

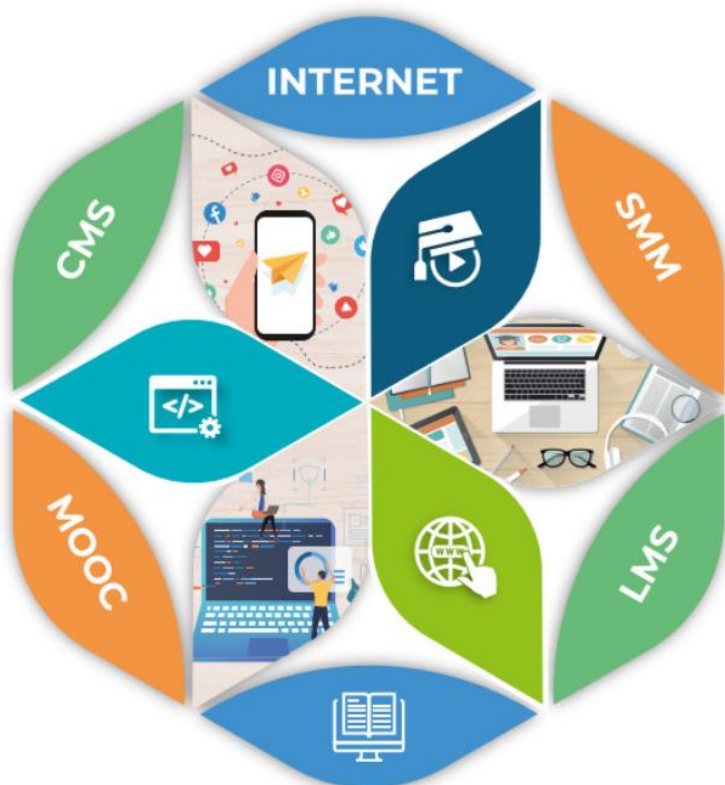


**OLIY TA'LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR
VAZIRLIGI**



**RAQAMLI
TEXNOLOGIYALAR
VAZIRLIGI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT
AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
HUZURIDAGI PEDAGOG KADRLARNI QAYTA
TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISH
TARMOQ MARKAZI**



**“TELEKOMMUNIKATSIYA
TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB
MUAMMOLARI”
MODULI BO‘YICHA
O‘QUV–USLUBIY MAJMUUA**

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY TA’LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**OLIY TA’LIM TIZIMI PEDAGOG VA RAHBAR KADRLARINI QAYTA
TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI OSHIRISHNI TASHKIL
ETISH BOSH ILMIY - METODIK MARKAZI**

**MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI TOSHKENT AXBOROT
TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI HUZURIDAGI PEDAGOG
KADRLARNI QAYTA TAYYORLASH VA ULARNING MALAKASINI
OSHIRISH TARMOQ MARKAZI**

“Telekommunikatsiya texnologiyalari (Telekommunikatsiyalar,
teleradioeshittirish, Mobil tizimlar)” yo‘nalishi

**“TELEKOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARNING
DOLZARB MUAMMOLARI”**

MODULI BO‘YICHA

O‘QUV – U SL U B I Y M A J M U A

Toshkent – 2024

Modulning o‘quv-uslubiy majmuasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2023 yil 25 avgustdagi №391-sonli buyrug‘i bilan tasdiqlangan o‘quv dasturi va o‘quv rejasiga muvofiq ishlab chiqilgan.

Tuzuvchilar: A.Muradova – PhD, dotsent

**Taqrizchilar: X.N.Zayniddinov - texnika fanlari doktori, professor
SH. Pozilova - PhD, dotsent**

O‘quv-uslubiy majmua O‘quv dasturi Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Kengashining qarori bilan tasdiqqa tavsiya qilingan (2023-yil 26 maydagi 7 (729)- sonli bayonnoma)

MUNDARIJA

I. Ishchi dastur.....	6
II. Modulni o‘qitishda foydalaniladigan interfaol metodlar	12
III. Nazariy materiallar	19
IV. Amaliy mashg‘ulot materiallari	61
V. Keyslar banki.....	87
VI. Glossariy	91
VII. Adabiyotlar ro‘yxati.....	94

I-BO‘LIM

ISHCHI DASTUR

I. ISHCHI DASTUR

KIRISH

Dastur O‘zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentabrda tasdiqlangan “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevraldagi “O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-4947-son, 2019 yil 27 avgustdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to‘g‘risida”gi PF-5789-son, 2019 yil 8 oktabrdagi “O‘zbekiston Respublikasi oliy ta’lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-5847-son va 2020 yil 29 oktabrdagi “Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi PF-6097-sonli Farmonlari hamda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 23 sentabrdagi “Oliy ta’lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining malakasini oshirish tizimini yanada takomillashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi 797 sonli Qarorlarida belgilangan ustuvor vazifalar mazmunidan kelib chiqqan holda tuzilgan bo‘lib, u oliy ta’lim muassasalari pedagog kadrlarining kasb mahorati hamda innovatsion kompetentligini rivojlantirish, sohaga oid ilg‘or xorijiy tajribalar, yangi bilim va malakalarni o‘zlashtirish, shuningdek amaliyotga joriy etish ko‘nikmalarini takomillashtirishni maqsad qiladi.

Qayta tayyorlash va malaka oshirish yo‘nalishining o‘ziga xos xususiyatlari hamda dolzarb masalalaridan kelib chiqqan holda dasturda tinglovchilarning mutaxassislik fanlar doirasidagi bilim, ko‘nikma, malaka hamda kompetensiyalariga qo‘yiladigan talablar takomillashtirilishi mumkin.

Modulning maqsadi va vazifalari

Modulning maqsadi: “Telekommunikatsiya texnologiyalarning dolzarb muammolari” modulining maqsadi - telekommunikatsiya texnologiyalarida xalqaro, shaharlararo va mahalliy tarmoqlarda qo‘llaniladigan raqamli uzatish tizimlari, transport tarmog‘ida qo‘llaniladigan optik aloqa tizimlari – plezioxron va sinxron optik aloqa tizimlari, to‘lqinli zichlashtirishli tolali optik aloqa tizimlari, optik aloqa tizimlaridan texnik foydalanish, loyihalashtirish asoslari, axborotlarni uzatish sifati va xavfsizligiga oid bilimlarni o‘zlashtirishdan, mavjud bo‘lgan va kelgusidagi texnologiyalarni amalda tahlil qilish uchun bilimini mustahkamlash, shakllantirish, axborotni uzatishga asoslangan xolatlarini va prinsiplarini, fundamental tushunchalarini nazariy mustahkamlashdan iborat vazifalar bilan tanishtirish va tegishli amaliy ishlarni yoritib berishdir.

Modulning vazifalari:

- telekommunikatsiya texnologiyalarning dolzarb muammolari,
- telekommunikatsiya texnologiyalarida mobil va simli tarmoqlarning konvergentsiyasi,
- telekommunikatsiya texnologiyalarida simsiz aloqa tarmoqlari va ularning rivojlanishi,
- mobil aloqa tarmoqlarida stansiyalar orasidagi bog‘lanishlarni joriy etish imkoniyatlari va amaliyotda qo‘llash usullari haqida nazariy va amaliy bilimlarni, ko‘nikma va malakalarni shakllantirishdan iborat.

Modul bo‘yicha tinglovchilarning bilim, ko‘nikma, malaka va kompetensiyalariga qo‘yiladigan talablar

“Telekommunikatsiya texnologiyalarning dolzarb muammolari” modulini o‘zlashtirish jarayonida amalga oshiriladigan masalalar doirasida:

Tinglovchi:

- telekommunikatsiya tarmoqlari va tizimlari tuzilish prinsiplarini, ularning qurilmalarni, konfiguratsiyasi, sozlashni, abonent terminallari, ularning parametrlarini, multiservisli tarmoqlarning tuzilish prinsiplarini va rivojlanish istiqbollari haqida **bilimlarga ega bo‘lishi**;

- multiservis tarmoqlari va yangi avlod tarmog‘ini strukturaviy-topologik xususiyatlari, funksional sxemalari, qurilmalar joylashishi bo‘yicha tahlil qilish, yangi avlod konvergent tarmoqlarini qurishda qo‘llaniladigan turli xil texnologiyalarni, ularning xususiyatlarini aniqlash va tahlil qilish, keyingi avlod tarmoqlari va multiservisli tarmoqlarning imkoniyatlarini aniqlash bo‘yicha **ko‘nikma va malakalarini egallashi**;

- telekommunikatsiya tarmoqlarida qo‘llaniladigan turli xil texnologiyalarning optimal variantlarini, keyingi avlod tarmoqlari va multiservisli tarmoqlarda qurilmalarni joylashishi, resurslarni optimal parametrlarini tanlash **kompetensiyalarni egallashi lozim**.

Modulni tashkil etish va o‘tkazish bo‘yicha tavsiyalar

“Telekommunikatsiya texnologiyalarning dolzarb muammolari” moduli ma’ruza va amaliy mashg‘ulotlar shaklida olib boriladi.

Modulni o‘qitish jarayonida ta’limning zamonaviy metodlari, pedagogik texnologiyalar va axborot-kommunikatsiya texnologiyalari qo‘llanilishi nazarda tutilgan:

- ma’ruza darslarida zamonaviy kompyuter texnologiyalari yordamida prezentatsion va elektron-didaktik texnologiyalardan;

- o'tkaziladigan amaliy mashg'ulotlarda texnik vositalardan, ekspress-so'rovlar, test so'rovlari, aqliy hujum, guruhli fikrlash, kichik guruhlar bilan ishlash, kollokvium o'tkazish, va boshqa interaktiv ta'lim usullarini qo'llash nazarda tutiladi.

Modulning o'quv rejadagi boshqa modullar bilan bog'liqligi va uzviyligi

“Telekommunikatsiya texnologiyalarning dolzarb muammolari” moduli mazmuni o'quv rejadagi “Televizion texnologiyalarning zamonaviy yutuqlari” o'quv moduli bilan uzviy bog'langan holda pedagoglarning telekommunikatsiya texnologiyalarining tashkillashtirishda kasbiy pedagogik tayyorgarlik darajasini oshirishga xizmat qiladi..

Modulning oliy ta'limdagi o'rni

Modulni o'zlashtirish orqali tinglovchilar telekommunikatsiya texnologiyalarning dolzarb muammolari, telekommunikatsiya texnologiyalarida mobil va simli tarmoqlarning konvergentsiyasi, telekommunikatsiya texnologiyalarida simsiz aloqa tarmoqlari, mobil aloqa tarmoqlarida stansiyalar orasidagi bog'lanishlar va ularni amaliyotga qo'llash kabi malakaviy ko'nikmalarini shakllantirishdan iborat.

MODUL BO'YICHA SOATLAR TAQSIMOTI

№	Modul mavzulari	Auditoriya uquv yuklamasi				
		Jami	jumladan			
			Nazariy	Amaliy mashg'ulot	Ko'chma mashg'uloti	Mustaqil ta'lim
1.	Telekommunikatsiya texnologiyalarning dolzarb muammolari	2	2			
2.	Telekommunikatsiya texnologiyalarida mobil va simli tarmoqlarning konvergentsiyasi	4	4		2	
3.	Telekommunikatsiya texnologiyalarida simsiz aloqa tarmoqlari va ularning rivojlanishi	8		6	2	
4.	Mobil aloqa tarmoqlarida stansiyalar orasidagi bog'lanishlar	6		4	2	
	Jami:	22	6	10	6	-

NAZARIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI

1-MAVZU: TELEKOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARNING DOLZARB MUAMMOLARI (2 SOAT)

Birinchi avlod - 1G standartlari. 2G – ikkinchi avlod standartlari. 2,5G avlod mobil aloqa tizimlari. 2,75G avlod mobil aloqa tizimlari. 3G – uchinchi avlod standartlari. 3,5G avlod standartlari. 3,75G avlod standartlari. 3G - uchinchi avlod sotali aloqa tizimlari. 3G tizimlarining rivojlanish tarixi. 3G tizimlarining qurilish prinsiplari. 3G standartlari.

2-MAVZU: TELEKOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARIDA MOBIL VA SIMLI TARMOQLARNING KONVERGENSIYASI (4 SOAT)

3,9G yoki Pre 4G avlod standartlari. 4G - to‘rtinchi avlod standartlari. LTE standartining rivojlanish tarixi. LTE standarti haqida umumiy ma’lumotlar. LTE/SAE tizimi arxitekturasi asosiy tashkil etuvchilari. MIMO texnologiyasining tavsifi. Keng polosali simsiz ulanish texnologiyalarining rivojlanish tarixi va tavsifi. Keng polosali simsiz texnologiyalarni klassifikatsiyasi (sinflarga bo‘lish) bo‘yicha yondashuvlar. Wi-Fi texnologiyasining tahlili. WiMAX standartlari.

AMALIY MASHG‘ULOTLAR MAZMUNI

1-MAVZU: TELEKOMMUNIKATSIYA TEXNOLOGIYALARIDA SIMSIZ ALOQA TOARMOQLARI VA ULARNING RIVOJLANISHI (6 SOAT)

Telekommunikatsiya texnologiyalarida simsiz aloqa tarmoqlari. LTE tarmog‘ining ishlash rejimlari va tashkillashtirish xususiyatlari. 4G tarmoqlar topologiyasi. Simsiz tarmoqlarini sozlash (nastroyka qilish).

Harakatdagi radioaloqa tizimlari qurilishining umumiy tamoyillari bilan tanishish. Mobil aloqa tizimlaridagi asosiy standartlarni o‘rganish. Ajratilgan chastotalar resursidan qayta foydalanish tamoyillarini o‘rganish.

2-MAVZU: MOBIL ALOQA TARMOQLARIDA STANSIYALAR ORASIDAGI BOG‘LANISHLAR (4 SOAT)

CDMA standartining umumiy tarmog‘i sxemasini o‘rganish. Kod bo‘yicha ajratish amalga oshirilgan variantlar bilan tanishish. Bir sotaga to‘g‘ri keladigan foydalanuvchilar sonini baholash usullarini o‘rganish. Adres ketma-ketliklar

oilasini tanlash tamoyilini o'rganish.

KO'CHMA MASHG'ULOT MAZMUNI

4G-LTE tarmoqlarning ishlash prinsiplarini o'rganish (6 soat)

TATU o'quv-ilmiy laboratoriyasida TATU o'quv-ilmiy laboratoriyasida WiFi simsiz keng polosali ulanish (SKPU) tarmoqlarining turli ishlash rejimlari va tashkil etish usullarini o'rganish.

O'QITISH SHAKLLARI

Mazkur modul bo'yicha quyidagi o'qitish shakllaridan foydalaniladi:

- ma'ruzalar, amaliy mashg'ulotlar (ma'lumotlar va texnologiyalarni anglab olish, motivatsiyani rivojlantirish, nazariy bilimlarni mustahkamlash);

- davra suhbatlari (ko'rilayotgan loyiha echimlari bo'yicha taklif berish qobiliyatini rivojlantirish, eshitish, idrok qilish va mantiqiy xulosalar chiqarish);
bahs va munozaralar (loyihalar echimi bo'yicha dalillar va asosli argumentlarni taqdim qilish, eshitish va muammolar echimini topish qobiliyatini rivojlantirish).

II-BO‘LIM

MODULNI O‘QITISHDA
FOYDALANILADIGAN INTERFAOL
TA’LIM METODLARI

II. MODULNI O‘QITISHDA FOYDALANILADIGAN INTERFAOL TA’LIM METODLARI

“Blum kubigi” metodi

Metodning maqsadi: Mazkur metod tinglovchilarda yangi axborotlar tizimini qabul qilish va bilimlarni o‘zlashtirilishini engillashtirish maqsadida qo‘llaniladi, shuningdek, bu metod tinglovchilar uchun “Ochiq” savollar tuzish va ularga javob topish mashqi vazifasini belgilaydi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

1. Ushbu metodni ko‘llash uchun, oddiy kub kerak bo‘ladi. Kubning har bir tomonida ko‘yidagi so‘zlar yoziladi:
 - **Sanab bering, ta’rif bering (oddiy savol)**
 - **Nima uchun (sabab-oqibatni aniqlashtiruvchi savol)**
 - **Tushintirib bering (muammoni har tomonlama qarash savoli)**
 - **Taklif bering (amaliyot bilan bog‘liq savol)**
 - **Misol keltiring (ijodkorlikni rivojlantirovchi savol)**
 - **Fikr bering (tahlil qilish va baxolash savoli)**
2. O‘qituvchi mavzuni belgilab beradi.
3. O‘qituvchi kubikni stolga tashlaydi. Qaysi so‘z chiqsa, unga tegishli savolni beradi.

“KWHL” metodi

Metodning maqsadi: Mazkur metod tinglovchilarda yangi axborotlar tizimini qabul qilish va bilimlarni tizimlashtirish maqsadida qo‘llaniladi, shuningdek, bu metod tinglovchilar uchun mavzu bo‘yicha quyidagi jadvalda berilgan savollarga javob topish mashqi vazifasini belgilaydi.

Izoh. KWHL:

Know – nimalarni bilaman?

Want – nimani bilishni xohlayman?

How - qanday bilib olsam bo‘ladi?

Learn - nimani o‘rganib oldim?.

“KWHL” metodi	
1. Nimalarni bilaman: -	2. Nimalarni bilishni xohlayman, nimalarni bilishim kerak: -
3. Qanday qilib bilib va topib olaman: -	4. Nimalarni bilib oldim: -

“5W1H” metodi

Metodning maqsadi: Mazkur metod tinglovchilarda yangi axborotlar tizimini qabul qilish va bilimlarni tizimlashtirish maqsadida qo'llaniladi, shuningdek, bu metod tinglovchilar uchun mavzu bo'yicha qo'yidagi jadvalda berilgan oltita savollarga javob topish mashqi vazifasini belgilaydi.

What?	Nima? (ta'rifi, mazmuni, nima uchun ishlatiladi)	
Where?	Qayerda (joylashgan, qayerdan olish mumkin)?	
What kind?	Qanday? (parametrlari, turlari mavjud)	
When?	Qachon? (ishlatiladi)	
Why?	Nima uchun? (ishlatiladi)	
How?	Qanday qilib? (yaratiladi, saqlanadi, to'ldiriladi, tahrirlash mumkin)	

“SWOT-tahlil” metodi.

Metodning maqsadi: mavjud nazariy bilimlar va amaliy tajribalarni tahlil qilish, taqqoslash orqali muammoni hal etish yo'llarini topishga, bilimlarni mustahkamlash, takrorlash, baholashga, mustaqil, tanqidiy fikrlashni, nostandart tafakkurni shakllantirishga xizmat qiladi.

S – (strength)	• kuchli tomonlari
W – (weakness)	• zaif, kuchsiz tomonlari
O – (opportunity)	• imkoniyatlari
T – (threat)	• xavflari

“VEYER” metodi

Metodning maqsadi: Bu metod murakkab, ko‘ptarmoqli, mumkin qadar, muammoli xarakteridagi mavzularni o‘rganishga qaratilgan.

Metodni amalga oshirish tartibi:



trener-o‘qituvchi ishtirokchilarni 5-6 kishidan iborat kichik guruhlariga ajratadi;



trening maqsadi, shartlari va tartibi bilan ishtirokchilarni tanishtirgach, har bir guruhga umumiy muammoni tahlil qilinishi zarur bo‘lgan qismlari tushirilgan tarqatma materiallarni tarqatadi;



har bir guruh o‘ziga berilgan muammoni atroflicha tahlil qilib, o‘z mulohazalarini tavsiya etilayotgan sxema bo‘yicha tarqatmaga yozma bayon qiladi;



navbatdagi bosqichda barcha guruhlar o‘z taqdimotlarini o‘tkazadilar. Shundan so‘ng, trener tomonidan tahlillar umumlashtiriladi, zaruriy axborotl bilan to‘ldiriladi va mavzu yakunlanadi.

Metodning mohiyati shundan iboratki, bunda mavzuning turli tarmoqlari bo‘yicha bir xil axborot beriladi va ayni paytda, ularning har biri alohida aspektlarda muhokama etiladi. Masalan, muammo ijobiy va salbiy tomonlari, afzallik, fazilat va kamchiliklari, foyda va zararlari bo‘yicha o‘rganiladi. Bu interfaol metod tanqidiy, tahliliy, aniq mantiqiy fikrlashni muvaffaqiyatli rivojlantirishga hamda

o‘quvchilarning mustaqil g‘oyalari, fikrlarini yozma va og‘zaki shaklda tizimli bayon etish, himoya qilishga imkoniyat yaratadi. “Veyer” metodidan ma’ruza mashg‘ulotlarida individual va juftliklardagi ish shaklida, amaliy va seminar mashg‘ulotlarida kichik guruhlardagi ish shaklida mavzu yuzasidan bilimlarni mustahkamlash, tahlil qilish va taqqoslash maqsadida foydalanish mumkin.

Muammoli savol					
1-usul		2-usul		3-usul	
afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi
Xulosa:					

Muammoli savol					
1-usul		2-usul		3-usul	
afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi	afzalligi	kamchiligi
Xulosa:					

“Keys-stadi” metodi

«**Keys-stadi**» - inglizcha so‘z bo‘lib, («case» – aniq vaziyat, hodisa, «stady» – o‘rganmoq, tahlil qilmoq) aniq vaziyatlarni o‘rganish, tahlil qilish asosida o‘qitishni amalga oshirishga qaratilgan metod hisoblanadi. Mazkur metod dastlab 1921 yil Garvard universitetida amaliy vaziyatlardan iqtisodiy boshqaruv fanlarini o‘rganishda foydalanish tartibida qo‘llanilgan. Keysda ochiq axborotlardan yoki aniq voqea-hodisadan vaziyat sifatida tahlil uchun foydalanish mumkin.

“Keys metodi” ni amalga oshirish bosqichlari

Ish bosqichlari	Faoliyat shakli va mazmuni
1-bosqich: Keys va uning axborot ta’minoti bilan tanishtirish	<ul style="list-style-type: none"> ✓ yakka tartibdagi audio-vizual ish; ✓ keys bilan tanishish(matnli, audio yoki media shaklda); ✓ axborotni umumlashtirish; ✓ axborot tahlili; ✓ muammolarni aniqlash
2-bosqich: Keysni aniqlashtirish va o‘quv topshirig‘ni belgilash	<ul style="list-style-type: none"> ✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muammolarni dolzarblik iyerarxiyasini aniqlash;

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ asosiy muammoli vaziyatni belgilash
3-bosqich: Keysdagi asosiy muammoni tahlil etish orqali o'quv topshirig'ining echimini izlash, hal etish yo'llarini ishlab chiqish	<ul style="list-style-type: none"> ✓ individual va guruhda ishlash; ✓ muqobil echim yo'llarini ishlab chiqish; ✓ har bir echimning imkoniyatlari va to'siqlarni tahlil qilish; ✓ muqobil echimlarni tanlash
4-bosqich: Keys echimini echimini shakllantirish va asoslash, taqdimot.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ yakka va guruhda ishlash; ✓ muqobil variantlarni amalda qo'llash imkoniyatlarini asoslash; ✓ ijodiy-loyiha taqdimotini tayyorlash; ✓ yakuniy xulosa va vaziyat echimining amaliy aspektlarini yoritish

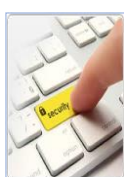
“Assesment” metodi

Metodning maqsadi: mazkur metod ta'lim oluvchilarning bilim darajasini baholash, nazorat qilish, o'zlashtirish ko'rsatkichi va amaliy ko'nikmalarini tekshirishga yo'naltirilgan. Mazkur texnika orqali ta'lim oluvchilarning bilish faoliyati turli yo'nalishlar (test, amaliy ko'nikmalar, muammoli vaziyatlar mashqi, qiyosiy tahlil, simptomlarni aniqlash) bo'yicha tashhis qilinadi va baholanadi.

