: Birinci nəsill mobil rabitə texnologiyaları artıq praktiki olaraq istifadə olunmadığı üçün onlar tətqiqat obyektini kimi seçilməmişdir.

Bu dissertasiya işinin və ümumilikdə mobil rabitə şəbəkələrinin iş prinsipinin anlaşılması üçün lazım olan əsas anlayışlar aşağıdakılardır:

PLMN (Public Land Mobile Network) – Ümumi istifadədə olan Yer üstü Mobil Şəbəkə dedikdə mobil rabitə operatorları nəzərdə tutulur. Hər bir mobil operatorunun unikal identifikasiya nömrəsi, PLMN ID-si vardır. PLMN ID aşağıdakı hissələrdən ibarətdir: (3GPP, TS 23.003, 2023)

- 1) Beynəlxalq ITU-T təşkilatı tərəfindən verilmiş 3 rəqəmli Mobile Country Code - MCC (Mobil ölkə kodu). Azərbaycan üçün MCC 400-dür.
- 2) və ya 3 rəqəmli Mobile Network Code - MNC (Mobil şəbəkə kodu). Azərbaycanda 2 rəqəmli MNC kodlar istifadə olunur (01, 02, 03, 04 və s.).

MSISDN (Mobile Subscriber ISDN number) - Mobil abunəçinin ISDN nömrəsi (ISDN (Integrated Services Digital Network) - Xidmətlərin inteqrasiyalı rəqəm şəbəkələri). E.164 formatı olaraq da adlandırılır. Bu istifadəçilərin bir-birləri ilə əlaqə qurmaq üçün istifadə etdikləri mobil nömrə formatıdır. Aşağıda göstərilmiş 3 hissədən ibarətdir: (ETSI, GSM 03.03, 2003), (3GPP, TS 23.003, 2023)

- 1) Country Code – CC (Ölkə kodu). Azərbaycan üçün 994
- 2) National Destination Code – NDC (Milli istiqamət (təyinat) kodu). Azərbaycan üçün 10, 50, 51, 55, 70, 77, 99, və s.
- 3) Subscriber Number – SN (Abunəçi nömrəsi)

Ölkə kodu istisna olmaqla MSISDN-in planlanması hər bir ölkənin aidiyatı dövlət qurumunun öhdəliyi və vəzifəsidir.

IMSI (International Mobile Subscriber Identity) – Mobil abunəçinin beynəlxalq identifikasiya nömrəsi. Hər bir SIM kartda unikal bir IMSI nömrəsi mövcuddur. IMSI

nömrəsinin istifadə olunmasının əsas səbəbi mobil nömrənin (MSISDN) SIM kartdan olan asılılığını aradan qaldırmaqdır. SIM kart dəyişikliyi zamanı IMSI nömrəsi dəyişir, MSISDN nömrəsi isə olduğu kimi qalır. E212 formatı olaraq da adlandırılan IMSI nömrəsi maksimum 15 rəqəmlidir və aşağıda göstərilmiş 3 hissədən ibarətdir: (ETSI, GSM 03.03, 2003), (3GPP, TS 23.003, 2023)

- 1) ITU-T təşkilatı tərəfindən verilmiş 3 rəqəmli Mobile Country Code - MCC (Mobil ölkə kodu). Azərbaycan üçün MCC 400-dür.
- 2) və ya 3 rəqəmli Mobile Network Code - MNC (Mobil şəbəkə kodu). Azərbaycanda 2 rəqəmli MNC kodlar istifadə olunur (01, 02, 03, 04 və s.).
- 3) Mobile Subscriber Identification Number – MSIN (Mobil abunəçinin identifikasiya nömrəsi) şəbəkə daxilində nömrəni identifikasiya edən unikal kod.

SUPI (Subscription Permanent Identifier) - Abunəçinin daimi identifikasiya nömrəsi 5G texnologiyada istifadəçini təyin etmək üçün istifadə olunur. SUPI olaraq mobil şəbəkə abunəçiləri üçün IMSI, digər texnologiyalar üçün isə fərqli identifikatorlar istifadə olunur. (3GPP, TS 23.003, 2023)

SUCI (Subscription Concealed Identifier) – Gizlədilmiş abunəçi identifikasiya nömrəsi SUPI-nin şifrələnmiş formasıdır. Şifrələmə açarı olaraq ev şəbəkənin açarı istifadə olunur. SUCI-nin strukturu aşağıdakılardan ibarətdir: (3GPP, TS 23.003, 2023)

- 1) SUPI növü (IMSI, NSI və s.).
- 2) Home Network Identifier (Ev şəbəkənin identifikasiya nömrəsi) – IMSI üçün MCC və MNC istifadə olunur.
- 3) 1-4 rəqəmli Routing Indicator (Yönləndirmə göstəricisi).
- 4) Protection Scheme Identifier (istifadə olunacaq mühafizə sxemi) – 0 – 15 arası rəqəm ola bilər.
- 5) Home Network Public Key Identifier (Ev şəbəkənin şifrələmə açarı) SUPI-nin şifrələnməsi üçün istifadə olunan açardır, 0 – 255 arası rəqəm ola bilər.

6) Scheme Output (şifrələnmiş məlumat)

IMEI (International Mobile station Equipment Identity) – Mobil stansiya cihazının beynəlxalq identifikasiya nömrəsi; **IMEISV (International Mobile station Equipment Identity and Software Version)** – Mobil stansiya cihazının beynəlxalq identifikasiya nömrəsi və proqram təminatı versiyası. Mobil rabitə xidmətlərindən istifadə edən hər bir cihazın IMEI və ya IMEISV olaraq təyin olunmuş unikal bir identifikasiya nömrəsi vardır. IMEI ümumilikdə 15 rəqəmdən ibarətdir və strukturu aşağıdakı kimidir: (ETSI, GSM 03.03, 2003), (3GPP, TS 23.003, 2023)

- 1) GSM assosiasiyası tərəfindən hər bir istehsalçıya verilmiş 8 rəqəmli Type Allocation Code – TAC (Tipin (modelin) ayrılması (təyinatı) kodu).
- 2) 6 rəqəmli Serial Number – SNR (seriya nömrəsi)
- 3) 1 rəqəmli Check Digit - CD / Spare Digit – SD (Yoxlanış rəqəmi)

IMEISV ümumilikdə 16 rəqəmdən ibarətdir və strukturu aşağıdakı kimidir:

- 1) GSM assosiasiyası tərəfindən hər bir istehsalçıya verilmiş 8 rəqəmli Type Allocation Code – TAC (Tipin (modelin) ayrılması (təyinatı) kodu).
- 2) 6 rəqəmli Serial Number – SNR (seriya nömrəsi)
- 3) 2 rəqəmli Software Version Number – SVN (Proqram təminatı nömrəsi)

PEI (Permanent Equipment Identifier) – Cihazın daimi identifikasiya nömrəsi 5G texnologiyada istifadəçi cihazını (UE) təyin etmək üçün istifadə olunur, mobil şəbəkədə istifadə olunan cihazlar üçün IMEI və ya IMEISV, digər texnologiyalar üçün isə fərqli identifikatorlar istifadə olunur. (3GPP, TS 23.003, 2023)

TMSI (Temporary Mobile Subscriber Identity) - Mobil abunəçinin müvəqqəti identifikasiya nömrəsi. Kanal kommutasiya şəbəkəsində qeydiyyat zamanı MSC və ya MSS tərəfindən mobil nömrəyə verilən 32 bit uzunluğunda müvəqqəti identifikasiya nömrəsidir. Təhlükəsizlik cəhətdən nömrənin daimi identifikasiya nömrəsi IMSI-nin proseslərdə istifadəsi məqsədə uyğun olmadığı üçün müvəqqəti təyin olunmuş TMSI-dən

istifadə olunur. Həmçinin, mobil şəbəkədə birdən çox MSC və ya MSS qurğusu fəalliyət göstərdikdə rabitə trafikinin (selinin) yönləndirilməsi üçün düzgün Əsas Şəbəkənin seçiminə TMSI istifadə olunur. (ETSI, GSM 03.03, 2003), (3GPP, TS 23.003, 2023)

P-TMSI (Packet-Temporary Mobile Subscriber Identity) – Paket kommutasiya şəbəkəsi üçün mobil abunəçinin müvəqqəti identifikasiya nömrəsi. Paket kommutasiya şəbəkəsində qeydiyyat zamanı SGSN tərəfindən mobil nömrəyə verilir, formatı və təyinatı TMSI ilə eynidir. (3GPP, TS 23.003, 2023)

GUTI (Globally Unique Temporary UE Identity) – Qlobal unikal istifadəçinin müvəqqəti identifikasiya nömrəsi. EPC şəbəkəsində qeydiyyat zamanı MME tərəfindən mobil nömrəyə verilən müvəqqəti identifikasiya nömrəsidir. GUTI vasitəsilə həmçinin MME və onun yerləşdiyi şəbəkə də identifikasiya olunur. GUTI ümumilikdə 80 bit-dən ibarətdir və strukturu aşağıdakı kimidir: (3GPP, TS 23.003, 2023)

- 1) rəqəmli (12 bit) Mobile Country Code - MCC (Mobil ölkə kodu).
- 2) rəqəmli (12 bit) Mobile Network Code – MNC (Mobil şəbəkə kodu).
- 3) 16 bit MME Group ID – MMEGI (MME qrup nömrəsi)
- 4) 8 bit MME Code – MMEC (MME kodu)
- 5) 32 bit M-TMSI – müvəqqəti təsadüfi nömrə

5G- GUTI (Globally Unique Temporary UE Identity) – 5G - Qlobal unikal istifadəçinin müvəqqəti identifikasiya nömrəsi. 5GC şəbəkəsində qeydiyyat zamanı AMF tərəfindən mobil nömrəyə verilən müvəqqəti identifikasiya nömrəsidir. 5G-GUTI vasitəsilə həmçinin AMF və onun yerləşdiyi şəbəkə də identifikasiya olunur. 5G-GUTI ümumilikdə 80 bit-dən ibarətdir və strukturu aşağıdakı kimidir: (3GPP, TS 23.003, 2023)

- 1) rəqəmli (12 bit) Mobile Country Code - MCC (Mobil ölkə kodu).
- 2) rəqəmli (12 bit) Mobile Network Code – MNC (Mobil şəbəkə kodu).
- 3) 8 bit AMF Region ID
- 4) 10 bit AMF Set ID

- 5) bit AMF Pointer
- 6) 32 bit 5G-TMSI – müvəqqəti təsadüfi nömrə

APN (Access Point Name) – Daxilolma Nöqtəsi Paket Kommunikasiya şəbəkəsində qapı qovşaqlarını (GGSN, PGW) tapmaq üçün istifadə olunan əsas parametrdir. APN iki hissədən ibarətdir: (3GPP, TS 23.003, 2023)

- 1) APN Network Identifier – APN Şəbəkə İdentifikatoru mobil şəbəkədən kənar data şəbəkəyə qoşulmaq üçün hansı GGSN/PGW istifadə olunacağını təyin edir.
- 2) APN Operator Identifier – APN Şəbəkə İdentifikatoru mobil şəbəkəni təyin edir və aşağıdakı formata sahibdir:
 - a) 2G və 3G şəbəkələr üçün: mnc<MNC>.mcc<MCC>.gprs
 - b) 4G şəbəkə üçün: apn.epc.mnc<MNC>.mcc<MCC>.3gppnetwork.org

SIM (Subscriber Identity Module) – Abunəçinin identifikasiyası modulu dedikdə mobil cihazlara taxılmaq üçün nəzərdə tutulmuş və mobil nömrənin həqiqiliyini təsdiqləyən fiziki kart nəzərdə tutulur. SIM kartın istifadə olunmasının ən əsas səbəbi nömrənin mobil cihazdan olan asılılığını aradan qaldırmaqdır. Yəni, SIM kart hansı cihaza taxılırsa avtomatik olaraq həmin cihaz (telefon) həmin mobil nömrənin istifadəçisi olur. (3GPP, TS 31.102, 2024)

CP (Control Plane) – İdarəetmə Məlumatları Müstəvisi və ya Siqnallaşma dedikdə abunəçiləri mobil rabitə xidmətləri ilə təmin etmək üçün rabitə şəbəkəsində baş verən proseslər nəzərdə tutulur. Bu proseslər abunəçilər üçün “gözə görünməzdir”, mobil cihaz və şəbəkə arasında və ya şəbəkə daxilində baş verir. Şəbəkədə qeydiyyat, zəngin qurulması, PDP seansın aktivləşdirilməsi, şəbəkə elementləri arasında keçid (handover), və s. Siqnallaşma proseslərinə misal olaraq göstərmək olar.

UP (User Plane) – İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi dedikdə abunəçi tərəfindən göndərilən və ya qəbul edilən real trafik nəzərdə tutulur. Misal üçün zəng zamanı ötürülən

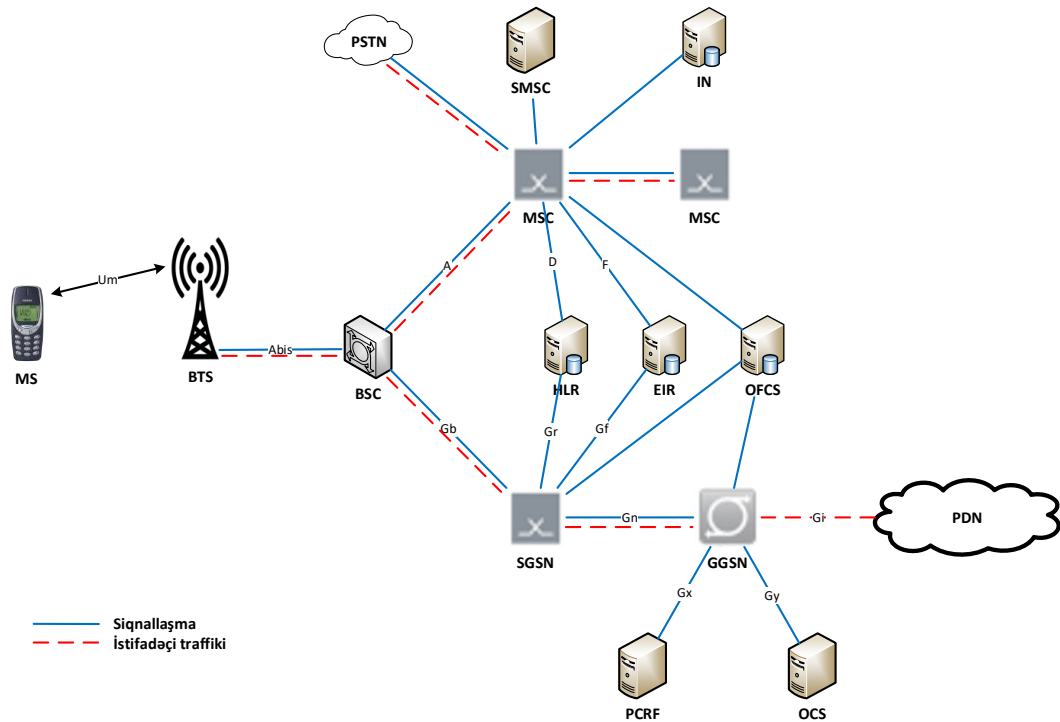
danışıq səsi, data istifadəsi zamanı yüklənən web səhifələrin məzmunu, tətbiqlər və s. nəzərdə tutulur.

1.1 İkinci nəsil (2G) mobil rabitə şəbəkəsinin struktur sxemi

GSM standardı ETSI tərəfindən hazırlanmışdır. 1990-cı illərin əvvəllərindən etibarən GSM şəbəkələr tətbiq olunmağa başlanmışdır. İlk mərhələdə sadəcə zəng və SMS xidmətlərinin göstərilməsi nəzərdə tutulsa da 1990-cı illərin ortalarında İnternet texnologiyasının tam mülkişdirilməsindən sonra bu texnologiya GSM şəbəkələrdə də tətbiq olunmağa başlanmışdır. Nəticədə, əvvəlcə GPRS, daha sonra isə EDGE texnologiyaları meydana çıxmışdır. GSM texnologiyasının əsas texniki xüsusiyyətləri aşağıdakılardır.

- Radio efirdə 900Mhz və 1800Mhz diapazonlardan istifadə olunur.
- Bu diapazonda ayrılmış tezlik zolağı 200kHz-lik kanallara bölünməklə istifadə olunur.
- Radio kanalların effektiv istifadə olunması məqsədilə Time Division Multiple Access - TDMA – (Kanalların Zamana görə ayrılması ilə Çoxsaylı Daxilolma) metodu tətbiq olunmuşdur.
- Gaussian Minimum Shift Keying – GMSK (Minimal tezlik sürüşməli Gauss tezlik manipulyasiyası) modulyasiyası istifadə olunur.

GSM şəbəkəsinin struktur sxemi şəkil 1.1-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.002, 2022)



Şək 1.1 – GSM şəbəkəsinin struktur sxemi

İkinci nəsil mobil rabitə şəbəkəsinin əsas komponentləri aşağıdakılardır:

MS (Mobile Station) – İstifadəçinin (abunəçinin) rabitə xidmətlərinə qoşulmaq üçün istifadə etdiyi qurğu, mobil stansiya (mobil telefon, və s.). Mobil stansiya dedikdə mobil cihaz (Mobile Equipment - ME) və ona taxılmış SIM kart nəzərdə tutulur. (3GPP, TS 23.002, 2022)

BTS (Base Transceiver Station) – Baza Verici - Qəbuledici Stansiyası və ya qısaca Baza Stansiyası bir və ya bir neçə mənqədan ("cell") ibarət olur. Əsas funksiyası mobil stansiyadan qəbul olunmuş elektromaqnit siqnallarını rabitə xətləri ilə ötürülən məlumat selinə çevirərək idarəedicisi qurğuya ötürməkdir.

BSC (Base Station Controller) – Baza Stansiyasının İdarəedicisi ikinci nəsil mobil rabitə şəbəkələrində RAN (Radio Access Network – Radio Daxilolma Şəbəkəsi) şəbəkənin əsas idarəedicisi qurğusudur. İki əsas funksiyası vardır. Birincisi ərazisindəki baza stansiyalarını

idarə etmək, ikincisi isə trafikinin (məlumat selinin) tipini təyin edərək aidiyyatı üzrə Əsas Şəbəkəyə ötürməkdir. (3GPP, TS 23.002, 2022)

MSC (Mobile-services Switching Centre) – Mobil Rabitənin Kommunikasiya Mərkəzi ikinci nəsil mobil rabitə şəbəkələrində CS CN (Circuit Switched Core Network – Kanal Kommunikasiya Əsas Şəbəkəsinin) əsas komponenti (qurğusu) hesab olunur. Kanal Kommunikasiya şəbəkəsi abunəçilərin zəng, SMS, USSD, və s. xidmətlərinin və sorğularının icra olunduğu şəbəkədir. Bu xidmətləri icra edə bilmək üçün MSC-nin əsas funksiyaları aşağıdakılardır: (3GPP, TS 23.002, 2022)

- Mobil abunəçinin şəbəkədə qeydiyyat prosesinin idarə edilməsi
- Nömrəyə aid məlumatların HLR-dan götürülərək MSC daxilində yerləşən VLR (Visitor Location Register – Qonaq Registri) müvəqqəti məlumat bazasında saxlanılması
- Nömrənin autentifikasiya funksiyalarının icra olunması
- Təhlükəsizlik prosedurlarının idarə olunması
- Mobil nömrənin yerləşdiyi radio şəbəkə ərazisinin izlənməsi – LAC (Location Area Code – Yerləşmə Zonası Kodu) səviyyəsində
- Zəng funksiyalarının yerinə yetirilməsi (Giriş və çıxış zəngləri, yönləndirmələr, qadağalar və s.)
- Danışıq trafikinin (selinin) ötürülməsi
- SMS xidmətinin idarə olunması
- USSD xidmətinin idarə olunması
- Digər əlavə dəyərli xidmətlərin idarə olunması
- Davam edən zəngin BSC-lər arasında ötürülməsinin (handover prosesi) idarə edilməsi
- Xidmətlərin canlı (birbaşa / online rejimdə) fakturalandırılmasının idarə olunması
- Xidmətlərin sonradan (offline rejimdə) fakturalandırılması üçün CDR (Call Detail Record) fayllarının yaradılması

HLR (Home Location Register) – Mobil nömrə haqqında bütün texniki məlumatların yerləşdiyi daimi məlumat bazasıdır. Abunəçinin mobil rabitə xidmətlərindən istifadə etməsi üçün lazım olan bütün məlumatlar bu bazada yerləşdirilmişdir. HLR-da olan əsas məlumatlar aşağıdakılardır:

- Mobil nömrənin IMSI və MSISDN identifikasiya nömrələri
- Nömrənin qeydiyyatdan keçdiyi MSC və SGSN adresləri
- Autentifikasiya və məlumatların şifrələnməsi üçün lazım olan açarlar və alqoritmlər
- Zəng xidmətləri haqqında məlumatlar (giriş zəngləri, çıxış zəngləri, yönləndirmələr, qadağalar, və s.)
- Nömrədə aktiv olan əlavə xidmətlər
- Data seansının aktivləşdirilməsi üçün lazım olan parametrlər (APN (Access Point Name – Daxilolma nöqtəsi), qadağalar, QoS (Quality of Service – Xidmət keyfiyyəti) profili, və s.)

Nömrə şəbəkədə qeydiyyatdan keçdiyi zaman bu məlumatlar aidiyyəti şəbəkənin kommutator qurğusuna ötürülür və nömrə aktiv olduğu dövrdə müvəqqəti yaddaşda saxlanılır, kanal kommutasiya xidmətləri üçün MSC-yə, paket kommutasiya xidmətləri üçün isə SGSN-ə. Abunəçi hər hansı bir xidmətdən istifadə etmək istədikdə MSC və ya SGSN HLR-dan əldə olunmuş bu parametrlər əsasında həmin xidməti təmin edir və ya imtina edir. (3GPP, TS 23.002, 2022)

EIR (Equipment Identity Register) - Avadanlığı identifikasiya registri mobil şəbəkədə istifadə olunan qurğuların IMEI və ya IMEISV məlumatlarının saxlanıldığı məlumat bazasıdır. EIR-də hər bir IMEI aşağıdakı siyahılardan birində saxlanılır:

- a) Ağ siyahı və ya istifadəsinə icazə verilmiş, heç bir məhdudiyət tətbiq olunmamış cihazlar.
- b) Boz siyahı və ya izlənen, nəzarət altında olan cihazlar.
- c) Qara siyahı və ya istifadəsi qadağan olunmuş, məhdudiyət qoyulmuş cihazlar.

d) Bilinməyən IMEI nömrələr.

SGSN (Serving GPRS Support Node) – Xidmət edən GPRS (General Packet Radio Services - Ümumi Paket Radio Xidməti) Dayaq Qovşağı ikinci və üçüncü nəsill mobil rabitə şəbəkələrində PS CN (Packet Switched Core Network – Paket Kommunikasiya Əsas Şəbəkəsinin) iki əsas qurğusundan biridir. Paket Kommunikasiya şəbəkəsi abunəçilərin data şəbəkələrə (İnternet və s.) qoşulmalarını təmin edən şəbəkədir. SGSN-in xidmət edən qurğu olaraq adlandırılmasının səbəbi onun bilavasitə mobil stansiyalardan gələn sorğulara xidmət etməsidir. Abunəçilərin İnternetə qoşulmağını təmin etmək üçün SGSN-in əsas funksiyaları aşağıdakılardır: (3GPP, TS 23.002, 2022), (3GPP, TS 23.060, 2022)

- Mobil abunəçinin şəbəkədə qeydiyyat prosesinin idarə edilməsi.
- Nömrəyə aid məlumatların HLR-dan götürülərək SGSN daxilində yerləşən müvəqqəti məlumat bazasında saxlanması.
- Nömrənin autentifikasiya funksiyalarının icra olunması.
- Təhlükəsizlik prosedurlarının idarə olunması.
- Mobil nömrənin yerləşdiyi radio şəbəkə ərazisinin izlənməsi– RAC (Routing Area Code – Yönləndirmə Zonası Kodu) səviyyəsində.
- Nömrənin PDP (Packet Data Protocol – Data şəbəkəyə qoşulmaq üçün zəruri olan virtual tunel) seansının aktivləşdirilməsi, idarə olunması və sonlandırılması.
- PDP seansın aktivləşdirilməsi üçün GGSN-in seçilməsi.
- Data trafikinin ötürülməsi (yönləndirilməsi).
- Davam edən data seansının BSC-lər arasında ötürülməsinin (handover prosesi) idarə edilməsi.
- Xidmətlərin sonradan (offline rejimdə) fakturalandırılması üçün CDR (Charging Data Record) fayllarının yaradılması.