Metodni amalga oshirish tartibi:

“Assesment”lardan ma'ruza mashg'ulotlarida talabalarning yoki qatnashchilarning mavjud bilim darajasini o'rganishda, yangi ma'lumotlarni bayon qilishda, seminar, amaliy mashg'ulotlarda esa mavzu yoki ma'lumotlarni o'zlashtirish darajasini baholash, shuningdek, o'z-o'zini baholash maqsadida individual shaklda foydalanish tavsiya etiladi. Shuningdek, o'qituvchining ijodiy yondashuvi hamda o'quv maqsadlaridan kelib chiqib, assesmentga qo'shimcha topshiriqlarni kiritish mumkin.

Har bir katakdagi to'g'ri javob 5 ball yoki 1-5 balgacha baholanishi mumkin.



Test



Muammoli vaziyat



**Tushuncha tahlili
(simptom)**



Amaliy vazifa

“Insert” metodi

Metodni amalga oshirish tartibi:

- o‘qituvchi mashg‘ulotga qadar mavzuning asosiy tushunchalari mazmuni yoritilgan matn tarqatma yoki taqdimot ko‘rinishida tayyorlaydi;
- yangi mavzu mohiyatini yorituvchi matn ta‘lim oluvchilarga tarqatiladi yoki taqdimot ko‘rinishida namoyish etiladi;
- ta‘lim oluvchilar individual tarzda matn bilan tanishib chiqib, o‘z shaxsiy qarashlarini maxsus belgilar orqali ifodalaydilar. Matn bilan ishlashda talabalar yoki qatnashchilarga quyidagi maxsus belgilardan foydalanish tavsiya etiladi:

Belgilar	Matn
“V” – tanish ma’lumot.	
“?” – mazkur ma’lumotni tushunmadim, izoh kerak.	
“+” bu ma’lumot men uchun yangilik.	
“– ” bu fikr yoki mazkur ma’lumotga qarshiman?	

Belgilangan vaqt yakunlangach, ta‘lim oluvchilar uchun notanish va tushunarsiz bo‘lgan ma’lumotlar o‘qituvchi tomonidan tahlil qilinib, izohlanadi, ularning mohiyati to‘liq yoritiladi. Savollarga javob beriladi va mashg‘ulot yakunlanadi.

III-BO‘LIM

NAZARIY

MATERIALLAR

III. NAZARIY MATERIALLAR

1-mavzu: Telekommunikatsiya texnologiyalarning dolzarb muammolari (2 soat)

Reja:

- 1.1. Kirish.
- 1.2. Ko‘p sonli ulanish texnologiyalari
- 1.3. Birinchi avlod - 1G standartlari. 2G – ikkinchi avlod standartlari. 2,5G avlod mobil aloqa tizimlari. 2,75G avlod mobil aloqa tizimlari.
- 1.4. 3G – uchinchi avlod standartlari
- 1.5. 3,5G avlod standartlari
- 1.6. 3G - uchinchi avlod sotali aloqa tizimlari
- 1.7. 3G standartlari

Tayanch iboralar: *GSM, DAMPS, sdmaOne, NMT, AMPS, Global mobile Suppliers Association, LTE, WiMAX, LTE Advanced, IEEE802.16m, Professional (Private) Mobile Radio, TETRA, AMPS, D-AMPS, TACS, JTACS/NTACS, Wireless Communication, Nordic Mobile Telephone, Nippon Telephone and Telegraph System, Personal Communications System*

1.1.Kirish.

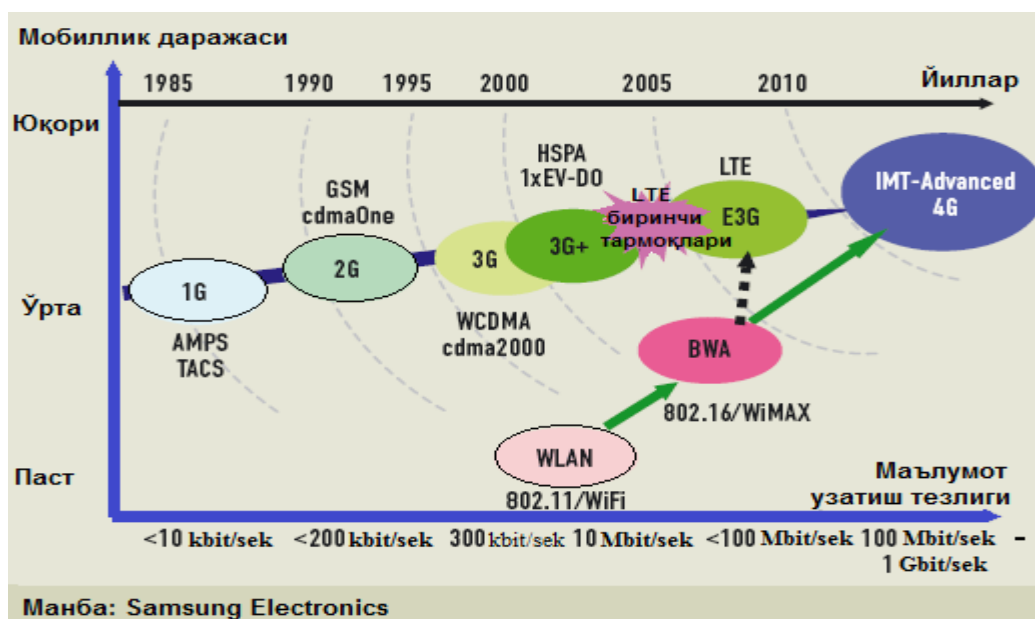
Sotali aloqa tizimlarida (yoki hozirgi vaqtda ko‘pincha atalganidek mobil aloqa tizimlarida) “avlodlar” almashishi shaxsiy kompyuterlar industriyasi yoki televizion texnikaga nisbatan yaqqolroq va aniqrok bo‘lmokda. Mobil aloqa dunyosida ko‘p narsa hisoblidir: 1G (ingl. «*First Generation*»- birinchi avlod) – bu analog aloqa tizimlari (NMT, AMPS standartlari); ikkinchi avlod - 2G, kanallar kommutatsiyalanishi asosida ishlaydigan raqamli aloqa tizimlari (GSM, DAMPS va sdmaOne standartlari); uchinchi avlod - 3G, kanallar kommutatsiyalanishi bilan birga paketlar kommutatsiyalanishini ham ko‘zda tutadi (UMTS va CDMA-2000 standartlari); va, nihoyat, to‘rtinchi avlod - 4G tarmoqlari to‘liq paketli IP-kommutatsiya asosida kuruladi (LTE Advanced, IEEE802.16m (WiMAX) va IEEE802.11ac (Wi-Fi) standartlari). Shunisi diqqatga sazovorki, mobil aloqa dunyosida avlodlarning almashishi muntazam ravishda har o‘n yilda bo‘lib o‘tmoqda.

Hozirgi kun ham dunyo miqyosida ikkinchi avlod mobil aloqa tizimlaridan uchinchi avlod tizimlariga o‘tish bilan bog‘liqdir. Xaqiqatan, tarqalishi darajasi bo‘yicha 3G tarmoqlari mobil aloqaning jahon bozorida 25 foizini egallagan holda, 2G tarmoqlarini quvlab, bosqichma-bosqich yetakchi o‘rinlarga chiqib bormoqda. Mobil qurilmalar yaratuvchilari global assotsiatsiyasining (ingl. *Global mobile Suppliers Association, GSA*) va CDMA rivojlanish guruhining (ingl. *CDMA Development Group, CDG*) hisobotlariga ko‘ra, 2011 yilning 11 mayiga kelib butun dunyoda 3G tarmoklari soni 700 dan oshib ketdi, abonentlar soni esa 1,3 milliardga

yetdi. Bu yosinda 3G texnologiyalarining funksional imkoniyatlari ham joyida turmayapti va 3,5G nomini olgan (ya'ni HSPA va HSPA+ tizimlari) yangi ishlanmalar sari rivojlanib bormoqda. Bunday sharoitda 3G tarmoqlarining istiqbollari yorqin ko'rinmoqda edi. Ammo bizning ko'z o'ngimizda qiziqarli bir jarayon ham yuz bermokda: sahnaga "4G" deb atalmish mobil aloqaning yangi avlodi (LTE texnologiyasi) kirib kelmoqda va jiddiy ravishda "oilada o'z o'rniga" da'vogarlik qilmoqda. Shu sababdan yaqin vaqtlarda 3G tarmoqlari to'liq kuch bilan rivojlanmasdan turib o'z o'rnini 4G tarmoqlariga bo'shatib berish ehtimoli paydo bo'lmoqda.

Lekin xolisona shuni ta'kidlash kerakki, mutaxassislar orasida boshqa fikrlar ham mavjud bo'lib, unga muvofiq holda 3G (aniqrog'i 3,5G va 3,75G) tarmoqlari xarakteristikallari bo'yicha 4G talablariga yaqinlashib, hali uzoq vaqtgacha mobil aloqa bozorida asosiy o'ringa ega bo'ladi.

Parallel ravishda keng polosali simsiz ulanish (KSU) tizimlari o'zining kichik zonadagi statsionar tarmoqlaridan (Wi-Fi) bir necha kilometrli hududlarni qoplaydigan mobil tarmoqlariga (WiMAX) qadar evolyusiyasida funksional imkoniyatlari va xarakteristikallari jihatidan 4G texnologiyalari sari rivojlanmoqdalar va bu bilan mobil aloqa tarmoqlariga yaqinlashmoqdalar (1.1-rasm).



1.1-rasm. Mobil va keng polosali tizimlarning evolyutsiyasi

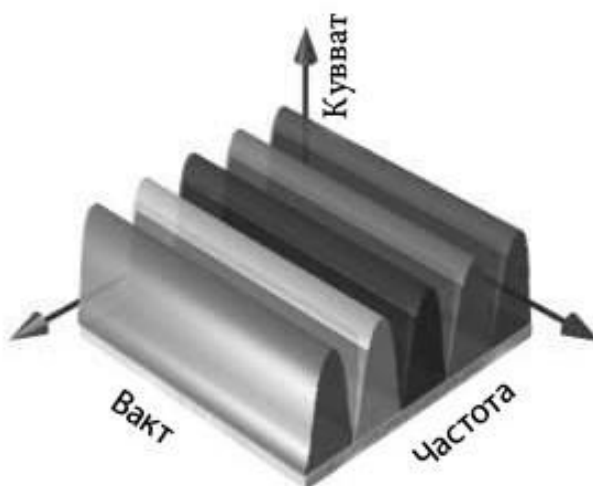
Ko'rib turganimizdek, mobil va keng polosali aloqa tizimlari va texnologiyalari ulkan rivojlanish jarayonida turibdi hamda inson faoliyatining turli sohalariga yanada ko'proq kirib bormoqda. Bu jarayonlarni chuqur o'rganish, mobil texnologiyalar rivojlanishi masalalaridan xabardor bo'lish, ularning istiqbollari va rivojlanish tendensiyalarini bilish mamlakatimizda mobil aloqa tizimlarining

rivojlanishi va joriy etilishining ratsional strategiyalarini aniqlash uchun juda muhim¹.

1.2. Ko‘p sonli ulanish texnologiyalari

Ko‘p sonli ulanish – bu tayanch stansiyaning (retranslyatorning) bir vaqtning o‘zida bir nechta abonent uskunalarining (mobil stansiyalarning) signallarini qabul qilish va uzatish qobiliyatini ifodalaydi. Ko‘p sonli ulanish (yoki kanallarni ajratish) texnologiyalari mobil aloqa texnologiyalari bilan birga chambarchas rivojlanib kelmoqda. Agar 1G va 2G avlodlarda, taqdim etilgan klassifikatsiyaga ko‘ra (1.1-jadval), HRT tizimlari asosan ikki texnologiya, ya’ni kanallarni chastota (FDMA) va vaqt asosida (TDMA) ajratish asosida ko‘p sonli ulanish usullari bilan qurilgan bo‘lsa, 3G avlod tizimlari kanallarni kodli ajratish (CDMA) texnologiyasi asosida qurilgan. To‘rtinchi avlod yangi mobil texnologiyalari esa kanallarni ortogonal chastotaviy ajratishli ko‘p sonli ulanish (OFDMA) usuli asosida qurilmoqda.

1. FDMA usuli (ingl. *Frequency Division Multiple Access*) analog HRT tizimlarida an’anaviy ravishda, shuningdek, ba’zi raqamli tizimlarda, odatda, boshqa usullar bilan birgalikda ishlatiladi. Chastotali ajratish usulida har bir abonentga uning to‘liq so‘zlashuvi mobaynida mavjud chastotalar diapazonidan alohida bir kanal (spektrning qisqa bo‘lagi) ajratib beriladi (1.2-rasm).



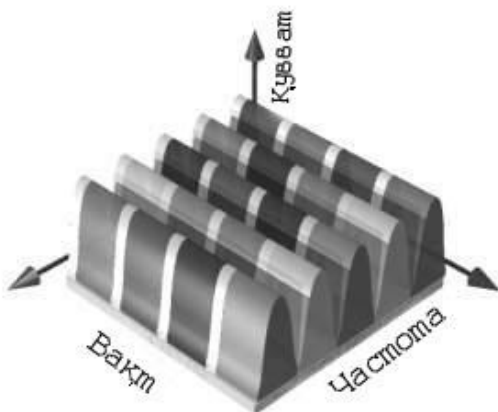
1.2-rasm. Kanallarni chastota bo‘yicha ajratish asosida ko‘p sonli ulanish usuli

Personal aloqa tizimlarida chastota kanali kengligi, odatda, 25-30kGs ni tashkil etadi. Abonentlarni ajratish uchun vaqt faktori emas, balki chastota faktori ishlatiladi. Bunday yondashuv qator afzalliklarga ega bo‘lib, barcha axborotlar real vaqtlarda uzatiladi, chastotalarni ajratish aloqani tashkil qilish jihatidan ham qulaydir. FDMAning asosiy kamchiligi (kichik faollikli) ko‘p sonli abonentlarga xizmat ko‘rsatishda past o‘tkazuvchanlik qobiliyati hisoblanadi.

2. TDMA (ingl. *Time Division Multiple Access*) usulidan ko‘plab raqamli

¹ Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008

HRT tizimlarida foydalaniladi: GSM, D-AMPS, TDMA (IS-136), PDC, DECT, TETRA va boshqalar. Chastota asosida ajratuvchi tizimlardan farqli o'laroq, bu usulda abonentlar keng chastota polosalarida ishlaydilar va ularning har biriga bu polosalar ichida vaqt intervallari (mantiqiy kanallar) ajratiladi va ma'lum bir vaqt mobaynida (ingl. *Time slot*) axborot uzatishga ruxsat etiladi (1.3-rasm).

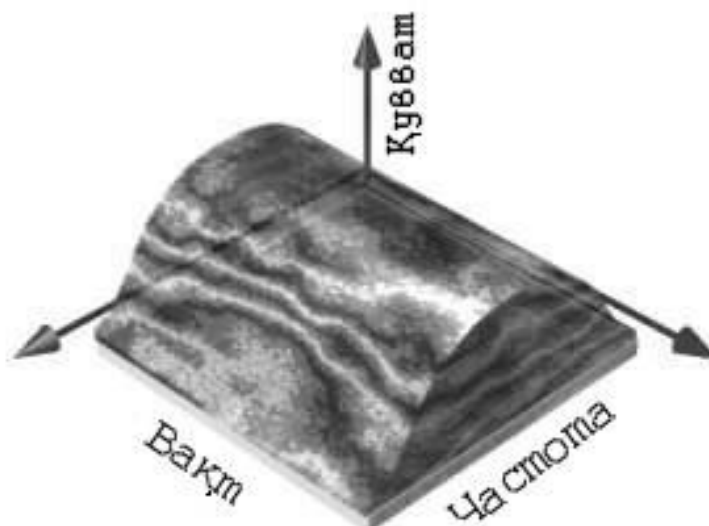


1.3- rasm. Kanallarni vaqt bo'yicha ajratish asosida ko'p sonli ulanish usuli

Masalan, GSM standartida 200kGs kenglikdagi polosa 8ta vaqt intervaliga (mantiqiy kanallarga) bo'linadi, D-AMPS standartida esa 30kGs li polosa 3 mantiqiy kanalga bo'linadi. Abonentga nisbatan trafik pulsatsiyalanuvchi xarakterga ega bo'ladi, ya'ni abonentlar soni ko'paygan sari, ularning axborot uzatish imkoniyatlari ham kamayaveradi. Aloqa kanalining o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish uchun TDMA usuli ko'pincha FDMA usuli bilan birgalikda ishlatiladi. Umuman olganda, TDMA usuli FDMA usuliga nisbatan tizimning kanal sig'imini 3 martagacha (yarim tezlikli kodlash ishlatilsa 6 martagacha) oshirar ekan.

3. CDMA (ingl. *Code Division Multiple*) texnologiyasi ikkinchi avlodga mansub CDMAone (IS-95) standartida va deyarli barcha uchinchi avlod standartlarida (10dan 8sida) ishlatiladi. Efirni bunday ajratish usulida trafik kanallari ularga raqamli kod berish asosida yaratiladi va ular butun polosa kengligida yoyiladi, ya'ni chastota va vaqt bo'yicha ajratilmaydi, abonentlar butun kanal kengligida ishlaydilar (1.4-rasm).

Alohida kanalning chastota polosasi juda keng bo'lib, abonentlarning uzatmalari ustma-ust tushadi, lekin ular kod bo'yicha farq qilganligi sababli, ularni bir-biridan ajratish mumkin bo'ladi. CDMA usulining asosiy prinsipi fizik kanallarni kodli ajratish bilan birgalikda psevdotasodifiy ketma-ketliklarni (PTK) modulyatsiyalash hisobiga spektrni kengaytirish hisoblanadi. Usulning afzalliklariga yuqori halaqitbardoshlikni, signalning ko'p nurli tarqalish sharoitlariga yaxshi moslashuvchanligini, tizimning yuqori sig'imlilikini va axborotlarning yaxshi himoyalanganligini kiritish mumkin.



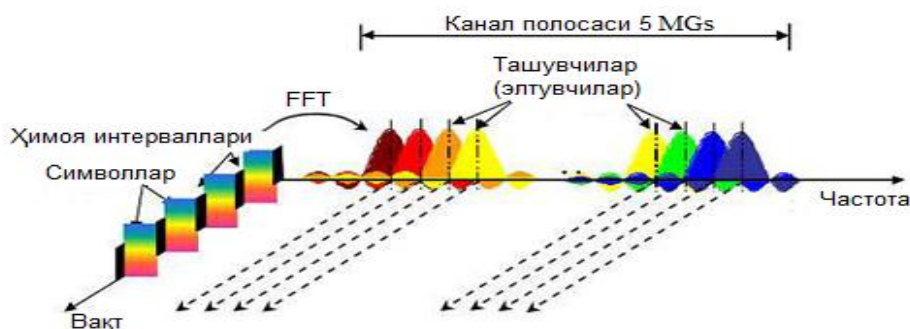
1.4-rasm. Kanallarni kod bo'yicha ajratish asosida ko'p sonli ulanish usuli

Texnik nuqtai nazardan CDMA asosidagi tizim boshqa FDMA va TDMA asosidagi tizimlardan farqlanadigan qator o'ziga xos hususiyatlari bilan tavsiflanadi. Avvalo, qabul qilinadigan signallar sathlarini yuqori aniqlikda tenglashtirish (tekislash) zarur, shuningdek, tizimli vaqt shkalasining absolyut qiymatigacha aniqlikda mobil stansiyalarning sinxronligini ta'minlash kerak. Tizimning sig'imi bo'yicha CDMA usuli TDMA usulidan 3 marta samaraliroqdir (lekin, TDMA da spektral samaradorlikni oshirishning takomillashtirilgan usullari qo'llanilishi natijasida ushbu ko'rsatkich bo'yicha CDMA usuli bilan tenglashib oldi).

4. OFDMA usuli (ingl. *Orthogonal Frequency Division Multiple Access*) ko'p sonli yaqin joylashgan ortogonal nimeltuvchi chasotalardan foydalangan holda ko'psonli ulanishning raqamli sxemasi hisoblanadi. Bunda bir mantiqiy kanal, odatda, butun ruxsat etilgan chastotalar diapazoni bo'ylab taqsimlangan nimeltuvchilarning ma'lum bir to'plami orqali tashkil etiladi. Har bir nimeltuvchi past simvolli tezlikda ishlaydigan oddiy modulyatsiya sxemalari (masalan, kvadratura-amplitudaviy modulyatsiya, QAM) asosida modullanadi. Bunda huddi shunday o'tkazish polosasida bir eltuvchi asosida ishlaydigan oddiy modulyatsiya sxemalaridagi kabi ma'lumot uzatish umumiy tezligi saqlab qolinadi. OFDMA-simvoli o'z ichiga ma'lumot uzatish zonasini va bu zonadan oldin turadigan simvollararo interferensiyani oldini oluvchi himoya intervalini (ya'ni, simvolning boshlang'ich fragmentini takrorlanishi) kiritadi (1.5-rasm).

Bir eltuvchili sxemalarga nisbatan OFDMAning asosiy afzalligi uning kanaldagi murakkab vaziyatlarga bardosh berish qobiliyati hisoblanadi (masalan, murakkab filtr-ekvalayzerlardan foydalanmagan holda tor polosali halaqitlar va to'lqin tarqalishining ko'pnurliligidan kelib chiqadigan chastota-tanlovchanlik so'nishlarga qarshi kurashish kabilar). OFDM-signal bitta tez modullanadigan keng polosali signal sifatida emas, balki ko'plab sekin modullanadigan tor polosali signallar sifatida ko'rilishi lozim. Simvollarining past tezligi ular orasida himoya intervalidan foydalanishga imkon beradi, va shu tufayli vaqt bo'yicha sochilishlarni

to'g'rilashga va simvollararo buzilishlarni tuzatishga xizmat qiladi. Spektral samaradorlik nuqtai nazaridan OFDMA usulini CDMA usuliga nisbatan taxminan 10 karra yuqoriroq deb xisoblash mumkin².



1.5-rasm. Kanallarni ortogonal chastotali ajratish asosida ko'p sonli ulanish usuli

1.3. Birinchi avlod - 1G standartlari. Qayd qilib o'tilganidek, mobil aloqaning ilk tijorat tarmoqlari 70-yillarning oxiri va 80-yillarning boshlarida paydo bo'lgan. Ularning barchasida ovozni uzatishda analogli chastotaviy modulyatsiyadan foydalanilgan. Birinchi avlod sotali aloqa standartlariga, odatda, quyidagilar kiritiladi (1.1-jadvalga qarang):

- **AMPS** (ingl. *Advanced Mobile Phone Service* - "Takomillashtirilgan mobil telefon xizmati", shuningdek, "Shimoliy Amerika standarti" nomi bilan mashhur. 800MGs diapazonda ishlagan, 1983 yilda foydalanishga tushirilgan) - AQSh, Kanada, Markaziy va Janubiy Amerika, Avstraliya kabi xudud va davlatlarda keng qo'llanilgan; O'z vaqtida (1995 yilda) jahondagi mobil aloqa tarmoklaridagi barcha abonentlarning 1/3 qismiga xizmat ko'rsatgan va D-AMPS raqamli modifikatsiyasi bilan birgalikda eng keng tarqalgan sotali tizim bo'lgan. Jumladan, Rossiyada AMPS regional standart sifatida (asosan D-AMPS variantida) tasdiqlangan va eng keng tarqalgan standart hisoblangan. O'zbekistonda AMPS/D-AMPS standartlari "Uzdunrobita" hamda "Rubicon Wireless Communications" operatorlari tomonidan ishlatilgan;

- **TACS** (ingl. *Total Access Communication System* - "Umumulanishli aloqa tizimi", 900MGs diapazonda ishlagan, 1985 yilda ishga tushirilgan) - Buyuk Britaniya, Italiya, Ispaniya, Avstriya, Irlandiya davlatlarida foydalanilgan, Amerikaning AMPS standarti asosida ishlab chiqilgan. ETACS (Yevropa) va JTACS/NTACS (Yaponiya) modifikatsiyalariga ega bo'lgan. TACS analog standartlari orasida tarqalishi bo'yicha ikkinchi o'rinda turgan. 1995 yilda abonentlar bazasi bo'yicha ham u jahonda ikkinchi o'rinni egallagan, lekin 1997

² LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012

yilga kelib tez rivojlangan raqamli standartlar tomonidan to‘rtinchi o‘ringa tushirib qo‘yilgan;

– **NMT - 450** (ingl. *Nordic Mobile Telephone* – “Shimoliy davlatlar mobil telefoni”, 450MGs diapazonda ishlagan, 1981 yilda ishga tushirilgan) mobil aloqa tarixidagi ilk standartdir. Skandinaviya davlatlarida va jahonning boshqa ko‘plab mintaqalarida foydalanilgan. “Skandinaviya standarti” nomi bilan mashhur bo‘lgan. Jahonning analog standartlari orasida tarqalishi bo‘yicha uchinchi o‘rinni egallagan. Aholi nisbatan siyrak joylashgan hududlarda uzoq masofalarda aloqa ta‘minlash uchun ancha qulay bo‘lgan. 1985 yilda NMT-450 bazasida 900MGs diapazonida ishlaydigan NMT-900 standarti ishlab chiqilgan;

– **S-450** (450MGs diapazonda ishlagan, 1984 yilda ishga tushirilgan) – asosan Germaniya va Portugaliyada foydalanilgan;

– **RTMS 101H** (ingl. *Radio Telephone Mobile System* - “Radiotelefon mobil tizimi”, 450MGs diapazonida ishlagan, 1985 yilda ishga tushirilgan) - Italiyada ishlab chiqarilgan va foydalanilgan;

– **Radiocom 2000** (170MGs, 200MGs, 400MGs dipazonlarida ishlagan, 1985 yilda ishga tushirilgan) - Fransiyada ishlab chiqarilgan va foydalanilgan;

– **NTT** (ingl. *Nippon Telephone and Telegraph System* - “Yaponiya telefon va telegraf tizimi”, 800-900MGs dipazonlarida uchta variantda ishlatilgan, 1986 yilda ishga tushirilgan) – Yaponiyada ishlatilgan.

Barcha analog standartlarda ovozni uzatish uchun chastotaviy modulyatsiya (ChM) yoki fazaviy modulyatsiya (FM) ishlatilgan, boshqarish signallarini (yoki signalizatsiyani) uzatish uchun esa chastotaviy manipulyatsiyadan foydalanilgan. Turli kanallarda axborot uzatish uchun chastota spektrining turli qismlaridan foydalanilgan. Turli standartlarda 12,5kGsdan 30kGsgacha bo‘lgan polosalarda FDMA usulidan foydalanilgan. Analog tizimlarning asosiy kamchiligi ham aynan shu bilan bog‘liq edi, ya‘ni ajratilgan polosada chastota bo‘yicha kanallarni ajratish chastota resurslaridan samarali foydalanish imkonini bermas edi va, shu bilan birga, abonent sig‘imi ham nisbatan kichik bo‘lishiga sabab bo‘lar edi. Ko‘p sonli o‘zaro mos bo‘lmagan standartlarning mavjudligi ham jahonda sotali aloqa xizmatlarini ommalashishiga halaqit berdi. Bu kamchiliklar o‘tgan asr 80-yillarining o‘rtalaridayoq, ya‘ni jahonning yetakchi davlatlarida sotali aloqaning keng tarqalishi davrida yaqqol namoyon bo‘lib qoldi, shu sababli ko‘plab tadqiqotchilarning asosiy e‘tibori yangi mukammal texnik yechimlarni qidirishga yo‘naltirildi. Bu harakatlar va qidiruvlar natijasida ikkinchi avlod tizimlari – “2G” nomini olgan raqamli sotali tizimlar paydo bo‘la boshladi. Raqamli sotali aloqa tizimlariga o‘tishga zamin yaratgan omillar ushbu raqamli texnikaning keng joriy etilishi, past tezlikli kodlash usullarining ixtiro qilinishi va signallarga raqamli ishlov berish uchun juda kichkina mikrosxemalar yaratilishi kabilar bo‘ldi.

Shu bilan birinchi avlod tarmoqlarining “asri” asta-sekin tugab, ular o‘z o‘rnini yangi, ikkinchi avlod tizimlariga bo‘shata boshlashdi. Analog tizimlarning abonentlari soni tez sur‘atlarda kamayib bordi: 1997 yil 91,4 million, 1999 yil 79,5 million, 2003 yilga kelib esa bor yo‘g‘i 54,5 million kishini tashkil etdi va h.k. Lekin turli standartlar uchun bu jarayon turlicha kechdi. Masalan, AMPS tarmoqlari qisqa

vaqt ichida D-AMPS va cdmaOne standartlari bilan almashtirilgan bo'lsa, aksincha, NMT-450 standartining amaldagi tarmoqlarini (2G tomon qilingan ba'zi bir takomillashtirishlar bilan) yangi asrning boshlarigacha uchratish mumkin edi. Xulosa qilib shuni aytish lozimki, 1G tarmoqlari o'zining tarixiy missiyasini (vazifasini) bajardi, ya'ni, birinchidan, kanallarni ajratishning sotali prinsipi texnik g'oyasining to'g'riligini tasdiqladi, ikkinchidan, bu turdagi aloqaning o'sish imkoniyatini ko'rsatdi va, nihoyat, sotali aloqa tizimlarini takomillashtirishning asosiy yo'nalishlarni aniqlab berdi.

2G – ikkinchi avlod standartlari. Yuqorida qayd qilib o'tilganidek, raqamli sotali aloqa tizimlarining ilk loyihalari o'tgan asrning 90-yillari boshlarida paydo bo'la boshladi. Bunday tizimlarning oldingi analog tizimlardan ikki prinsipial farqi bor edi:

- analog tizimlardagi kabi kanallarni chastota bo'yicha taqsimlash (FDMA) usuli o'rniga vaqt bo'yicha taqsimlash (TDMA) hamda kodlar bo'yicha taqsimlash (CDMA) usullari bilan birga modulyatsiyaning spektral samarador usullarini ishlatish;

- ovoz va ma'lumot uzatishni integratsiyalash bilan birgalikda ma'lumotlarni shifrlash (mahfiylashtirish) hisobiga foydalanuvchilarga keng turdagi xizmatlar spektrini taqdim etish imkoniyatining mavjudligi.

Biroq raqamli tizimlarga o'tish oson bo'lmadi. Masalan, AQShda AMPS analog standarti o'z vaqtida juda keng tarqalgan va uni to'g'ridan-to'g'ri raqamli tizim bilan almashtirishni imkoniyati amalda deyarli mavjud emas edi. Ushbu muammo bir chastota diapazonida ikki tizimning aralash holda ishlashini ta'minlaydigan ikki rejimli analog-raqam tizimini ishlab chiqish orqali hal qilindi. Mazkur standart bo'yicha ishlar 1988 yilda boshlanib, 1992 yilda tugatildi va standart **D-AMPS** nomini (*Digital* – ingl. “raqamli” old qo'shimchasi bilan) yoki **IS-54** belgisini oldi. Standartning amalda ishlatilishi 1993 yilda boshlandi.

Yevropada ham ko'plab bir-biriga mos bo'lmagan analog standartlarning mavjudligi tufayli ahvol qiyinlashdi. Bu yerda vaziyatdan chiqishning yagona yechimi umumiy Yevropa standarti - **GSM** (GSM-900, 900MGs diapazoni) ning ishlab chiqilishi bo'ldi. Standart ustida ishlar 1982 yili boshlandi va 1987 yilga kelib, standartning barcha asosiy xarakteristikalarini aniqlab olindi. 1988 yilda esa standartning asosiy hujjatlari qabul qilindi. GSM-900 ning amalda qo'llanilishi 1991 yildan boshlandi.

Texnik xarakteristikalarini bo'yicha D-AMPS tizimiga o'xshash raqamli standartning yana bir turi Yaponiyada 1993 yilda yaratildi. Dastlab u **JDC** (ingl. *Japan Digital Cellular* - “Yaponiya raqamli sotali aloqasi) nomi bilan, keyinchalik, 1994 yildan boshlab esa PDC (ingl. *Personal Digital Cellular* - “Personal raqamli sotali aloqa”) nomi bilan tanildi (2.2-jadvalga qarang).

Mobil aloqa raqamli tizimlarining rivojlanishi bu bilan to'xtab qolgani yo'q. D-AMPS standarti kanallarni boshqarishning yangi usullari yaratilishi hisobiga yanada takomillashib bordi. Gap shundaki, IS-54ning raqamli versiyasi analog AMPS standartining kanallarni boshqarish tuzilmasini o'zida saqlab qolgan, bu esa, o'z navbatida, tizimning imkoniyatlarini cheklab qo'yar edi. Raqamli kanallarni boshqarishning yangi usuli standartning IS-136 versiyasida (standartning tijorat

nomlanishi - TDMA) kiritildi. Ushbu versiya 1994 yilda ishlab chiqildi va 1996 yildan boshlab ishlatila boshladi. Bunda TDMA standartining AMPS/D-AMPS standartlari bilan moslashuvi saqlab qolindi, ammo boshqarish kanali sig'imi oshirildi hamda tizimning funksional imkoniyatlari sezilarli darajada kengaytirildi.

GSM standarti texnik takomillashtirishni davom ettirib, (ketma-ket kiritilgan 1, 2 va 2+ fazalar) 1989 yilda yangi 1800MGs chastota diapazonini o'zlashtira boshladi. GSM-1800 tizimining avvalgi GSM-900 tizimidan farqi ko'proq texnik jihatdan emas, balki texnik yechimlar asosidagi marketing yutuqlaridan iborat edi, ya'ni kichik o'lchamli yacheykalar (sotalar) bilan birgalikda, kengroq diapazondagi ishchi chastotalar polosasida ishlash natijasida anchagina katta sig'imli sotali tarmoqlar qurish imkoniyatini berdi. Nisbatan ixcham (kompakt), yengil, qulay va arzon abonent terminallarini ishlab chiqish natijasida mobil aloqa tizimidan foydalanish ommaviy tus olishiga erishildi. GSM-1800 standarti (asosan GSM-900 standartiga qo'shimchalar ko'inishda) 1990-91 yillarda Yevropada ishlab chiqildi va **DCS-1800** (ingl. *Digital Cellular System*- "Raqamli sotali aloqa tizimi") nomini oldi. Standart dastlab (1993 yillarda) PCN (ingl. *Personal Communication Network* - "Personal aloqa tarmog'i") nomi bilan ham yuritildi. Keyinchalik esa (1996 yilda) standartni **GSM-1800** deb nomlash to'g'risida qaror qabul qilindi.

GSM tarmoqlarining rivojlanish yo'lidagi asosiy qadami – bu bir necha kanal intervallarini (taym-slottlarni) birlashtirish hisobiga ma'lumot uzatish tezligini oshirish imkonini beradigan - **HSCSD** (ingl. *High Speed Circuit Switch Data* - kanal kommutatsiyasi hisobiga yuqori tezlikda ma'lumot uzatish) sxemasining kiritilishi bo'ldi. Taym-slottlarni birlashtirish natijasida 19,2 (9,6x2) va 28,8 (14,4x2) kbit/sek tezliklarga erishish mumkin bo'ldi. Bunda tarmoq tuzilmasi va apparat qismiga emas, balki protokollarni qo'llab-quvvatlaydigan dasturiy vositalargagina tegishli o'zgartirishlar kiritish yetarli bo'ldi. Yuqoriroq tezliklarga erishish uchun esa (masalan, $9,6 \times 4 = 38,4$ kbit/sek) abonent uskunalarning apparat qismini modernizatsiya qilish talab qilinardi.

Shunisi ajablanarliki, AQShda 1800MGs diapazoni boshqa foydalanuvchilar bilan band bo'lsa-da, lekin 1900MGs diapazonida bo'sh polosalar topildi va bu diapazon Amerikada "Personal aloqa tizimlari diapazoni" (ingl. *Personal Communications System* - **PCS**) nomini oldi. "Sotali aloqa diapazoni" nomi esa (ingl. *Sellular Band*) 800MGs diapazonida qoldirildi. 1900MGs diapazonini o'zlashtirish 1995 yilning oxirlarida boshlandi va bu diapazonda TDMA (IS-136) standartining ishlashi ko'zda tutildi (bu davrga kelib, AMPSning shu diapazondagi analog versiyasi ishlatilmas edi). GSM standartining ushbu versiyasi ("Amerika" GSM-1900 yoki IS-661 standarti) 1997 yilda ishga tushirildi.

Yaponiyada ham personal aloqa yo'nalishida keskin burilish sodir bo'ldi, bu yerda 1800MGs diapazonidagi **PHS** (ingl. *Personal Handyphone System* - "Personal qo'l telefoni tizimi") standarti 1991-1992 yillarda ishlab chiqilib, 1995 yildan boshlab keng foydalanishga topshirildi.

Yuqorida sanab o'tilgan barcha ikkinchi avlod raqamli tizimlari kanallarni vaqt bo'yicha taqsimlash (TDMA) usuliga asoslangan edi. Biroq 1992-1993 yillardayoq, AQShda Qualcomm kompaniyasi tomonidan kanallarni kodli taqsimlash (CDMA) usuli asosidagi standart ishlab chiqildi va ishlatish uchun

tavsiya qilindi. Standart **cdmaOne** nomini hamda IS-95 belgisini oldi. Standart dastlab, 800MGs diapazonida foydalanish uchun mo'ljallangan edi. 1995-1996 yillar davomida cdmaOne asosidagi tarmoqlar AQSh, Gonkong va Janubiy Koreyada ishlatila boshladi. Shu bilan bir vaqtda AQShda bu standartning 1900MGs diapazoniga mo'ljallangan versiyasi ham ishlatila boshladi.

Shuni ta'kidlash lozimki, 2-avlod tizimlari ham bir-birlari bilan o'zaro moslashmagan edi. Jahonning uch yirik mintaqasining har birida - Shimoliy Amerika, Yevropa va Osiyoda turli texnologiyalar va birinchi avlod analog tizimlaridan ikkinchi avlodga o'tishning turli yo'llaridan foydalanilayotgan edi. Bundan tashqari, har bir mintaqa ichidagi ayrim davlatlar ham xarakatdagi radioaloqa tizimlarini yaratish va joriy etishga turlicha yondashayotgan edilar. Shunga qaramay, ikkinchi avlod raqamli tizimlari oldida turgan asosiy masala - ommaviy ravishda ovozli aloqa va past tezlikda ma'lumot uzatish xizmatlarini taqdim etishga erishilgan edi.

2,5G avlod mobil aloqa tizimlari.

Signallarni raqamli uzatish tizimiga o'tish natijasida, bir tomondan, radioresurslardan foydalanish samaradorligining oshishi, boshqa tomondan, ma'lumotlarni yuqori tezlikda uzatishga bog'liq ilovalarning ommaviylashishi axborotlarni uzatish usullari va mobil aloqa tizimlarining keyingi evolyusiyasiga sabab bo'ldi. Garchi o'tgan asrning 90-yillar oxirlariga kelib, 3G tarmoqlarining asosiy spesifikatsiya (tavsifnoma) lari aniqlangan bo'lsa-da, quyida keltirib o'tiladigan ayrim sabablarga ko'ra real tijorat tarmoqlarining paydo bo'lishi biroz kechikdi. Boshqa tomondan, GSM tarmoqlari butun dunyoda shunday keng tarqalgan ediki, ularning yaqin orada 3G tarmoqlariga almashtirilishi haqiqatdan yiroq edi. Shuning uchun ishlab chiqaruvchilar tomonidan GSM tarmoqlaridan 3G tarmoqlariga bosqichma-bosqich o'tish (ya'ni, evolyusion tarzda, texnologiyalarni takomillashtirib borish yo'li bilan) varianti taklif etildi. Bunday oraliq bosqich 2,5G avlod mobil aloqa tizimlari nomini olgan, paketli rejimda axborot uzatish texnologiyasining yaratilishi orqali amalga oshirildi. Ma'lumki, kanallarni kommutatsiyalash tarmoqlarida radioresurslardan foydalanish samarasi ancha past: uzatiladigan axborot seanslar asosida uzatiladi va ma'lumotlarni uzatish oraliqlarida kanallar bekor turadi. Shu sabab radiotarmoqlarda foydalaniladigan ma'lumot yuborish bo'yicha ilovalar va xizmatlar tahlili o'tkazildi va uning natijasida GPRS nomini olgan ma'lumotni paketlar asosida uzatadigan yangi texnologiya yaratildi.

GPRS (ingl. *General Packet Radio Service* - umumiy foydalanish uchun paketli radioaloqa xizmati) - GSM texnologiyasi ustidagi ma'lumotlarni paketlab uzatuvchi qurilmadir. GPRS texnologiyasi foydalanuvchilarga GSM tarmog'i ichidagi boshqa qurilmalar bilan, yoki tashqi tarmoqlar bilan, jumladan, Internet tarmog'i bilan ma'lumot almashish imkonini beradi.

GPRSDan foydalanilganda, axborot paketlarga bo'linadi va ayni vaqtda egallanmagan ovoz kanallari orqali uzatiladi. Bunday texnologiya GSM tarmog'ida chastota resurslaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Shuningdek, aloqa operatori ovoz va ma'lumot trafiklari orasida muhimlik darajasi asosida imtiyozlarni o'rnatishi mumkin. Birdaniga bir necha kanallardan foydalanish evaziga ma'lumot

uzatish tezligini ancha yuqori darajaga yetkazish mumkin. Jumladan, TDMA taym-slotlarining barchasini ishlatgan holda nazariy maksimal tezlik 171,2 kbit/sek.gacha yetishi mumkin. Ma'lumot uzatish tezligi hamda tovush va ma'lumot trafiklarini aralashtirib uzatish imkoniyati bo'yicha GPRS texnologiyasining turli sinflari mavjud.

Aloqa sessiyasi o'rnatilganda, tarmoqning har bir uskunasiga unikal (yagona) manzil (IP-manzil) ajratiladi. GPRS texnologiyasi TCP/IP protokollar stekini qo'llab-quvvatlaydi va shuning uchun uning Internet bilan ishlashi foydalanuvchi uchun "sezilarsiz" amalga oshadi. GPRS xizmati ma'lumotlarni ham yuqori, ham past tezlikda uzatish, shuningdek, boshqarish signallarini uzatish maqsadida ishlatiladi va shu bilan tarmoqlar hamda radioresurslardan ancha unumli foydalanishni ta'minlaydi.

2,75G avlod mobil aloqa tizimlari.

GSM tizimlarining ma'lumotlarni paketlab uzatishda tezlikni oshirish yo'nalishidagi keyingi rivojlanishi EDGE texnologiyasining yaratilishiga olib keldi. Ushbu texnologiya ilk bor 2003 yilda AQShda ishga tushirildi. Texnologiya aynan Shimoliy Amerika GSM-operatorlari tomonidan qo'llab-quvvatlandi, chunki u yerda kuchli raqobatchi - CDMA-2000 standarti paydo bo'lgan edi. O'sha yillari ko'plab GSM-operatorlar (asosan Yevropa operatorlari) navbatdagi yo'nalish sifatida UMTS texnologiyasini rivojlantirishni ko'zda tutgan edilar, shuning uchun dastlab YeEDGE ning joriy etilishini o'tkazib yuborishni yoki faqat UMTS tarmoqlari qamray olmagan hududlardagina ishlatishni ma'qul ko'rishdi. Biroq UMTS texnologiyasini joriy etishning iqtisodiy jihatdan murakkabligi hamda ishlar hajmining kattaligi (amalda tasdiqlanganidek) ba'zi g'arbiy yevropalik operatorlarni YeEDGEga nisbatan o'z qarashlarini qayta ko'rib chiqishga majbur qildi va YeEDGE yordamida bosqichma-bosqich rivojlanish maqsadga muvofiqligi tan olindi.