GGSN (Gateway GPRS Support Node) – Qapı GPRS Dayaq Qovşağı mobil rabitə şəbəkəsinin PDN (Packet Data Network) şəbəkələri (İnternet və s.) ilə arasındakı virtual qapı rolunu oynayır. Belə bir qurğunun tətbiq olunmasının səbəbi PDN şəbəkələrdə və

mobil rabitə şəbəkələrində istifadə olunan protol və standardların bir-birlərindən ciddi surətdə fərqlənməsidir. GGSN müəyyən mənada bu şəbəkələr arasında “tərcüməçi” rolunu oynayır. GGSN-in əsas funksiyaları aşağıdakılardır: (3GPP, TS 23.002, 2022), (3GPP, TS 23.060, 2022)

- Mobil abunəçinin PDP seansını idarə etmək, abunəçiyə seans zamanı istifadə ediləcək IP ünvan vermək.
- Mobil stansiyadan daxil olmuş və PDN şəbəkəyə göndərməli olan “Uplink” (yuxarı istiqamətli) istifadəçi trafikini (selini) aidiyyatı standarda uyğunlaşdırmaq və yönləndirmək. Həmçinin PDN şəbəkədən gələn “Downlink” (aşağı istiqamətli) traffiki mobil rabitə protokollarına uyğun enkapsulyasiya edərək (paketləşdirərək) mobil stansiyaya yönləndirmək.
- Xidmətlərin canlı (online rejimdə) fakturalandırılmasının idarə olunması.
- Xidmətlərin sonradan (offline rejimdə) fakturalandırılması üçün CDR (Charging Data Record) fayllarının yaradılması.

PCRF (Policy and Charging Rules Function) – Siyasət (Qaydalar) və Fakturalandırma Qaydaları Funksiyası abunəçilərin istifadə etdiyi data trafikinin daha çevik idarə edilməsi və fakturalandırılması məqsədilə istifadə olunur. Bu mexanizm vasitəsilə trafik tipinə uyğun olaraq fərqli prioritet, QoS profil, fakturalandırma identifikatorları və s. təyin oluna bilər. Və bu proses müxtəlif faktorlardan asılı olaraq da fərqləndirilə bilər. Məsələn, istifadə vaxtı (günün saati və ya həftənin günü), mobil cihazın markası və modeli, abunəçi kateqoriyası (qızıl, gümüş, bürünc, adi və s.), qoşulma ərazisi və s. (3GPP, TS 23.203, 2022)

SMSC (Short Message Service Center) – Qısa Mesaj Xidməti mərkəzi mobil şəbəkədə abunəçilər tərəfindən göndərilən SMS mesajların vahid idarə olunma mərkəzidir. SMSC-nin əsas funksiyaları aşağıdakılardır: (3GPP, TS 23.040, 2023)

- Mobil stansiyadan və ya hər hansı bir sistemdən daxil olmuş SMS mesajının filtdən keçirilməsi (yoxlanılması), yönləndirilməsi və müəyyən müddət yaddaşda saxlanması.
- SMS-in canlı (online rejimdə) fakturalandırılmasının idarə olunması.
- SMS-in sonradan (offline rejimdə) fakturalandırılması üçün CDR fayllarının yaradılması.

IN (Intelligent Network) – İntellektual Şəbəkə platformu mobil nömrənin abunəçi məlumatlarının, balansının, əlavə xidmətlərinin, və s. idarə olunduğu vahid sistemdir.

OCS (Online Charging System) – Canlı rejimdə Fakturalandırma Sistemi abunəçilərin data seans aktivləşdirdikləri zaman balansın canlı rejimdə yoxlanılmasını və traffikin aidiyyəti üzrə fakturalandırılmasını idarə edən qurğudur.

OFCS (Offline Charging System) – Sonradan Fakturalandırma Sistemi abunəçilərin istifadə etdiyi danışıq, SMS, data və s. xidmətlərin sonradan fakturalandırılması üçün bütün aidiyyəti qurğulardan CDR faylları toplayan və onları emal edən sistemdir.

PSTN (Public Switched Telephony Network) – Ümumi istifadəli Telefon Şəbəkəsi və ya Stasionar Telefon Şəbəkəsi mobil rabitə şəbəkəsinin tərkib hissəsi deyildir, PSTN dedikdə stasionar şəhər telefon şəbəkəsi nəzərdə tutulur. Bu şəbəkənin idarə olunması üçün öz kommutator qurğuları vardır və bu kommutatorlar mobil şəbəkədəki MSC-i ilə qoşulmuşdur. Mobil şəbəkə ilə stasionar şəbəkə arasındakı bütün zənglər bu qoşuntu vasitəsilə ötürülür və idarə olunur.

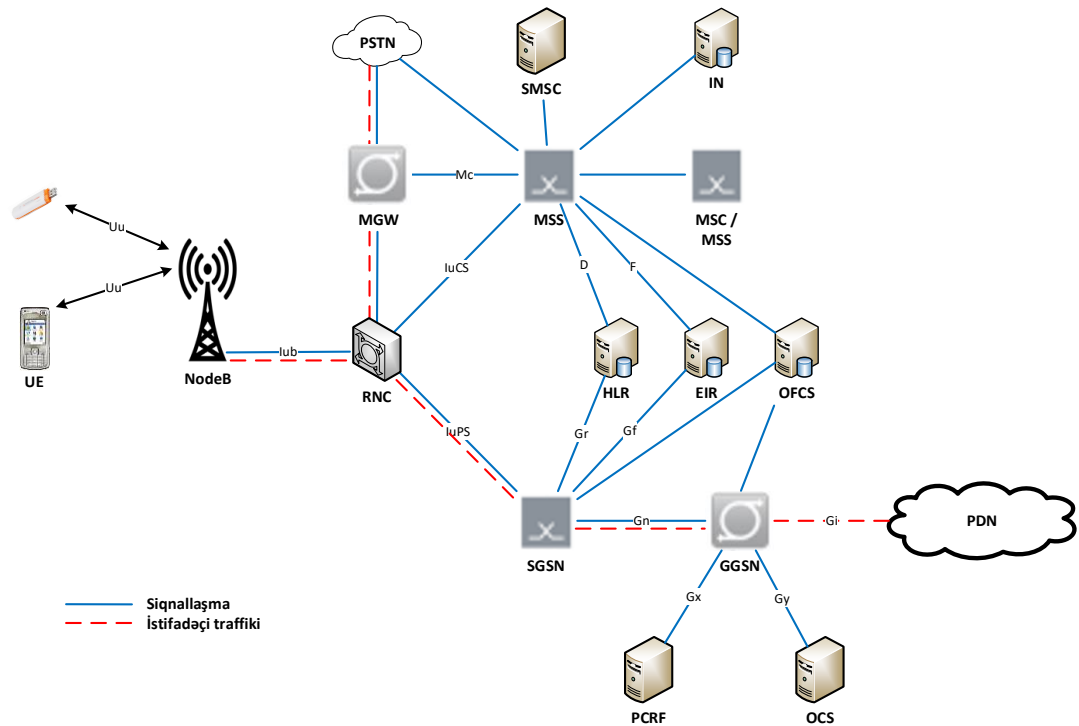
PDN (Packet Data Network) – Paket Data Şəbəkələri dedikdə mobil rabitə şəbəkəsinin tərkib hissəsi olmayan, mobil şəbəkəyə IP protokolu vasitəsilə qoşulan və abunəçilərə xidmət göstərən digər şəbəkələr nəzərdə tutulur. Buna ən əsas nümunə İnternet şəbəkəsidir. (3GPP, TS 23.060, 2022)

1.2 Üçüncü nəsil (3G) mobil rabitə şəbəkəsinin struktur sxemi

UMTS texnologiyası 3GPP tərəfindən hazırlanmışdır və bu texnologiya əsasında qurulmuş şəbəkələr 2000-ci illərin əvvəllərindən istismara verilməyə başlanılmışdır. İkinci nəsil şəbəkələr regional standartlara əsaslandığı halda UMTS qlobal standartdır və dünyanın bütün regionları üçün eynidir. Nəzərdə tutulan əsas xidmətlər daha keyfiyyətli zəng, kütləvi mobil internet, video zəng və s. UMTS texnologiyasının əsas texniki xüsusiyyətləri aşağıdakılardır.

- İlk standardlaşmaya əsasən efiəndə 2100 MHz diapazonlardan istifadə olunur.
- Bu diapazonda ayrılmış tezlik zolağı 5 MHz-lik kanallara bölünməklə istifadə olunur.
- Radio kanalların effektiv istifadə olunması məqsədilə Wideband Code Division Multiple Access - WCDMA – (Genişzolaqlı Kanalların Koda görə ayrılması ilə Çoxsaylı Daxilolma) metodu tətbiq olunmuşdur.
- İstifadə təyinatından və radio kanalın (mühitin) keyfiyyətində asılı olaraq QPSK və müxtəlif dərəcəli QAM modulyasiyaları istifadə olunur.

UMTS şəbəkəsinin struktur sxemi şəkil 1.2-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.002, 2022)



Şək 1.2 – UMTS şəbəkəsinin struktur sxemi

Üçüncü nəsil mobil rabitənin standartlarının ilk versiyası 1999-cu ildə dərc olunanda Əsas Şəbəkə strukturu GSM şəbəkə ilə eyni nəzərdə tutulmuşdu. Yəni, eyni şəbəkə elementlərinin (qurğular) eyni funksiyaları yerinə yetirmələri planlaşdırılırdı. Növbəti versiyada isə arxitektura nisbətən dəyişdirildi. Bu gün hələ də istifadə olunan yeni arxitekturada Paket Kommunikasiya Əsas Şəbəkəsi eynilə saxlanılsa da (SGSN və GGSN olmaqla), Kanal Kommunikasiya Əsas Şəbəkəsində əsaslı dəyişiklik edildi. Belə ki, GSM şəbəkəsində MSC həm siqnallaşma proseslərini, həm də danışıq trafikini (selini) idarə edir və yönləndirir. Bu iki funksiyaların eyni qurğuda olmasının bəzi mənfi cəhətləri vardır, onların sistemə (qurğuya) olan tələbləri və coğrafi yerləşmə metodologiyası isə tamamilə fərqlidir. Belə ki,

- Siqnallaşma prosesləri sistemdən daha çox emal gücü tələb edir, danışıq traffiki isə əksinə emal olunmadan sadəcə qarşı tərəfə ötürüldüyü (yönləndirildiyi) üçün belə bir tələbatı yoxdur.

- b) Siqnallaşma prosesləri gecikməyə o qədər də həssas deyil. Yəni, qeydiyyat sorğusu, zəngin qurulması, SMS-in göndərilməsi və s. proseslərdə bir və ya bir neçə saniyəlik gecikmə ciddi problem yaratmır. Danışiq traffiki isə gecikməyə çox həssasdır, bir neçə yüz millisaniyəlik gecikmə dərhal hiss olunur və danışiq zamanı narahatlıq hissi yaradır.
- c) Siqnallaşma traffikinın həcmi o qədər də böyük deyildir, bu səbəbdən onu emal edən qurğular istifadəçidən çox uzaq məsafələrdə yerləşə bilər. Bu halda bu trafik uc nöqtələr arasında kiçik həcmli nəqliyyat (transport / transmissiya) kanalları vasitəsilə ötürülə bilər. Danışiq traffikinın daşınmağı üçün isə çox böyük həcmli nəqliyyat kanalları tələb olunur.

Bütün bu məsələlər nəzərə alınaraq üçüncü nəsə keçiddə MSC iki hissəyə bölünmüşdür:

- 1) **MSS (MSC Server)** – Mobil Rabitənin Kommunikasiya Mərkəzi Serveri üçüncü nəsə mobil rabitə şəbəkələrində Kanal Kommunikasiya Əsas Şəbəkəsinin əsas komponenti (qurğusu) hesab olunur. MSS özündən əvvəlki MSC-nin əksər əsas funksiyalarını yerinə yetirir, yeganə fərq danışiq traffikinın (selinin) ötürülməsi funksiyasının olmamasıdır. Əlavə olaraq isə şəbəkədəki MGW-lərin idarə olunması funksiyası gətirilmişdir. (3GPP, TS 23.002, 2022)
- 2) **MGW (Media Gateway)** – Mühit Şlyuzu fərqli mühitlərdən (fiziki kanallardan) gələn danışiq traffikinın (selinin) toplandığı, ehtiyac olduqda kodekinin (səs formatının) dəyişdirildiyi və aidiyyatı istiqamətə (mühitə, kanala) ötürüldüyü qurğudur. (3GPP, TS 23.002, 2022)

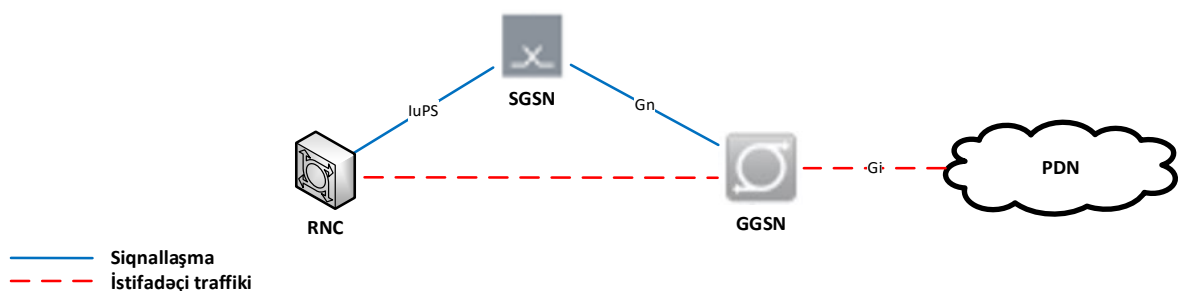
UMTS şəbəkəsindəki digər bütün elementlər və əsas funksiyaları GSM şəbəkəsi ilə eynidir. Yeganə fərq Radio Daxilolma Şəbəkəsi elementlərinin adlarındakı dəyişiklikdir. Əsas funksiyaları və istifadə təyinatları eyni qalsa da UMTS-ə keçiddə adları dəyişdirilən şəbəkə elementləri aşağıdakılardır:

UE (User Equipment) – İstifadəçi Qurğusu GSM şəbəkədəki MS-in (Mobil Stansiya) analoqudur, abunəçinin rabitə xidmətlərinə qoşulmaq üçün istifadə etdiyi qurğudur. GSM dövründə mobil cihaz olaraq sadəcə mobil telefonlar var idisə, UMTS-ə keçdikdən sonra yeni növ cihazlar istifadə olunmağa başlanılmışdır, misal üçün USB modemlər, və s. (3GPP, TS 23.002, 2022)

NodeB – UMTS şəbəkədə Baza Stansiyası NodeB adlanır (GSM şəbəkədəki BTS-in analoqu).

RNC (Radio Network Controller) – Radio Şəbəkə İdarəedicisi GSM şəbəkədəki BSC-nin analoqudur və RAN (Radio Access Network – Radio Daxilolma Şəbəkəsi) şəbəkənin əsas idarəedici qurğusudur. İki əsas funksiyası vardır. Birincisi ərazisindəki NodeB-ləri idarə etmək, ikincisi isə trafik (məlumat selinin) tipini təyin edərək aidiyyatı üzrə Əsas Şəbəkəyə ötürməkdir. (3GPP, TS 23.002, 2022)

Data seansı zamanı istifadəçi trafikinin həm SGSN-dən, həm də GGSN-dən keçməsinə baxmayaraq bu trafik SGSN tərəfindən emal olunmur, heç bir prosesdən keçirilmir. SGSN burada sadəcə ötürücü (rele) rolunu oynamır. Bu səbəbdən də 3G şəbəkədə istifadəçi trafikinin SGSN-dən keçmədən, birbaşa RNC və GGSN arasında nəql olunması üçün xüsusi bir mexanizm mövcuddur. Bu Direct Tunnel (Birbaşa Tunel) modu adlanır. Bu mexanizmin istifadə olunduğu şəbəkə diaqramı şəkil 1.3-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)

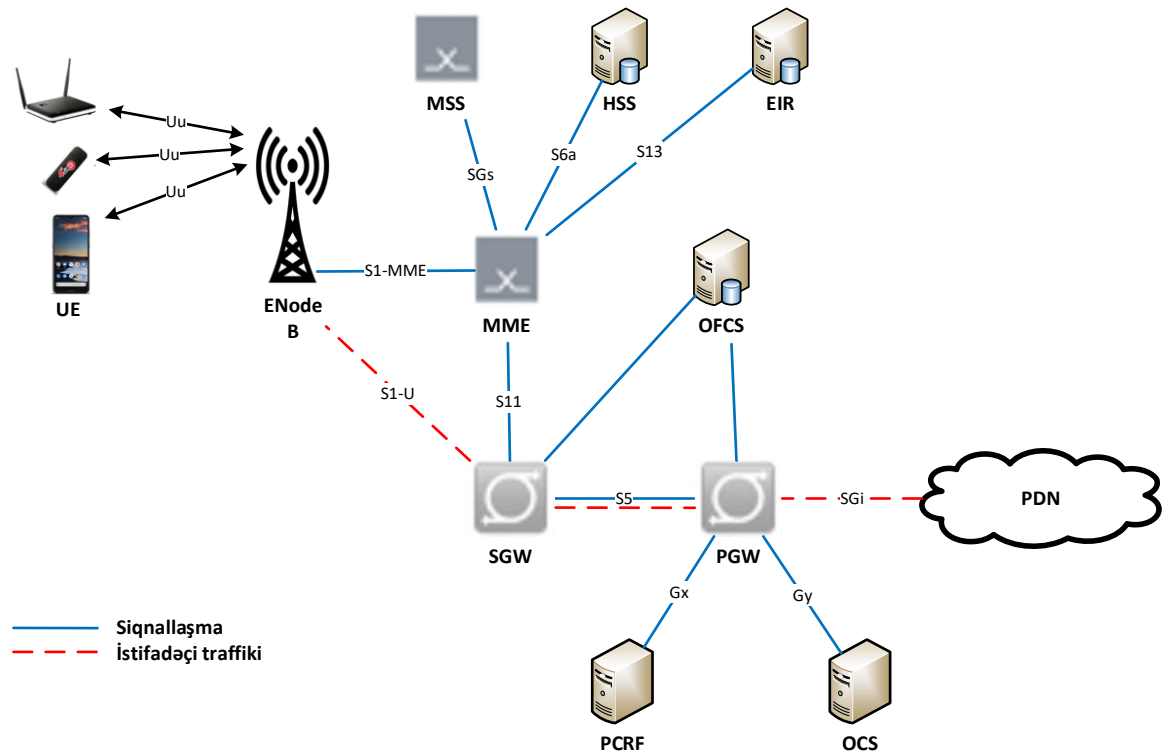


Şək 1.3 – Direct Tunnel (Birbaşa Tunel) modu

1.3 Dördüncü nəsillə (4G) mobil rabitə şəbəkəsinin struktur sxemi

LTE standardı 3GPP tərəfindən hazırlanmışdır. Radio kanalların effektiv istifadə olunması məqsədilə Orthogonal Frequency-Division Multiple Access - OFDMA (Kanalların Tezliyə görə Ortaqonal ayrılması ilə Çoxsaylı Daxilolma) metodu tətbiq olunmuşdur. İstifadə təyinatından və radio kanalın (mühitin) keyfiyyətində asılı olaraq müxtəlif dərəcəli QAM modulyasiyaları istifadə olunur.

LTE şəbəkəsinin struktur sxemi şəkil 1.4-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.401, 2023)



Şək 1.4 – LTE şəbəkəsinin struktur sxemi

Dördüncü nəsillə mobil rabitə şəbəkəsinin arxitekturası əvvəlki nəsillərdən bir çox yönərlə fərqlənir. LTE texnologiyası üçün standartların ilk versiyası dərc olunanda bu texnologiyanın sadəcə data traffikinə daşınması məqsədilə istifadəsi nəzərdə tutulmuşdu, zəng xidməti isə əvvəlki şəbəkələr (GSM və ya UMTS) vasitəsilə təmin ediləcəkdi. Bu səbəbdən də, dördüncü nəsillə şəbəkə sadəcə Paket Kommunikasiya Əsas Şəbəkədən (Evolved

Packet Core – EPC (İnkişaf etmiş Paket Kommunikasiya Əsas şəbəkəsi)) ibarətdir, Kanal Kommunikasiya Əsas Şəbəkə elementləri isə mövcud deyildir.

Üçüncü nəsrlə keçiddə Kanal Kommunikasiya şəbəkəsində MSC-nin MSS və MGW-yə bölünmə prosesinin bənzəri dördüncü nəsrlə keçiddə Paket Kommunikasiya şəbəkəsində baş vermişdir. GSM və UMTS texnologiyalarında SGSN həm siqnallaşma proseslərinin idarə edilməsinə həm də data trafikinin ötürülməsinə cavabdehdir. Bu funksiyaların eyni avadanlıqda olması MSC ilə bənzər çətinliklərə səbəb olur. Bu səbəbdən dördüncü nəsrlə keçiddə bu funksiyalar ayrılmışdır və aşağıdakı şəbəkə elementləri təqdim olunmuşdur:

1) **MME (Mobility Management Entity)** – Hərəkətliliyin İdarəedilməsi Qovşağı EPC şəbəkənin əsas elementidir. MME-nin əsas funksiyaları aşağıdakılardır: (3GPP, TS 23.401, 2023)

- Mobil abunəçinin şəbəkədə qeydiyyat prosesinin idarə edilməsi.
- Nömrəyə aid məlumatların HSS-dən götürülərək MME daxilində yerləşən müvəqqəti məlumat bazasında saxlanması.
- Nömrənin autentifikasiya funksiyalarının icra olunması.
- Təhlükəsizlik prosedurlarının idarə olunması.
- Mobil nömrənin yerləşdiyi radio şəbəkə ərazisinin izlənməsi – TAC (Tracking Area Code – İzləmə Zonası Kodu) səviyyəsində.
- Nömrənin “bearer” (daşıyıcı – data şəbəkəyə qoşulmaq üçün zəruri olan virtual tunel) seansının aktivləşdirilməsi, idarə olunması və sonlandırılması
- Daşıyıcı seansının aktivləşdirilməsi üçün SGW və PGW-in seçilməsi
- Davam edən data seansının ENodeB-lər arasında ötürülməsinin (handover prosesi) idarə edilməsi

2) **SGW (Serving GW)** – Xidmət edən Qapı (Şlyuz) abunəçilərdən gələn data trafikinin qəbul edildiyi və ötürüldüyü qovşaqdır. Birbaşa mobil cihazlar istiqamətində xidmət göstərdiyi üçün də xidmət edən qovşaq olaraq

adlandırılmışdır. SGW-nin əsas funksiyaları aşağıdakılardır: (3GPP, TS 23.401, 2023)

- Data trafikinin ötürülməsi (yönləndirilməsi).
- Davam edən data seansının ENodeB-lər arasında ötürülməsi (handover prosesi) zamanı trafikini aidiyyatı üzrə yönləndirilməsi.
- Xidmətlərin sonradan (offline rejimdə) fakturalandırılması üçün CDR (Charging Data Record) fayllarının yaradılması.

Dördüncü nəsə keçiddə Radio Daxilolma Şəbəkəsinin (RAN) quruluşunda da əsaslı dəyişiklik edilmişdir. GSM və UMTS şəbəkələrdə RAN şəbəkə Baza Stansiyaları (BTS və NodeB) və onların idarəedici qurğularından (BSC və RNC) ibarətdir. BSC və RNC-nin ikinci əsas funksiyası isə trafikini tipini təyin edərək aidiyyatı üzrə Kanal Kommutasiya və ya Paket Kommutasiya Əsas Şəbəkəyə ötürməkdir. LTE şəbəkədə Kanal Kommutasiya Əsas Şəbəkəsi olmadığı üçün bu funksiyaya da ehtiyac qalmamışdır. İdarəetmə funksiyası da bilavasitə Baza Stansiyasının özünə keçirilmişdir və beləliklə idarəedici qurğu tamamilə ləğv edilmişdir. LTE şəbəkədə Baza Stansiyası ENodeB adlanır və birbaşa EPC şəbəkəyə qoşulur. (3GPP, TS 23.401, 2023), (3GPP, TS 36.300, 2024)

Bunlardan əlavə dördüncü nəsə şəbəkədə aşağıdakı şəbəkə elementləri təqdim olunmuşdur:

HSS (Home Subscriber Server) – LTE şəbəkədə mobil nömrə haqqında bütün texniki məlumatların yerləşdiyi daimi məlumat bazasıdır. Abunəçinin mobil rabitə xidmətlərindən istifadə etməsi üçün lazım olan bütün məlumatlar bu bazada yerləşdirilmişdir. HSS-də olan əsas məlumatlar aşağıdakılardır:

- Mobil nömrənin IMSI və MSISDN identifikasiya nömrələri.
- Nömrənin qeydiyyatdan keçdiyi MME adresi.