EDGE (ingl. *Enhanced Data rates for GSM Evolution*) - 2G va 2,5G tarmoqlariga ustqurilma, ya'ni takomillashtirilgan variant sifatida ishlab chiqilgan mobil aloqa raqamli texnologiyasidir. Ushbu texnologiya GSM va TDMA standartlari asosida ishlaydi va uni joriy qilish uchun ma'lum bir modifikatsiyalar va takomillashtirishlar talab qilinadi. EDGE texnologiyasida GSM/GPRSlarda ishlatilgan GMSK (ingl. *Gaussian Minimum-Shift Keying*) binar manipulyatsiya usuli ko'p pozitsiyali 8PSK (ingl. *8 Phase Shift Keying*) usuli bilan almashtirilishi hisobiga GPRS texnologiyasiga nisbatan ma'lumot uzatish tezligi 3 martaga oshadi (eltuvchi fazasining har bir o'zgarishida GPRS dagi 1bit o'rniga, 3 bitli ketma-ketlik uzatiladi). Bu esa GSM/EDGE tarmog'ida taqdim etiladigan umumiy tezlikni sezilarli darajada oshirish imkonini berdi. Xususan, YeEDGE texnologiyasi 473,6kbit/sek gacha tezlikda (har biri 59,2kbit/sek dan 8ta taym-slot jalb etilganda) ma'lumot uzatish tezligini ta'minlaydi. Bu esa HTI tomonidan 3G tarmoqlariga qo'yilgan talablarga mos keldi. Shu bois EDGE texnologiyasi HTI tomonidan IMT-2000 Dasturining bir qismi sifatida qabul qilindi va u asosida qurilgan tarmoqlar ham 2G, ham 3G avlodiga kirishi mumkin (tashkil qilingan tarmoqning o'tkazish qobiliyatidan kelib chiqib) deb tan olindi.

YeEDGE texnologiyasining o'ziga xos xususiyatlaridan yana biri

halaqitbardoshli kodlashda “ko‘payuvchan ortiqchalik” (ingl. *Incremental Redundansy*) usulini ishlatishdir. Bu usulda buzilgan, ya’ni xatolik mavjud paketlarni takroriy jo‘natish o‘rniga qo‘shimcha ortiqcha ma’lumot (qo‘shimcha “bit”) yuboriladi. Ushbu qo‘shimcha ma’lumot qabul qilgichda yig‘ilib turadi va buzilgan paketlarni to‘g‘ri dekodlash imkoniyatini oshiradi. Shuningdek, GPRSdagi kabi YeEDGE texnologiyasida ma’lumot uzatish tezligi va sifatiga ta’sir qiluvchi, radiokanal holatiga moslashtirilgan modulyatsiya va kodlash sxemasini adaptiv sozlovchi MCS (ingl. *Modulation and Coding Scheme*) algoritmidan foydalanilgan.

EDGE asosida quyidagi texnologiyalar ishlashi mumkin:

- ECSD (ingl. *Enhanced Circuit Switch Data*) - CSD kanali bo‘yicha Internetga tezkor ulanish;
- EHSCSD (ingl. *Enhanced High Speed Circuit Data*) - HSCSD kanali bo‘yicha ulanish;
- EGPRS (ingl. *Enhanced General Packet Radio Service*) - GPRS kanali bo‘yicha ulanish.

Shunga o‘xshash, oraliq texnologiyalarni ishlab chiqish ikkinchi avlodning boshqa standartlari uchun ham paydo bo‘ldi. Xususan, cdmaOne (IS-95) tarmoqlarida ma’lumot uzatish tezligini oshirish uchun modulyatsiyaning takomillashtirilgan usullaridan foydalanish taklif etildi va buning hisobiga trafikning asosiy 64ta kanaliga ortogonal bo‘lgan 64ta qo‘shimcha kanal hosil qilindi.

Shimoliy Amerikadagi ko‘pchilik GSM-operatorlar boshqa regionlardagi operatorlar kabi 3G avlod oilasiga yaqin bo‘lgan EDGE texnologiyasidan foydalandilar. Amerikaning AT&T Wireless kompaniyasi ushbu texnologiya xizmatlarini o‘z abonentlariga 2003 yilda, T-Mobile USA 2005 yil oktabr oyida, Kanadaning Rogers Wireless kompaniyasi esa 2003 yil oxirlarida taqdim etdi. EDGE texnologiyasining qulaylik jihatlari uning GSM standarti ishlaydigan chastotalarda ishlay olishi, mobil terminallar ishlab chiqaruvchilar uchun uni tadbiq qilish osonligi, foydalanishning qulayligi, GSM texnologiyasida ishlovchilar uchun bu standartga o‘tishning osonligi va hokazolardir.

CDMA-2000 1X (IS-2000) (1xRTT va 1x sifatida ma’lum bo‘lib, ingl. *One Time Radio Transmission Technology*) - CDMA texnologiyasiga asoslangan ma’lumotlarni yuqori tezlikda uzatishga mo‘ljallangan mobil aloqa standartidir. Standart paketlarni kommutatsiyalash yordamida uzatish prinsipi asosida ishlaydi. Uning nazariy jihatdan maksimal ma’lumot uzatish tezligi 153kbit/sek, lekin amaldagi real tezligi 60-100kbit/sek ni tashkil etadi. 1xRTT tizimi 1,25MGs kenglikdagi o‘tkazish polosasida ishlaydi. Bu texnologiya ham HTI tomonidan IMT-2000 Dasturining bir qismi sifatida tasdiqlangan.

1.4. 3G – uchinchi avlod standartlari. Shunday qilib, o‘tgan asrning oxirida ikkinchi avlod mobil aloqa tizimlarining asosiy kamchiligi ularning past 9,6-14,4kbit/sek. tezlikda ma’lumot uzatishi bo‘ldi. Shu sababli, IMT-2000 doirasida 3G tarmoqlarida kam harakatlanadigan abonentlar uchun 2Mbit/sek gacha va mobil abonentlar uchun 384kbit/sek gacha ma’lumot oqimi tezliklariga erishish bo‘yicha ishlar olib borildi. Ma’lumki, jahonda 3GRR va 3GRR-2 nomlari bilan mashhur bo‘lgan uchinchi avlod standartlarini shakllantiruvchi ikkita global hamkorlik

birlashmalari mavjud. 3GRR qatnashchilari chastota (FDD) va vaqt (TDD) asosida duplekslashdan foydalanadigan keng polosali W-CDMA (ingl. *Wideband-CDMA*) texnologiyalari uchun xos hususiyatlarni muvofiqlashtirishga erishdilar va HTIga tegishli, IMT-DC va IMT-TC loyihalarini taqdim etdilar. Radiointerfeysni tashkil etish bo'yicha asos sifatida Yevropa takliflari - UTRA (ingl. *UMTS Terrestrial Radio Access* - UMTS tizimiga yer usti ulanish radiointerfeysi) asosida UTRA FDD va UTRA TDD variantlari qo'yildi. 3GPP-2 birlashma a'zolari D-AMPS texnologiyasini UWC-136 texnologiyasigacha va cdmaOne texnologiyasini CDMA-2000 texnologiyasigacha rivojlantirish bo'yicha evolyusion yo'llarni taklif etishdi. Bu takliflar HTIga, tegishli, IMT-SC va IMT-MC loyihalari sifatida taqdim etildi (1.1-jadvalga qarang).

Shunday qilib, IMT-2000 Dasturi doirasida 3G darajasida standartlarni birlashtirishga urinishlarga qaramasdan, jahonda W-CDMA (UMTS, FOMA) va CDMA-2000 texnologiyalari asosidagi o'zaro moslashmaydigan ikkita standartlar oilasi vujudga keldi (1.2-jadvalga qarang). Uchinchi avlod mobil aloqa tizimlari haqida keyingi paragraflarda atroflicha ma'lumot beriladi, shu bois bu o'rinda faqat ularning rivojlanish jarayonini yoritish bilan cheklanamiz.

1.1-jadval

IMT-2000 radiointerfeyslari

Radio interfeys xarakteristikasi	Radiointerfeyslar					
	IMT-DS	IMT-MC	IMT-TC	IMT-SC	IMT-FT	IMT Advanced
Spesifikatsiya-larni ishlab chiquvchi tashkilot	3GPP, ARIB, ETSI	3GPP2, TIA, TR-45.3	3GPP, ETSI, CWTS	3GPP2, UWCC, TR-45.3, TIA	ETSI	IEEE
HTI tomonidan radiointerfeys qabul qilingan yili	1999y.	1999y.	1999y.	1999y.	1999y.	2007y.
Asosidagi texnologiya	W-CDMA, UTRA FDD	CDMA-2000	UTRA TDD, TD-SCDMA	UWC-136	DECT EP	Wireless MAN, WiMAX
Ulanish usuli	DS-CDMA	MC-CDMA	TDMA/CDMA	TDMA	MC-TDMA	OFDMA
Dupleks ajratish usuli	FDD	FDD	TDD	FDD	FDD/TDD	TDD
Kanaldagi manipulyatsiya tezligi (Mchip/sek.)	3,84		3,84¹⁾ 1,282²⁾	-	-	(0,5x3,84) ... (8x3,84)
¹⁾ UTRA TDD texnologiyasi uchun. ²⁾ TD-SCDMA texnologiyasi uchun.						

2G avlodidan boshlab sotali aloqa tizimlarining standartlari

2G	2,5G	2,75G	3G	3,5G	3,75G	Pre 4G	4G
GSM cdma One D-AMPS PDC	GPRS	EDGE	W-CDMA UMTS FOMA TD-SCDMA CDMA-2000	HSPA HSDPA HSUPA EV-DO Rel.0	HSPA+ EV-DO Rev.A,B	LTE	LTE Advanced

UMTS tarmoqlarining joriy etilishi mobil aloqaning rivojlanishida prinsipial yangi bosqich bo'ldi va mobil tarmoqlarda ma'lumotlarni uzatishda maksimal 2,048Mbit/sek gacha tezlikka erishishga imkon berdi. UMTS tizimlarining GSM/GPRS/EDGE tizimlaridan asosiy farqi 5MGs o'tkazish polosasiga ega bo'lgan keng polosali signallardan (KPS) foydalanilishi bo'ldi. UMTS texnologiyasining yana bir afzalligi signalning yuqori to'siqqa bardoshlilik va uning ko'p nurlilik ta'siriga barqarorligi hisoblanadi. Bundan tashqari, KPSdan foydalanish kanallarini ajratishning kodli usulini (CDMA) ishlatish imkonini beradi.

sdmaOne (IS-95) standartining rivojlanishidagi oraliq bosqich IS-95b spesifikatsiyasi bo'ldi. U 8tagacha mantiqiy kanallarni birlashtirishga va $14,4 \cdot 8 = 115,2$ kbit/sek. nazariy tezlikka erishishga (real tezlik 64kbit/sek.ni tashkil etdi) imkon berdi. Keyingi qadam **CDMA-2000** loyihasi bo'ldi, u pirovard natijada IMT-2000 tomonidan 3G tarmoqlariga qo'yilgan talablarga javob berishi kerak edi. CDMA-2000 standartlari rivojlanishining uchta bosqichi ko'zda tutilgan edi: 1X (2,75G darajasida), 3X va SDMA-2000DS (ingl. *Direct Sequence* – "to'g'ri ketma-ketlik"). So'nggi bosqich texnik jihatdan W-CDMAGA o'xshash bo'lgani uchun bu yuzasidan ish olib borish to'xtatildi. CDMA-2000 standartlari oilasi 3G darajasidagi tarmoqlardan to Pre4G darajasidagi tarmoqlargacha oraliq bosqichlardan o'tib kelmoqda. Lekin hozirgi kunda 3,5G; 3,75G; 3,9G avlodlari haqida gap ketganida, bizning hududimizda ko'proq 3GRR (ya'ni, UMTS - HSPA – HSPA+ va LTE) texnologiyalarining rivojlanish bosqichlari nazarda tutilmoqda. (1.6-rasm).



1.6.-rasm. 3GPP loyixasining bosqichlari

1.5. 3,5G avlod standartlari. Ma'lumot uzatish tezligini oshirish va ma'lumot uzatilishining kechikishini (ma'lumot paketi adresatga yetib borib qaytish vaqtini, qisqacha, "javob kechikishi vaqtini") kamaytirish maqsadlarida UMTS standartining navbatdagi rivojlanish bosqichida ko'p pozitsiyali kvadratura-amplitudaviy modulyatsiyalar, ya'ni 16-QAM, 64-QAM usullari qo'llanilgan HSPA (ingl. *High Speed Packet Access*) texnologiyasi ishlab chiqildi. Bu texnologiyada javob kechikishi vaqtini kamaytirish maqsadida asosiy e'tibor MAS (ingl. *Media Access Control*) - muhitga ulanishning boshqaruv protokolini modernizatsiyalashga qaratildi. HSPA texnologiyasi 3GPP loyihasi standartlarining 6 Bosqich spesifikasiyasi (ingl. *3GPP Release 6*) sifatida kiritilgan bo'lib, odatda 3,5G avlodiga mansub deb ko'rsatiladi. O'z navbatida, HSPA standarti ikkita tashkil etuvchi texnologiyalar – HSDPA va HSUPA lardan iborat.

HSDPA (ingl. *High-Speed Downlink Packet Access* – "pastga" yo'nalishida ma'lumotlarni yuqori tezlikda paketli uzatish) – mutaxassislar tomonidan to'rtinchi avlod texnologiyalariga o'tishda oraliq bosqichlaridan biri sifatida baholanayotgan mobil aloqa texnologiyasidir. HSDPA texnologiyasida ma'lumot uzatishning maksimal nazariy tezligi 14,4Mbit/sek gacha yetishi mumkin, mavjud tarmoqlarda amaliy erishilgan tezlik esa 3Mbit/sekni tashkil etadi.

HSDPA texnologiyasi kabi **HSUPA** (ingl. *High-Speed Uplink Packet Access* - "tepaga" yo'nalishida ma'lumotlarni yuqori tezlikda paketli uzatish texnologiyasi) takomillashgan modulyatsiyalash usullari hisobiga foydalanuvchining W-CDMA AUsidan BSga ma'lumot uzatishni tezlatishga imkon beradigan mobil aloqa texnologiyasi hisoblanadi.

Nazariy jihatdan HSUPA texnologiyasi "yuqoriga" ma'lumotlarni maksimal 5,76 Mbit/sek gacha bo'lgan tezlikda uzatishga mo'ljallangan bo'lib, bu bilan AUdan BSga ma'lumotlarning katta oqimini talab qiluvchi uchinchi avlod ilovalarini (masalan, videokonferensiya) ishga tushirish imkonini beradi³.

3,75G avlod standartlari.

3GRR doirasida HSPA texnologiyalari xarakteristikalarini yaxshilash bo'yicha ishlar davom etdi va natijada 2007 yilning oxirida "Takomillashtirilgan HSPA" yoki **HSPA+** (ingl. *Evolved High-Speed Packet Access*), deb nomlangan versiya ishlab chiqildi. Bu texnologiya HSPA standartining keyingi bosqichi hisoblanadi va unga MIMO antenna texnologiyalari bilan bir qatorda, murakkabroq 64-QAM modulyatsiya sxemalari qo'shilgan. Shu bois HSPA+ tarmoqlarida nazariy jihatdan "pastga" yo'nalishda 56Mbit/sek gacha va "yuqoriga" yo'nalishda 22Mbit/sek gacha bo'lgan tezliklarga erishish mumkin bo'ldi. Ushbu texnologiya ma'lumot uzatish tezligini 168Mbit/sek gacha oshirish potensial imkoniyatiga

³ Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009

egaligi taxmin qilinmoqda. Texnologiyada bir necha eltuvchi chastotalarda (har biri 5MGs dan) bir vaqtda uzatish va qabul qilish prinsipi ham ishlatilishi mumkin, bu narsa tezlikni bir necha marta oshirib berishi mumkin. Opsional ravishda HSPA+ tarmoqlari to'liq IP-arxitekturasi asosida (ingl. *all-IP-architecture*) qurilishi mumkin, bu BSlarni IP-protokollar asosida qurilgan magistral liniyalarga to'g'ridan-to'g'ri ulash imkoniyatini beradi. HSPA+ texnologiyasida AU lar akkumulatorlari tejamliroq ishlatiladi va ularning "kutish" rejimidan "faol" rejimiga o'tish vaqti sezilarli qisqaradi.

HSPA+ texnologiyasi 3GRR loyihasi standartlarining 7- va 8- bosqichlari (relizlari)ga (ingl. *3GRR Rel. 7 & 8*) kiradi.

HSPA+ texnologiyasi asosidagi birinchi tarmoq 2008 yilda Avstraliyaning Telstra kompaniyasi tomonidan Ericsson (Shvesiya) uskunalari yordamida ishga tushirildi. 2011 yilning may oyida jahonning 65 davlatida 123ta HSPA+ tarmoqlari bor edi.

1.6. 3G - uchinchi avlod sotali aloqa tizimlari.

3G atamasi bilan (ingl. *third generation* – «uchinchi avlod») ma'lumot uzatish va Internet tarmoqlariga yuqori tezlikda mobil ulanish bilan birga, ma'lumot uzatish kanalini yaratuvchi radiotexnologiya yordamida foydalanuvchilarga bir qator xizmatlar to'plamini taqdim etuvchi sotali aloqa tizimlari nomlanadi.

3G tizimlari mobil aloqaning turli xizmatlari, «global rouming» hamda multimediyaning keng imkoniyatlarini, jumladan: videotelefonya va videokonferensiya xizmatlari; Internet va intranetga (ya'ni, ichki tarmoqlarga) yuqori tezlikda ulanish; turli xildagi biznes, ko'ngilochar va ilmiy xizmatlarga aloqador ma'lumotlarni uzatish kabilarni taqdim etadi. Ushbu tizimlar abonentlarning harakatlanish tezligi cheklanmagan holatida - 64kbit/sek, harakatlanish tezligi cheklangan holatda (piyoda yurgandagi tezlik) - 384kbit/sek, abonent harakatlanmagan holatida esa 2Mbit/sek gacha bo'lgan tezliklarda ma'lumot uzatish iimkonini beradi. 3G tizimlarining ikkinchi avlod (2G) tarmoqlaridan asosiy farqi xam katta hajmdagi ma'lumotlarni yuqori tezlikda uzatish imkoniyatidir. Bu esa o'z navbatida mobil aloqani sifat jihatdan yangi darajaga ko'taradi: bir tomondan abonent Internetga to'laqonli ulanish, videoaloqa xizmatlari, yuqori tezlikda ma'lumot uzatish imkoniyatlariga ega bo'lsa, ikkinchi tomondan - operatorlar an'anaviy aloqa xizmatlaridan daromad olish bilan birga, turli xildagi qo'shimcha xizmatlarini ko'rsatish hisobiga yangi daromad manbalariga ega bo'ladilar. 3G tizimlari - videotelefon aloqasini tashkil etish, mobil telefon yordamida filmlar hamda turli teledasturlarni tomosha qilish imkoninixam beradi.

Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, dunyoda 3G standartlarining asosiy ikki oilasi: W-CDMA (UMTS, FOMA) hamda CDMA-2000 texnologiyalari asosidagi tizimlari mavjud. UMTS standarti asosan Yevropada, FOMA - Yaponiyada, CDMA-2000 esa Amerika va Osiyo qit'alarida tarqalgan. Shuningdek, asosan Xitoyda tarqalgan TD-SCDMA standarti ham 3G texnologiyalari oilasiga kiradi.

Mobil aloqa qurilmalarini ta'minlovchilarning global uyushmasi - GSA (ingl. Global Association of Mobile Suppliers) ning ma'lumotlariga ko'ra, 2011 yilning

may oyida butun dunyodagi 3G va 3,5G tarmoqlari soni 710tani tashkil etgan, bu esa dunyodagi barcha sotali aloqa tarmoqlarining 25% ni tashkil etgan. Bunda 400ta tarmoq W-CDMA texnologiyasi asosida qurilgan bo'lib, ushbu tarmoqlardagi abonentlar soni 684mln. tashkil etgan. Shu bilan birga 323tadan oshiq tarmoqlar CDMA - 2000 standartlar oilasi asosida qurilgan va ularda abonentlar soni 561mln. tashkil etgan. Shu jumladan 245ta tarmoq EV-DO (Rel.0, Rev. A, B) standarti asosida qurilgan.

3G tizimlarining imkoniyatlari yakkaxon mijozlar uchun ham, jamoa bo'lib foydalanuvchi (korporativ) mijozlar uchun ham mobil aloqadan foydalanishning yangi qirralarini ochadi. Yuqorida ta'kidlab o'tilgan Internetga ulanish hamda videoaloqa xizmatlaridan tashqari, 3G abonentlari korporativ tarmoqlarga masofadan turib ulanishlari xam mumkin. Va bu bilan mobil aloqaning uchinchi avlodi ofisda ishlashning an'anaviy tarzini tubdan o'zgartiradi.

3G tizimlarining rivojlanish tarixi.

Yangi (uchinchi) avlod mobil aloqa tizimlarini yaratish ishlari 1986 yillardanoq xalqaro telekommunikatsiya ittifoqi (HTI) doirasida boshlangan edi. Usha paytdayoq *FPLMTS* (ingl. *Future Public Land Mobile Telecommunications System* –«Umumiy foydalanuvdagi quruqlikdagi mobil aloqa istiqbolli tizimi») nomi ostida yagona standart konsepsiyasi ishlab chiqilgan edi. 1992 yilda HTI tarkibidagi radiochastotalar bo'yicha butun dunyo ma'muriy konferensiyasi (WARC-92) *FPLMTS* tarmoqlarini rivojlantirish uchun global ravishda 2GGs diapazonida 230MGs chastotalar polosasini ajratdi. Bundan yer usti tizimlari uchun 170MGs (1885-1980MGs, 2010-2025MGs va 2110-2170MGs) hamda kelgusida qurilajak sun'iy yo'ldosh aloqa tizimlari uchun 60MGs (1980-2010MGs va 2170-2200MGs) polosalar ajratildi. Yangi avlod aloqa tizimlari konsepsiyasini rivojlantirish jarayonida uning yaratuvchilariga shu ayon bo'ldiki, yer usti aloqa tarmoqlari bilangina global aloqa qamrovini ta'minlashni iloji bo'lmaydi va bu faqatgina sun'iy yo'ldoshli aloqa tizimlari yordamida amalga oshirilishi mumkin. Shuning uchun, 1995 yilda HTIda ikkita dasturni, ya'ni yuqorida ta'kidlangan *FPLMTS* va *GMPCS* (ingl. *Global Mobile Personal Communications by Satellite* – “Global yo'ldoshli aloqa personal tizimi”) ni birlashtirib, “Butun dunyo mobil aloqa tizimi” - **IMT-2000** (ingl. *International Mobile Telecommunications*) Dasturini yaratish bo'yicha qaror qabul qilindi. Bunda “2000” soni tasodifan tanlanmadi: u dasturning ishga tushish yili, unda ishlatilishi rejalashtirilgan radiochastota diapazoni (MGsda) va ko'zlangan ma'lumot uzatish tezligi (kbit/sek..da) kabi ko'rsatkichlar bilan bog'liq.

Shunday qilib, **IMT-2000** – bu yer usti va yo'ldoshli aloqa manfaatlarida to'liq xizmatlar to'plamini taqdim etuvchi milliy, regional va xalqaro tarmoqlarni tadbiq etishda ko'maklashuvchi va standartlashtirish bo'yicha uzoq muddatli dastur shaklida qabul qilindi.