- Autentifikasiya və məlumatların şifrələnməsi üçün lazım olan açarlar və alqoritmlər.
- Nömrədə aktiv olan əlavə xidmətlər.
- Data seansının aktivləşdirilməsi üçün lazım olan parametrlər (APN (Access Point Name – Daxilolma nöqtəsi), qadağalar, QoS (Quality of Service – Xidmət keyfiyyəti) profili, və s.)

Nömrə şəbəkədə qeydiyyatdan keçdiyi zaman bu məlumatlar aidiyyatı şəbəkənin MME-sinə ötürülür və nömrə aktiv olduğu müddətdə müvəqqəti yaddaşa saxlanılır. Abunəçi hər hansı bir xidmətdən istifadə etmək istədikdə MME HSS-dən əldə olunmuş bu parametrlər əsasında həmin xidməti təmin edir və ya imtina edir. (3GPP, TS 23.401, 2023)

PGW (PDN GW) – PDN Qapısı (Şlyuzu) GSM və UMTS şəbəkələrdəki GGSN-in analoqudur, mobil rabitə şəbəkəsinin PDN (Packet Data Network) şəbəkələri (İnternet və s.) ilə arasındakı virtual qapı rolunu oynayır. PGW-in əsas funksiyaları aşağıdakılardır: (3GPP, TS 23.401, 2023)

- Mobil abunəçinin seansını idarə etmək, abunəçiyə seans zamanı istifadə olunacaq IP ünvan vermək.
- Mobil stansiyadan daxil olmuş və PDN şəbəkəyə göndərməli olan “Uplink” (yuxarı istiqamətli) istifadəçi trafikini (selini) aidiyyatı standarda uyğunlaşdırmaq və yönləndirmək. Həmçinin PDN şəbəkədən gələn “Downlink” (aşağı istiqamətli) traffiki mobil rabitə protokollarına uyğun enkapsulyasiya edərək (paketləşdirərək) mobil stansiyaya yönləndirmək.
- Xidmətlərin canlı (online rejimdə) fakturalandırılmasının idarə olunması.
- Xidmətlərin sonradan (offline rejimdə) fakturalandırılması üçün CDR (Charging Data Record) fayllarının yaradılması.

Qeyd: Şəkil 1.4-də MSS qeyd edilsə də o LTE şəbəkəsinin tərkib hissəsi deyildir, sadəcə MME ilə qoşuntusu vardır. LTE şəbəkəsində zəng funksiyası olmadığı üçün abunəçi zəng etdikdə və ya ona zəng gəldikdə nömrə avtomatik olaraq GSM və ya UMTS şəbəkəyə keçirilir. Bu funksiyaya CSFB (Circuit

Switched FallBack – Kanal Kommutasiyaya Geri dönüş) deyilir və bunun üçün MME – MSS arasındakı bu qoşuntuya ehtiyac vardır.

Qeyd: Şəkil 1.4-də qeyd edilmiş digər şəbəkə elementləri (EIR, PCRF, OCS, OFCS, PDN) GSM və UMTS şəbəkələrindəki analoji sistemlərlə eynidir.

1.4 Beşinci nəsil (5G) mobil rabitə şəbəkəsinin struktur sxemi

NR (New Radio – Yeni Radio) standardı 3GPP tərəfindən hazırlanmışdır.

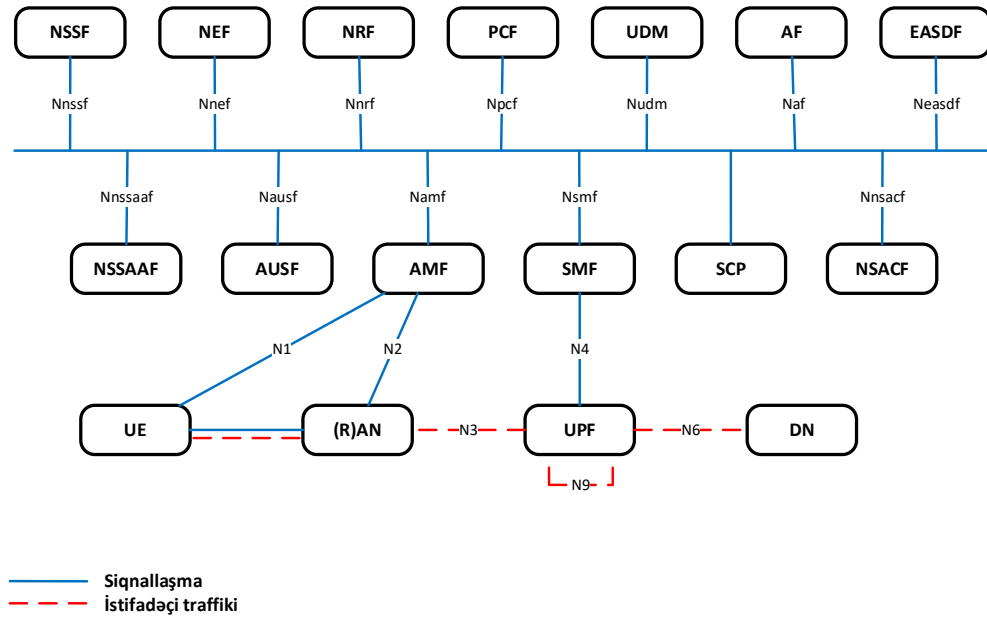
Beşinci nəsle keçiddə mobil şəbəkənin strukturunda ciddi dəyişikliklər edilmişdir. Burada söhbət sadəcə şəbəkədə yer alan qurğuların adlarında və ya onların icra etdikləri funksiyalarda müəyyən dəyişiklikdən getmir. Ümumilikdə şəbəkənin quruluş fəlsəfəsi dəyişdirilmişdir. Belə ki, əvvəlki texnologiyalarda şəbəkə elementləri bir-birləri ilə birbaşa arabağlantılar vasitəsilə qoşulmuşdur. Bu bəzi çətinliklərə səbəb olur, belə ki:

- a) Şəbəkədə element sayı artdıqca bunlar arasındakı birbaşa qoşuntuların sayı da artır və şəbəkə kompleksləşir. Bu da şəbəkənin idarə edilməsini çətinləşdirir.
- b) Mobil şəbəkə xaricindəki sistemlərlə arabağlantı qurmaq mümkün deyil. Sadəcə əvvəlcədən standartlaşdırılmış şəbəkədaxili qoşulmalar dəstəklənir. Kənar sistemlə qoşulmaq üçün arxitektura kifayət qədər çevik deyildir.
- c) Şəbəkədə vahid bir protokollar yığımı yoxdur, hər bir qoşuntu üçün spesifik protokol istifadə olunur. Bu isə şəbəkənin qurulmasını və idarə edilməsini çətinləşdirir.
- d) Abunəçilərin Əsas Şəbəkə elementləri arasında keçid məsələsi. Nömrə haqqında məlumat şəbəkə elementinin öz daxilindəki məlumat bazasında saxlanıldığı üçün nömrənin eyni tipli sistemlər arasında keçidi çox çətin baş verir və bu proses abunəçilərin istifadə etdiyi xidmətlərə biləvasitə təsir edir.

Bu çətinlikləri aradan qaldırmaq məqsədilə beşinci nəsildə şəbəkə elementləri arasında birbaşa arabağlantı əvəzinə SBA (Service Based Architecture – Xidmət Əsaslı Arxitektura) quruluşuna keçilmişdir. Burada Əsas Şəbəkə elementləri arasında daimi sabit

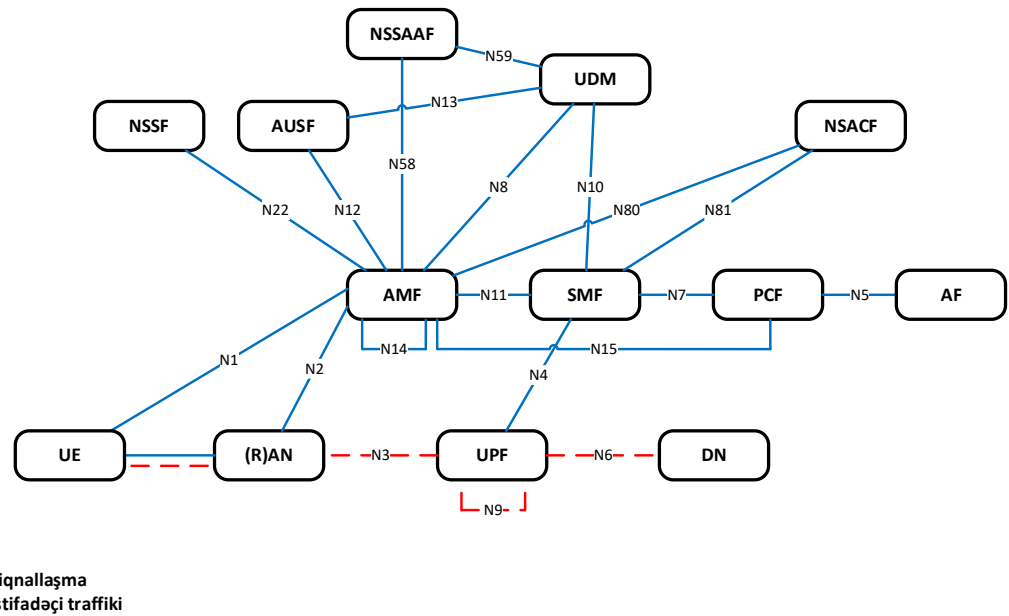
(statik) birbaşa qoşuntu yoxdur, onun yerinə ehtiyac olduqda bütün elementlərin birbirləri ilə əlaqə yarada biləcəyi ortaq bir platforma vardır.

SBA əsaslı şəbəkə struktur sxemi şəkil 1.5-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.501, 2022)



Şək 1.5 – NR şəbəkənin SBA əsaslı struktur sxemi

Bununla yanaşı, ehtiyac olduğu təqdirdə birbaşa qoşuntuların istifadə oluna biləcəyi arxitektura sxemi də hazırlanaraq dərc olunmuşdur. Əsas Şəbəkə elementləri arasındakı dayaq nöqtələrinin (interfeyslərin) təmsil olunduğu struktur şəkil 1.6-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.501, 2022)



Şək 1.6 – NR şəbəkənin dayaq nöqtəsi təqdimat formasında struktur sxemi

Beşinci nəsil şəbəkəni digər şəbəkələrdən fərqlərindən əsas cəhətlərdən biri də qurğular (şəbəkə elementləri) əvəzinə funksiyalar istifadə olunmasıdır. GSM, UMTS və LTE texnologiyalarının bütün komponentləri ayrı bir şəbəkə elementidir. Bu həm fiziki qurğu, həm də onu əvəzləyən VNF (Virtual Network Function – Virtullaşdırılmış Şəbəkə Funksiyası) ola bilər. 5G-də isə bütün komponentlər CNF (Cloud Native Function – Bulud texnologiyasına Əsaslanan Funksiya) texnologiyasına əsaslanır. Bunlar hər hansı bir bulud platforması üzərində işləyə bilən proqram təminatıdır. Bu keçid şəbəkənin arxitekturasını sadələşdirir, çevikləşdirir, davamlılığını artırır, xərclərin azalmasına səbəb olur, qurulmasını və idarə olunmasını asanlaşdırır. (Jahangirov M, Suleymanov A, 2022), (Suleymanov A, 2024)

5G şəbəkənin tərkibinə daxil olan əsas funksiyalar aşağıdakılardır: (3GPP, TS 23.501, 2022)

UE (User Equipment) – İstifadəçi Qurğusu digər texnologiyalarda da olduğu kimi abunəçinin rabitə xidmətlərinə qoşulmaq üçün istifadə etdiyi qurğudur.

(R)AN ((Radio) Access Network) – Radio Daxilolma Şəbəkəsi dedikdə Baza Stansiyası nəzərdə tutulur. NR texnologiyada Baza Stansiyası GNodeB adlanır və birbaşa 5GC şəbəkəyə qoşulur.

AMF (Access and Mobility Management Function) – Daxilolmanın və Hərəkətliliyin İdarəedilməsi Funksiyası 5GC əsas (dayaq) şəbəkənin əsas funksiyasıdır. AMF-in əsas funksiyaları aşağıdakılardır:

- Mobil abunəçinin şəbəkədə qeydiyyat prosesinin idarə edilməsi
- Nömrənin autentifikasiya və avtorizasiya funksiyalarının icra olunması
- Təhlükəsizlik prosedurlarının idarə olunması
- Mobil nömrənin yerləşdiyi radio şəbəkə ərazisinin izlənməsi – TAC (Tracking Area Code – İzləmə Zonası Kodu) səviyyəsində.
- SMF-in seçilməsi
- UE və SMF arasında seansın idarə olunması mesajlarının ötürülməsi
- Fakturalandırma proseslərinə dəstək

SMF (Session Management Function) – Seansların İdarəedilməsi Funksiyası əsasən aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir:

- Mobil abunəçinin seansını idarə etmək,
- Abunəçiyə seans zamanı istifadə olunacaq IP ünvan vermək
- Data trafikini ötürüləcəyi UPF funksiyasının seçilməsi və idarə olunması
- Fakturalandırma proseslərinə dəstək

UPF (User Plane Function) – İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi Funksiyası xarici şəbəkələr (Data Network) ilə qoşulma nöqtəsidir və əsasən aşağıdakı funksiyaları yerinə yetirir:

- Mobil stansiyadan daxil olmuş və DN şəbəkəyə göndərilməli olan “Uplink” (yuxarı istiqamətli) istifadəçi trafikini (selini) aidiyyət standartda uyğunlaşdırmaq və yönləndirmək. Həmçinin DN şəbəkədən gələn “Downlink” (aşağı istiqamətli)

traffiki mobil rabitə protokollarına uyğun enkapsulyasiya edərək (paketləşdirərək) mobil stansiyaya yönləndirmək.

- Texnologiyalar arası və ya texnologiya daxilində hərəkətlilik zamanı traffiki aidiyyatı üzrə yönləndirmək
- Traffik miqdarının hesabatını göndərmək

UDM (Unified Data Management) – Vahid Məlumat İdarəetmə Funksiyası 5G şəbəkədə abunəçi məlumatlarının idarə olunduğu bazadır. Əsas funksiyaları aşağıdakılardır:

- Autentifikasiya vektorlarının generasiya olunması
- 5G şəbəkədə istifadəçi identifikatorlarının (SUPI) saxlanması və idarə olunması
- Məxfi istifadəçi identifikatorunun (SUCI) açılması
- Şəbəkədə qeydiyyatı icazə verilməsi

AUSF (Authentication Server Function) – mobil nömrənin autentifikasiya prosesinin idarə olunmasına cavabdehdir. Həmçinin təhlükəsizlik məlumatlarının AMF-ə ötürülməsi funksiyasını yerinə yetirir.

NEF (Network Exposure Function) – Şəbəkənin İfşa edilməsi Funksiyası mobil şəbəkədən kənarında yerləşən digər sistemlərin 5GC funksiyalarına təhlükəsiz formada qoşulmağı və onlarla müəyyən məqsədlər üçün arabağlantı qurmağını təmin edir.

NRF (Network Repository Function) – Şəbəkənin Repozitoriyası (Anbarı) Funksiyası 5GC-nin tərkib hissələri olan funksiyalar haqqında məlumatı özündə saxlayır. Bura hər bir funksiyanın idenitifikasiya nömrəsi, tipi, dəstəklədiyi xidmətlər, şəbəkə dilimi haqqında məlumatlar, IP adresi və s. məlumatlar daxildir. Beşinci nəsil şəbəkədə elementlər (funksiyalar) arasında birbaşa daimi sabit (statik) əlaqə olmur, hər hansı bir funksiya bir xidmətə ehtiyac olduğu zaman başqa bir funksiya müraciət edir. Funksiyalar bir birlərini tapmaq üçün NRF-ə müraciət edirlər.

NSACF (Network Slice Admission Control Function) – Şəbəkədəki Dilimlərə Daxilolmaya Nəzarət Funksiyası hər bir şəbəkə dilimində qeydiyyatdan keçmiş UE və ya

qurulmuş seansların sayını izləmə və nəzarət etməyə cavabdehdir. Həmçinin, şəbəkə diliminin vəziyyəti haqda hesabatı aidiyyatı şəbəkə funksiyasına göndərir.

NSSAAF (Network Slice-specific and SNPN Authentication and Authorization Function)

NSSF (Network Slice Selection Function) – Şəbəkə Diliminin Seçilməsi Funksiyası istifadəçinin tələb etdiyi xidmətlərə əsasən şəbəkə diliminin seçilməyinə cavabdehdir.

PCF (Policy Control Function) – Siyasətə (Qaydalara) Nəzarət Funksiyası abunəçilərin istifadə etdiyi data trafikini daha çevik idarə etmək və fakturalandırmaq məqsədilə istifadə olunur. Bu mexanizm vasitəsilə trafik tipinə uyğun olaraq fərqli prioritet, QoS profil, fakturalandırma identifikatorları və s. təyin oluna bilər. PCF-in əsas funksiyaları aşağıdakılardır:

- AMF-ə daxilolma və hərəkətlilik qaydalarını göndərmək
- UE-ye şəbəkə və PDU seans seçimi qaydalarını göndərmək
- Qaydaları təyin etmək məqsədilə UDR-dan abunəçi məlumatlarının əldə olunması
- Data seanslar üçün idarəetmə və fakturalandırma qaydalarının təyin olunması

AF (Application Function) – Tətbiq Funksiyası dedikdə abunəçilərin istifadə etdikləri mobil rabitə xidmətini təqdim edən tətbiq (server) nəzərdə tutulur.

EASDF (Edge Application Server Discovery Function)

SCP (Service Communication Proxy) – Xidmətlər üçün Rabitə Proksisi 5GC şəbəkədə funksiyalar arasındakı SBA (Service Based Architecture – Xidmət Əsaslı Arxitektura) tətbiq olduğu zaman istifadə oluna bilər. Bu tip arxitektura bütün funksiyalar arasında birbaşa əlaqə nəzərdə tutulub. Bütün funksiyaların eyni anda digər bütün funksiyalarla əlaqə qurması şəbəkəni çox kompleks hala gətirə bilər. Bunun əvəzinə mərkəzdə SCP tətbiq edilir və bütün funksiyalar SCP-ni digər funksiyalarla əlaqə saxlamaq üçün proksi kimi istifadə edirlər. Beləliklə, şəbəkə “mesh” topologiyadan ulduz topologiyaya çevrilir.

UDR (Unified Data Repository) – Vahid Məlumat Repozitoriyası (Anbarı) 5G şəbəkədə struktura malik məlumatların saxlanıldığı məlumat bazasıdır. Aşağıdakı məlumatlar UDR-da saxlanılır:

- UDM tərəfindən idarə olunan abunəçi məlumatları
- PCF tərəfindən idarə olunan siyasət məlumatları
- NEF vasitəsilə şəbəkə xaricindən idarə olunan məlumatlar

UDSF (Unstructured Data Storage Function) – Struktursuz Məlumat Bazası Funksiyası 5G şəbəkədə struktursuz məlumatların saxlanıldığı məlumat bazasıdır.

CHF (Charging Function) – Fakturalandırma Funksiyası seansların həm canlı (online rejimdə), həm də sonradan (offline rejimdə) fakturalandırılmasını təmin edir.

SEPP (Security Edge Protection Proxy) – Kənar Təhlükəsizliyi Mühafizə Proksi serveri (funksiyası) digər PLMN operatorları ilə olan qoşuntuların təhlükəsizliyini təmin edir. Həmçinin digər operatora qarşı daxili topologiyanın gizlədilməsi funksiyasını da icra edir.

N3IWF (Non-3GPP InterWorking Function) – 3GPP-dən Kənar Şəbəkələrlə Qarşılıqlı Əlaqə Funksiyası 3GPP tərəfindən standardlaşdırılmamış digər texnologiyalar vasitəsilə 5GC-yə qoşulmaq istəyən abunəçilərə xidmət göstərir.

DN (Data Network) – Data Şəbəkələri dedikdə mobil rabitə şəbəkəsinin tərkib hissəsi olmayan, mobil şəbəkəyə IP protokolu vasitəsilə qoşulan və abunəçilərə xidmət göstərən digər şəbəkələr nəzərdə tutulur. Buna ən əsas nümunə İnternet şəbəkəsidir.

II FƏSİL: MOBİL RABİTƏDƏ İSTİFADƏ OLUNAN PROTOKOLLAR YIĞIMI

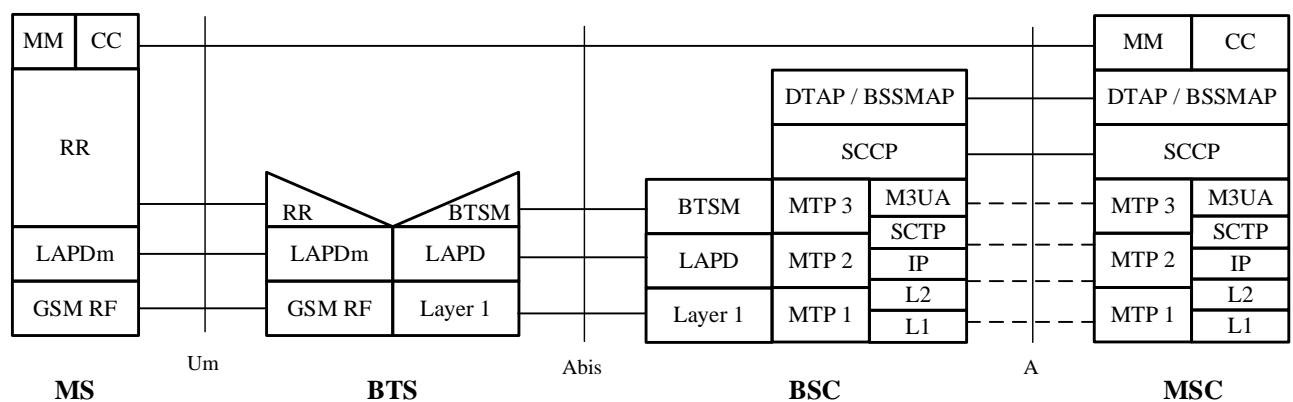
Mobil rabitə şəbəkələrində istənilən şəbəkə elementlərinin bir-biriləri ilə qarşılıqlı əlaqə saxlamağı və məlumat mübadiləsi aparmağı üçün standardlaşdırılmış protokollardan istifadə olunur. Adətən bu əlaqəni təmin etmək üçün bir neçə protokoldan ibarət protokollar yığımı (“protocol stack”) istifadə olunur.

Mobil rabitə şəbəkələrində istifadə olunan əsas protokollar haqqında məlumat növbəti başlıqlarda göstərilmişdir.

2.1 2G və 3G Kanal Kommutasiya şəbəkəsində istifadə olunan protokollar yığımı

2G Kanal Kommutasiya şəbəkəsində Mobil Stansiya və MSC arasındakı interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.1-də göstərilmişdir. (Hasni N, 2012)

Qeyd: BSC və MSC arasındakı A interfeys üçün aşağı səviyyələrdə həm TDM texnologiyası (MTP protokolları), həm də IP texnologiyası (SCTP və M3UA protokolları) istifadə oluna bilər. Hər iki texnologiya üçün protokollar yığımı göstərilmişdir.



Şək 2.1 – 2G KK şəbəkəsində MS - MSC arası interfeyslər üçün protokollar yığımı

MM (Mobility Management) – Hərəkətliliyin İdarəedilməsi şəbəkədə qeydiyyat, qeydiyyatın sonlandırılması, təhlükəsizlik prosedurları, yerdəyişmə, və s. kimi proseslərin idarə olunması üçün istifadə olunur.

CC (Call Control) – Mobil zənglərin yönləndirilməsi, qurulması, idarə olunması və sonlandırılması proseslərinə cavabdehdir.

DTAP (Direct Transfer Application Part) – Birbaşa Ötürmə Tətbiq Hissəsi MM və CC mesajlarının MS və MSC arasında birbaşa ötürülməsinə cavabdehdir. Bu mesajlar Radio Daxilolma Şəbəkə elementlərində emal olunmur, sadəcə qarşı tərəfə ötürülür. (ETSI, GSM 08.08, 2003)

BSSMAP (Base Station System Management Application Part) – Baza Stansiyaları Sisteminin İdarəolunması Tətbiq Hissəsi MSC və BSS arasındakı zənglərin və resursların idarəolunması prosedurları üçün istifadə olunur. Bunlara nümunə olaraq kanalların təyin olunması, zənglərin şəbəkə elementləri arasında keçidi (handover prosesi), mobil nömrənin şəbəkədə axtarışı (paging prosesi), məlumatların şifrələnməsi, və s. göstərmək olar.

SCCP (Signalling Connection Control Part) – Siqnallaşma Qoşuntularına Nəzarət Hissəsi ITU-T Rec. Q.711 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmış Şəbəkə səviyyəsi protokoludur. Özümdən yuxarıda yerləşən Tətbiq səviyyəsi protokollarından (DTAP, BSSMAP, TCAP/MAP, və s.) gələn və qarşı tərəfə ötürülməli olan məlumatların yönləndirilməsi, məlumat axınına nəzarət (“flow control”), paketlərin parçalanması və birləşdirilməsi, öz səviyyəsində seansların idarə olunması və s. funksiyaları yerinə yetirir. (ITU-T Q.711, 2001)

MTP (Message Transfer Part) – Mesajların Nəqli Hissəsi ITU-T Rec. Q.701 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. Üç səviyyədən ibarətdir və əsas funksiyası idarəetmə (siqnallaşma) paketlərinin TDM qoşuntular üzərindən yönləndirilməsidir. (ITU-T Q.701, 1993)

M3UA (MTP3 User Adaptation Layer) – MTP3 Uyğunlaşdırma Səviyyəsi RFC 4666 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. TDM qoşuntularda istifadə olunan MTP3 protokolunun funksiyalarının IP qoşuntulara uyğunlaşdırılması üçün istifadə olunur. (IETF, RFC 4666, 2006)

SCTP (Stream Control Transmission Protocol) – Məlumat Axınına Nəzarətin Nəqli Protokolu IETF RFC 2960 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmış Nəqliyyat səviyyəsi protokoludur. Bu səviyyədə istifadə olunan digər protokollar TCP və UDP-nin üstün cəhətlərinə sahibdir. TCP kimi seans əsaslı işləyir, paketlərin çatdırılmasına nəzarət edir və düzgün çatdırılmamış paketlərin təkrar göndərilməsini təmin edir. Təsdiq (acknowledgment) prosesi hər bir paket üçün individual deyildir, kütləvidir. Bu səbəbdən də, UDP protokolu qədər sürətli hesab olunur. (IETF, RFC 2960, 2000)

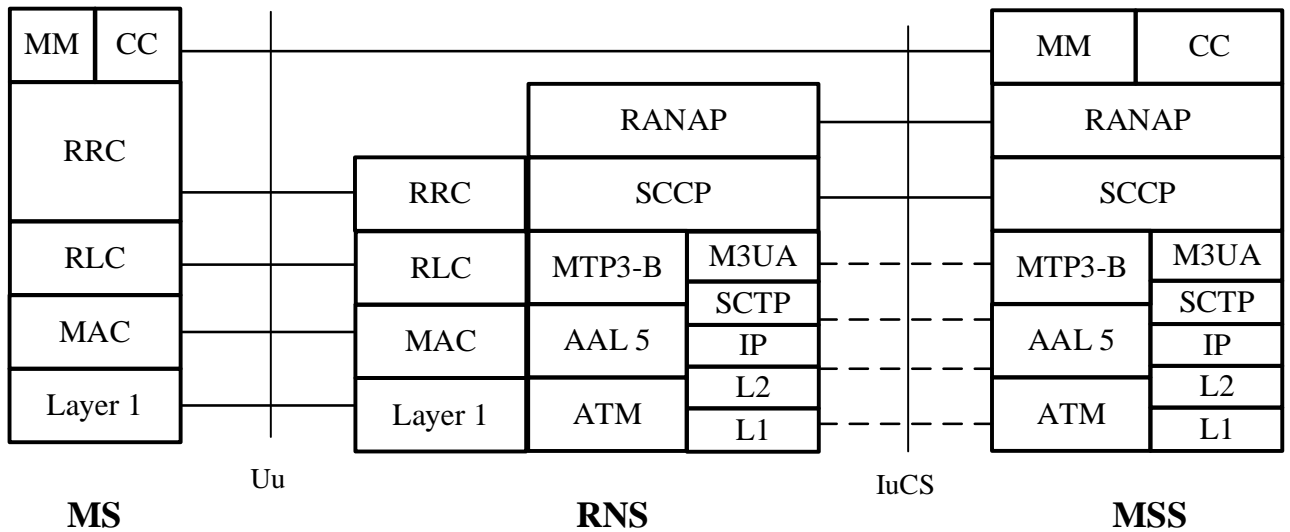
IP (Internet Protocol) – IETF RFC 791 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmış Şəbəkə səviyyəsi protokoludur. Paketlərin başlanğıc və son nöqtələr arasında yönləndirilməsi üçün istifadə olunur. (IETF, RFC 791, 1981)

RR (Radio Resource Management) – Rabitə xidmətləri üçün lazım olan radio qoşuntuların qurulması, idarə olunması və sonlandırılması proseslərinə cavabdehdir.

BTSM (Base Transceiver Station Management) – Baza Stansiyalarının İdarəetmə protokoludur.

3G Kanal Kommutasiya şəbəkəsində Mobil Stansiya və MSS arasındakı interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.2-də göstərilmişdir.

Qeyd: RNC və MSS arasındakı IuCS interfeys üçün aşağı səviyyələrdə həm ATM texnologiyası (AAL5 və MTP3-B protokolları), həm də IP texnologiyası (SCTP və M3UA protokolları) istifadə oluna bilər. Hər iki texnologiya üçün protokollar yığımı göstərilmişdir.



Şək 2.2 – 3G KK şəbəkəsində MS - MSS arası interfeyslər üçün protokollar yığı

RANAP (Radio Access Network Application Protocol) – Radio Daxilolma Şəbəkəsi Tətbiq Protokolu 3GPP TS 25.413 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. RNC və Əsas Şəbəkə elementləri (Kanal Kommutasiya şəbəkəsində MSS, Paket Kommutasiya şəbəkəsində SGSN) arasındakı idarəetmə (siqnallaşma) traffiki üçün istifadə olunur. Həmçinin, Paket Kommutasiya şəbəkəsində GTP qoşuntularını da idarə edir. (3GPP, TS 25.413, 2022)

MTP3-B (Message Transfer Part level 3 - Broadband) – Geniş zolaqlı Mesajların Nəqli Hissəsi paketlərin geniş zolaqlı ATM qoşuntular üzərindən yönləndirilməsi üçün istifadə olunur.

AAL 5 (ATM Adaptation Layer - Type 5) – ATM protokolu Uyğunlaşdırma Səviyyəsi (Beşinci Növ) ITU-T Rec. I.363.5 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. (ITU-T I.363.5, 1996)

ATM (Asynchronous Transfer Mode) – Asinxron Nəqliyyat Modu) ITU-T Rec. I.361 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. Həm siqnallaşma, həm də danışiq və ya data traffikinə gemiş zolaqlı kanallar üzərindən ötürülməsi üçün istifadə olunur. Məlumat 53

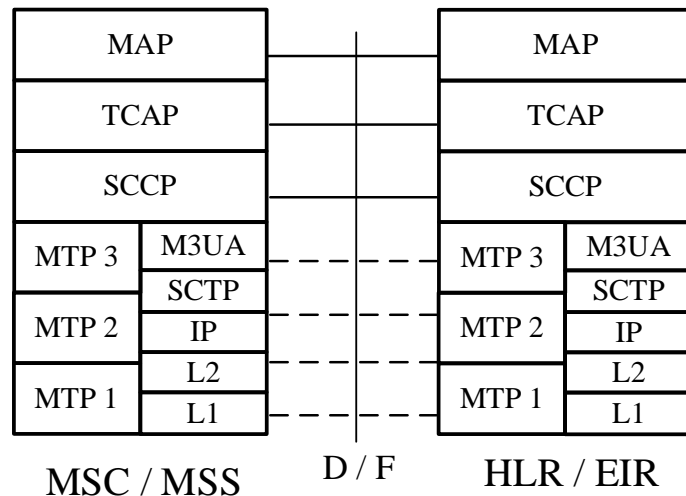
bayt ölçülü kadrlara bölünür və qarşı tərəfə ötürülür. Hər kadr 5 bayt başlıq və 48 bayt faydalı yükədən ibarət olur. (ITU-T I.361, 1999)

RRC (Radio Resource Control) – Radio Resurslara Nəzarət protokolu 3GPP TS 25.331 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. RRC protokolunun əsas funksiyaları qoşuntuların idarə olunması, radio daşıyıcının qurulması və sonlandırılması, RRC qoşuntuların hərəkətliliyinin idarə olunması və s. (3GPP, TS 25.331, 2022)

RLC (Radio Link Control) – Radio Linkə Nəzarət protokolu 3GPP TS 25.322 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. Yuxarı səviyyə protokollardan gələn siqnallaşma mesajlarını radio efirdə ötürülməsi üçün məntiqi linklərin idarə olunmasına cavabdehdir. (3GPP, TS 25.322, 2022)

2G və 3G Kanal Kommutasiya şəbəkələrində D (MSC/MSS – HLR) və F (MSC/MSS – EIR) interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.3-də göstərilmişdir.

Qeyd: Bu interfeyslər üçün aşağı səviyyələrdə həm TDM texnologiyası (MTP protokolları), həm də IP texnologiyası (SCTP və M3UA protokolları) istifadə oluna bilər. Hər iki texnologiya üçün protokollar yığımı göstərilmişdir.



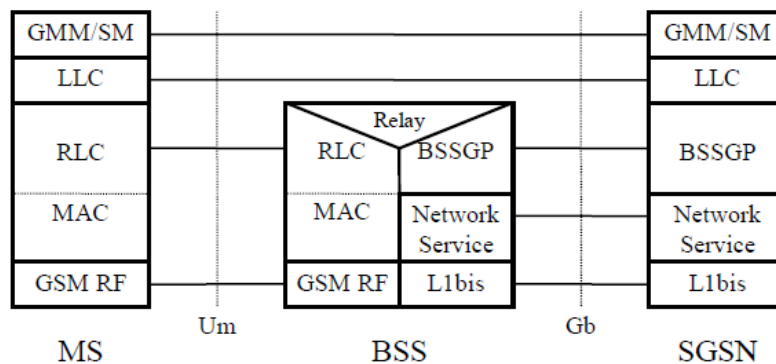
Şək 2.3 – D və F interfeyslər üçün protokollar yığımı

MAP (Mobile Application Part) – Mobil Tətbiq Hissəsi protokolu 3GPP TS 29.002 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. Həm MSC (yaxud MSS), həm də SGSN ilə HLR və EIR serverlər arasındakı siqnallaşma prosesləri üçün istifadə olunur. (3GPP, TS 29.002, 2023)

TCAP (Transaction Capabilities Application Part) – Tranzaksiya Bacarıqları Tətbiq Hissəsi ITU-T Rec. Q.771 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. Əsas funksiyası yuxarı səviyyə protokolların (MAP və s.) seanslarını başlatmaq, idarə etmək və sonlandırmaqdır. (ITU-T Q.771, 1997)

2.2 2G və 3G Paket Kommutasiya şəbəkəsində istifadə olunan protokollar yığı

2G Paket Kommutasiya şəbəkəsində Mobil Stansiya və SGSN arasındakı interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığı şəkil 2.4-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)



Şək 2.4 – 2G PK şəbəkəsində MS - SGSN arası interfeyslər üçün protokollar yığı

GMM/SM (GPRS Mobility Management and Session Management) – GPRS-də Hərəkətliliyin İdarəedilməsi data şəbəkədə qeydiyyat, qeydiyyatın sonlandırılması, təhlükəsizlik prosedurları, yerdəyişmə, və s. kimi proseslərin idarə olunması üçün istifadə

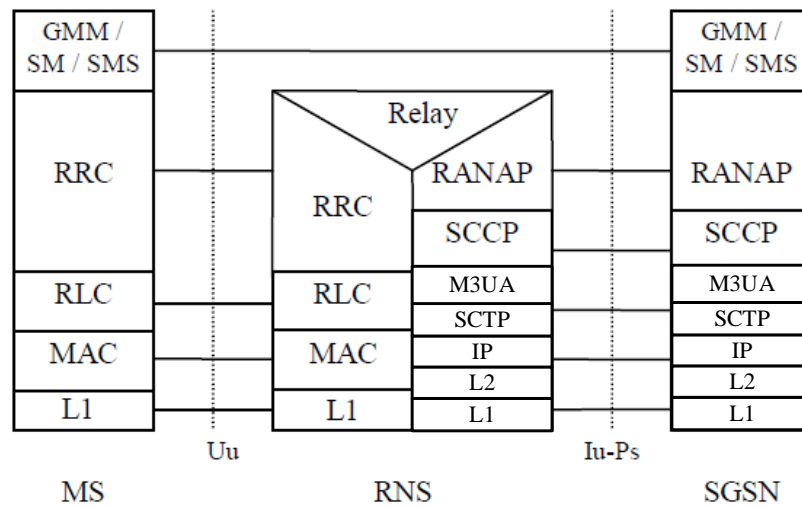
olunur. Seansın İdarəedilməsi isə PDP seansın aktivləşdirilməsi və sonlandırılması proseslərinə cavabdehdir.

LLC (Logical Link Control) – Məntiqi Linkə Nəzarət protokolu 3GPP TS 44.064 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. Həm siqnallaşma, həm də data traffikinın ötürülməsi üçün MS və SGSN arasında məntiqi linklərin idarə olunmasına cavabdehdir. (3GPP, TS 44.064, 2022)

BSSGP (Base Station System GPRS Protocol) – Baza Stansiyaları Sistemi üçün GPRS Protokolu 3GPP TS 48.018 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. SGSN və BSS arasındakı data seansların idarə edilməsi üçün istifadə olunur. (3GPP, TS 48.018, 2022)

Network Services – Şəbəkə Xidmətləri 3GPP TS 48.016 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır və BSSGP paketlərin ötürülməsinə cavabdehdir. (3GPP, TS 48.016, 2022)

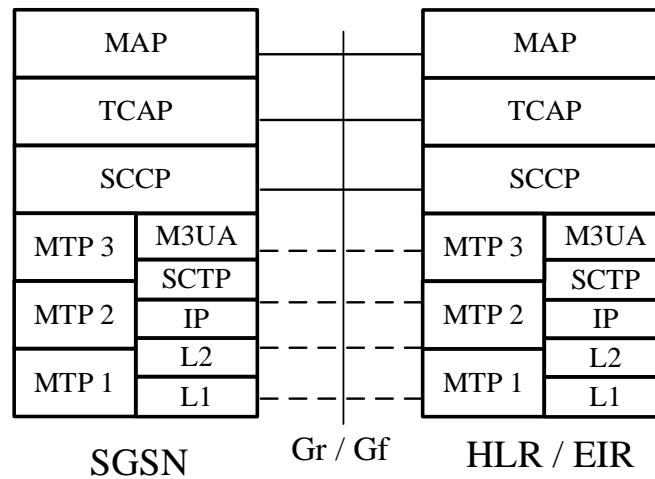
3G Paket Kommutasiya şəbəkəsində Mobil Stansiya və SGSN arasındakı interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığımları şəkil 2.5-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)



Şək 2.5 – 3G PK şəbəkəsində MS - SGSN arası interfeyslər üçün protokollar yığımları

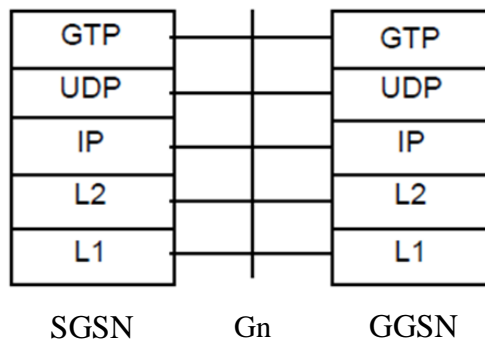
2G və 3G Paket Kommutasiya şəbəkələrində Gr (SGSN – HLR) və Gf (SGSN - EIR) interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.6-da göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)

Qeyd: Bu interfeyslər üçün aşağı səviyyələrdə həm TDM texnologiyası (MTP protokolları), həm də IP texnologiyası (SCTP və M3UA protokolları) istifadə oluna bilər. Hər iki texnologiya üçün protokollar yığımı göstərilmişdir.



Şəkil 2.6 – Gr və Gf interfeyslər üçün protokollar yığımı

2G və 3G Paket Kommutasiya şəbəkələrində Gn (SGSN – GGSN) interfeysi üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.7-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)



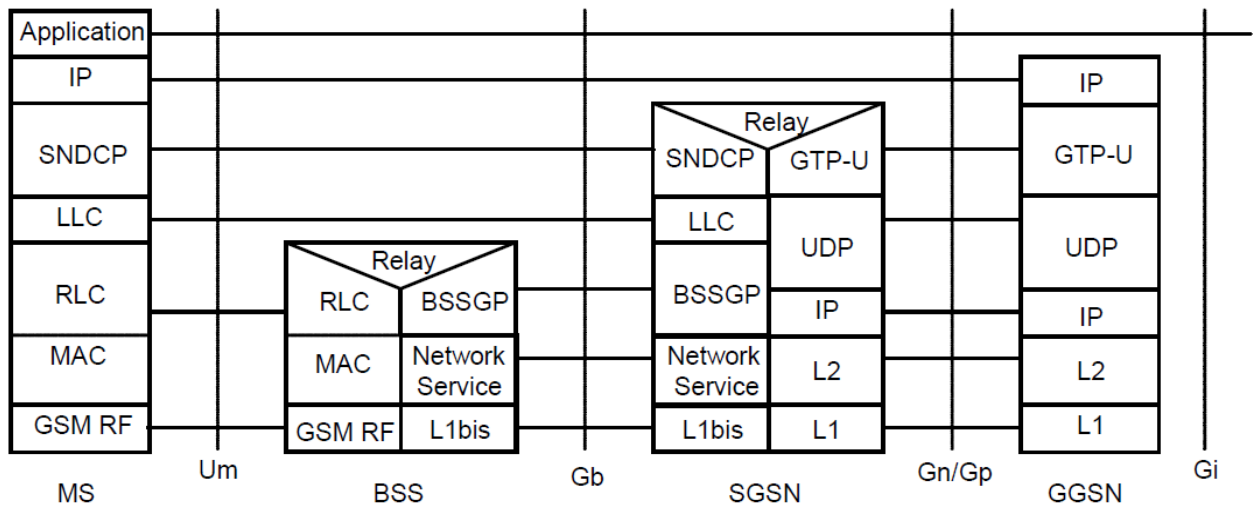
Şəkil 2.7 – Gn interfeysi üçün protokollar yığımı

GTP (GPRS Tunnelling Protocol) – Paket Kommutasiya əsas şəbəkəsi elementləri (SGSN, GGSN, MME, SGW, PGW və s.) arasında məlumat mübadiləsi üçün istifadə olunan əsas protokoldur. İki növü vardır:

- GTP-C (Control Plane): Sıqnallaşma (İdarəetmə) traffiki üçün
- GTP-U (User Plane): İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi traffiki üçün

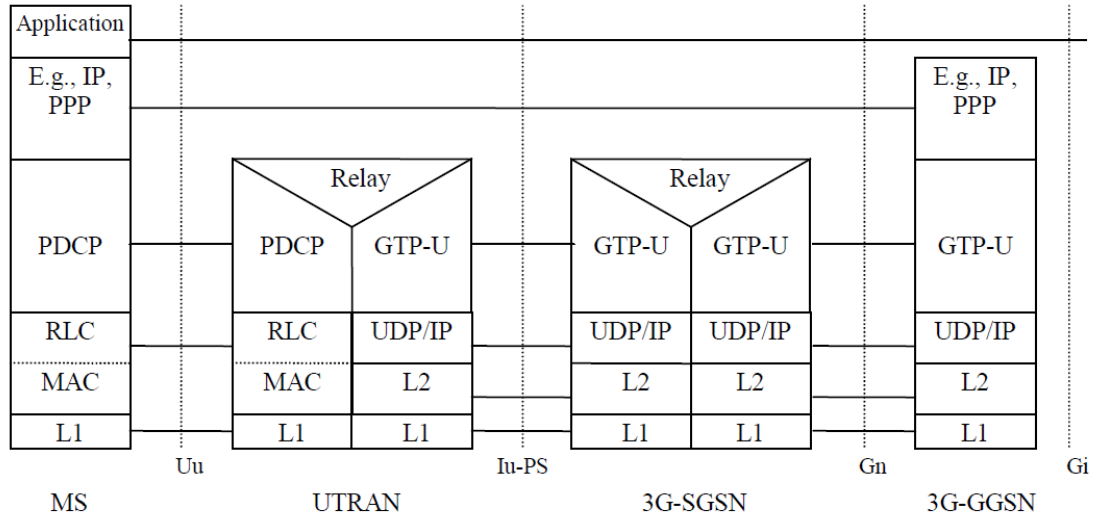
UDP (User Datagram Protocol) – IETF RFC 768 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmış Nəqliyyat səviyyəsi protokoldur. (IETF, RFC 768, 1980)

2G Paket Kommutasiya şəbəkəsində bütün interfeyslər üzrə İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.8-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)



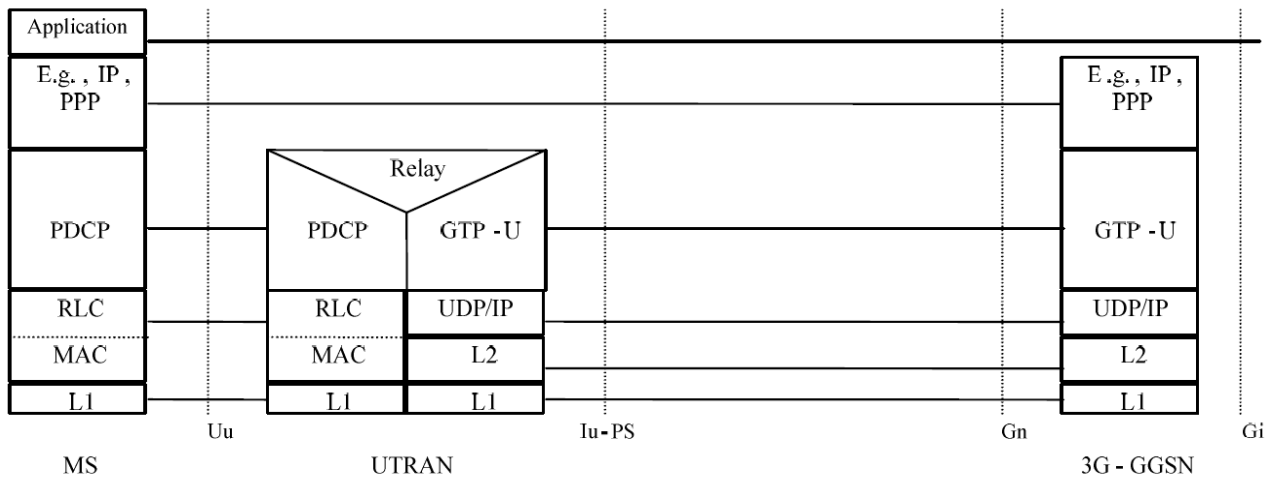
Şək 2.8 – 2G İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi protokollar yığımı

3G Paket Kommutasiya şəbəkəsində bütün interfeyslər üzrə İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.9-da göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)



Şək 2.9 – 3G İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi protokollar yığı

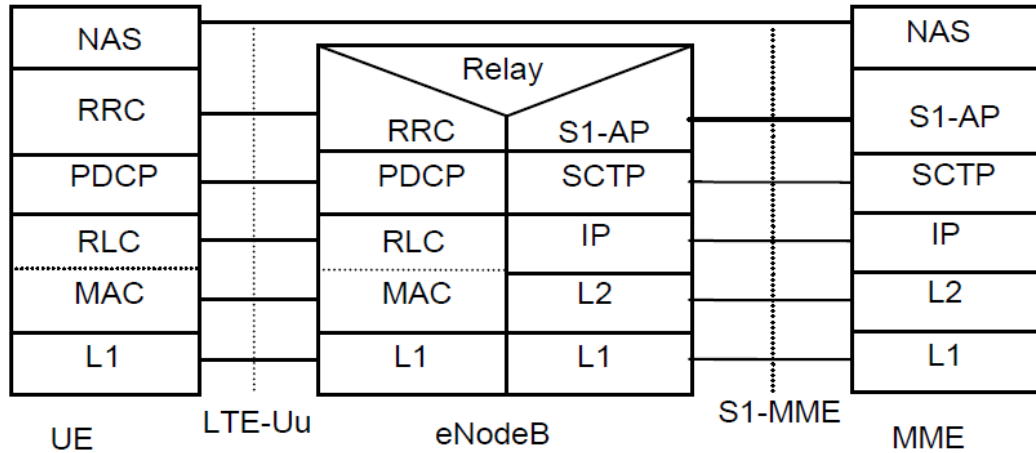
3G Paket Kommutasiya şəbəkəsində Direct Tunnel (Birbaşa Tunnel) modu istifadə olunduğu halda bütün interfeyslər üzrə İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi üçün istifadə olunan protokollar yığını şəkil 2.10-da göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)



Şək 2.10 – Birbaşa Tunnel modu istifadə edildikdə 3G İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi protokollar yığını

2.3 4G şəbəkədə istifadə olunan protokollar yığı

4G şəbəkədə İstifadəçi Qurğusu (UE) və MME arasındakı interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığı şəkil 2.11-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.401, 2023)

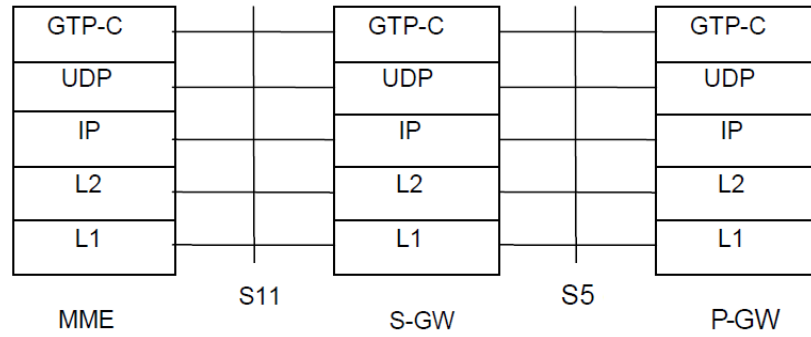


Şəkil 2.11 – 4G şəbəkədə UE - MME arası interfeyslər üçün protokollar yığı

NAS (Non-Access-Stratum) – Daxilolma səviyyəsindən Kənar Təbəqə dedikdə Radio Daxilolma Şəbəkə elementlərində emal olunmayan və birbaşa UE ilə MME arasında mübadilə olunan trafik nəzərdə tutulur. 2G və 3G şəbəkələrdəki DTAP protokolunun analoqudur. Həm hərəkətliliyin idarə olunması, həm də daşıyıcı (bearer) seansının aktivləşdirilməsi, idarə olunması və sonlandırılması funksiyalarını yerinə yetirir.