3G tarmoqlarini rivojlantirish rejasida ikkita: diskriminatsion va nodiskriminatsion yondashuv ishlab chiqilgan edi. Birinchi yondashuvda, jami ajratilgan chastota resurslari barcha ishtirokchilar orasida teng taqsimlanishi ko'zda tutilgan edi. Ikkinchi holda, bir necha istiqbolli texnologiyalar ajratib olinishi

va kelgusida faqat ularni rivojlantirish taklif etilgan edi. Lekin, konsepsiyani ishlab chiqish bosqichidan aniq loyihalarga o'tish jarayonida turli xalqaro va mintaqaviy tashkilotlar manfaatlarini yagona standart doirasida birlashtirishning ilojisi yo'qligi yaqqol ko'rinib qoldi.

IMT-2000 standartlarini yaratish ustida olib borilgan ishlar shuni ko'rsatdiki, usha davrda faqatgina umumiy tavsiyalarni ishlab chiqish masalalari muvaffaqiyatli yechilishi mumkin ekan. 2G tarmoqlaridan 3G tarmoqlariga o'tish evolyusiyasining taxlili jahonning turli regionlaridagi ayrim apparatura ishlab chiqaruvchilar manfaatlarida jiddiy farqlar mavjudligi va ularni birlashtirishning deyarli imkoniyati yo'qligini ko'rsatdi. Masalan, bir qator taqdim etilgan uchinchi avlod yer usti va yo'ldoshli aloqa tizimlarining loyihalarida keltirilishicha, amalda bir xil darajadagi xizmatlar taqdim etilsada, biroq radioulaniq uslublarida prinsipial turli, ya'ni TDMA va CDMA texnologiyalaridan foydalanilgan. Shular sabab, ushbu bosqichda xar xil loyihalarni birlashtirish va jaxon miqyosida yagona standart yaratish imkoni bo'lmadi.

1998 yilga kelib, HTI qoshida Yevropa, Shimoliy Amerika va Osiyo-Tinch okeani mintaqasining ko'plab xududiy va milliy tashkilotlari ishtirokida olib borilayotgan yangi texnologiyalarni standartlashtirish jarayoni to'liq tugatildi. Uchinchi avlod tizimlariga yagona talablarni ishlab chiqish va moslashtirishga qator muvaffaqiyatsiz urinishlardan so'ng, HTI bu muammoga o'zgacha yondashishga qaror qildi. Xususan, uning yangi konsepsiyasi, "global rouming" g'oyasini saqlab, uni yangi IFS (ingl. *IMT-2000 Family of Systems*) nomini olgan uchinchi avlod tizimlarini mavjud analog va raqamli tarmoqlari bilan birlashtirish uchun g'oyaviy asos sifatida ishlatish bo'ldi. Bir necha standartlar guruhini qabul qilgan, va bu bilan global xalqaro standarti g'oyasidan voz kechgan HTI bu standartlarni yaqinlashtirishga (garmonizatsiya) o'z urinishlarini faollashtirdi. Shunday qilib, dunyoda uchinchi avlod darajasida bir emas, balki standartlar oilasi vujudga keldi.

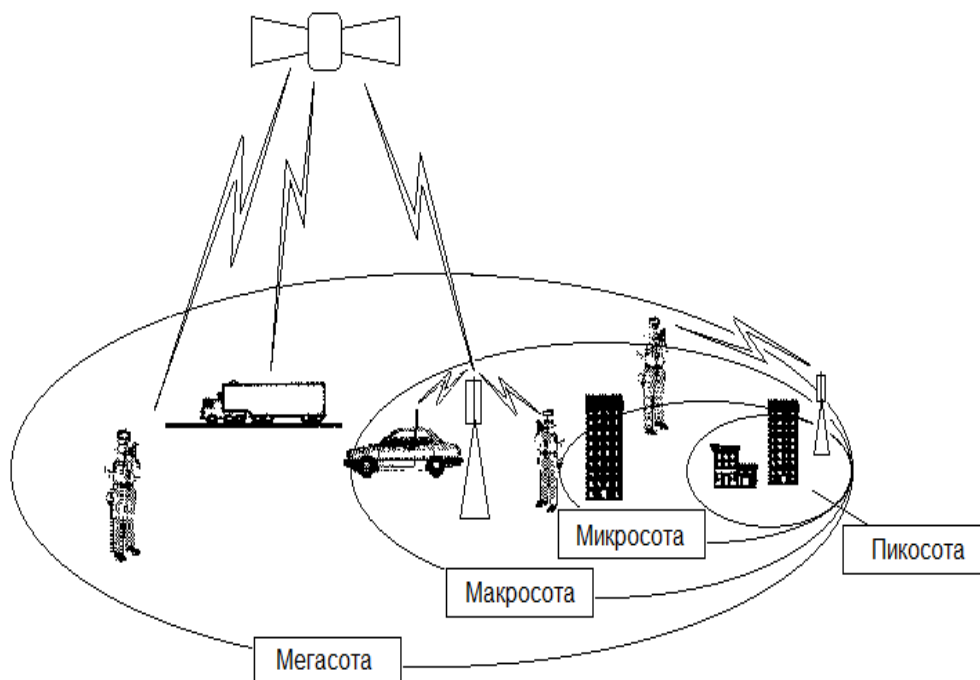
Dunyoda ilk bor 1996 yilda Ericsson kompaniyasi tomonidan Chista (Shvesiya) shahrida W-CDMA texnologiyasi asosida 3G tajribiy tarmog'i qurilib, ishga tushirildi. Bu texnologiya Yevropada universal aloqa tizimi bo'lgan UMTS - yer usti mobil segmenti loyixasiga asos bo'ldi. CDMA-2000 asosidagi birinchi tarmoq 2000 yil oktabr oyida Janubiy Koreyada SK Telecom hamda LG Telecom kompaniyalari tomonidan ishga tushirildi. FOMA (W-CDMA) ning ilk tarmog'i 2002 yilda Yaponiyada NTT DoCoMo kompaniyasi tomonidan ishga tushirildi. Yapon operatorlarini W-CDMA texnologiyasida abonent sig'imi yuqoriligi qiziqirdi. Birinchi TD-SCDMA tarmoqlari esa 2006 yildan boshlab, Xitoyda ishga tushirildi.

O'zbekistonda birinchi 3G tarmoqlarini yaratish ishlari 2007 yildan boshlandi. 2008 yilning oxiriga kelib, ikki operator (MTS va Bilayn) 3G tarmoqlarini tijorat maqsadida foydalanishga tushirishi hamda Internetga keng polosali ulanish xizmatlarini taqdim etishi xaqida e'lon qildi. Uchinchi operator (UCell) o'zining 3G tarmog'ini 2009 yilda ishga tushirdi. Shuningdek, O'zbekistonda 800MGs va 450MGs diapazonlarida CDMA-2000 standarti asosida ishlovchi ikki tarmoq (Perfectum Mobile va UzMobile) faoliyat olib bormoqda.

3G tizimlarining qurilish prinsiplari.

Uchinchi avlod mobil aloqa tizimlari quyidagi prinsiplar asosida quriladi:

- **“umumqamrov” aloqa**, ya’ni «hamma joyda va har doim» mavjud aloqa - bu prinsip Yerning istalgan joyida umumiy foydalanish tarmoqlariga ulanish imkoniyati mavjudligini ko‘zda tutadi. 3G tizimlarini yaratishda UPT (ingl. *Universal Personal Telecommunications* – “Universal shaxsiy aloqa”) texnologiyasi muhim o‘rinni egallaydi. Unga muvofiq, yer yuzida yashovchi har bir shaxs uchun ofis, shahar, mintaqa va global masshtabdagi aloqa tarmoqlariga istalgan joyda va istalgan vaqtda ulana olishi uchun shaxsiy identifikatsiya raqami ajratiladi (1.7-rasm);



1.7-rasm. IMT-2000 doirasida yer usti va yo‘ldoshli aloqa tarmoqlarining birlashishi

- **yagona axborot maydoni**, ya’ni butun dunyo axborot maydoni resurslariga mobil tarzda ulanishning unifikatsiyalangan (yaqinlashtirilgan) uslublarini ishlab chiqishni ko‘zda tutadi. Bu radioulanish va Internet tarmoqlarining integratsiyalash (birlashtirish) yo‘li bilan amalga oshiriladi;

- **yagona chastota maydoni**, IMT-2000ga muvofiq 3G tizimlarini rivojlantirish uchun butun dunyo negizida 2GGs diapazonida 230MGs kenglikdagi chastotalar polosasini ajratilish ko‘zda tutiladi;

- **mobil terminallarning ommabopligi**, 3G tarmoqlardagi mobil terminallar ko‘p funksiyali, ko‘p rejimli, foydalanuvchilar talablariga mos va shu bilan birga ixcham va arzon narxda bo‘lishi nazarda tutiladi;

- **mobil va turg‘un aloqa tizimlarining birlashtirilishi - FMC** (ingl. *Fixed Mobile Convergence*) – turg‘un va mobil aloqa xizmatlarining integratsiyalash va konvergentsiyalash (bir biriga singishi) hamda «bir kishi - bir telefon» prinsipini amalga oshirish ko‘zda tutiladi;

• «raqamli tengsizlik» (ingl. *Digital Divide*) muammosini yechish, ya'ni dunyoning turli davlatlari va mintaqalarida aloqa va axborot texnologiyalari rivojlanishida farqni (nomutanosiblikni) qisqartirish. Shunga ko'ra, 3G tizimlari bu farqni tuzatish maqsadida ko'priq (ingl. *Bridge the Telecommunications Gap*) vazifasini o'tashi lozim.

3G tizimlarini ishlatish uchun mobil aloqa global unifikatsiyalangan standartlari bo'yicha quyidagi tavsiyalar ishlab chiqilgan edi:

- ovoz uzatish sifatini simli aloqa tarmoqlaridagi ovoz uzatish sifati darajasiga yetkazish;
- axborot xavfsizligini ta'minlashda simli tarmoqlardagi xavfsizlik darajasiga yetkazish;
- milliy va xalqaro «rouming» ni ta'minlash;
- bir necha mahalliy va xalqaro operatorlar tarmoqlariga ulana olishni ta'minlash;
- chastotalar spektridan samarali foydalanish;
- ko'p sathli sotali tuzilmalar (strukturalar) ni qo'llab quvvatlash;
- paketli va kanalli kommutatsiya uslublarini ta'minlash;
- yo'ldoshli aloqa tizimlari bilan o'zaro ishlash imkoniyatini ta'minlash;
- ma'lumot uzatish tezligini bosqichma-bosqich 2Mbit/sek gacha yetkazish⁴.

1.7. 3G standartlari.

UMTS standarti (ingl. *Universal Mobile Telecommunications System* – “Mobil aloqa universal tizimi”) - uchinchi avlod mobil aloqa tizimlari turkumiga kiruvchi sotali aloqa texnologiyasidir. Ushbu standartda radioefir orqali ma'lumot uzatish uslubi sifatida W-CDMA texnologiyasidan foydalanilgan. UMTS tizimi 3GPP loyixasiga muvofiq standartlashtirilgan va Yevropa ishlab chiquvchilari tomonidan ITIning IMT-2000 Dasturi bo'yicha talablariga javob beradi. Raqobatdagi tizimlardan ajralib turishi uchun UMTS standarti goxida **3GSM** deb xam yuritiladi. Shu bilan, bir tomondan, uni 3G-uchinchi avlod texnologiyalariga tegishliligi ta'kidlansa, ikkinchi tomondan, uni GSM tarmoqlarining “keyingi avlodiligi” nazarda tutiladi.

UMTS standartining xarakteristikalar

Kanallarni kod asosida bo'lish (CDMA) texnologiyasining kirib kelishi mobil aloqa tizimlarining rivojlanishiga katta turtki bo'ldi va 3G tarmoqlarida 2G tarmoqlarida erishilmagan imkoniyatlarga erishishga zamin yaratdi. Bunga yorqin misol - bu radiosignalining quvvatiga nisbatan qabul qilgichning yuqori sezgirligi asosida signalni nurlanish quvvatini tezkor tarzda boshqarish imkoniyati paydo bo'lganidir. Shuningdek, UMTS texnologiyasining o'ziga xos hususiyatlariga

⁴ Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009

quyidagilarni xam kiritish mumkin:

- RRS – tarmoq radioresurslarini yanada ixchamroq boshqarish;
- xizmatlar sifati (ingl. *Quality of Service - QoS*) ni «boshidan-oxirigacha» (ya’ni, “so‘ngi foydalanuvchidan – so‘ngi foydalanuvchigacha” zanjirida) boshqarishni qo‘llanilishi;
- yangi - “transport” kanallarini kiritish hisobiga signal uzatuvchi fizik muhitdan foydalanishning samaradorligini oshirish;
- MGW va SoftSwitch mediashlyuzlarini tadbqiq etish yo‘li bilan tayanch tarmog‘i (ingl. *Core Network*) trafiginini optimallashtirish;
- tarmoqda IP- protokolidan foydalanishni maksimal kengaytirish;
- adaptiv (moslashuvchan) ovoz kodeklarining xilma-xilligi (AMR-NB, AMR-WB, AMR-WB+);
- turg‘un aloqa tarmoqlari bilan konvergensiyalash (SS7 signalizatsiyasi asosida);
- “IP asosidagi ovoz” (ingl. *VoIP*) xizmatidan foydalanish imkoniyatlari;
- intellektual antenna tizimlari (yo‘naltirish diagrammasini adaptiv xolda boshqaruvchi «smart-antennalar») dan foydalanish imkoniyatlari.

Biroq, UMTS standartining (va barcha 3G standartlarining) 2G standartlariga nisbatan asosiy ajratib turuvchi hususiyati - bu ma’lumot uzatish tezligini mumkin qadar oshirilishi bo‘lsa ajab emas. UMTS tizimining asl darajasida ma’lumot uzatish tezligini nazariy 2Mbit/sek gacha yetkazish imkoni mavjud. HSPA va HSPA+ kabi UMTS bazasida qurilgan yangi texnologiyalarning ishlatilishi natijasida, yuqorida bayon etilganidek, muvofiq ravishda 14Mbit/sek va 100Mbit/sek gacha tezliklarni ta’minlash mumkin. Shu bilan, UMTSning hatto asl variantidagi tezlik ko‘rsatkichlarixam GSMdagi 9,6kbit/sek, yoki xatto GPRSdagi 171kbit/sek va EDGEdagi 474kbit/sek. tezlik ko‘rsatkichlariga nisbatan so‘zsiz progress (o‘sish) xisoblanadi va Internet tarmoqlariga va boshqa «tezkor» servislarga mobil terminallar orqali keng polosali ulanish imkoniyatlarini beradi.

UMTS tizimi GSM tarmog‘ining «yadrosi» (tayanch tarmog‘i) ga W-CDMA, TD-CDMA⁵ yoki TD-SSDMA⁶ radiointerfeys texnologiyalaridan birini tadbqiq etish asosida qurilishi mumkin. Lekin, so‘ngi vaqtda UMTS (yoki o‘xshash - FOMA) tarmoqlarini ishlatayotgan ko‘plab operatorlar radiointerfeys texnologiyasi sifatida aynan W-CDMA variantini tanlashmoqda.

W-CDMA (ingl. *Wideband Code Division Multiple Access* – “kanallarni kodli bo‘lish asosida ko‘p sonli keng polosali ulanish”) - 3G xizmatlarini qo‘llab-quvvatlash maqsadida keng polosali radioulanishni ta’minlash uchun ko‘plab sotali aloqa operatorlari tomonidan tanlagan radiointerfeys texnologiyasidir. W-CDMA texnologiyasi foydalanuvchilarga yuqori tezlikdagi multimedia xizmatlarini taqdim

⁵ TD-CDMA (ингл. *Time Division – CDMA*) каналларни кодли-вақтли ажратиш асосида кўп сонли уланиш.

⁶ TD-SCDMA (ингл. *Time Division - Synchronous CDMA*) – каналларни синхрон кодли-вақтли бўлиш асосида кўп сонли уланиш.

etish uchun optimallashtirilgan va 2Mbit/sek gacha tezlikda ma'lumot uzatishni ta'minlay oladi. Ma'lumki, bunday tezliklar keng chastotalar polosasini talab qiladi, shuning uchun W-CDMAda polosa kengligi 5MGsni tashkil etadi. W-CDMA texnologiyasini mavjud GSM va PDC - ikkinchi avlod tarmoqlariga qo'shimcha o'zgartirishlar kiritish yo'li bilan qurish mumkinligi uni tarmoq resurslaridan foydalanish va global moslashtirish nuqtai nazardan istiqbolli ekanligidan darak beradi. W-CDMA dastlab GSM tarmoqlarini almashtirilib, asta - sekin 3G tarmoqlariga o'tish texnologiyasi deb qabul qilingan. Shuning uchun uning tarmoq infratuzilmasi MAP/GSM⁷ arxitekturasi bilan mos keladi, va yevropadagi W-CDMA tarmoqlari uchun yaratilgan abonent terminallar GSM tarmoqlaridam ishlay oladi. Bu esa operatorlarga, avvaliga, aholisi zich joylarda W-CDMA «orolchalarini» yaratish (2G/2,5G tarmoqlari bilan o'zaro xizmatda), keyin esa, bosqichma-bosqich ularni yirik tarmoqlarga aylantirish imkoniyatini beradi. Bundan tashqari, W-CDMA texnologiyasi paketli kommutatsiya protokollarini (IP, X.25) qo'llab-quvvatlashga mo'ljallangani tufayli, bu uni umumiy foydalanishdagi boshqa tarmoqlar bilan o'zaro ishlashini soddalashtiradi.

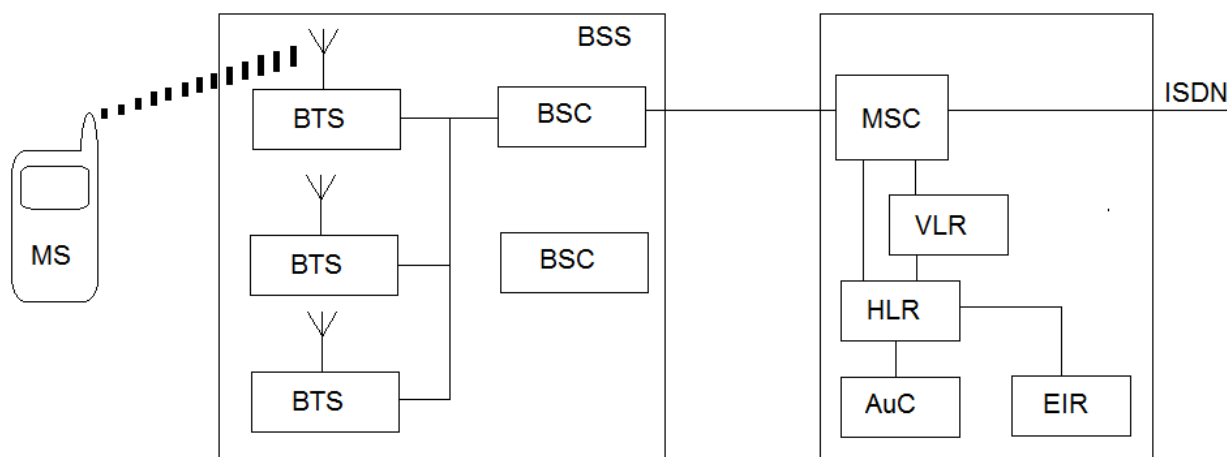
W-CDMA texnologiyasi xar bir kanalda 5MGslik polosada spektrni to'g'ri ketma-ketlikda kengaytirish - DSSS (ingl. *Direct-Sequence Spread Spectrum*) uslubiga asoslangan. Dastlab belgilangan chiplar oqimining tezligi (4,096 Mchip/sek) keyinchalik boshqa texnologiyalar bilan moslashish maqsadida bir oz kamaytirildi (3,84 Mchip/sek gacha). W-CDMA texnologiyasi cheklangan xarakatdagi abonentlar uchun talab qilingan 2 Mbit/sek gacha va yuqori xarakatdagi abonentlar uchun 384Mbit/sek gacha ma'lumot uzatish tezliklarini qo'llab-quvvatlashi mumkin.

UMTS tizim arxitekturasi uni GSM tarmoqlari bilan (birinchi navbatda GSM/GPRS juftligi bilan) o'zaro ishlashini ta'minlash maqsadida yaratilgan va shuning uchun UMTS tizim arxitekturasini o'rganishdan avval, GSM tizimi arxitekturasini hamda unda GPRS qo'llanilgan variantini yodga olish foydadan xoli emas, deb xisobladik.

Ma'lumki, GSM tarmoqlari uch asosiy tuzilma elementini o'z ichiga oladi (1.8-rasmga qarang):

- **MS** (ingl. *Mobile Station*) – **mobil stansiya**;
- **BSS** (ingl. *Base Station Subsystem*) – **tayanch stansiyalar nimitzimi**;
- **NSS** (ingl. *Network and Switching Subsystem*) – **tarmoq va kommutatsiya nimitzimi**.

⁷ MAP – (ingl. *Mobile Application Protocol*) – mobil abonentlariga xizmat kўrsatish uchun GSM tayanč tarmoqi kismLARINING ilovalar satxida ўzaro ishini ta'minlaydigan [SS7](#) protokoli.



1.8-rasm. GSM tarmog‘ining tuzilish sxemasi

BSS nimitzimi MS uchun radioulanishni boshqarish vazifasini bajaradi, xususan: ovozni kodlash/dekodlash, signalni modulyatsiyalash/demodulyatsiyalash, «yuqoriga» va “past” yo‘nalishlari bo‘yicha uzatish tezligini radiomuhit sharoitlariga moslashtirish va boshqalar.

BSS nimitzimi quyidagi qismlardan tashkil topgan:

- **BTS** (ingl. *Base Transceiver Station*) – **tayanch stansiya**: sota deb ataluvchi cheklangan geografik hududda radiosignallarni uzatish va qabul qilish uchun kerak bo‘lgan qurilmalarni o‘z ichiga oladi.

- **BSC** (ingl. *Base Station Controller*) – **tayanch stansiya kontrolleri**: radiokanallarni va “xendover” jarayonini boshqarish vazifalarini amalga oshiradi.

NSS nimitzimi deb radioulanish tarmog‘i va tashqi umumiy foydalanish aloqa tarmoqlari orasida kommutatsiyani (ulanishni) amalga oshiruvchi qism hisoblanadi.

NSS o‘z ichiga quyidagi qismlarni oladi:

- **MSC** (ingl. *Mobile Switching Center*) - **mobil kommutatsiya markazi**: radioulanish tarmog‘i va PSTN, PDN va ISDN kabi turg‘un aloqa tarmoqlari orasidagi o‘zaro bog‘lovchi qism, xamda simli tayanch tarmog‘i hisoblanadi. Mobil aloqa tarmog‘ida MSC markazi BSC kontrollerlarini bir-biri bilan ulash, xamda boshqa MSC markazlari bilan ulanish vazifalarini bajaradi.