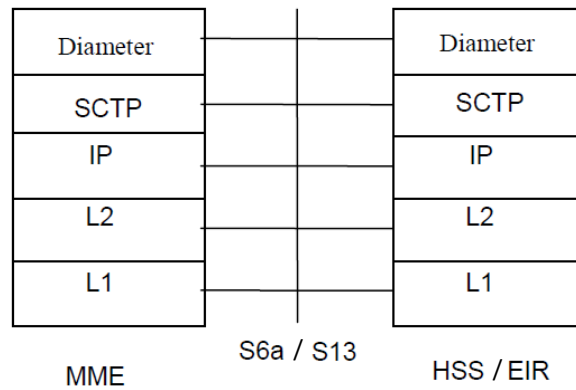
S1-AP (S1 Application Protocol) – eNodeB və MME arasında məlumat mübadiləsi üçün istifadə olunur.

4G şəbəkədə MME və PGW arasındakı interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığı şəkil 2.12-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.401, 2023)



Şək 2.12 – 4G şəbəkədə MME - PGW arası interfeyslər üçün protokollar yığı

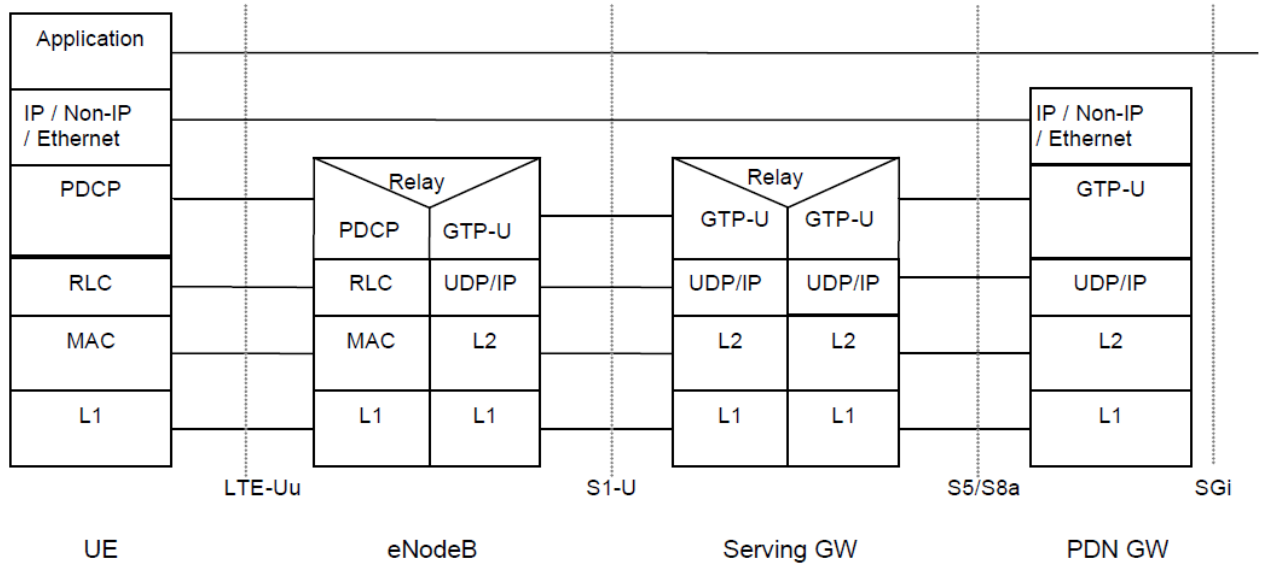
4G şəbəkədə S6a (MME – HSS) və S13 (MME – EIR) interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığı şəkil 2.13-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.401, 2023)



Şək 2.13 – S6a və S13 interfeyslər üçün protokollar yığı

Diameter – IETF RFC 6733 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmış Tətbiq səviyyəsi protokoludur. (IETF, RFC 6733, 2012)

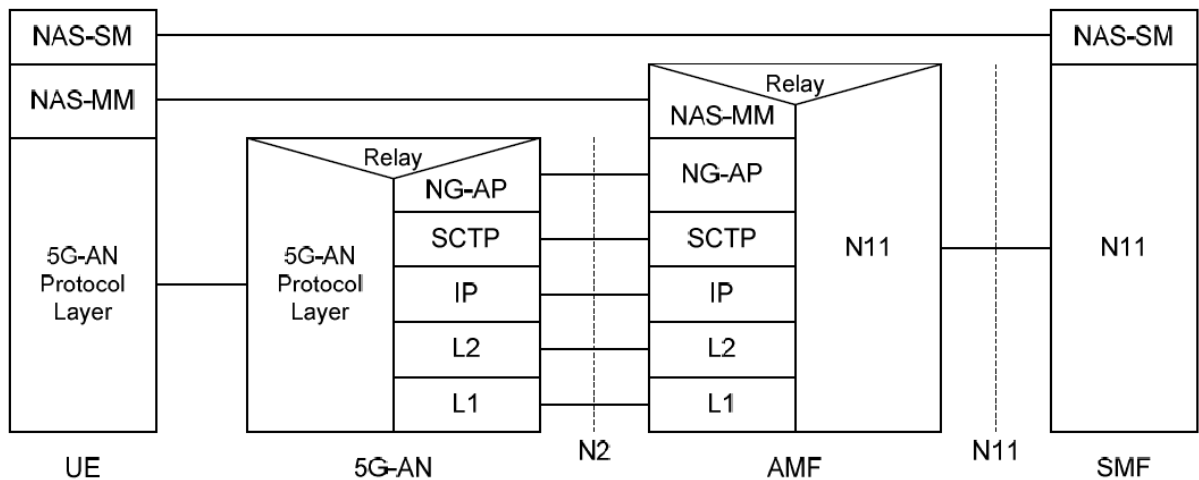
4G şəbəkədə bütün interfeyslər üzrə İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi üçün istifadə olunan protokollar yığı şəkil 2.14-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.401, 2023)



Şək 2.14 – 4G İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi protokollar yığı

2.4 5G şəbəkədə istifadə olunan protokollar yığı

5G şəbəkədə İstifadəçi Qurğusu (UE) və SMF arasındakı interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığı şəkil 2.15-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.501, 2022)



Şək 2.15 – 5G şəbəkədə UE - SMF arası interfeyslər üçün protokollar yığı

NAS-MM (NAS protocol for Mobility Management) – Hərəkətliliyin İdarəedilməsi üçün NAS protokolu qeydiyyat, təhlükəsizlik prosedurları, məlumatların şifrələnməsi və

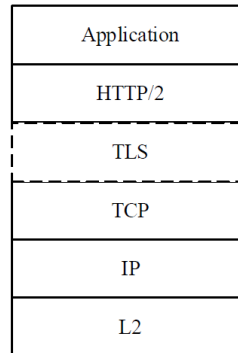
s. proseslər üçün istifadə olunur. 5G şəbəkələr üçün NAS protokolu 3GPP TS 24.501 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. (3GPP, TS 24.501, 2024)

NAS-SM (NAS protocol for Session Management) – Seansların İdarəedilməsi üçün NAS protokolu.

NG-AP (NG Application Protocol) – Yeni Nəsil Tətbiq Protokolu 3GPP TS 38.413 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır, 5G-AN və AMF arasında məlumat mübadiləsi üçün istifadə olunur. (3GPP, TS 38.413, 2024)

5G-AN (5G Access Network) – 5G Radio Daxilolma protokolları.

5GC şəbəkədə funksiyalar arasındakı SBA (Service Based Architecture – Xidmət Əsaslı Arxitektura) interfeyslər üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.16-da göstərilmişdir. (3GPP, TS 29.500, 2024)

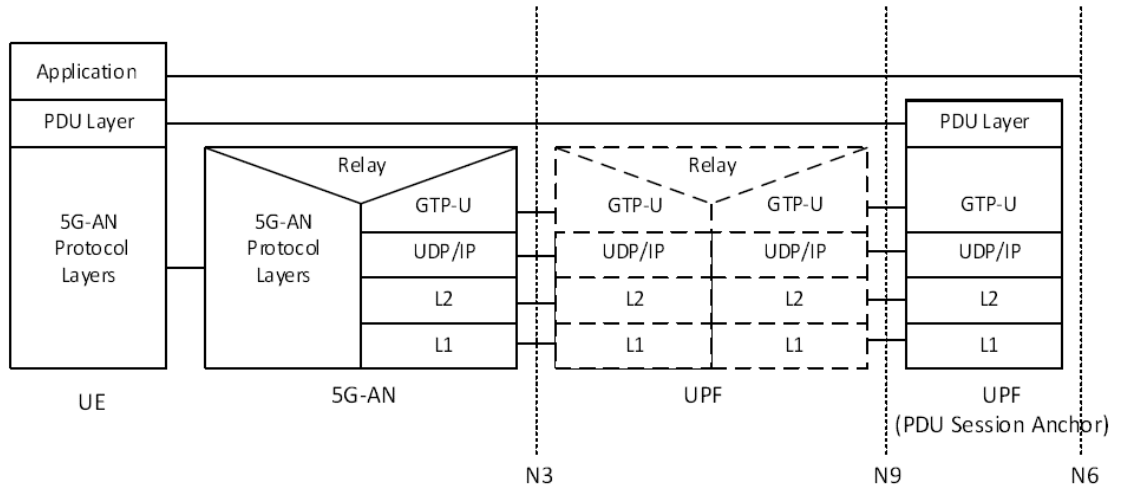


Şək 2.16 – 5G SBA interfeyslər üçün protokollar yığımı

HTTP/2 (Hypertext Transfer Protocol v2) – IETF RFC 9113 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmış Tətbiq səviyyəsi protokoludur. (IETF, RFC 9113, 2022)

TLS (Transport Layer Security) – Nəqliyyat Səviyyəsi üçün Təhlükəsizlik IETF RFC 8446 spesifikasiyası ilə standardlaşdırılmışdır. Əsas funksiyası yuxarı səviyyə protokolların qarşı tərəfə göndərdiyi məlumatları Nəqliyyat səviyyəsində kriptografik metodlarla şifrələməkdir. 5G şəbəkədə Funksiyaların bir-birini autentifikasiya etməsi və məlumatların şifrələnməsi üçün sertifikatardan istifadə olunur. (IETF, RFC 8446, 2018)

5G şəbəkədə bütün interfeyslər üzrə İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi üçün istifadə olunan protokollar yığımı şəkil 2.17-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.501, 2022)



Şək 2.17 – 5G İstifadəçi Məlumatları Müstəvisi protokollar yığımı

III FƏSİL: MOBİL RABİTƏDƏ İSTİFADƏ OLUNAN PROSEDURLAR

İstifadə olunan texnologiyadan asılı olmayaraq mobil şəbəkələrdə baş verən bütün siqnallaşma (idarəetmə) prosesləri standardlaşdırılmış kompleks prosedurlar formasında icra edilir. Hər bir proses müəyyən mərhələlərdən ibarətdir. Bu fəsildə mobil rabitə şəbəkələrində istifadə olunan əsas proseslər tətqiq olunmuşdur.

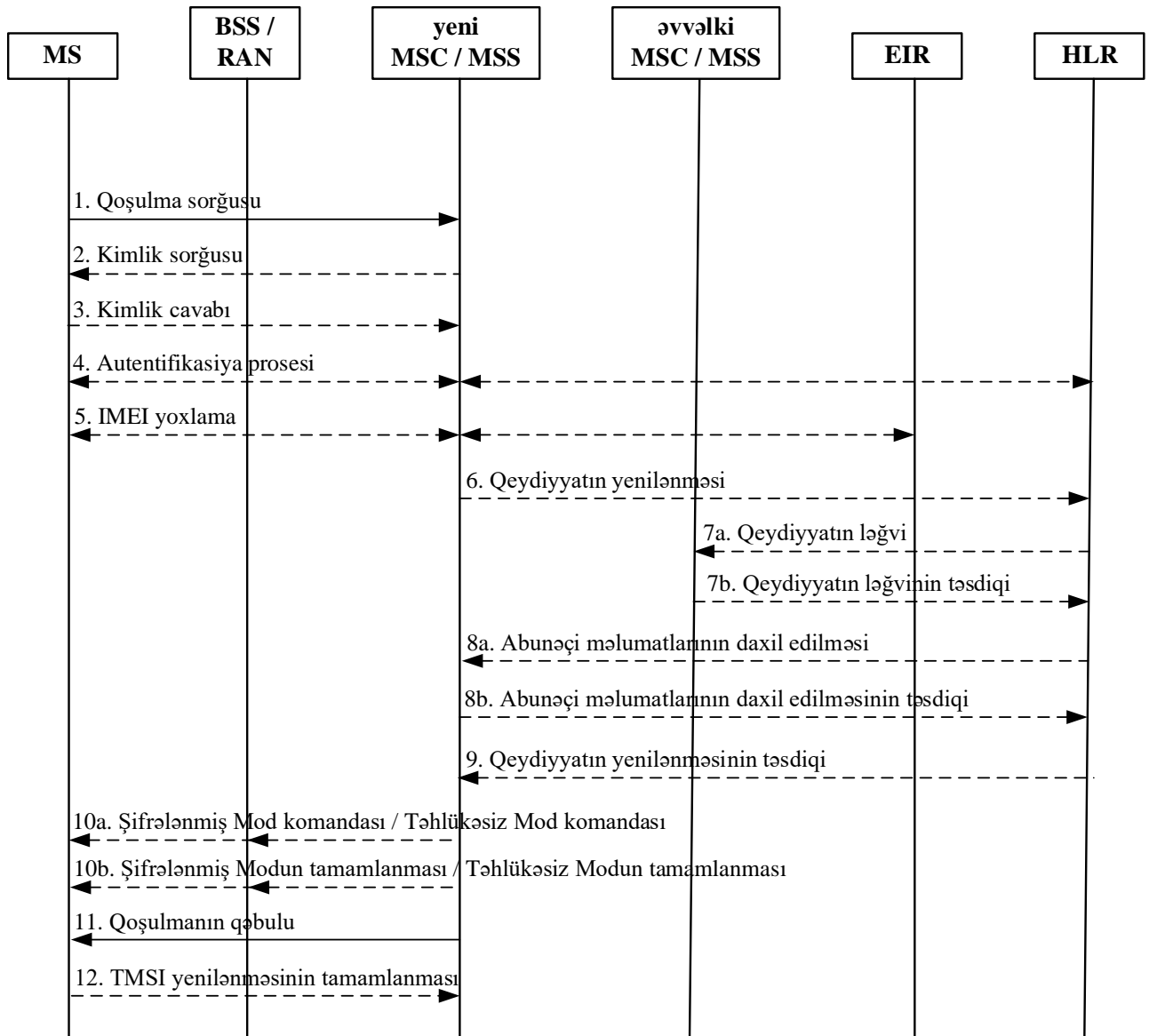
Bu proseslərdə icra olunan mərhələlərin aşağıdakı növləri vardır:

- a) mütləq icra olunan mərhələlər (diaqramlarda bütöv xətlə göstərilir),
- b) mütləq olmayan, istəkdən asılı olaraq icra olunan mərhələlər (diaqramlarda qırıq xətlə göstərilir),
- c) şərti proseslər, bunların icra olunub olunmamağı digər proseslərin nəticəsindən asılıdır (diaqramlarda qırıq xətlə göstərilir).

Qeyd: Bu tətqiqat işinin predmeti mobil şəbəkələrdəki təhlükəsizlik məsələləri olduğu üçün tətqiq olunan əsas proseslər bilavasitə təhlükəsizlik məsələləri ilə əlaqədar olanlardır.

3.1 2G və 3G Kanal Kommutasiya Şəbəkələrdə Qeydiyyat

Kanal Kommutasiya şəbəkələrdə qeydiyyat prosesi şəkil 3.1-də göstərilmişdir. Bu prosedur həm 2G, həm 3G texnologiyaları üçün eynidir.



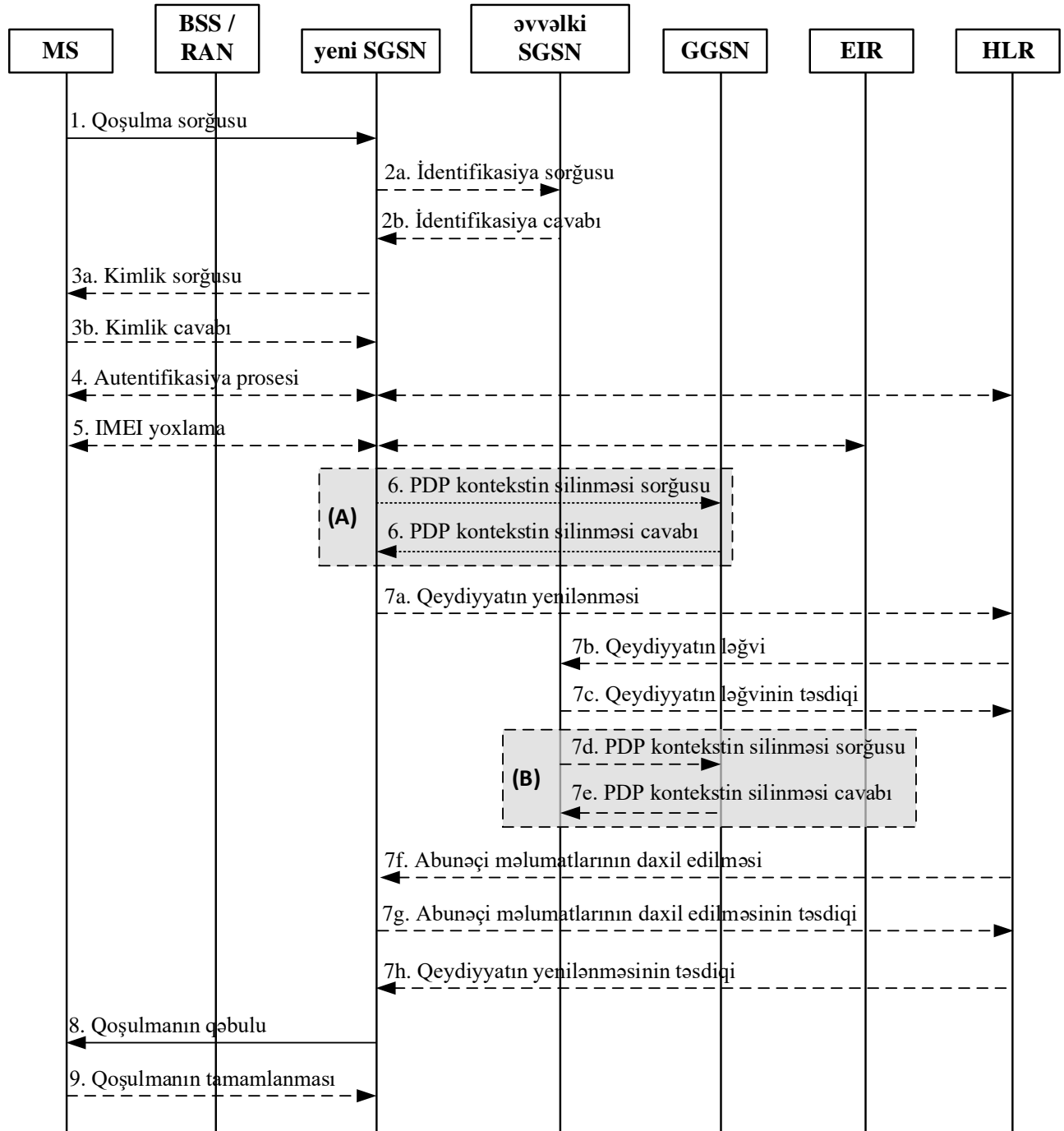
Şək 3.1 – 2G və 3G Kanal Kommutasiya şəbəkələrdə Qeydiyyat

1. Qeydiyyat prosesinə başlamaq üçün Mobil Stansiya MSC-yə (MSS-ə) Qoşulma sorğusu (“Attach Request”) mesajı göndərir. Bu mesajda TMSI (əgər mövcuddursa, yoxsa IMSI), Qoşulmanın növü, MS-in yerləşdiyi Baza Stansiyasının parametrləri və s. parametrlər yer alır.
2. Əgər sorğu TMSI ilə göndərilibsə və bu MS haqqında məlumat MSC-də (MSS-də) yoxdursa o zaman MSC (MSS) MS-in özünə “Kimlik sorğusu” (kimlik növü = IMSI) göndərir.

3. Cavab olaraq da MS öz IMSI-ni qaytarır.
4. MS, MSC (MSS) və HLR arasında “Autentifikasiya prosesi” icra edilir. Bu proses haqqında ətraflı məlumat veriləcəkdir.
5. MS, MSC (MSS) və EIR arasında “IMEI yoxlama prosesi” icra edilir. Bu proses haqqında ətraflı məlumat veriləcəkdir.
6. Əgər bu MS MSC-də (MSS-də) yenidirsə və yaxud son qeydiyyatdan sonra MSC (MSS) nömrəsi dəyişibsə bu halda MSC (MSS) HLR-a Qeydiyyatın yenilənməsi (“Update Location”) sorgusu göndərilir. Buraya MSC (MSS) nömrəsi, IMSI, IMEISV, yenilənmə tipi, və s. məlumatlar daxil edilir.
7. HLR əvvəlki MSC-yə (MSS-ə) Qeydiyyatın ləğvi komandası (IMSI, ləğv növü) göndərir. Əvvəlki MSC (MSS) bu MS-ə aid bütün məlumatları öz bazasından silir və HLR-a Qeydiyyatın ləğvinin təsdiqini qaytarır.
8. HLR Abunəçi məlumatlarının daxil edilməsi mesajı vasitəsilə nömrənin profilindəki Kanal Kommutasiya şəbəkəsinə aid məlumatları MSC-yə (MSS-ə) ötürür. Buraya IMSI, MSISDN, zəng xidmətləri, zənglərin yönləndirmələri, SMS xidmətləri, əlavə xidmətlər, qadağalar, məhdudiyyətlər, icazə verilən və ya məhdudlaşdırılmış texnologiyalar, və s. məlumatlar daxildir. MSC (MSS) bu məlumatları qəbul etdiyini təsdiq edir.
9. HLR cari MSC (MSS) nömrəsini həmin MS-in profilində qeyd edir və Qeydiyyatın yenilənməsinin təsdiq edir.
10. Əgər şəbəkədə təhlükəsizlik prosesləri aktivdirsə onlar icra edilir.
11. MS-in Kanal Kommutasiya şəbəkəsində qeydiyyatı tamamlanır və MSC (MSS) MS-ə Qoşulmanın qəbulu mesajını göndərir. MSC (MSS) MS-ə yeni TMSI təyin edə bilər.
12. Əgər MS-ə yeni TMSI təyin edilibsə bunu qəbul etdiyini təsdiq edir və beləliklə proses yekunlaşır.

3.2 2G və 3G Paket Kommutasiya şəbəkələrdə Qeydiyyat

Paket Kommutasiya şəbəkələrdə qeydiyyat prosesi şəkil 3.2-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022) Bu prosedur həm 2G, həm 3G texnologiyaları üçün eynidir.



Şək 3.2 – 2G və 3G Paket Kommutasiya şəbəkələrdə Qeydiyyat

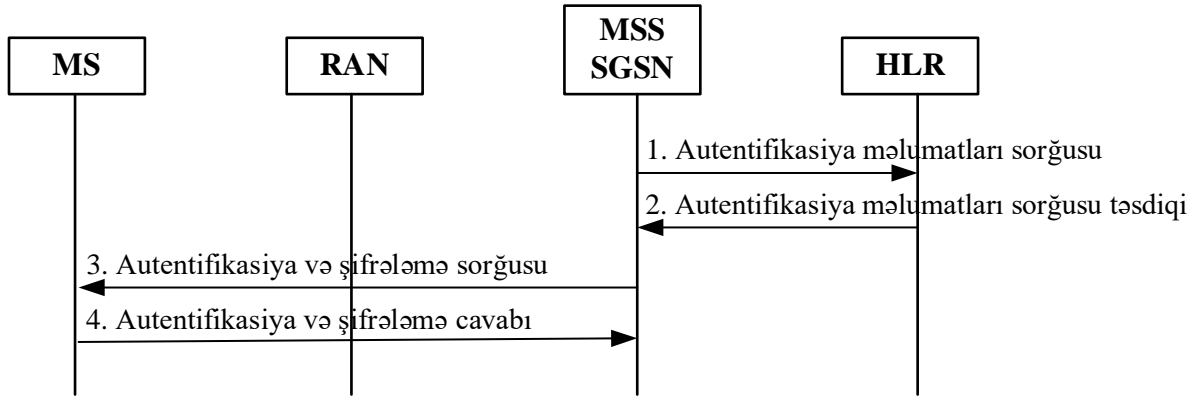
1. Qeydiyyat prosesinə başlamaq üçün Mobil Stansiya SGSN-ə Qoşulma sorğusu (“Attach Request”) mesajı göndərir. Bu mesajda P-TMSI, əvvəlki RAI (Routing Area Identity), Qoşulmanın növü, və s. parametrlər yer alır. Əgər MS-də etibarlı bir P-TMSI yoxdursa bu halda mesajda IMSI daxil edilir.
2. Əgər MS sorğunu P-TMSI ilə göndərirsə və son qoşulduğu SGSN cari SGSN-dən fərqlidirsə yeni SGSN əvvəlki SGSN-ə İdentifikasiya sorğusu (P-TMSI, əvvəlki RAI) göndərir və bu MS-ə aid IMSI-ni istəyir.
3. Əgər MS haqqında məlumat həm yeni, həm də əvvəlki SGSN-də yoxdursa o zaman yeni SGSN MS-in özünə “Kimlik sorğusu” (kimlik növü = IMSI) göndərir. Cavab olaraq da MS öz IMSI-ni qaytarır.
4. MS, SGSN və HLR arasında “Autentifikasiya prosesi” icra edilir. Bu proses haqqında ətraflı məlumat veriləcəkdir.
5. MS, SGSN və EIR arasında “IMEI yoxlama prosesi” icra edilir. Bu proses haqqında ətraflı məlumat veriləcəkdir.
6. Əgər yeni SGSN-də bu MS üçün aktiv PDP kontekst varsa (misal üçün MS bu SGSN-də olan əvvəlki qeydiyyatını düzgün sonlandırmadan yeni qoşulma sorğusu göndərərsə) SGSN-ə PDP kontekstin silinməsi sorğusu göndərilməklə bu PDP kontekst silinir. SGSN cavab olaraq PDP kontekstin silinməsini təsdiq edir.
7. Əgər bu MS SGSN-də yenidirsə və yaxud son qeydiyyatdan sonra SGSN nömrəsi dəyişibsə bu halda SGSN HLR-a müraciət edir:
 - a) HLR-a Qeydiyyatın yenilənməsi (“Update Location”) sorğusu göndərilir. Buraya SGSN nömrəsi, SGSN IP ünvanı, IMSI, IMEISV, yenilənmə tipi, və s. məlumatlar daxil edilir.
 - b) HLR əvvəlki SGSN-ə Qeydiyyatın ləğvi komandası (IMSI, ləğv növü) göndərir.
 - c) Əvvəlki SGSN bu MS-ə aid bütün məlumatları öz bazasından silir və HLR-a Qeydiyyatın ləğvinin təsdiqini qaytarır.
 - d) Əgər əvvəlki SGSN-də bu MS üçün aktiv PDP kontekst varsa SGSN-ə PDP kontekstin silinməsi sorğusu göndərilməklə bu PDP kontekst silinir.

- e) GGSN cavab olaraq PDP kontekstin silinməsinə təsdiq edir.
 - f) HLR Abunəçi məlumatlarının daxil edilməsi mesajı vasitəsilə nömrənin profilindəki Paket Kommutasiya şəbəkəsinə aid məlumatları SGSN-ə ötürür. Buraya IMSI, MSISDN, qadağalar, məhdudiyyətlər, icazə verilən və ya məhdudlaşdırılmış texnologiyalar, PDP kontekst parametrləri (APN (Access Point Name – Daxilolma nöqtəsi), icazə verilən maksimum sürət, QoS (Quality of Service – Xidmət keyfiyyəti) profili) və s. məlumatlar daxildir.
 - g) SGSN bu məlumatları qəbul etdiyini təsdiq edir.
 - h) HLR cari SGSN nömrəsini həmin MS-in profilində qeyd edir və Qeydiyyatın yenilənməsinin təsdiq edir.
8. MS-in Paket Kommutasiya şəbəkəsində qeydiyyatı tamamlanır və SGSN MS-ə Qoşulmanın qəbulu mesajını göndərir. SGSN MS-ə yeni P-TMSI təyin edə bilər.
9. Əgər MS-ə yeni P-TMSI təyin edilibsə bunu qəbul etdiyini Qoşulmanın tamamlanması mesajı ilə təsdiq edir.

3.3 2G və 3G şəbəkələrdə Autentifikasiya

Mobil şəbəkələrdə autentifikasiya prosesinin əsas məqsədi SIM kartın həqiqiliyini yoxlamaqdır. Bunun üçün hər bir SIM kart üçün unikal olan təhlükəsizlik açarından istifadə olunur. Bu açar sadəcə SIM kartın yaddaşında və şəbəkənin əsas məlumat bazası olan HLR-da saxlanılır və heç bir halda şəbəkədə açıq formada ötürülmür, ondan istifadə etməklə əldə olunan bəzi kəmiyyətlər ötürülür.

2G və 3G şəbəkələrdə autentifikasiya prosesi şəkil 3.3-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022) Bu prosedur həm Kanal Kommutasiya, həm Paket Kommutasiya şəbəkələrində bənzər formada icra edilir. Prosesin icra olunma mərhələləri ümumi olaraq hər iki texnologiya üçün eyni olsa da burada ötürülən məlumatlar fərqlənir.



Şək 3.3 – 2G və 3G şəbəkələrdə Autentifikasiya

1. Əgər MSS və ya SGSN-də əvvəlcədən qalmış autentifikasiya vektorları yoxdursa yeni vektorların əldə olunmağı üçün HLR-a müraciət olunur. Bunun üçün HLR-a Autentifikasiya məlumatları sorğusu göndərilir (IMSI daxil edilir).
2. Bu sorğunu aldıqdan sonra HLR (HLR-in daxilindəki Autentifikasiya Mərkəzi (AuC)) autentifikasiya vektorları hesablayır və MSS və ya SGSN-ə göndərir. Sorğudan asılı olaraq eyni vaxtda bir neçə autentifikasiya vektorları dəsti hesablanıb göndərilə bilər.
 - a) 2G texnologiyasında autentifikasiya üçlüyü (“triplet”) generasiya olunur. Bunun üçün hər bir IMSI üçün individual olan Ki təhlükəsizlik açarı istifadə olunur. Bu vektorlar aşağıdakılardır. (3GPP, TS 43.020, 2024)
 - Təsadüfi kəmiyyət – RAND
 - RAND və Ki kəmiyyətlərindən A3 alqoritmi vasitəsilə hesablanmış SRES gözlənilən cavabı
 - RAND və Ki kəmiyyətlərindən A8 alqoritmi vasitəsilə hesablanmış Kc şifrələmə kodu
 - b) 3G texnologiyasında autentifikasiya beşliyi (“quintet”) generasiya olunur. Bunun üçün hər bir IMSI üçün individual olan Ki təhlükəsizlik açarı istifadə olunur. Bu vektorlar aşağıdakılardır. (3GPP, TS 33.102, 2022)
 - Təsadüfi kəmiyyət – RAND

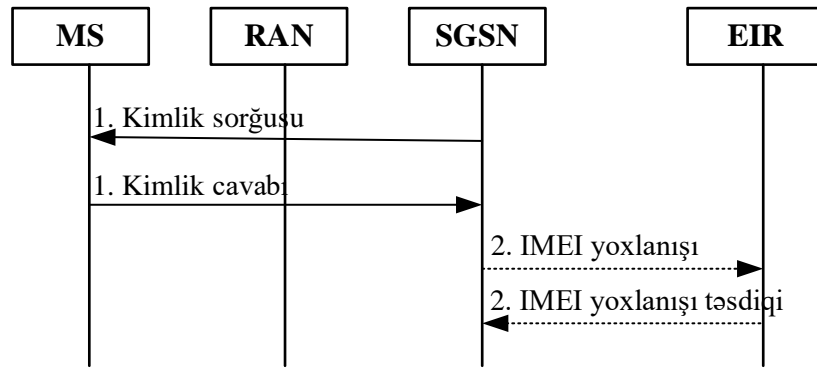
- Hesablanmış XRES gözlənilən cavabı
 - Hesablanmış şifrələmə açarı (“Ciphering Key”) – CK
 - Hesablanmış bütövlük (tamlıq) açarı (“Integrity Key”) – IK
 - Şəbəkə autentifikasiya nişanı (“network authentication token”) – AUTN
3. Bu vektorları aldıqdan sonra MSS və ya SGSN bu parametrlərin bəzilərini MS-ə göndərir (2G üçün RAND kəmiyyətini, 3G üçün RAND və AUTN kəmiyyətlərini).
4. MS tərəfdə də HLR-da (AuC-da) icra edilmiş hesablamalar təkrarlanır. Bunun üçün həm şəbəkədən əldə olunmuş parametrlər, həm də SIM kartın yaddaşında olan Ki individual təhlükəsizlik açarı istifadə olunur. Nəticədə əldə olunmuş cavablar (SRES və ya XRES) MSS-ə və ya SGSN-ə göndərilir. Burada həmin cavab HLR-dan gələn məlumatla qarşılaşdırılır. Nəticə eynidirsə MS (SIM kart) autentifikasiyadan keçmiş sayılır. Əks halda qeydiyyat prosesi dayandırılır və MS-ə imtina cavabı verilir.

Əgər şəbəkədə məlumatların şifrələnməsi prosesi aktivdirsə şifrələmə üçün də bu vektorlardan istifadə olunur:

- a) 2G şəbəkədə Kc şifrələmə kodu
- b) 3G şəbəkədə şifrələmə açarı – CK və bütövlük (tamlıq) açarı – IK

3.4 2G və 3G şəbəkələrdə Mobil Cihazın yoxlanması

2G və 3G şəbəkələrdə IMEI yoxlanması prosesi şəkil 3.4-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022) Bu prosedur həm Kanal Kommutasiya, həm Paket Kommutasiya şəbəkələrində bənzər formada icra edilir.



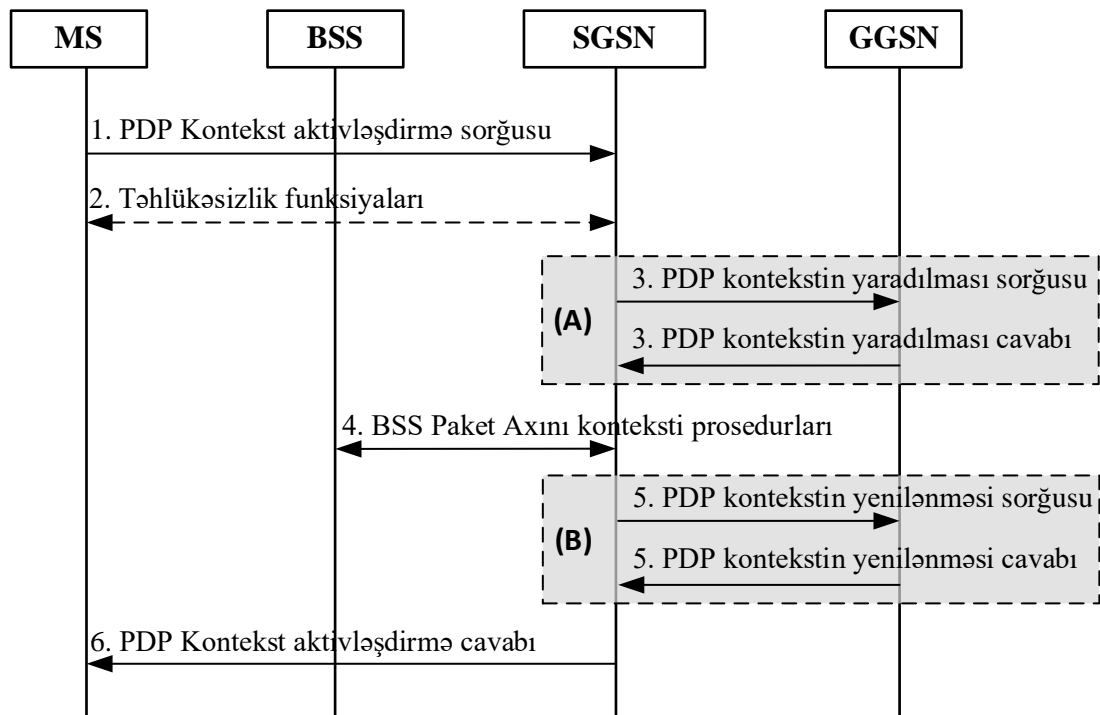
Şək 3.4 – 2G və 3G şəbəkələrdə IMEI yoxlanması

1. Əgər şəbəkədə mobil cihazın yoxlanması prosesi aktivdirsə MSS və ya SGSN MS-ə “Kimlik sorğusu” (kimlik növü = IMEI və ya IMEISV) göndərir. Cavab olaraq da MS öz IMEI-ni qaytarır.
2. MSS və ya SGSN EIR-a IMEI yoxlanması mesajı göndərir (IMEI və ya IMEISV daxil edilir). EIR göndərilən IMEI kodunu yoxlayır və IMEI yoxlanması təsdiqində bu IMEI kodun hansı siyahıya aid olduğunu göndərir (Ağ, Boz, Qara və ya Naməlum).

Bu cavab əsasında MS-in şəbəkədəki qeydiyyatı prosesi davam etdirilir və ya sonlandırılaraq imtina verilir.

3.5 2G Paket Kommutasiya şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi

2G Paket Kommutasiya şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi prosesi şəkil 3.5-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)



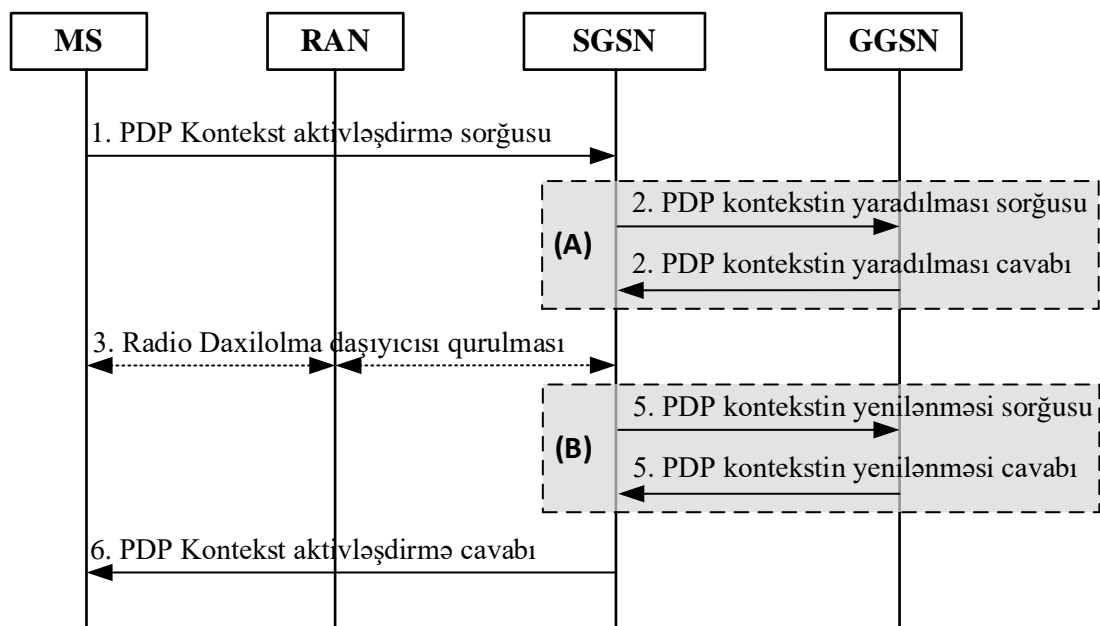
Şək 3.5 – 2G şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi

1. Data xidmətlərindən istifadə etmək üçün Mobil Stansiya SGSN-ə PDP Kontekstin aktivləşdirilməsi sorğusu göndərir. Bu mesajda NSAPI, PDP növü, PDP IP ünvanı, APN, istənilən QoS profili və s. parametrlər yer alır.
2. Məlumatların şifrələnməsi üçün təhlükəsizlik prosesləri icra oluna bilər.
3. SGSN MS-dən gələn sorğudakı məlumatlarla (PDP növü, PDP IP ünvanı, APN) HLR-dan göndərilmiş abunəçi məlumatlarını qarşılaşdırır və doğruluğunu təsdiqləyir. Əgər MS-dən göndərilmiş parametrlər abunəçi profilinə uyğun gəlməzsə proses dayandırılır və PDP sorğusuna imtina cavabı verilir. Parametrlərin uyğunluğu təsdiqlənərsə APN parametri əsasında GGSN seçilir və PDP kontekstin yaradılması sorğusu göndərilir. IMSI, MSISDN, IMEISV, NSAPI, PDP növü, PDP IP ünvanı, APN, razılaşdırılmış QoS profili, şəbəkə növü, MS-in yerləşdiyi baza stansiyası və s. parametrləri daxil edilir. GGSN bu MS üçün PDP seans yaradır, IP ünvan təyin edir və PDP kontekstin yaradılması cavabını qaytarır.
4. BSS Paket Axını konteksti prosedurları icra olunur.

5. Əgər bu prosedurun icrası zamanı QoS profil parametrlərində dəyişiklik olarsa SGSN bu barədə GGSN-i PDP kontekstin yenilənməsi sorğusu göndərərək məlumatlandırır və ondan təsdiq cavabı alır.
6. Şəbəkədəki proseslər yekunlaşdıqdan sonra SGSN MS-ə PDP Kontekst aktivləşdirmə cavabı göndərir və beləliklə MS-in data xidmətindən istifadəsinə icazə verilir.

3.6 3G Paket Kommutasiya şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi

3G Paket Kommutasiya şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi prosesi şəkil 3.6-da göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.060, 2022)

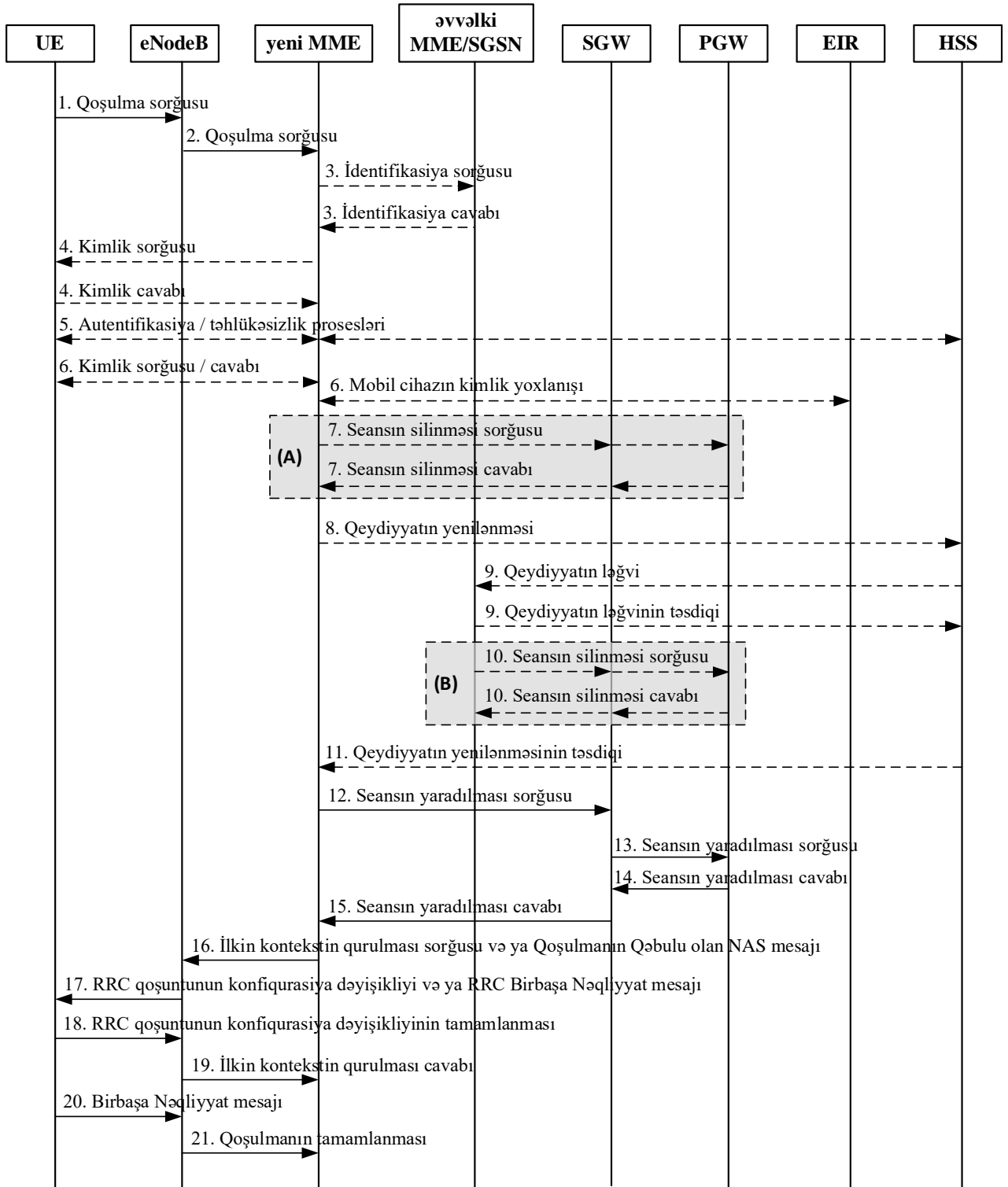


Şək 3.6 – 3G şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi

3G şəbəkədə PDP kontekstin aktivləşdirilməsi prosesi 2G şəbəkə ilə demək olar ki eynidir. Yeganə fərq RAN şəbəkədə məlumat daşıyıcısı olaraq 2G şəbəkədə BSS Paket Axını (“BSS Packet Flow”) kontekstinin qurulması, 3G şəbəkədə isə Radio Daxilolma daşıyıcısı (“RAB – Radio Access Bearer”) qurulmasıdır.