- **HLR** (ingl. *Home Location Register*) - **mahalliy («uy») abonentlar registri**: tarmoqda doimiy ro‘yxatdan o‘tgan abonentlar haqida ma’lumot bazasi hisoblanadi. HLR da abonentni tanitadigan manzillar (adreslar), raqamlar va abonentlarning haqiqiylikini bildiradigan va tasdiqlaydigan parametrlar, shuningdek, abonentga ko‘rsatilayotgan aloqa xizmatlari tarkibi, marshrutlashtirish va «rouming» bo‘yicha ma’lumotlar saqlanadi.

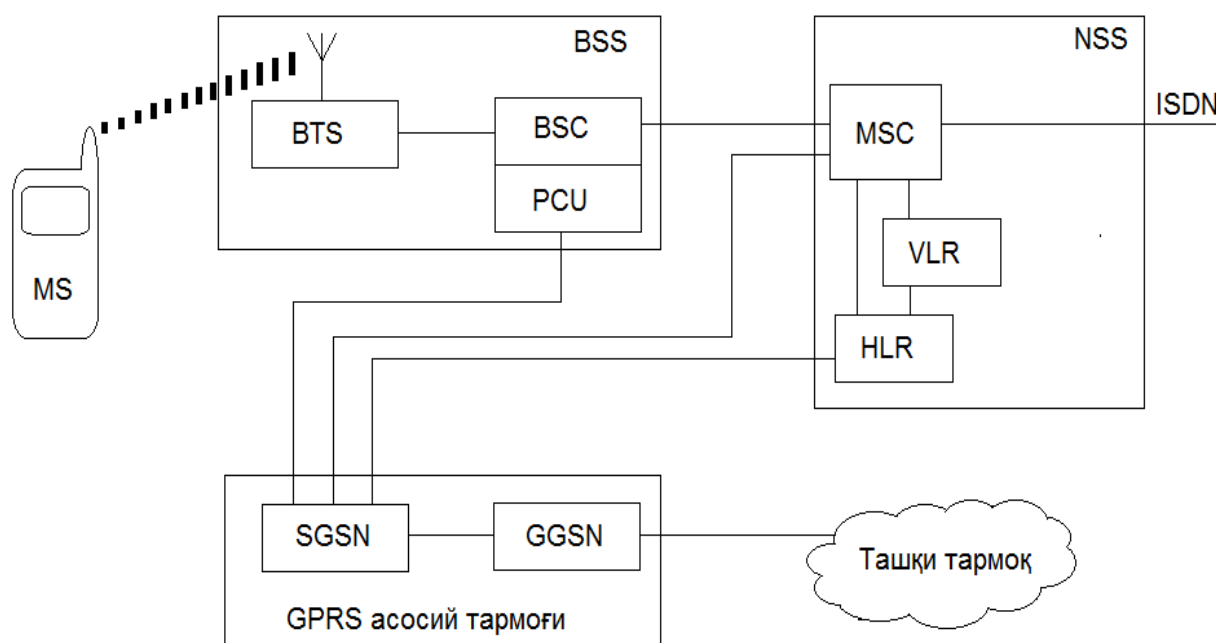
- **VLR** (ingl. *Visitor Location Register*) - **ko‘chma (mehmon) abonentlar registri**: tegishli geografik hududda joylashgan faol abonentlar haqidagi vaqtincha saqlanadigan ma’lumot bazasi hisoblanadi. Aslida VLRda HLRdagi bilan deyarli bir xil ma’lumotlar joylashgan bo‘ladi, lekin VLR bu ma’lumotlarni faqatgina abonent uning “javobgarlik” hududida bo‘lgan davrdagina saqlaydi.

- **EIR** (ingl. *Equipment Identity Register*) - **qurilmalarni identifikatsiyalash registri**: tarmoq mobil stansiyalarining xalqaro identifikatsion

nomerlari – IMEI (ingl. *International Mobile Equipment Identities*) bo‘yicha ma’lumot bazasi hisoblanadi. EIR shuningdek bir necha xavfsizlik vazifalarini ham bajaradi (masalan, qo‘ng‘iroqlarni taqiqlash).

- **AuS** (ingl. *Authentication Center*) – **avtorizatsiya markazi**: abonentni autentifikatsiyalash (aslligini tasdiqlash) jarayonini bajaradi.

GSM tarmoq arxitekturasiga GPRS texnologiyasini joriy etilishi bilan tarmoqning kanal kommutatsiyasi hamda paket kommutatsiyasi rejimlarida ishlashi natijasida ham tovush, ham ma’lumot trafiklarini uzatish imkoniyati paydo bo‘ldi. GPRS texnologiyasi ma’lumotlarni yuqoriroq tezlikda uzatish va paket kommutatsiyali tarmoqlar bilan o‘zaro ishlashini ta’minlash uchun GSM texnologiyasini davomchisi sifatida ishlaydi. GPRS texnologiyasini ishlatish uchun GSM tizimi arxitekturasiga quyidagi tarkibiy elementlar qo‘shimcha tarzda kiritiladi (1.9-rasm).



1.9-rasm. GPRS tarmog‘ining tuzilish sxemasi

- **SGSN** (ingl. *Serving GPRS Support Node*) - **GPRSni qo‘llab-quvvatlovchi xizmat tuguni**: GPRS rejimida ishlaydigan barcha abonentlarni faoliyatni, shu jumladan, abonentlar bilan paketli ma’lumotlar almashish, abonentlarni mobil xizmatlarga ulanishi, tarmoqning xizmat doirasidagi abonentlarni ro‘yxatga olish kabilarni umumiy boshqaruvini ta’minlaydi.

- **GGSN** (ingl. *Gateway GPRS Support Node*) - **GPRSni qo‘llab-quvvatlovchi shlyuz tuguni**: GPRS tarmog‘ini tashqi ma’lumot uzatish tarmoqlari bilan moslashtirish va ulash vazifasini bajaradi. Har bir GPRS tarmog‘ida har doim bir yoki bir necha SGSN tugunlari bilan bog‘liq bitta GGSN tuguni bo‘lishi kerak. GGSN tugunlarining ikkilamchi vazifasiga ma’lumotlarni adreslash (manzillash), IP-manzillarni dinamik (tezkor) tarzda taqsimlash, shuningdek, tashqi tarmoqlar va shaxsiy abonentlar haqida axborotlarni (shu jumladan xizmatlarni tariflashtirish bo‘yicha) kuzatib borish kabilarni kiradi.

- **PCU** (ingl. *Packet Control Unit*) - **paketli uzatishni nazorat uskunasi**: tayanch stansiya kontrolleri - BSCga o‘rnatiladi va ma’lumot trafiginin BSCdan SGSNga bevosita yo‘naltirilishiga javob beradi.

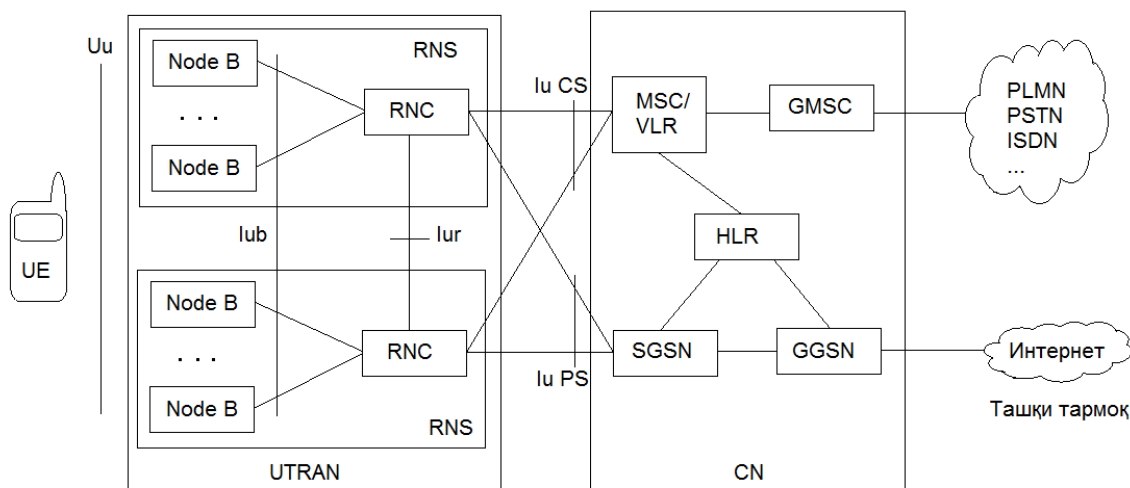
Shuningdek, GPRS texnologiyasini mavjud GSM tarmoqlariga joriy etish uchun yuqorida ko‘rsatilgan uskunalardan tashqari, BTS, BSC, HLR hamda VLR registrlarida dasturiy ta’minotni yangilashxam talab qilinadi.

GSM standartining keyingi takomillashuvi - uning GERAN (ingl. *GSM/EDGE Radio Access Network*) radioulaniş tarmog‘iga EDGE texnologiyasini joriy etish bilan bog‘liq bo‘ldi. EDGE texnologiyasini tadbiq etishda GSM/GPRS tizim arxitekturasida o‘zgartirishlar kiritilmadi, aksincha, mavjud tarmoqda faqat yangi, tezkor modulyatsiyalash (8PSK) uslubidan foydalanildi.

GPRS va EDGE texnologiyalarining joriy etilishi, albatta, GSM tarmoqlarining “umrini uzaytirishga” xizmat qildi, lekin uzoq muddatli rivojlanish jarayonida telekommunikatsiya “sahnasida” keyingi avlod yangi standartlarining, xususan UMTS tizimining paydo bo‘lishiga halaqit qila olmadi.

UMTS strukturasi GSM tarmoqlarining nimitizimlari bilan ishlashda kanal kommutatsiyasini ta’minlaydigan tarmoq elementlariga va tayanch tarmog‘i - CN (ingl. *Core Network*)da GPRS nimitizimi bilan ishlash uchun paket kommutatsiyasini ta’minlaydigan elementlarga asoslangan. Shuni uchun UMTS tizimining tayanch tarmog‘i GSM/GPRS tarmoqlaridan bizga ma’lum bo‘lgan: MSC (bu yerda VLR bilan birga), HLR, AuC, SGSN va GGSN tugunlari, shuningdek, kanal kommutatsiyasilik tashqi tarmoqlar bilan o‘zaro ishlash uchun shlyuz - GMSC (ingl. *Gateway Mobile services Switching Center*)larni o‘z ichiga oladi. UMTS tizimining GSM/GPRS tizimlaridan asosiy farqi – uning radiointerfeysining tashkil etilishida. Bunda radiointerfeysni butunlay yangi tarmog‘i - UTRAN (ingl. *UMTS Terrestrial Radio Access Network*) ishlatiladi. UTRAN tarmog‘ida ishlash uchun bir oz o‘zgartirishlar talab qilinadi, xususan yangi radiotarmoq kontrollerlari - RNC (ingl. *Radio Network Controller*) va yangi nom olgan tayanch stansiyalar (ingl. *Node B*) dan foydalanish kerak bo‘ladi.

Funksional jixatdan tarmoq tuzilmasi yer usti radioulaniş tarmog‘i - UTRAN va tayanch tarmog‘i – CNlardan iborat (1.10-rasmga qarang). GSM tarmoqlardan farqli ravishda UMTS tarmoqlarida foydalanuvchi qurilmasi - UE (ingl. *User Equipment* - abonent uskunasi) deb nomlanadi. Bunga sabab shuki UMTS tarmoqlarida UE nafaqat mobil stansiya vazifasini, balki ma’lumot uzatish terminali funksiyalarini ham bajaradi.



1.10-rasm. UMTS tizimlarining arxitekturasini

UTRAN tarmog‘i tayanch tarmog‘i CNga ulangan RNS (ingl. *Radio Network Subsystem*) radioulanish tarmoqlarining nimitizimlari majmuasidan tashkil topgan. RNS nimitizimi RNS kontrolleri va bir yoki bir nechta tayanch stansiyalar Node B larini o‘z ichiga oladi.

Radiotarmoq kontrolleri - RNS tayanch stansiyalarni boshqaruvini bajaradi hamda MSC/VLR - mobil kommutatsiya markazi bilan o‘zaro ishlashni amalga oshiradi. RNSning asosiy vazifalariga quyidagilar kiradi:

- radiokanallar taqsimlanishini boshqarish;
- ulanishlarni nazorat qilish;
- ulanishlar ketma-ketligini boshqarish;
- masofadan dinamik kommutatsiya qilish;
- abonent yuklamalarining taqsimlanishini nazorat qilish.

Tayanch stansiya Node B ning asosiy funksiyasi radiointerfeysni tashkil etishdir. Bunga quyidagilar kiradi: radiosignalni qayta ishlash, signal spektrini kengaytirish/siqish bilan modulyatsiya/demodulyatsiya, kodlash/dekodlash va boshqalar, shu jumladan, RLC radiokanallarni boshqarish bo‘yicha ba’zi operatsiyalarni bajarish (masalan, nurlanish quvvatini boshqarish, “xendoverni” amalga oshirish) va x.k. Tayanch stansiya FDD, TDD yoki aralash (ingl. *dual-mode*) rejimlarda ishlay oladi.

UMTS tizimining tayanch tarmog‘i - CN quyidagi elementlardan iborat:

MSC/VLR – mobil kommutatsiya markazi tarmoqning markaziy elementi hisoblanadi. U tayanch stansiyalarni (TS) katta guruhiga xizmat qilishi mumkin hamda abonent uskunalarining (AU) ish jarayonida zarur bo‘ladigan barcha turdagi ulanishlarini ta’minlaydi. MSC/VLR turli tarmoq elementlarini (xususan, RNS nimitizimlari elementlarini) o‘zaro ulagan holda UMTS tarmog‘i ichida ma’lumot almashuvini ta’minlab beradi. Shuningdek, MSC/VLR boshqa MSClar, qisman hududiy GMSC va yana boshqa qismlar bilan xam ulanishni amalga oshiradi. MSC tarkibidagi VLR reestrda mehmon abonentlar uchun ko‘rsatilgan aloqa xizmatlari, shuningdek, tizimning xizmat ko‘rsatish doirasidagi AUlarning joylashgan o‘rni haqidagi aniq ma’lumotlar saqlanadi.

HLR reestri, SGSN va GGSN tugunlari xuddi GSM tarmoqlaridagi kabi vazifalarni bajarishadi.

Operatorlar o'zlariga mos tarmoq konfiguratsiyalarini yaratishlari uchun UMTS tizimining arxitekturasi yetarli darajada moslashuvchan va universaldir.

UTRAN tarmog'i 4ta asosiy interfeysdan foydalanishini eslab o'tamiz:

- **Iu** – RNC va CN o'rtasidagi interfeys;
- **Uu** - Node B bilan AU o'rtasidagi interfeys;
- **Iur** – RNClar orasidagi interfeys;
- **Iub** - Node B hamda RNC orasidagi interfeys.

Uu va Iu interfeyslari ikki qismga bo'linadi:

- **U-Plane** (ingl. *User Plane*) - transport xizmatlari va radioulanish tarmog'i orqali ma'lumot uzatish xizmatlarini amalga oshiruvchi abonent satxi protokollari;

- **S-Plane** (ingl. *Sontrol Plane*) - radioulanish tarmog'idagi transport xizmatlarini hamda AU va tarmoq orasidagi ulanishlarni, shu jumladan, xizmat ko'rsatishga oid so'rovlar, uzatish resurslarini boshqarish, "xendover" va xokazolar boshqaruvini amalga oshiruvchi boshqaruv satxi protokollari.

UMTS standarti uchun radiochastota spektri

Standart spesifikatsiyalariga ko'ra, UMTS quyidagi chastotalar spektridan foydalanadi:

- "yuqoriga" yo'nalishda 1885MGs - 2025MGs (AUDan BSGa yo'nalishida);
- "pastga" yo'nalishda 2110MGs – 2200MGs (BSdan AUGa yo'nalishida).

AQShda 1900MGs chastotalar diapazoni bandligi sababli, UMTS tarmoqlari uchun munosib ravishda 1710MGs – 1755MGs hamda 2110MGs – 2155MGs polosalar ajratilgan.

Bundan tashqari, ayrim davlatlar UMTS tarmoqlarini qurish uchun o'zlarining ichki imkoniyatlaridan kelib chiqqan holda, davlat doirasida qo'shimcha chastota polosalarini ajratishgan (masalan, AQShda 850MGs, Finlyandiyada 900MGs)⁸.

CDMA-2000 standarti

3GPP-2 loyixasi doirasida amalga oshirilgan tadqiqotlar natijasida CDMA-2000 oilasi tarkibiga kiradigan standartlar guruhi ishlab chiqildi. O'z nomidan ma'lum qilganidek, CDMA-2000 standartlarining oilasi (CDMA2000 1X - CDMA2000 EV-DO Rel.0, CDMA-2000 EV-DO Rev.A, CDMA-2000 EV-DO Rev.B, - CDMA-2000 3x) kanallarni kod asosida ajratuvchi – CDMA texnologiyasini qo'llagan holda quriladi. CDMA texnologiyasi o'zining yuqori

⁸ Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009

spektral samaradorligi tufayli sotali aloqa tizimlarining ikkinchi avlodidan uchinchi avlodiga o'tish uchun qat'iy yechim bo'ldi. CDMA-2000 standarti cdmaOne (IS-95) tarmoqlarining evolyusion rivojlanishida uchinchi avlodi deb hisoblanadi, va shuni uchun xam bu standartlar tarmoqlari o'zaro ishlay oladi. CDMA-2000 standartlari IS-95A versiyasining asosiy prinsiplarini saqlagan holda uzluksiz rivojlanmokka va takomillashib bormoqda. O'zining keyingi evolyusion rivojlanishida CDMA-2000 standartlari LTE standarti tomon xarakatlanmoqda.

CDMA-2000 standartining xarakteristikalar

CDMA-2000 tizimlarining tijorat yutug'ining negizida ularning keng xizmat ko'rsatish hududi, ovoz uzatishning yuqori sifatlilik (deyarli simli tizimlardagiga teng), tizim moslashuvchanligi va yangi xizmatlarni joriy etishda nisbatan kam xarajatlilik hisoblanadi. Bu tizimlar xalaqitdan yuqori darajada himoyani, shuningdek, aloqa kanalini ruxsatsiz ulanish va eshitishlarga qarshi yuqori chidamliligini ta'minlaydi, bu esa abonentlar va operatorlar uchun juda qo'l keladi. Shuningdek, abonent uskunalarini radio uzatkichlarining nurlanish quvvati pastligi ham muhim ahamiyatga ega. Masalan, GSM-900 tizimlari uchun ushbu ko'rsatkich 2Vt (impulsda), GSM-1800 tizimlari uchun esa 1Vt bo'lsa, CDMA-2000 tizimlarida maksimal nurlanish quvvati bor yo'g'i 0,25 vattni tashkil etadi.

CDMA-2000 1X standarti asosidagi mobil aloqa tizimlarida 1,25MGs kenglikdagi chastotalar polosasidan foydalaniladi va 153kbit/sek. gacha bo'lgan ma'lumot uzatish tezligi ta'minlanadi. Bu esa tovushli aloqa, qisqa xabarlar (SMS) uzatish, elektron pochta va Internet tarmog'ida ishlash, ma'lumot bazalari bilan ishlash, ma'lumotlar va harakatsiz tasvirlarni uzatish kabi xizmatlarni ko'rsatish imkonini beradi.

Keyingi, CDMA-2000 EV-DO Rel.0 standartida xuddi shu polosa kengligidan foydalanilsada, ma'lumot uzatish tezligi "pastga" yo'nalishda 2Mbit/sek va "yuqoriga" yo'nalishda 153kbit/sek gachani tashkil etdi, va bu standartni 3G talablariga javob beradigan qildi va real vaqt rejimida video uzatish bilan birga ko'shimcha xizmatlar turkumini taqdim etish imkonini berdi.

CDMA-2000 standartlarining keyingi rivojlanishi EV-DO Rev.A fazasi bo'ldi va unda tarmoq sig'imini hamda ma'lumot uzatish tezligini ("pastga" yo'nalishda 3,1Mbit/sek gacha va "yuqoriga" yo'nalishda 1,8Mbit/sek gacha) oshirishga erishildi. Bu fazada oldingi - Rel.0 fazasida amalga oshirilishi mumkin bo'lgan xizmatlarga qo'shimcha IP-tarmoqlar bo'ylab keng-eshittirishli ma'lumotlarni uzatish xizmati kiritildi.

Navbatdagi EV-DO Rev.V fazaning ishga tushirilishi natijasida ma'lumot uzatish tezligini bir chastota kanalida "pastga" yo'nalishda 4,9Mbit/sek gacha va "yuqoriga" yo'nalishda 2,4Mbit/sek gacha yetkazishga erishildi. Standartning keyingi rivojlanishi ma'lumotlarni uzatish tezligini oshirish uchun bir nechta chastota kanallarini birlashtirish tomoniga (3x, 6x, 9x, 12x, 15x kabi) qaratilgan. Masalan, 15ta chastotalar kanallarini birlashtirish (maksimal amalga oshirilishi mumkin bo'lgan qiymat) natijasida "pastga" yo'nalishda 73,5Mbit/sek gacha va "yuqoriga" yo'nalishda esa 27Mbit/sek gacha tezliklarga erishildi. Bunday tarmoqlarda endi vaqtdan ushlanishlarga sezgir bo'lgan VoIP, Push-to-Talk, videotelefonya, tovush va multimedia xizmatlarini parallel ravishda ishlatish,

multisession tarmoq o'yinlari va boshqa shu kabi xizmatlardan foydalanish mumkin bo'ldi.

CDMA-2000 standarti radiointerfeys texnologiyasi⁹

CDMA-2000 oilasi standartlarining asosida yotadigan CDMA (ingl. *Code Division Multiple Access* - kanallarni kod bo'yicha ajratish asosida ko'p-sonli ulanish) texnologiyasi - ajratilgan butun chastota polosasi bo'ylab har bir aloqa seansiga alohida raqamli kod (mantiqiy kanal) ajratish hisobiga radiomuhitni taqsimlash asosida quriladi. Texnologiya ancha keng polosalardan (1,25MGs) foydalanadi, va signallarni uzatish o'sha bitta chastota kanalida amalga oshiriladi. Signal kodlari bir-biridan farq qiladi, va shuni xisobiga ular qabul qilish tomonida bir biridan ajratib olinadi. Bundan shu kelib chiqadiki, CDMA texnologiyasi asosidagi tarmoqlarda BSlarni ishlashi sinxron ravishda bo'lishi kerak.

CDMA texnologiyasi bir necha eltuvchi chastotalarda (ingl. *Multi Carrier – MC*) aloqani tashkil etish imkonini beradi. Bitta eltuvchi chastotadan foydalanilganda (CDMA 1xRTT standartida) texnologiya 1,25MGs polosada mantiqiy kanallar sonini 128tagacha va tezlikni 153kbit/sek gacha oshirishi mumkin. Bunga qo'shimcha, Qualcomm kompaniyasi tomonidan taklif etilgan, 4dan 8-razryadli fazaviy modulyatsiyaga o'tish uslubi (ingl. *High Data Rate - HDR*) xisobiga, ma'lumot uzatish tezligini bir yarim barobargacha oshirish mumkin.

Uchta eltuvchi chastotadan foydalanilganda (CDMA-2000 3X standarti) ma'lumot uzatish tezligi 2Mbit/sekdan oshib ketadi. "Pastga" kanalda ma'lumotlar 1,25MGs kenglikdagi uch kanal bo'ylab ($1,25 \times 3 = 3,75$ MGs) parallel ravishda uzatiladi. "Yuqoriga" kanalda esa uzatish DSSS uslubi asosida yaxlit 3,75MGs polosasida amalga oshiriladi.

CDMA texnologiyasining muhim o'ziga xos hususiyati CDMA-2000 standartlari fazalari orasida moslashuvchanlikni ta'minlash hisoblanadi. Bunda operatorlarga yangi chastotalar diapazonlari uchun litsenziyalar (ruxsatnomalar) olish hamda texnik uskunalarga sezilarli o'zgartirishlar kiritish talab qilinmaydi. Ya'ni, IS-95 standartidan to CDMA-2000 EV-DO Rev.B standartiga qadar mavjud tarmoqlarni ketma-ketlik bilan rivojlantirish imkoniyati mavjud.

CDMA radiointerfeys texnologiyasi ishlashi bo'yicha W-CDMA radiotexnologisidan farq qiladi, va shu sabab CDMA-2000 va UMTS yoki FOMA tarmoqlari orasida o'zaro moslashuv na terminallar darajasida, na infratuzilmalar darajasida (MAP/GSM va ANSI-41) ta'minlanmaydi. Binobarin, har ikkala radiointerfeys texnologiyasiham IP-protokolini qo'llab-quvvatlaydi, va bu ular uchun birlashtiruvchi platforma bo'lib ishlashi mumkin.

CDMA-2000 standartining tizim arxitekturası

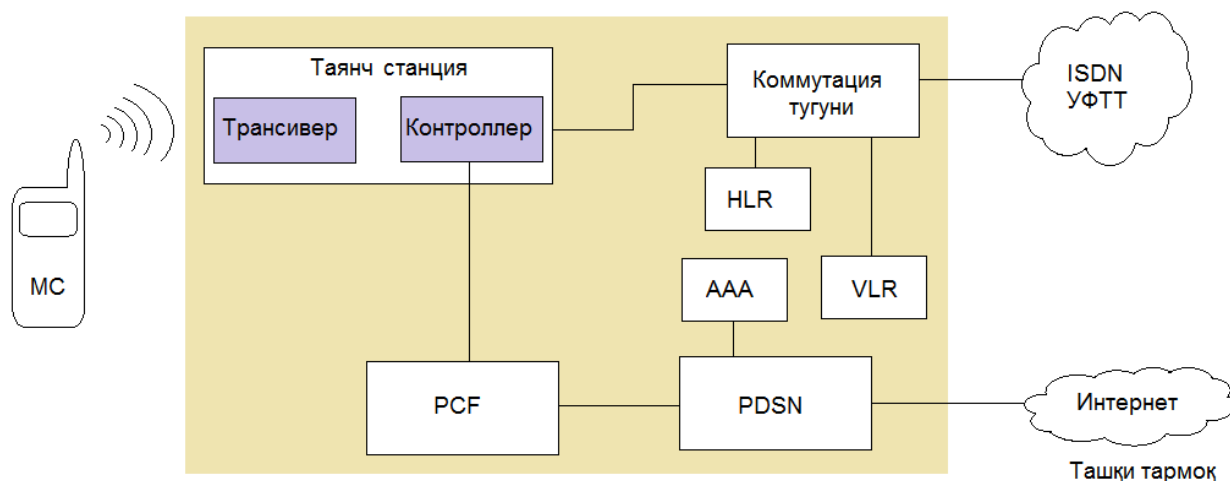
CDMA-2000 standartlar turkumi tayanch interfeyslar, tarmoq unumdorligiga

⁹ Kanallarni kod bo'yicha ajratish asosida ko'p-sonli ulanish (CDMA) texnologiyasi ancha ilgari ma'lum bulgan. SSSRda bu mavzuga bag'ishlangan birinchi ish 1935 yilda D.V. Ageev tomonidan yoritilgan. Ikkinchi jahon urushidan so'ng uzoq vaqt davomida CDMA texnologiyasi ham SSSRda, ham AQSHda harbiy aloqa tizimlarida ishlatilgan. 1980 yillarning ikkinchi yarmida AQSHning harbiy idorasi bu texnologiyani maxfiylikdan ozod qildi, va shundan so'ng uni ommabop aloqa vositalarida ishlatish boshlandi.

talablar, shuningdek, ko'rsatiladigan xizmatlar tavsifini o'z ichiga oladi. CDMA-2000 tizimlari oldingi CDMA texnologiyasiga asoslangan tizimlar bilan moslashtirilgan bo'lib, bu CDMA-2000 abonent qurilmalari ham CDMA-2000, ham SdmaOne (IS-95) tarmoqlarida ishlay olishini bildiradi. Moslashtirishni ta'minlash standart uchun tizimning parametrlarini, o'rnatish jarayonlarini va ulanishni qayta ishlash, shuningdek, signalizatsiya tizimining parametrlarini belgilaydi. Standartda, shuningdek, abonent qurilmalarining o'zaro ta'sirlashishini boshqarish uchun ularning nurlanish quvvat darajalari xam keltirilgan.

CDMA-2000 tizimining arxitekturasi GPRS va UMTS tizim arxitekturalari bilan ko'plab umumiylikka ega. Bu yerdaxam ikki darajaga bo'linish mavjud: radioulanish - RAN va tayanch - CN tarmoqlari, shuningdek, paketli va kanalli kommutatsiya uchun alohida nimitizimlar ishtirok etadi. CDMA tarmog'i quyidagi tuzilish elementlaridan iborat (1.11-rasm):

Radioulanish darajasida BTS - tayanch stansiyalar (transiverlar) va BSC-tayanch stansiyalar kontrollerlari ishtirok etadi va o'zlari uchun an'anaviy bo'lgan funksiyalarni bajaradi.



1.11-rasm. CDMA-2000 tarmog'ining soddalashtirilgan sxemasi

Tayanch tarmog'i darajasi quyidagi elementlardan iborat:

- **PCF** (ingl. *Packet Control Function*) - paketli uzatishni boshqaruv markazi;
- **PDSN** (ingl. *Packet Data Service Node*) - paketli ma'lumotlarni uzatishga xizmat qiladigan tugun.

Bu tugunlar paketli kommutatsiya jarayonida qatnashishadi.

- **MSC** – mobil kommutatsiya markazi: GPRS tarmoqlaridagi kabi simli tayanch tarmog'i hisoblanib, radioulanish tarmog'i va umumiy ulanish turg'un tarmoqlari oralig'idagi bog'lovchi tugun hisoblanadi. MSC markazi kanalli kommutatsiya yordamida ulanishni ta'minlaydi.

Tarmoqning quyidagi tugunlari esa, o'zlarining an'anaviy funksiyalarini bajarishadi:

- **AAA** - avtorizatsiya, autentifikatsiya va xisob markazi;
- **HLR** - uy abonentlari registri;

- **VLR** - mehmon abonentlar registri.

CDMA-2000 tizimlarining arxitekturasi tahlil qilinganda, PDSN - ma'lumotlarni paketli uzatish tayanch tarmog'i UMTS tarmog'idagi SGSN tuguni o'rniga ishlatilishini ko'rish mumkin. Yana bir farq shundaki, CDMA-2000 tizimida AU lar mobilligini boshqarish uchun UMTS kabi HLR registri emas, balki Mobile IP protokolining kengaytirilgan versiyasi ishlatiladi (ya'ni, IP- protokoli bilan moslashtirilgan). Bu esa, yangi mobil aloqa tarmoklarini, asosan, mobil Internet ilovalari va xizmatlariga yo'naltirilganligini hisobga olganda, CDMA-2000 tizimlarining shubxasiz avzalligi hisoblanadi. Shu bilan birga, UMTS va CDMA-2000 tizimlarida ommaviy foydalanish telefon tarmoqlariga va ma'lumotni paketli uzatish tarmoqlariga ulanishda o'xshashlik mavjud.

CDMA-2000 standarti uchun radiochastota spektri

CDMA-2000 tarmoqlarini mobil aloqa tizimlari uchun ajratilgan deyarli barcha chastota diapazonlarida qurish mumkinligi tufayli radiochastotalardan foydalanish masalasida katta moslashuvchanlik mavjud.

CDMA-2000 tizimlari cdmaOne (IS-95) tarmoqlari vorisi sifatida yaratilgani tufayli, ularni 800MGs va 1900MGs diapazonlaridagi chastotalarni qo'llab-quvvatlashi asosiy talablardan bo'ldi. Shu bois CDMA-2000 operatorlari o'z tarmoqlarini qurishlarida sarmoya masalasida katta afzalliklarga ega bo'ldilar.

AQSh aloqa ma'muriyatining «3G tizimlarining yashovchanligini baholash» (ingl. *3G Viability Assessment*) nomi bilanham yuritilgan yangi rejasi 2004 yilga kelib 1710-1770MGs va 2110-2170MGs diapazonlarida qo'shimcha chastotalar ajratilish g'oyasini olg'a yuritdi. Natijada 3G tizimlari uchun (hususdan, CDMA-2000 uchun) 1710-1755MGs diapazonda 45MGs va 2110-2150 MGs diapazonda 40MGs kenglikdagi polosalar ajratildi.

Shuningdek, CDMA-2000 tizimlari ko'plab davlatlarda NMT-450 birinchi avlod tarmoqlarining «munosib o'rinbosarlari» bo'ldi va ularning chastota diapazonini o'zlashtirdi.

Shunday qilib, zamonaviy CDMA-2000 tarmoqlari asosan quyidagi diapazonlarda ishlatiladi:

- 850MGs va 1900MGs (asosan AQSh ga xos) – dunyodagi barcha tarmoqlarni 87 foizi ushbu polosalarda ishlaydi;
- 450MGs, 1700MGs, 2100MGs (dunyo miqyosida) – tarmoqlarning qolgan 13 foiziga mansub.

Misol uchun, Janubi-sharqiy Osiyo davlatlarida ko'plab CDMA-2000 tarmoqlari «yuqoriga» kanalda 825-832,5 MGs va «pastga» kanallarda 870-877,5MGs (FDDda ikkita 7,5MGs lik polosalar) chastotalardan foydalanadi. Rossiyada CDMA-2000 tarmoqlari uchun 828-831MGs va 873-876MGs chastota bo'yicha ajratilgan polosalar juftligi ishlatiladi. Yuqorida ta'kidlanganidek, bizning respublikamizda 450MGs (453MGs – 457,4MGs / 463MGs – 467,4MGs) va 800MGs (835,02MGs-844,98MGs) chastota diapazonlarida CDMA-2000 standarti asosida ikki tarmoq ishlab kelmoqda.

Nazorat savollari

1. Sotali aloqaning 1G avlod standartlarini qisqacha bayon eting.
2. Sotali aloqaning 2G va 2,5G avlod standartlarini qisqacha bayon eting.
3. Sotali aloqaning 3G va 3,5G avlod standartlarini qisqacha bayon eting.
4. 3G mobil aloqa tizimlarining xarakteristikalarini keltiring.
5. Hozirgi vaqtda dunyoda qancha 3G standartlari (standartlar oilasi) mavjud?
6. W-CDMA texnologiyasining asosiy xarakteristikalarini keltiring.
7. UMTS standartining ishlab chiqilishi tarixi va asosiy xarakteristikalari.
8. UMTS tarmoqlarida ma'lumot uzatish xizmatlariga foydalanuvchilar qanday uskunalar yordamida ulanishadi?
9. UMTS tizimlariga nisbatan qaysi mobil aloqa tizimlari raqobatli hisoblanadi?
10. UMTS standartining asosiy kamchiliklari nimada?
11. CDMA-2000 standarti asosidagi sotali aloqa tizimlarining evolyusiyasi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.Abdukadirov, D.Davronbekov. Mobil aloqa tizimlarining 4G avlodi. O'quv qo'llanma. – Toshkent, TATU – 2015. – 328 b.
2. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008
3. Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009
4. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012

Internet resurslar

1. Evolution to LTE report. GSA materiallari. May 11, 2011. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.
2. CDMA Statistics. CDG materiallari. April 21, 2011. http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp
3. Internet materiallari. <http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011jpg/>
4. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durrezi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durrezi/>
5. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA materiallari. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4
6. NTT DoCoMo press-relizi. <http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

2- mavzu: Telekommunikatsiya texnologiyalarida mobil va simli tarmoqlarning konvergentsiyasi (4 soat)

Reja:

- 2.1. 3,9G yoki Pre 4G avlod standartlari.
- 2.2. 4G - to'rtinchi avlod standartlari.
- 2.3. LTE standartining rivojlanish tarixi.
- 2.4. LTE standarti haqida umumiy ma'lumotlar.
- 2.5. LTE/SAE tizimi arxitekturasining asosiy tashkil etuvchilari
- 2.6. MIMO texnologiyasining tavsifi.
- 2.7. Keng polosali simsiz ulanish texnologiyalarning rivojlanish tarixi va tavsifi.
- 2.8. Keng polosali simsiz texnologiyalarni klassifikatsiyasi (sinflarga bo'lish) bo'yicha yondashuvlar.
- 2.9. Wi-Fi texnologiyasining tahlili.
- 2.10. WiMAX standartlari.

Tayanch iboralar: *Wi-Fi/WiMAX, 3GRR Long Term Evolution, Pre4G, NTT DoCoMo, High Speed OFDM Packet Access, WirelessMAN-Advanced, 3GPP Long Term Evolution*

2.1 . 3,9G yoki Pre 4G avlod standartlari.

Wi-Fi/WiMAX simsiz ma'lumot uzatish tarmoqlarida OFDM texnologiyasidan foydalanish evaziga kelib chiqqan texnik "inqilob" mobil aloqa dunyosini ham chetlab o'tmadi. HSOPA (ingl. *High Speed OFDM Packet Access*) texnologiyasini ishlab chiqish bilan boshlangan yo'l 3GRR loyihasi standartlarining 3GRR-LTE (ingl. *3GRR Long Term Evolution*) uzoq muddatli evolyusiyaga konsepsiyasiga qo'shib ketdi. Eslatib o'tish kerakki, OFDM asosida ishlab chiqilgan radiointerfeys texnologiyasi 2007 yilda HTI tomonidan IMT-2000 Dasturining asosiy radiointerfeysi sifatida qabul qilingan.

3GRR-LTE (qisqartirilgan holda LTE) – ma'lumot uzatish tezliklariga bo'lajak talablarni qondirish uchun UMTS standarti imkoniyatlarini takomillashtiruvchi mobil aloqa texnologiyasi hisoblanadi. Bu takomillashuv aloqa samaradorligini oshirish, tarmoqlarni tashkil etishdagi sarf-xarajatlarni kamaytirish, taqdim etiladigan xizmatlar darajasini ko'tarish va kengaytirish, shuningdek, mavjud mobil va keng polosali aloqa protokollari bilan o'zaro ishlash kabilarni o'z ichiga oladi. Nazariy jixatdan LTE texnologiyasida ma'lumotlarni "pastga" uzatish tezligi 326,4Mbit/sek gacha, "yuqoriga" esa 172,8Mbit/sek gacha yetishi mumkin. LTE standartining 8 versiyasidagi (3GRR Rel.8) imkoniyatlari 4G talablarigacha yetib bormagani tufayli so'nggi paytlarda LTE ko'pincha 3,9G yoki Pre4G avlod mobil aloqa texnologiyalari deb atalmoqda.

2.2. 4G - to'rtinchi avlod standartlari.

Mobil aloqa dunyosini oldinda yangi imkoniyatlarga ega bo'lgan texnologiyalar ishlanmalari kutmoqda. Hozirgi kunda o'tkazilayotgan tajribalar natijalari 4G texnologiyalari oldiga HTI tomonidan qo'yilgan talablarga erishish mumkinligini tasdiqlamoqda. Masalan, Yaponiyaning NTT DoCoMo kompaniyasi 2009 yildayoq mobil aloqa tarmoqlarini sinash jarayonida ma'lumotlarni uzatishda 5Gbit/sek tezligiga erishdi, va bunda MIMO texnologiyasini 12x12 ajratish sxemasidan foydalandi, mobil stansiya esa 10km/soat tezlikda harakatlandi.

2002 yilda HTI ning Radioaloqa Sektori (MSE-R) IMT kelajagini strategik ko'rinishini ifodalovchi IMT-Advanced (4G) tashabbusini taklif qilgan edi. Uni ishlab chiqish jarayonida munosib xizmatlar yaratildi, IMT-Advanced loyixasiga ta'luqli ishchi xarakteristikalarining talablari va xajmi aniqlandi va ularni baxolash uslublari batafsil tayorlandi. MSE-R ning 5D ishchi guruhi qoshida butun dunyodan yeg'ilgan mustaqil tashqi baxolash guruhlarini yordamida HTI ga 2009 yil oktabrida topshirilgan 4G radiointerfeyslari bo'yicha oltita taklif har biri alohida batafsil o'rganib chiqildi. Natijada, 2010 yil noyabrda Jenevada bo'lib o'tgan Butunjaxon radioaloqa konferensiyasida ikki texnologiya: "LTE-Advanced" va "WirelessMAN-Advanced" IMT-Advanced texnologiyalar tuzimining birinchi versiyasi sifatida qabul qilindi.

2.1-jadvalda o'tkazilgan tahlillar yakunidagi mobil aloqa tizimlari evolyusion rivojlanishining asosiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

2.1 – jadval

Mobil aloqa tizimlari evolyusiyasi

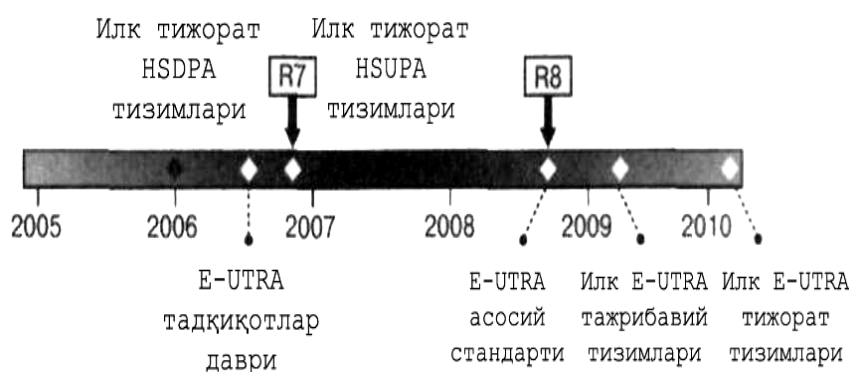
Mobil aloqa avlodlari	1G	2G	2,5G	3G	3,5G	4G
Ishlar boshlanishi yili	1970	1980	1985	1990	<2000	2000
Ishga tushirish yillari	1984	1991	1999	2002	2006-2007	2009-2012
Ko'rsatilayotgan xizmatlar	Analog standartlar	Raqamli standart, SMS, 9,6kbit/sek ma'lumot uzatish tezligi	Tarmoqning katta hajmi, ma'lumotlarni paketli uzatish	Tarmoqning yanada katta hajmi, 2 Mbit/sek gacha tezlik	3G tarmoqlaridagi tezliklarni oshirish	Katta hajmli, IP-asosidagi tarmoq, multimedia, yuzlab Mbit/sek tezlik

2.3. LTE standartining rivojlanish tarixi

3GPP Long Term Evolution (LTE) - mobil aloqa protokoli bo'lib, kelajakda ma'lumotlar uzatish tezligiga bo'ladigan ehtiyojni qondirish uchun UMTS standartini takomillashtirish bo'yicha 3GPP loyihasi hisoblanadi. Ushbu takomillashtirish natijasida, misol uchun, aloqa samaradorligini oshirish, tarmoqlarni tashkil etishdagi xarajatlarni kamaytirish, taqdim etiladigan xizmatlar

darajasini mukammallashtirish va kengaytirish, shuningdek, mavjud mobil va keng polosali aloqa protokollari bilan o‘zaro hamkorlikni ta’minlab berish imkoniyatlari paydo bo‘ladi. 3GPP LTE standartida ma’lumot olishning nazariy tezligi 326,4 Mbit/sek, uzatishning tezligi esa, 172,8Mbit/sek gacha yetishi mumkin.

LTE standartiga 2004 yilda asos solingan. Asosiy maqsad UTRA radioulaniş (UMTS standartida foydalaniladigan) arxitekturasini optimizatsiyalash hamda 3GPP loyihasidagi uchinchi avlod tizimlaridan to‘rtinchi avlod tomon rivojlanishni ta’minlab berishga qaratilgan edi. Tadqiqotlarning boshlang‘ich bosqichidagi asosiy maqsadi ma’lumotlarni yuqori tezlikda uzatishni ta’minlab bera oladigan fizik darajadagi texnologiyani belgilab olish edi. Asosiy variant sifatida ikki yo‘nalish taklif etildi: yo mavjud W-CDMA texnologiyasi asosidagi radiointerfeysni rivojlantirish, yoki OFDM texnologiyasi asosida ishlaydigan butunlay yangi radiointerfeysdan foydalanish. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida ushbu masalaning yagona yechimi OFDM texnologiyasidan foydalanish bo‘ldi. LTE ning ilk spesifikatsiyalari “3GPP yettinchi relizi” doirasida yaratilgan edi (ingl. *3GPP Release 7*). 2008 yilning dekabr oyiga kelib, LTE tizimlariga qo‘yiladigan arxitekturaviy hamda funksional talablarni belgilab beradigan 3GPP standartlarining 8-relizi (ingl. *3GPP Release 8*) tasdiqlangan edi (3.1-rasm).



2.1-rasm. LTE texnologiyasi rivojlanishining asosiy bosqichlari

3GPP loyihasi arxitektura tizimi bo‘yicha SA WG2 ishchi guruhi parallel ravishda “Tizim arxitekturasining evolyusiyasi” - SAE (ingl. *System Architecture Evolution*) ni ishlab chiqish bo‘yicha o‘zining alohida tadqiqotlarini olib bordi. Ushbu guruhning asosiy maqsadi - 3GPP tizimini rivojlantirish yoki ma’lumot uzatish tezligini yanada oshirish, javob vaqtini kamaytirish, ma’lumotlarni paketlab uzatish kabi imkoniyatlarga ega hamda turli radioulaniş texnologiyalarini - RAT (ingl. *Radio Access Technology*) qo‘llab quvvatlaydigan tizimlar strukturasi ishlab chiqish edi. SAE arxitekturasi ustida ishlar “3GPP tizimlari arxitekturasini rivojlantirish” shiori ostida 2004 yilning dekabr oyidan boshlangan edi. 2007 yilda “E-UTRA” deb nomlangan 3-avlod radioulaniş texnologiyalarini rivojlantirish bo‘yicha uzoq muddatli loyihasi texnik-iqtisodiy asoslash bosqichidan, ilk ma’qullangan texnik spesifikatsiyalar bosqichiga o‘tdi va 2008 yilning oxiriga kelib, texnologiya tijorat maqsadlarida foydalanishga tayyor bo‘ldi.