3.7 4G şəbəkədə Qeydiyyat

4G şəbəkədə qeydiyyat prosesi şəkil 3.7-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.401, 2023)



Şək 3.7 – 4G şəbəkədə Qeydiyyat

1. Qeydiyyat prosesinə başlamaq üçün İstifadəçi Cihazı (UE) eNodeB-yə Qoşulma sorğusu (“Attach Request”) mesajı göndərir. Bu mesajda əvvəlki GUTI (olmadıqda isə IMSI), əvvəlki GUTI növü, sonuncu TAI, Qoşulmanın növü, NAS məlumatları və s. parametrlər yer alır.
2. eNodeB əvvəlki GUTI parametrinin tərkibindən MME kodu təyin edir. Əgər eNodeB-nin bu MME ilə S1-MME qoşuntusu varsa sorğu birbaşa həmin MME-yə göndərilir. Əgər eNodeB-nin əvvəlki GUTI-nin tərkibindəki MME ilə qoşuntusu yoxdursa və ya sorğu IMSI ilə göndərilmişdirsə bu halda eNodeB qoşulu olduğu MME-lərdən ən uyğun olanı seçir və sorğunu ora göndərir.
3. Əgər UE sorğunu GUTI ilə göndərirsə və son qoşulduğu MME cari MME-dən fərqlidirsə yeni MME əvvəlkiyə İdentifikasiya sorğusu (əvvəlki GUTI) göndərir və bu UE-yə aid IMSI-ni istəyir.
4. Əgər UE haqqında məlumat həm yeni, həm də əvvəlki MME-də yoxdursa o zaman yeni MME UE-nin özünə “Kimlik sorğusu” (kimlik növü = IMSI) göndərir. Cavab olaraq da UE öz IMSI-ni qaytarır.
5. UE, MME və HSS arasında “Autentifikasiya prosesi” icra edilir.

Qeyd: 4G texnologiyada Autentifikasiya prosesi 3G texnologiyasına bənzəyir. MME-nin sorğusu əsasında HSS autentifikasiya vektorları qaytarır (RAND, XRES, AUTN və KASME). 3G-dən fərqli olaraq 4G-də şifrələmə açarı – CK və bütövlük (tamliq) açarı – IK birbaşa göndərilir. Əvəzinə, onların əsasında hesablanmış KASME kəmiyyəti göndərilir. RAND və AUTN UE-yə göndərilir və cavab olaraq gələn RES kəmiyyəti HSS-dən göndərilmiş XRES ilə qarşılaşdırılır. Həm NAS səviyyədə, həm də Radio Şəbəkə səviyyəsində istifadə olunacaq şifrələmə açarları KASME parametri əsasında hesablanır. (3GPP, TS 33.401, 2023)

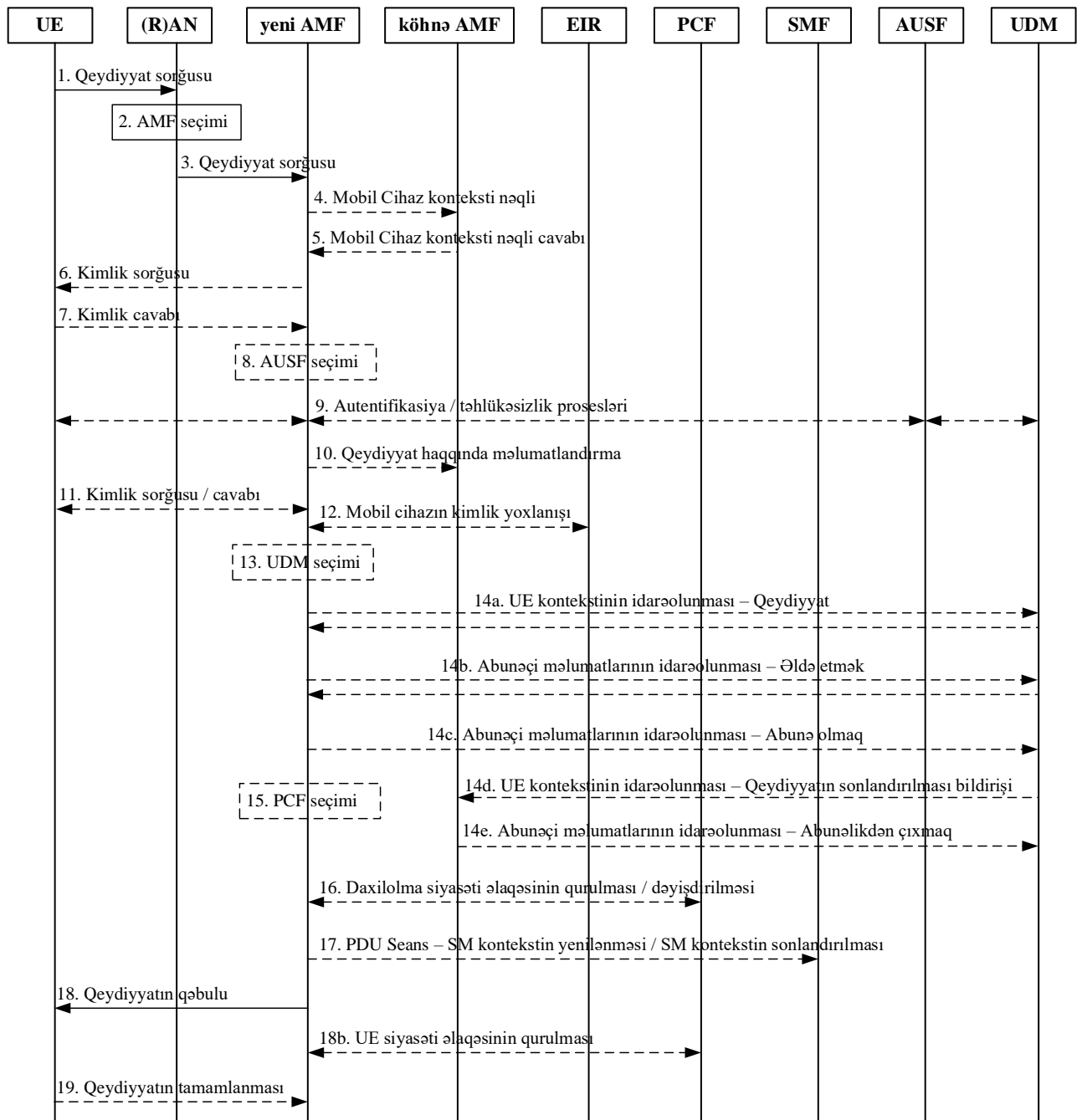
6. UE, MME və EIR arasında “IMEI yoxlama prosesi” icra edilir.
7. Əgər yeni MME-də bu UE üçün aktiv daşıyıcı kontekst varsa (misal üçün UE bu MME-də olan əvvəlki qeydiyyatını düzgün sonlandırmadan yeni qoşulma sorğusu göndərərsə) aidiyyəti SGW və PGW-ə Seansın silinməsi sorğusu göndərilməklə bu daşıyıcı kontekst silinir. SGW və PGW cavab olaraq daşıyıcı kontekstin silinməsini təsdiq edirlər.

8. Əgər bu UE MME-də yenidirsə və yaxud Qoşulma sorğusu IMSI ilə göndərilibsə bu halda MME HSS-ə Qeydiyyatın yenilənməsi (“Update Location”) sorğusu göndərir. Buraya MME identifikatoru, IMSI, IMEISV, ULR parametrləri və s. məlumatlar daxil edilir.
9. HSS əvvəlki MME-yə Qeydiyyatın ləğvi komandası (IMSI, ləğv növü) göndərir. Əvvəlki MME bu UE-yə aid bütün məlumatları öz bazasından silir və HSS-ə Qeydiyyatın ləğvinin təsdiqini qaytarır.
10. Əgər əvvəlki MME-də bu UE üçün aktiv daşıyıcı kontekst varsa aidiyyəti SGW və PGW-ə Seansın silinməsi sorğusu göndərilməklə bu daşıyıcı kontekst silinir. SGW və PGW cavab olaraq daşıyıcı kontekstin silinməsini təsdiq edirlər.
11. HSS cari MME-nin ünvanını həmin UE-nin profilində qeyd edir və Qeydiyyatın yenilənməsinin təsdiq edir. Həmçinin abunəçi məlumatlarını da bu mesajla daxil edərək MME-yə göndərir. Buraya IMSI, MSISDN, qadağalar, məhdudiyətlər, PDN kontekst parametrləri (APN (Access Point Name – Daxilolma nöqtəsi), icazə verilən maksimum sürət, QoS (Quality of Service – Xidmət keyfiyyəti) profili) və s. məlumatlar daxildir.
12. Növbəti mərhələdə seansın yaradılması üçün əvvəlcə uyğun SGW və PGW seçilməlidir. SGW seçimi üçün UE-nin yerləşdiyi TAC (Tracking Area Code – İzləmə Zonası Kodu) istifadə olunur, PGW seçimi üçün isə seansın qurulacağı APN parametri istifadə olunur. MME-də uyğun SGW və PGW seçimi tamamlandıqdan sonra seçilmiş SGW-ə Seansın yaradılması sorğusu göndərilir. IMSI, MSISDN, IMEISV, PGW IP ünvanı, PDN seansın IP ünvanı, APN, razılaşdırılmış QoS profili, şəbəkə növü, PDN seansın növü, MS-in yerləşdiyi baza stansiyası və s. parametrləri daxil edilir.
13. SGW bu EPS daşıyıcı məlumatlarını özündə qeyd edir və sorğunu PGW-ə göndərir.
14. PGW bu UE üçün PDN seans yaradır, IP ünvanı təyin edir və Seansın yaradılması cavabını qaytarır. Buraya PGW IP ünvanı, PDN seansın IP ünvanı, PDN seansın növü, istifadə olunacaq QoS profili və s. parametrlər daxil edilir.

- 15.SGW bu məlumatları özündə qeyd etdikdən sonra Seansın yaradılması cavabını MME-yə göndərir.
- 16.MME UE-nin yerləşdiyi eNodeB-yə İlk kontekstin qurulması sorğusu göndərir (Radio efir üçün təhlükəsizlik konteksti məlumatları, daşıyıcı QoS profili, SGW IP ünvanı və s.). Həmçinin, bu mesajın içində UE-yə göndəriləcək Qoşulmanın Qəbulu mesajı da daxil edilir (yeni GUTI, PDN seansın IP ünvanı, APN, razılaşdırılmış QoS profili və s.).
- 17.eNodeB MME-dən aldığı İlk kontekstin qurulması sorğusuna əsasən RRC qoşuntunun konfigurasiya dəyişikliyi mesajını formalaşdırır və UE-yə göndərir. Həmçinin, UE-yə göndəriləcək Qoşulmanın Qəbulu mesajı da bu mesaja daxil edilir.
- 18.UE eNodeB-yə RRC qoşuntunun konfigurasiya dəyişikliyinə tamamlanmasını bildirir.
- 19.eNodeB də öz növbəsində İlk kontekstin qurulmasını MME-yə bildirir.
- 20.UE Qoşulmanın tamamlanması mesajının daxil olduğu Birbaşa Nəqliyyat mesajını eNodeB-yə göndərir.
- 21.eNodeB də Qoşulmanın tamamlanması mesajını MME-yə ötürür. Beləliklə UE-nin 4G şəbəkədə qeydiyyat prosesi tamamlanmış olur.

3.8 5G şəbəkədə Qeydiyyat

5G şəbəkədə qeydiyyat prosesi şəkil 3.8-də göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.502, 2022)



Şək 3.8 – 5G şəbəkədə Qeydiyyat

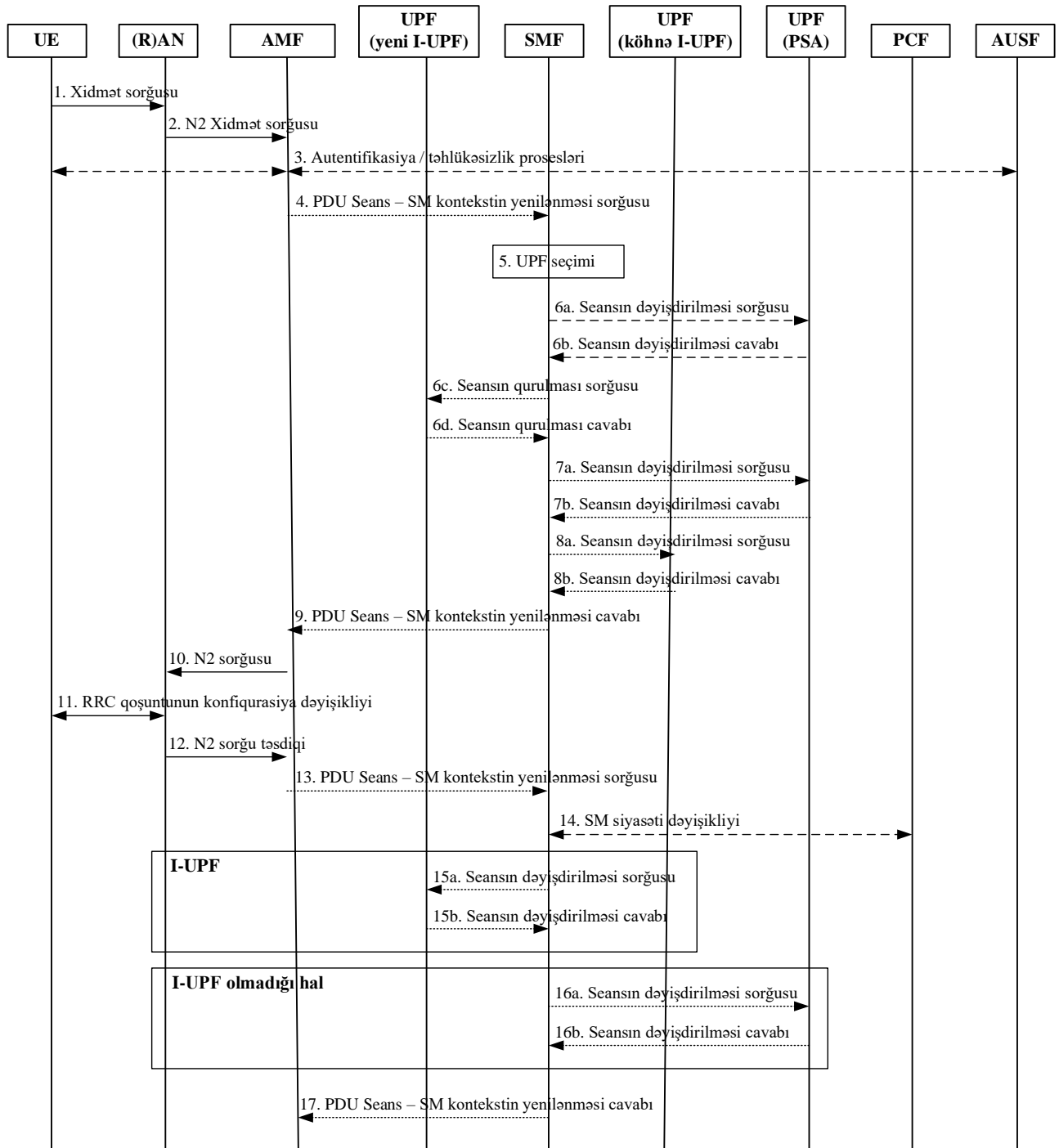
1. Qeydiyyat prosesinə başlamaq üçün İstifadəçi Cihazı (UE) Radio Daxilolma Şəbəkəyə (RAN) Qeydiyyat sorğusu göndərir. Bu mesajda Qeydiyyat növü, SUCI və ya 5G-GUTI və ya PEI, sonuncu TAI, təhlükəsizlik parametrləri, PDU seansın vəziyyəti, tələb olunan NSSAI və s. parametrlər yer alır.

2. Əgər 5G-S-TMSI və ya GUAMI parametrləri mesajda daxil edilməyibsə və ya bu parametrlərdə qeyd olunmuş AMF etibarlı deyilsə (R)AN qoşulu olduğu AMF-lərdən ən uyğun olanı seçir. Bunun üçün tələb olunan NSSAI parametri istifadə olunur.
3. (R)AN Qeydiyyat sorğusunu seçilmiş AMF-ə yönləndirir.
4. Əgər UE sorğunu 5G-GUTI ilə göndərirsə və son qoşulduğu AMF cari AMF-dən fərqlidirsə yeni AMF əvvəlki AMF-ə Mobil Cihaz konteksti nəqli mesajı göndərir, buraya UE-dən gələn Qeydiyyat sorğusu mesajının tamamı daxil edilir.
5. Cavab olaraq əvvəlki AMF yeniyə bu UE-yə aid SUPI və UE Kontekstini qaytarır.
6. Əgər SUCI parametri nə UE, nə də əvvəlki AMF tərəfindən göndərilməyibsə o zaman AMF SUCI-ni əldə etmək üçün UE-yə “Kimlik sorğusu” göndərir.
7. UE cavab olaraq SUCI-ni qaytarır.
8. AMF SUPI və ya SUCI əsasında AUSF-i seçir.
9. UE, AMF, AUSF və UDM arasında “Autentifikasiya prosesi” icra edilir. Bu proses haqqında ətraflı məlumat veriləcəkdir.
10. Yeni AMF qeydiyyat prosesinin tamamlandığı haqqında əvvəlki AMF-i məlumatlandırır.
11. Əgər PEI parametri nə UE, nə də əvvəlki AMF tərəfindən göndərilməyibsə o zaman AMF UE-yə “Kimlik sorğusu” göndərərək PEI-ni əldə edir.
12. AMF və EIR arasında Mobil cihazın kimlik yoxlanışı icra edilir (PEI üçün).
13. AMF SUPI əsasında UDM-i seçir.
14. AMF-lər və UDM arasındakı proseslər icra edilir:
 - a) Əgər bu UE AMF-də yenidirsə bu halda AMF UDM ilə Qeydiyyat prosesini icra edir.
 - b) Daha sonra AMF UDM-dən Daxilolma və Hərəkətlilik məlumatları, SMF Seçimi məlumatları və SMF-də mövcud olan UE konteksti haqqında məlumatları əldə edir.

- c) UE məlumatlarında dəyişiklikləri əldə edə bilmək üçün isə AMF Abunə olma sorğusu göndərir.
 - d) UDM əvvəlki AMF-ə Qeydiyyatın sonlandırılması bildirişi göndərir.
 - e) Əvvəlki AMF də UDM-dəki abunəliyini sonlandırır.
- 15.AMF PCF seçimi prosesini icra edir.
- 16.AMF seçilmiş PCF ilə Daxilolma siyasəti əlaqəsinin qurulması / dəyişdirilməsi prosesini icra edir.
- 17.Əgər UE-nin mövcud PDU seansı varsa bu seans davam etdirilə bilər və ya sonlandırıla bilər. Bu barədə AMF SMF-ə SM kontekstin yenilənməsi və ya SM kontekstin sonlandırılması mesajı göndərir.
- 18.Bütün proseslər tamamlandıqdan sonra AMF UE-yə Qeydiyyatın qəbulu mesajı göndərir. Buraya 5G-GUTI, qeydiyyat zonası, icazə verilən NSSAI, qadağan olunmuş S-NSSAI, qadağan olunmuş TAI-lər və s. parametrlər daxil olunur. Həmçinin, AMF PCF ilə UE siyasəti əlaqəsinin qurulması prosesini icra edir.
- 19.UE AMF-ə Qeydiyyatın tamamlandığını və yeni 5G-GUTI-nin qəbul edildiyini bildirir.

3.9 5G şəbəkədə Xidmətin Aktivləşdirilməsi

5G şəbəkədə xidmətin aktivləşdirilməsi prosesi şəkil 3.9-da göstərilmişdir. (3GPP, TS 23.502, 2022)



Şək 3.9 – 5G şəbəkədə Xidmətin Aktivləşdirilməsi

1. Xidmətin aktivləşdirilməsi başlamaq üçün İstifadəçi Cihazı (UE) Radio Daxilolma Şəbəkəyə (RAN) Xidmət sorğusu göndərir. Bu mesajda aktivləşdiriləcək PDU

seansların siyahısı, təhlükəsizlik parametrləri, PDU seansın vəziyyəti, 5G-S-TMSI və s. parametrlər yer alır.

2. (R)AN Xidmət sorğusunu AMF-ə yönləndirir.
3. AMF autentifikasiya və təhlükəsizlik proseslərini icra edir.
4. AMF SMF-ə SM kontekstin yenilənməsi sorğusu göndərir (PDU seansın identifikatoru, UE-nin yerləşdiyi baza stansiyası haqqında məlumatlar, texnologiya tipi və s.).
5. UE-nin yerləşmə yerindən asılı olaraq SMF,
 - a) Yeni qoşuntunu qəbul edir və mövcud UPF və ya UPF-ləri istifadə etməyə davam edir.
 - b) Yeni qoşuntunu qəbul edir və bunun üçün yeni aralıq UPF (intermediate UPF – I-UPF) seçir. Amma, DN-ə qoşuntunu təmin edən əsas (son) UPF olan PDU Seansın Sonlanma Nöqtəsi (“PSA – PDU Session Anchor”) dəyişməz olaraq qalır.
6. Əgər yeni I-UPF qoşuntusu olacaqsa SMF PSA-a Seansın dəyişdirilməsi sorğusu göndərir və oradan yeni qoşuntu üçün Tunel məlumatlarını alır. Daha sonra SMF yeni seçilmiş I-UPF-ə Seansın qurulması sorğusu (UPF tərəfindən istifadə olunacaq paketlərin aşkarlanması, məlumatın yönləndirilməsi, fakturalandırılması və hesabat qaydaları daxil olmaqla) göndərir. Yeni I-UPF bu qaydaları tətbiq etdikdən sonra Seansın qurulmasını təsdiq cavabı verir və özünün Tunel məlumatlarını bildirir.
7. SMF yeni I-UPF-in Tunel məlumatlarını Seansın dəyişdirilməsi sorğusu vasitəsilə PSA-a bildirir.
8. SMF əvvəlki I-UPF-ə Seansın dəyişdirilməsi sorğusu göndərir.
9. SMF AMF-ə SM kontekstin yenilənməsi cavabı göndərir. Burada PDU seansın identifikatoru, QoS profil, data trafikinin yönləndiriləcəyi UPF-in Tunel məlumatları, seçilmiş S-NSSAI, təhlükəsizlik və s. məlumatlar qeyd olunur.

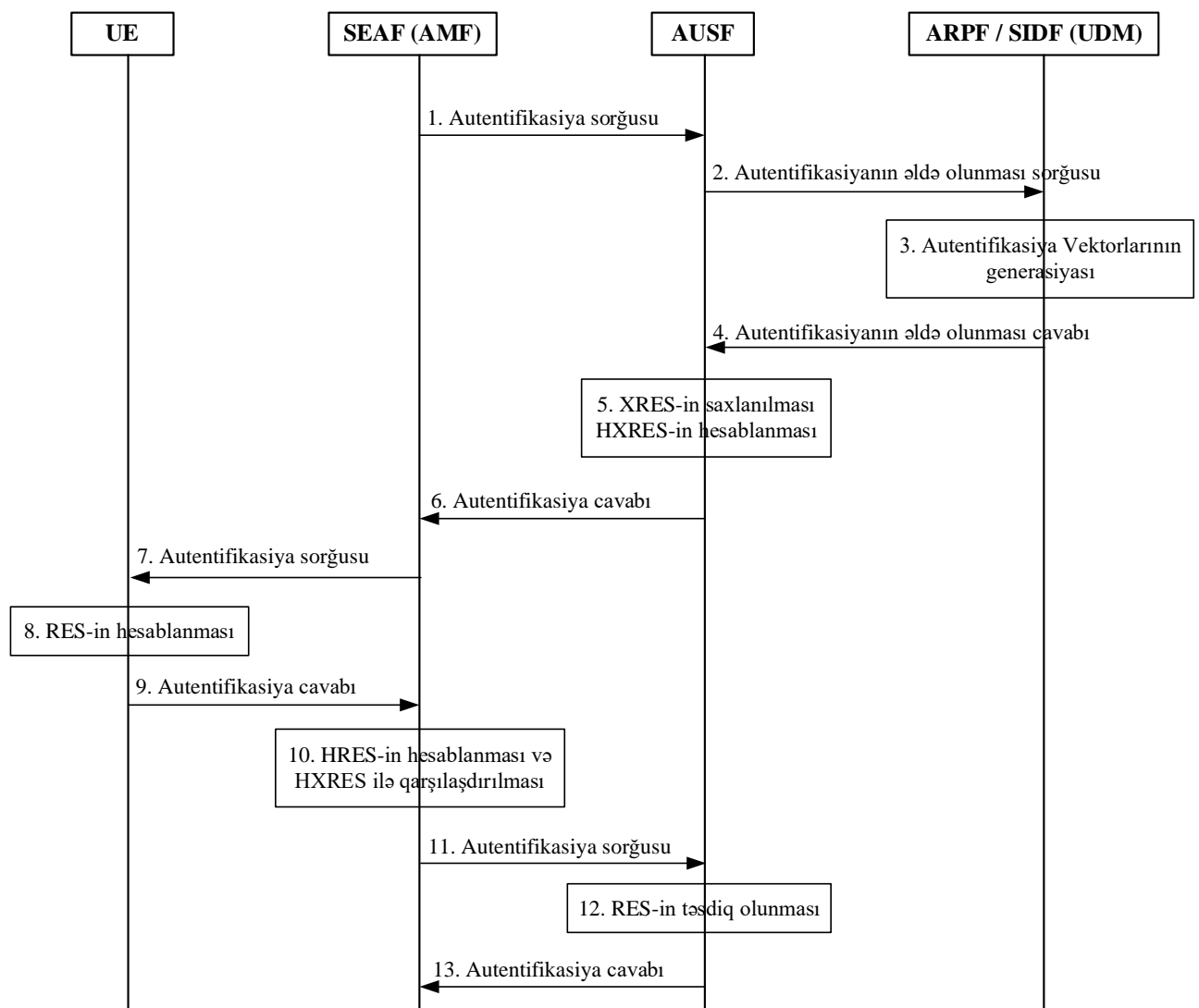
- 10.AMF (R)AN-a N2 interfeys üzərindən sorğu göndərir (təhlükəsizlik konteksti, hərəkətliliyə məhdudiyət siyahısı, seansın maksimum sürəti, məsləhət görülən şəbəkələr və s.).
- 11.PDU seansın QoS profilindən asılı olaraq UE və (R)AN şəbəkə arasında RRC qoşuntunun konfigurasiya dəyişikliyi prosesi icra edilir.
- 12.(R)AN N2 sorğu mesajına təsdiq cavabı verir.
- 13.AMF SMF-ə SM kontekstin yenilənməsi sorğusu göndərir (N2 SM məlumatları, şəbəkə texnologiyası və s.).
- 14.Əgər dinamik PCC istifadə olunursa SMF və PCF arasında SM siyasəti dəyişikliyi prosesi icra edilir.
- 15.Əgər aralıq UPF (I-UPF) istifadə olunursa SMF I-UPF-ə Seansın dəyişdirilməsi sorğusu vasitəsilə Radio Daxilolma şəbəkənin Tunel məlumatlarını göndərir və I-UPF təsdiq cavabı qaytarır.
- 16.Əgər aralıq UPF (I-UPF) istifadə olunmursa SMF PSA-a Seansın dəyişdirilməsi sorğusu vasitəsilə Radio Daxilolma şəbəkənin Tunel məlumatlarını göndərir və PSA təsdiq cavabı qaytarır.
- 17.SMF AMF-ə SM kontekstin yenilənməsini təsdiq edən cavab göndərir və proses tamamlanır.

3.10 5G şəbəkədə Autentifikasiya

5G şəbəkədə autentifikasiya prosesi şəkil 3.10-da göstərilmişdir. (3GPP, TS 33.501, 2024) 5G şəbəkədə autentifikasiya prosesinin əvvəlkiyədən əsas fərqi ondan ibarətdir ki, burada iki mərhələli yoxlama aparılır. Belə ki, əvvəlki texnologiyalarda autentifikasiya yoxlanışı yalnız xidmət edən şəbəkənin elementlərində (MSC, MSS, SGSN, MME) aparılırdısa 5G şəbəkədə həm xidmət edən şəbəkədə (SEAF), həm də ev şəbəkəsində (AUSF) icra olunur.

Bu prosesdə iştirak edən əlavə funksiyalar aşağıdakılardır:

- SEAF (Security Anchor Function): AMF-in daxilində yerləşir və 5G şəbəkədə təhlükəsizlik proseslərinə cavabdehdir.
- ARPF (Authentication credential Repository and Processing Function): UDM-in daxilinə yerləşir. Abunəçi profilinə əsasən autentifikasiya metodunun seçilməsinə və autentifikasiya vektorlarının gərənsiyə olunmasına cavabdehdir.
- SIDF (Subscription Identifier De-concealing Function): UDM-in daxilinə yerləşir və şifrələnmiş formada qəbul olunmuş SUCI-ni açaraq oradan SUPI-nin əldə olunmasına cavabdehdir.



Şək 3.10 – 5G şəbəkədə Autentifikasiya

1. AMF-də yerləşən SEAF funksiyası AUSF-ə Autentifikasiya sorğusu göndərir. Buraya istifadəçi identifikatoru və xidmət edən şəbəkənin adı (identifikatoru) daxil edilir. İstifadəçi identifikatoru aşağıdakı formada təyin olunur:
 - a) Əgər AMF-də bu istifadəçi üçün kontekst mövcuddursa və SUPI məlumdursa o halda SUPI istifadə olunur
 - b) Əks halda istifadəçi çaz tərəfindən şifrələnib göndərilmiş SUCI istifadə olunur
2. AUSF bu sorğunu UDM-də yerləşən ARPF-ə göndərir.
3. Əgər sorğu SUCI ilə göndərilibsə ARPF SUPI-nin əldə olunması üçün SIDF-ə müraciət edir. SIDF məxfi açar vasitəsilə SUCI-ni deşifrə edərək SUPI-ni tapır və ARPF-ə göndərir. Bundan sonra ARPF abunəçi profilinə əsasən autentifikasiya metodunu seçir və seçilmiş metoda əsasən autentifikasiya vektorlarının gənəsiyə edir. Bu 5G HE AV (Home Environment Authentication Vectors – Ev şəbəkəsi daxilində (mühitində) istifadə olunacaq autentifikasiya vektorları) adlanır. Buraya RAND, AUTN, XRES parametrləri daxildir.

Qeyd: Burada 5G AKA autentifikasiya metodunun seçildiyi qəbul olunur.

4. ARPF hesablanmış autentifikasiya vektorlarını (5G HE AV) Autentifikasiyanın əldə olunması cavabı olaraq AUSF-ə göndərir. Əgər ilkin sorğu SUCI ilə olmuşdursa SUPI də bu mesajda daxil edilir.
5. AUSF XRES-i özündə saxlayır və bu XRES əsasında HXRES-i hesablayır.
6. AUSF 5G Autentifikasiya cavabında autentifikasiya vektorlarını (RAND, AUTN, HXRES) SEAF-a (AMF-ə) göndərir.
7. SEAF HXRES-i özündə saxlayır, RAND və AUTN parametrlərini isə Autentifikasiya sorğusunda UE-yə göndərir.
8. UE tərəfdə də UDM-də (ARPF-də) icra edilmiş hesablamalar təkrarlanır. Bunun üçün həm şəbəkədən əldə olunmuş parametrlər, həm də SIM kartın yaddaşında olan Ki individual təhlükəsizlik açarı istifadə olunur. Nəticədə RES əldə olunur.
9. Autentifikasiya cavabında RES UE-dən SEAF-a göndərilir.

10. SEAF RES əsasında HRES-i hesablayır və AUSF-dən göndərilmiş HXRES ilə qarşılaşdırır. Nəticə eynidirsə xidmət edən şəbəkə perspektivindən autentifikasiya uğurlu sayılır. Əks halda qeydiyyat prosesi dayandırılır və UE-yə imtina verilir.
11. SEAF Autentifikasiya sorğusu vasitəsilə RES-i AUSF-ə göndərir.
12. ARPF-dən göndərilmiş XRES və SEAF-dan göndərilmiş RES AUSF-də qarşılaşdırılır. Nəticə eynidirsə ev şəbəkəsi perspektivindən autentifikasiya uğurla tamamlanmış sayılır.
13. AUSF Autentifikasiya cavabı vasitəsilə SEAF-i bu barədə məlumatlandırır. Əgər ilkin sorğu SUCI ilə olmuşdursa SUPI də bu mesajda daxil edilir. Beləliklə istifadəçinin həm xidmət edən şəbəkə, həm də ev şəbəkəsi perspektivindən autentifikasiya uğurla tamamlanmış olur.

NƏTİCƏ

Bu tətqiqat işinin yekunu olaraq aşağıda qeyd olunmuş nəticələr əldə edilmişdir.

- 1) Mobil şəbəkələrin arxitekturası və istifadə olunan protokollar yığımının təhlili nəticəsində məlum olmuşdur ki, mövcud 2G, 3G və 4G texnologiyalarda Əsas Şəbəkə komponentləri arasındakı interfeyslərdə məlumatların şifrələnməsi üçün heç bir təhlükəsizlik protokolundan istifadə olunmur. Müasir dövrdə bu interfeyslərdə məlumat mübadiləsi üçün əsasən IP texnologiya istifadə olunur və IP şəbəkə elementlərində ötürülən məlumatların müəyyən metodların köməkliyi ilə asanlıqla əldə olunması mümkündür. Bu da abunəçilərə müxtəsər çox həssas və məxfi məlumatların (MSISDN nömrələri, zəng parametrləri, yerləşmə yeri, abunə olduğu xidmətlər və s.) icazəsiz əldə olunma riski yaradır. Xüsusilə nəzərə alsaq ki, bu elementlər adətən coğrafi olaraq bir-birlərindən uzaq məsafələrdə yerləşən fərqli məlumat mərkəzlərində (hətta fərqli şəhərlərdə və ya beynəlxalq rouminq halında fərqli ölkələrdə) yerləşirlər məxfi məlumatların oğurlanması riski daha da artır. Çünki, bu məlumat mərkəzləri arasındakı qoşuntuları təmin edən IP şəbəkə infrastrukturu adətən başqa müəssisələrə və ya şirkətlərə məxsus olur və orada istifadə olunan sistemlərə nəzarət bilavasitə mobil operatorun səlahiyyətində olmur. 5G şəbəkədə isə Əsas Şəbəkə Funksiyaları arasında məlumat mübadiləsi üçün standard olaraq TLS (Transport Layer Security) şifrələmə metodundan istifadə olunur. Beləliklə, ötürülən trafik icazəsiz əldə edilsə belə şifrələnmiş formatda olduğu üçün açıqlaraq içindəki məlumatların oxunması mümkünsüz olur.
- 2) Qeydiyyat proseslərin analizi nəticəsində məlum olmuşdur ki, mövcud rabitə şəbəkələrində ilkin qeydiyyat zamanı və ya MS-də müvəqqəti identifikatorun mövcud olmadığı hallarda (2G və 3G şəbəkələrdə TMSI və ya P-TMSI, 4G şəbəkədə GUTI) Qeydiyyat Prosesi zamanı daimi identifikator (IMSI) istifadə olunur. Prosesin ilkin mərhələlərində ötürülən məlumatlar şifrələnmədiyi üçün

xüsusi texniki qurğularla radio efir analiz olunaraq MS-ə məxsus IMSI nömrəsi əldə edilə bilər. IMSI abunəçinin ən əsas identifikatorlarından biri hesab olunur və ondan istifadə etməklə şəbəkəyə müxtəlif tipli kiber hücumlar təşkil etmək mümkündür.

5G şəbəkədə isə UE-də müvəqqəti identifikator (5G-TMSI) mövcud olmadıqda belə heç bir halda daimi identifikator (SUPI) açıq formatda ötürülmür. Bunun əvəzinə SUPI-nin şifrələnməsi vasitəsilə əldə olunmuş SUCI göndərilir. SUCI radio efirdə ələ keçirilsə belə məxfi açar olmadan onu deşifrə edərək SUPI-nin ələ keçirilməsi praktiki olaraq mümkün deyildir. Beləliklə, abunəçinin ən əsas daimi identifikatorlarından birinin şifrələnməsi vasitəsilə radio efirdə təhlükəsizliyi təmin edilir.

- 3) Həmçinin, Autentifikasiya proseslərinin təhlili nəticəsində məlum olmuşdur ki, bu proseslərdə qərar vermə mexanizmi 2G və 3G şəbəkələrdə MSS və ya SGSN-də, 4G şəbəkədə isə MME-də yerləşir. Yəni, nömrənin həqiqiliyinin təyin olunmasına bu elementlər cavabdehdir. Bu da rabitə şəbəkələri üçün çox ciddi təhlükəsizlik riskləri yaradır. Çünki, xüsusilə rouminq şəbəkələrdə bu prosedur standarda uyğun keçirilməyə bilər, hətta, ümumiyyətlə autentifikasiya prosesi icra olunmadan HLR və ya HSS-ə birbaşa Qeydiyyatın yenilənməsi sorğusu göndərilərək abunəçi məlumatları ələ keçirilə bilər və bu prosesə ev şəbəkə operatorunun nəzarət etməsi mümkün deyildir. Beləliklə, istənilən mobil nömrə saxta rouminq şəbəkədə qeydiyyatdan keçirilərək onun adından zəng, SMS və ya digər rabitə xidmətləri icra oluna bilər. Bunun da çox ciddi və arzuolunmaz fəsadları ola bilər.

5G şəbəkədə isə autentifikasiya prosesi iki mərhələdə icra olunur. Əvvəlcə nömrənin həqiqiliyi xidmət edən şəbəkədəki AMF tərəfindən təsdiqlənir, daha sonra isə yekun yoxlanış ev şəbəkədə AUSF tərəfindən keçirilir. Yalnız bundan sonra mobil nömrənin daimi identifikatoru SUPI xidmət edən şəbəkədəki AMF-ə göndərilir və qeydiyyat prosesi davam etdirilir. Beləliklə, prosedurlara

manipulyasiya etməklə nömrənin saxta rouminq şəbəkədə qeydiyyatdan keçirilməsi mümkünsüzləşir.

Beləliklə, tətqiqat nəticəsində təyin olunmuşdur ki, mövcud 2G, 3G və 4G şəbəkələrdə aktual olan yuxarıda qeyd edilmiş üç təhlükəsizlik məsələsi 5G texnologiyaya keçiddə həll olunmuşdur.

Amma, prosedurlarda potensial təhlükəsizlik problemi yarada biləcək bir məsələ hələ də qalmaqdadır. Belə ki, Paket Kommunikasiya şəbəkədə PDP aktivləşdirilməsi zamanı xidmət edən şəbəkədəki (bu ev şəbəkəsi də ola bilər qonaq rouminq şəbəkə də) SGSN ev şəbəkədəki GGSN-ə PDP kontekstin yaradılması sorğusu göndərir. GGSN isə nömrənin həqiqətən də həmin mobil şəbəkədə qeydiyyatının mövcudluğunu HLR-da yoxlamadan prosesin icrasını davam etdirir və nəticədə abunəçi üçün saxta rouminq şəbəkədə PDP kontekst aktivləşdirilmiş olur. Gn interfeysdəki bu PDP kontekstin yaradılması sorğusuna daxil olan parametrlər (APN və s.) mobil operator üçün standard və hər kəs tərəfindən bilinən kəmiyyətlər olduğu üçün belə bir sorğunun saxta rouminq şəbəkə tərəfindən formalaşdırılmağı çox asandır.

Bənzər problem 5G şəbəkədə də aktuallığını saxlamaqdadır. Belə ki, rouminq şəbəkədə Xidmətin aktivləşdirilməsi zamanı xidmət edən şəbəkədəki SMF ev şəbəkədəki SMF-ə aidiyyatı sorğu göndərir. Ev şəbəkədəki SMF isə, yenə, həmin mobil şəbəkədə qeydiyyatının mövcudluğunu UDM-də yoxlamadan prosesin icrasını davam etdirir. Beləliklə, abunəçi üçün saxta rouminq şəbəkədə PDU seans aktivləşdirilmiş olur.

Bu riskin aradan qaldırılması üçün həm 2G, 3G və 4G şəbəkələrdə PDP kontekstin yaradılması zamanı GGSN tərəfindən HLR-da, həm də 5G şəbəkədə Xidmətin aktivləşdirilməsi zamanı ev şəbəkədəki SMF tərəfindən UDM-də abunəçinin sorğunun göndərildiyi mobil şəbəkədə qeydiyyatının mövcudluğunun yoxlanılması mərhələsinin aidiyyatı proseslərə əlavə olunması tövsiyə olunur.

ƏDƏBİYYAT SİYAHISI

ETSI. (2000). *GSM 03.02: "Network architecture"*

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/100500_100599/100522/07.01.00_60/ts_100522v070100p.pdf

ETSI. (2003). *GSM 03.03: "Numbering, addressing and identification"*

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/100900_100999/100927/07.08.00_60/ts_100927v070800p.pdf

ETSI. (2003). *GSM 08.08: "Mobile-services Switching Centre - Base Station system (MSC-BSS) interface; Layer 3 specification"*

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/100500_100599/100590/08.15.00_60/ts_100590v081500p.pdf

Hasni, N. (2012). Roadmap for Establishing Interoperability of Heterogeneous Cellular Network Technologies -3-. *International Journal of Computer Applications*, 54

https://www.researchgate.net/publication/265162125_Roadmap_for_Establishing_Interoperability_of_Heterogeneous_Cellular_Network_Technologies_-3-

IETF. (1980). *RFC 768: "User Datagram Protocol"*.

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc768>

IETF. (1981). *RFC 791: "Internet Protocol"*.

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc791>

IETF. (2000). *RFC 2960: "Stream Control Transmission Protocol"*.

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2960>

IETF. (2006). *RFC 4666: "Signaling System 7 (SS7) Message Transfer Part 3 (MTP3) - User Adaptation Layer (M3UA)"*.

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4666>

IETF. (2012). *RFC 6733: "Diameter Base Protocol"*.

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc6733>

IETF. (2018). *RFC 8446: "The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3"*.

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8446>

IETF. (2022). *RFC 9113: "HTTP/2"*.

<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9113>

ITU. (1993). *Recommendation ITU-T Q.701: "Functional description of the message transfer part (MTP) of Signalling System No. 7"*

https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Q.701-199303-I!!PDF-E&type=items

ITU. (1996). *Recommendation ITU-T I.363.5: "B-ISDN ATM Adaptation Layer specification : Type 5 AAL"*

https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-I.363.5-199608-I!!PDF-E&type=items

ITU. (1997). *Recommendation ITU-T Q.771: "Functional description of transaction capabilities"*

https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Q.771-199706-I!!PDF-E&type=items

ITU. (1999). *Recommendation ITU-T I.361: "B-ISDN ATM layer specification"*

https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-I.361-199902-I!!PDF-E&type=items

ITU. (2001). *Recommendation ITU-T Q.711: "Functional description of the signalling connection control part"*.

https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Q.711-200103-I!!PDF-E&type=items

Jahangirov M.M., Suleymanov A.M. (2022). Key Architectural Changes in 5G Network and Their Effects on End User Services. *Proceedings Book for International Conference on Engineering Sciences*. Baku, AzTU

Məmmədov İ.Ə., Gözəlov E.B., Məmmədov Ə.A. (2012). *Naqilsiz Rabitə Texnologiyaları*. Bakı: Təhsil

Suleymanov A.M. (2024). Implementation of 5G technologies for Enterprises as part of Digital Transformation. *Ümummilli lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 101 illiyinə həsr olunan "Mütərəqqi texnologiyalar və innovasiyalar" mövzusunda IX Respublika elmi-texniki konfransı materialları*. Bakı, AzTU

3GPP. (2022). *TS 23.002: "Network architecture"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123000_123099/123002/17.00.00_60/ts_123002v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 23.060: "General Packet Radio Service (GPRS); Service description; Stage 2"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123000_123099/123060/17.00.00_60/ts_123060v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 23.203: "Policy and charging control architecture"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123200_123299/123203/17.02.00_60/ts_123203v170200p.pdf

3GPP. (2022). *TS 23.501: "System Architecture for the 5G System; Stage 2"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123501/17.05.00_60/ts_123501v170500p.pdf

3GPP. (2022). *TS 23.502: "Procedures for the 5G System; Stage 2"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123502/17.04.00_60/ts_123502v170400p.pdf

3GPP. (2022). *TS 25.322: "Radio Link Control (RLC) protocol specification"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/125300_125399/125322/17.00.00_60/ts_125322v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 25.331: "Radio Resource Control (RRC); Protocol specification"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/125300_125399/125331/17.01.00_60/ts_125331v170100p.pdf

3GPP. (2022). *TS 25.412: "UTRAN Iu interface signalling transport"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/125400_125499/125412/17.00.00_60/ts_125412v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 25.413: "UTRAN Iu interface Radio Access Network Application Part (RANAP) signalling"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/125400_125499/125413/17.00.00_60/ts_125413v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 33.102: "3G security; Security architecture"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/133100_133199/133102/17.00.00_60/ts_133102v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 33.110: "Key establishment between a Universal Integrated Circuit Card (UICC) and a terminal"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/133100_133199/133110/17.00.00_60/ts_133110v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 44.064: "Mobile Station - Serving GPRS Support Node (MS-SGSN); Logical Link Control (LLC) Layer Specification"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/144000_144099/144064/17.00.00_60/ts_144064v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 48.016: "General Packet Radio Service (GPRS); Base Station System (BSS) - Serving GPRS Support Node (SGSN) interface; Network service"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/148000_148099/148016/17.00.00_60/ts_148016v170000p.pdf

3GPP. (2022). *TS 48.018: "General Packet Radio Service (GPRS); Base Station System (BSS) - Serving GPRS Support Node (SGSN); BSS GPRS protocol (BSSGP)"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/148000_148099/148018/17.00.00_60/ts_148018v170000p.pdf

3GPP. (2023). *TS 23.003: "Numbering, addressing and identification"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123000_123099/123003/17.10.00_60/ts_123003v171000p.pdf

3GPP. (2023). *TS 23.040: "Technical realization of the Short Message Service (SMS)"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123000_123099/123040/17.03.00_60/ts_123040v170300p.pdf

3GPP. (2023). *TS 23.401: "General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123400_123499/123401/17.09.00_60/ts_123401v170900p.pdf

3GPP. (2023). *TS 23.548: "5G System Enhancements for Edge Computing; Stage 2"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123500_123599/123548/17.06.00_60/ts_123548v170600p.pdf

3GPP. (2023). *TS 24.008: "Mobile radio interface Layer 3 specification; Core network protocols; Stage 3"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/124000_124099/124008/17.09.00_60/ts_124008v170900p.pdf

3GPP. (2023). *TS 29.002: "Mobile Application Part (MAP) specification"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129000_129099/129002/17.04.00_60/ts_129002v170400p.pdf

3GPP. (2023). *TS 33.401: "3GPP System Architecture Evolution (SAE); Security architecture"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/133400_133499/133401/17.04.00_60/ts_133401v170400p.pdf

3GPP. (2024). *TS 24.501: "Non-Access-Stratum (NAS) protocol for 5G System (5GS); Stage 3"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/124500_124599/124501/17.14.00_60/ts_124501v171400p.pdf

3GPP. (2024). *TS 29.500: "Technical Realization of Service Based Architecture; Stage 3"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/129500_129599/129500/17.14.00_60/ts_129500v171400p.pdf

3GPP. (2024). *TS 31.102: "Characteristics of the Universal Subscriber Identity Module (USIM) application"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/131100_131199/131102/17.11.00_60/ts_131102v171100p.pdf

3GPP. (2024). *TS 33.501: "Security architecture and procedures for 5G System"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/133500_133599/133501/17.13.00_60/ts_133501v171300p.pdf

3GPP. (2024). *TS 36.300: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2 "*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136300_136399/136300/17.06.00_60/ts_136300v170600p.pdf

3GPP. (2024). *TS 38.413: "NG-RAN; NG Application Protocol (NGAP)"*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/138400_138499/138413/17.08.00_60/ts_138413v170800p.pdf

3GPP. (2024). *TS 43.020: "Security related network functions "*.

https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/143000_143099/143020/17.01.00_60/ts_143020v170100p.pdf