Shu sababli mutaxassislar 3GPP ning yangi standarti va yangi arxitektura tizimiga nisbatan ko‘pincha LTE/SAE terminini qo‘llashadi.

2.4. LTE standarti haqida umumiy ma'lumotlar

Keng polosali mobil aloqa turi tez suratlarda hayotimizga kirib kelmoqda. Ericsson kompaniyasining xisobiga ko'ra, 2011 yilda keng polosali aloqa xizmatlaridan foydalanuvchilar soni 1,5mlrd. ga yetgan va ularning yarmidan ko'pi aloqaning mobil variantidan foydalanishmoqda. Shuningdek, kompaniyaning fikricha, 2015 yilga kelib, mobil keng polosali ulanish xizmatidan foydalanuvchilar soni 3,8mlrd. ni tashkil qilishi, shundan 95 foizi esa HSPA,SDMA va LTE tarmoqlaridan foydalanishi kutilmoqda.

Bugungi kunda mobil tizimlar xizmatlari foydalanuvchilari:

- veb-resurslardan foydalanish yoki HSPA ni qo'llab quvvatlaydigan telefonlar va noutbuklar yordamida elektron xatlar jo'natish;
- DSL modemlar o'rniga HSPA modemlaridan foydalanish;
- 3G-telefonlar yordamida katta xajmdagi video hamda audio fayllarni jo'natish kabi bir qator imkoniyatlardan foydalanmoqdalar.

3GPP loyixasi 8-relizi sifatida kirib kelayotgan LTE standarti mobil aloqa tizimining rivojlanishi uchun sezilarli qadam bo'lishi lozim. Ishlab chiquvchilarning fikricha, foydalanuvchilar bu afzalliklarni katta resurslar talab qiladigan xizmatlar va ilovalar (interaktiv TV, foydalanuvchilar tomonidan yaratilgan videokliplar, murakkab o'yinlar va professional xizmatlar) dan foydalanganlarida yaqqol xis qilishadi¹⁰.



2.2-rasm. LTE tarmoqlarida mavjud bo'lgan keng polosali xizmatlar va yangi ilovalar

¹⁰ LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012

3GPP loyahasida keyingi avlod tizimlariga qo'yiladigan asosiy talablardan ayrimlari quyida keltirilgan:

- “pastga” yo‘nalishda ma’lumotlar uzatish tezligining eng yuqori qiymati - 100 Mbit/sek dan kam bo‘lmasligi, radioulanish tarmog‘idagi javob kechikish vaqti esa 10ms dan oshmasligi kerak;

- turli eltuvchi chastota polosalaridan foydalanish qulayligi, ya’ni bir eltuvchidan boshqa eltuvchi chastotalar polosasiga o‘tishning silliqiligi va turli eltuvchi chastotalarni qullab quvvatlashi - 5MGs va undan past chastotalar polosalaridan 20MGs gacha bo‘lgan ko‘plab mavjud va yangi chastota diapazonlarida;

- chastota (FDD) va vaqt (TDD) asosida dupleks rejimlarini qo‘llab quvvatlash;

- qo‘shni tayanch stansiyalarga abonentga xizmat ko‘rsatishni oshirishning yangi imkoniyatlari va mavjud mobil tarmoqlar bilan o‘zaro «rouming» ni amalga oshirish.

3GPP loyixasi ishtirokchilari va jalb etilgan boshqa ishlab chiqaruvchilar tomonidan o‘tkazilgan ko‘p yillik ilmiy-tadqiqot va tajriba-konstruktorlik ishlari (ITTKI) natijasida LTE texnologiyasi 3GPP talablariga javob beradigan, ayrim parametrlar bo‘yicha esa ulardan oshadigan universal tizimga aylandi.

LTE standartida turli xil multiplekslash texnologiyalari hamda modulyatsiya usullari qo‘llanilishi ko‘zda tutilgan, xususan:

- “pastga” yo‘nalishda uzatish uchun - ortogonal chastotali multiplekslash texnologiyasi - OFDM hamda QPSK, 16-QAM va 64-QAM modulyatsiya usullari;

- “yuqoriga” yo‘nalishda uzatish uchun - bir eltuvchi chastotali multiplekslash texnologiyasi - SC-FDMA hamda BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-QAM - modulyatsiya usullaridan foydalanilgan.

E-UTRA texnologiyasi radiointerfeysi juda moslashuvchan bo‘lib, 1,4MGs dan 20MGs gacha (UTRAning 5MGs li o‘zgarimas kanallardan farqli ravishda) bo‘lgan turli xil ishchi kanal kengliklaridan foydalanish mumkin. Shuningdek, E-UTRA texnologiyasining spektral samaradorligini UTRA ga nisbatan to‘rt marotabaga oshirishga erishildi. Tarmoq arxitekturasi va signalizatsiya usullarini takomillashtirish natijasida “pastga” hamda “yuqoriga” yo‘nalishlarda javob ushlanishi vaqtini kamaytirishga erishildi. “Ko‘p sonli qabul qilish/ko‘p sonli uzatish” - MIMO antenna texnologiyasini qo‘llash natijasida LTE tizimida W-CDMA texnologiyasi asosidagi 3GPP tizimlariga nisbatan bir sotaga to‘g‘ri keladigan abonentlar sonini 10 barobarga oshirildi.

SAE tizim arxitekturasi rivojlanish dasturining bir qismi sifatida LTE standartida IP-protokoli asosida qurilgan tarmoqning “yassi arxitekturasi” taklif etildi. LTE/SAE arxitekturasi vazifasi har qanday IP-xizmatlarini tijoriy foydalanish nuqtai nazaridan samarali qo‘llab quvvatlashdan iborat. Ushbu arxitektura mavjud bo‘lgan GSM/W-CDMA tizimlarining tayanch tarmoqlari asosida qurilgan va rivojlangan va uni qurishdan maqsad tarmoq ekspluatatsiyasini yanada soddalashtirish, xamda keyingi avlod tarmoqlarini bosqichma-bosqich va

samarali yaratishdir. LTE/SAE arxitekturasi tarmoqni qurish va ekspluatatsiya qilishda sarflanadigan ekspluatatsion va kapital xarajatlarni sezilarli ravishda kamaytiradi. Yangi “yassi arxitektura” modeli trafikni oshib ketish xollarida faqatgina ikki tipdagi tarmoq tugunlarining (tayanch stansiyalar va shlyuzlarni) o‘tkazuvchanligini oshirishni talab qiladi. Bundan tashqari, tarmoqni konfiguratsiya qilishda avtomatizatsiya darajasi borgan sari oshib borayotgani xam kuzatilmoqda. Natijada, operatorlar ishlatayotgan tarmoqlari, chastota spektrlari va o‘ziga xos tijorat xususiyatlarini xisobga olgan xolda keng polosali va multimediya xizmatlari taqdim etuvchi LTE texnologiyasini juda moslashuvchan ravishda tadbiq etishlari mumkin.

Shuni ham ta’kidlab o‘tish kerakki, 3GPP va 3GPP-2 loyihalari ishtirokchilari CDMA-2000 va LTE tizimlarining o‘zaro ishlashini tashkil qilish yuzasida kelishilgan. Shunday qilib, CDMA-2000 operatorlari tarmoqlarini kelajakda LTE standarti asosidagi tarmoqlarga o‘tkazish imkoniyatiga ega bo‘lishdi¹¹.

2.2-jadval

LTE tizimlari funktsionalligiga qo‘yiladigan talablar

Funksionallik	Talab qilinadigan qiymatlar
Ma’lumotlar uzatish maksimal tezligi, (20MGs polosa kengligida)	«pastga» kanalda: 100Mbit/sek dan kam bo‘lmasligi; «yuqoriga» kanalda: 50Mbit/sek dan kam bo‘lmasligi kerak.
Abonentlarning mobillik darajasi	350-500 km/soat ga
Abonent uskunasi faol rejimga o‘tish vaqti (passiv holatidan aktiv holatga o‘tish vaqti)	100ms dan ko‘p emas
Javob kechikishi vaqti	10ms dan ko‘p emas
Tarmoq sig‘imi	Bir sotada abonentlar soni 200 tadan kam bo‘lmasligi kerak (5MGs polosa uchun)
Radioqamrov zonasi (sotaning o‘lchami)	5 - 100km gacha, (ammo 30km dan ortiq masofada og‘ishlar boshlanishini xisobga olgan xolda)
Chastota kanali kengligi (kanalning o‘tkazish polosasi)	1,4MGs; 3MGs; 5MGs; 10MGs; 15MGs va 20MGs.

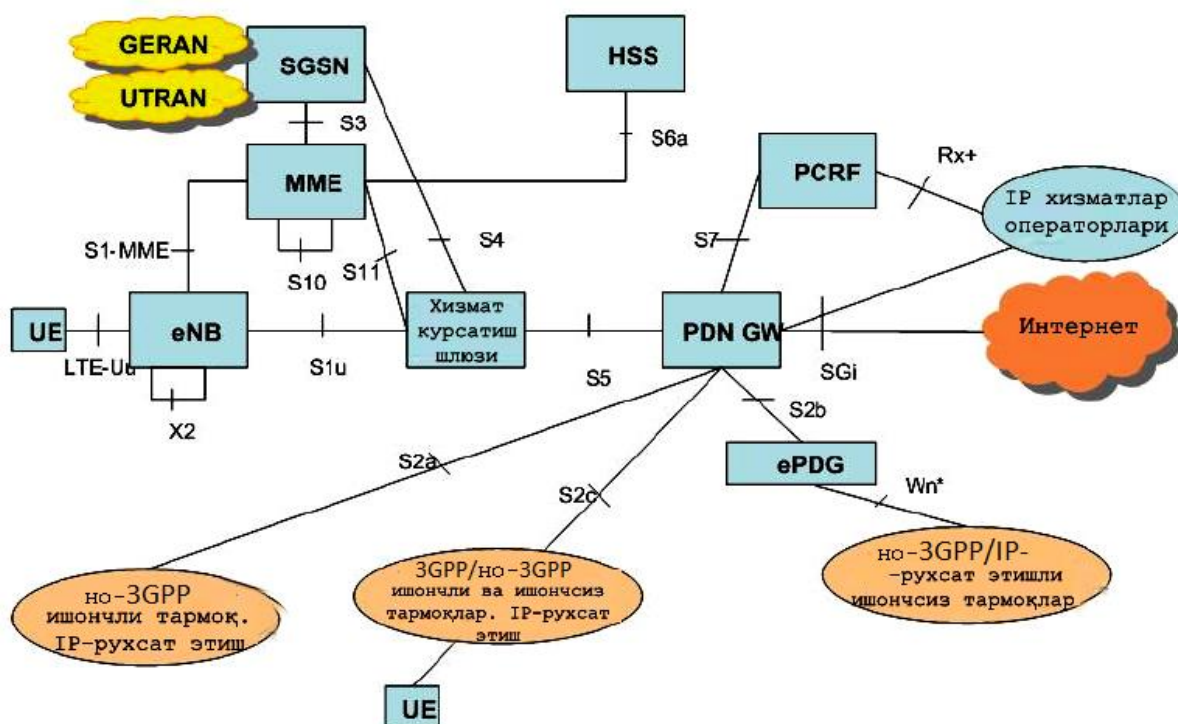
2.5. LTE/SAE tizimi arxitekturasi asosiy tashkil etuvchilari

Struktura jihatdan LTE/SAE tizimi arxitekturasi oldingi avlod mobil aloqa tizimlaridagi kabi ikki sathga bo‘lish mumkin: radioulanish tarmog‘i - RAN hamda

¹¹ Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed. 2008

tayanch tarmog‘i - CN.

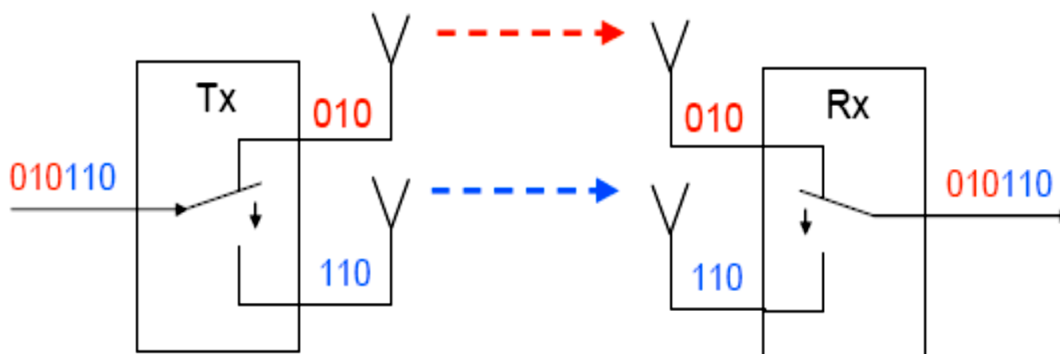
LTE/SAE tizimi arxitekturasini soddalashtirish maqsadida hozirgi kunda uni 2.3-rasmda keltirilgan kabi variantda qabul qilishgan. Bu rasmda LTE tizimining asosiy tarmoq tugunlari va interfeyslari birgalikda keltirilgan.



2.3-rasm. LTE/SAE tizimi arxitekturasini

2.6.MIMO texnologiyasining tavsifi

MIMO (ingl. *Multiple Input Multiple Output* – ko‘p sonli qabul qilish –ko‘p sonli uzatish) – yangi ma’lumot uzatish texnologiyasi bo‘lib, unga ko‘ra dastlabki ma’lumotlar oqimi demultipleksorda alohida uzatish traktlari bo‘yicha ishlov berish va uzatish uchun N sonli oqimlarga ajratiladi. Qabul qilish tomonida esa M sonli qabul traktlari bo‘lib, ularda ma’lumotlar multipleksordan o‘tadi va qabul qilishdagi xatoliklarning sonini kamaytiruvchi maxsus algoritmlar bo‘yicha yana qaytib bir oqimga yig‘iladi. Bu xatoliklar uzatish kanalidagi buzilishlar va signallarning fazoviy korrelyatsiyasi natijasida vujudga kelishi mumkin (2.4-rasmga qarang).



2.4-rasm. MIMO ning soddalashtirilgan ko‘rinishi

Shunday qilib, MIMO texnologiyasi bitta radiokanalda bir nechta uzatuvchi va qabul qiluvchi traktlarni ishlatadi. Amalda MIMO ni ishlash tartibida ikki xil rejim ajratiladi: Fazoviy ajratish (FA) va Fazoviy multiplekslash (FM) rejimlari¹².

FA rejimida signal nusxalarini bir necha uzatuvchi va mos ravishda bir necha qabul qiluvchi antennalarga ajratish amalga oshiriladi (ya'ni, bir xil axborot bir necha qabul qilish/uzatish traktlari bo'yicha yuborib qabul qilinadi).

FM rejimida ketma-ket ma'lumotlar oqimi bir necha parallel oqimlarga bo'linadi va bir necha qabul qilish/uzatish traktlari bo'yicha uzatiladi va qabul qilinadi (ya'ni ma'lumotlar oqimini uzatish tezligi bir necha martagacha oshadi). Shunday qilib, FM rejimi kanalning yuqori sig'imini (o'tkazuvchanlik qobiliyatini) ta'minlashi mumkin, lekin signal sifatini yaxshilamaydi, aksincha uni xatto yomonlashtirishi xam mumkin. Buning aksiga, FA rejimi signal sifatini sezilarli tarzda yaxshilaydi va qabul qilgich tomonida yuqori "signal-shovqin" nisbatini ta'minlaydi, lekin kanalning o'tkazuvchanlik qobiliyatini deyarli o'zgartirmaydi. Xususan, keng qamrovli sotalarda FM o'z imkoniyatlari chegarasida ishlaydi, chunki aloqa masofasi qancha uzoq bo'lsa, shunchalik signal kuchli bo'lishi kerak. Amaliyotda MIMO ning ikkala rejimining kombinatsiyasini ham qo'llash mumkin (masalan, 4*4 sxemali MIMO da fazoviy ajratilgan ikki juft multiplekslovchi antennalarni qo'llash mumkin).

MIMO texnologiyasining afzalliklariga quyidagilar kiradi:

- "Pastga" yo'nalishdagi kanallarning ishini yaxshilash, bu radioto'lqinlar kuchli tarqalishi sharoitida signalning turg'un va ishonchliroq uzatilishida namoyon bo'ladi. "Yuqoriga" yo'nalishdagi kanallar uchun yaxshilanishlar sezilarli emas;

- Bir necha mustaqil oqimlar bir vaqtda uzatilganda yuqoriroq darajadagi modulyatsiya sxemalarini ishlatish hisobiga kanalning o'tkazuvchanlik qobiliyatini oshirish;

- Tizimning, ayniqsa abonentlarni yuqori mobillik xolatlarida, ish xarakteristikalarini stabilligini oshirish.

MIMO ning kamchiliklariga qayta akslanish bo'lmagan hollarda, masalan, inshootlar nozich joylashgan tumanlarda, avtomagistral yoqalarida, daryo bo'ylab va shunga o'xshash hollarda sifat xarakteristikalarini pasayishini kiritish mumkin.

2.7. Keng polosali simsiz ulanish texnologiyalarning rivojlanish tarixi va tavsifi.

Keng polosali simsiz ulanish (KSU) texnologiyalari infokommunikatsion texnologiyalarning nimsinfi hisoblanadi va bir-biridan olisdagi ikki va undan ortiq ob'ektlar oralig'ida simli ulanishsiz axborot uzatish uchun ishlatiladi. Simsiz aloqa uchun radioto'lqinlar, infraqizil, optik yoki lazerli nurlanishlar ishlatilishi mumkin. Hozirgi vaqtda foydalanuvchilarga Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, RFID, ZigBee kabi "tijorat" nomlari bilan ma'lum bo'lgan ko'plab simsiz texnologiyalar mavjud.

¹² Амаліётда МІМО режимларини "А" ва "В" харфлари билан номланишини хам учратиш мумкин. Бунда МІМО "А" хуудий ажратиш ва МІМО "В" хуудий мультиплекслаш режиларига тўғри келади.

Ularni har biri o'zining qo'llanish sohasini aniqlaydigan ma'lum xarakteristikalar to'plamlariga ega.

Simsiz texnologiyalar simli (tarmoq) texnologiyalarning shiddatli rivojlanishi bilan chambarchas holda, hamda kompyuter va Internet texnologiyalarining ommaboplashishi tufayli xayotimizga uzluksiz holda kirib kelmoqda va, tezkor rivojlanib, o'zlari ham yangi hizmatlar va uskunalar yaratilishiga zamin bo'lmoqda.

Shu munosabat bilan simsiz texnologiyalarining lokal (WLAN), o'rta va qisqa masofalardagi (WPAN) va shahar va tuman qo'lamlaridagi (WMAN) tarmoqlarini rivojlanishi istiqbolli hisoblanadi.

Simsiz texnologiyalar standartlarini ishlab chiqishning boshlang'ich nuqtasi sifatida 1989 yilda IEEE (Elektronika va elektrotexnika bo'yicha muxandislar instituti) qoshida 802.11 ko'mitasi tashkil etilishi hisoblanadi. Ko'mita birinchi navbatda kichik (lokal) o'lchamlardagi simsiz tarmoqlarni ishlab chiqish bilan shug'ullandi va shu asno Wi-Fi tizimlari paydo bo'ldi. Ushbu g'oya asta-sekin "so'ngi milya" aloqasi va shahar hamda hududiy tarmoqlar uchun ham qo'llana boshladi va bu o'tgan asrning 90 yillarini oxirlarida IEEE 802.16 (WiMAX) standartlar guruhini paydo bo'lishiga olib keldi.

Hozirgi vaqtda Wi-Fi va WiMAX tizimlari yanada ommabop bo'lmoqda. Simsiz texnologiyalar foydalanuvchilarining eng o'suvchi segmenti sifatida korporativ mijozlar (ya'ni, tashkilot ishchilari) bo'lmoqdalar. Ma'lumotlarni simsiz uzatish hizmati muhim srategik vosita bo'lib qolmoqda: u mexnat unumdorligini oshirmoqda (xizmatchilar korporativ axborotlarga har doim va har joyda ulana olishadi, yangiliklar haqida tezroq habardor bo'lishadi), mijozlarga ko'rsatilayotgan xizmatlar sifatini oshirmoqda (mijozlar talablarini tezroq qabul qilib, ularni tezroq qondirish mumkin) va raqobatli afzalliklarni yaratmoqda (axborot almashuvi tezligini oshirish va shu bilan qaror qabul qilish tezligini ham oshirish mumkin).

Simsiz texnologiyalarning rivojlanishida uy foydalanuvchilarining ahamiyati katta. Uy tarmog'ida qancha ko'p uskuna bo'lsa, ularni bog'laydigan simlar ham uyni shunchalik kuchli o'rab oladi. Va bu simsiz texnologiyalarga o'tishga sabab bo'ladi. Zamonaviy uyning komfortlik (qulaylik) darajasini oshirish, ya'ni uning barcha tuzilmalari va ob'ektlarini (kompyuterlar, televizor, raqamli fotokamera, uy musiqiy markazi, qo'riqlash tizimi, iqlim tizimi, maishiy texnika va boshqalar) bir tizimga birlashtirish – bu "aqlli uy" g'oyasining asosidir va bunda simsiz texnologiyalardan foydalanish ko'zda tutilgan.

Bu yerda shuni ta'kidlab ketish zarurki, keng polosali simsiz texnologiyalarning rivojlanishi axborot xavfsizligini ta'minlash masalalarini yanada dolzarb qiladi. Simsiz tarmoqlar ishlatilganda asosiy tahdidlar xabarlarini, parollarni, kredit kartochkalar nomerlarini ilib olish, to'langan ulanish vaqtini o'g'irlash, kommunikatsion markazlar ishiga aralashish va boshqalar hisoblanadi. Bu muammolar aloqa standartlarini takomillashtirish jarayonida hal qilinadi.

2.8. Keng polosali simsiz texnologiyalarni klassifikatsiyasi (sinflarga bo'lish) bo'yicha yondashuvlar.

Simsiz texnologiyalar nazariyasida ularni sinflarga bo'lishda turli yondashuvlar mavjud. Jumladan, raqamli va analog, tor va keng polosali texnologiyalar ajratiladi. Bu ajratishlarga aniqlik kiritish uchun bir qancha

tushuntirishlarni keltiramiz.

Raqamli texnologiyalar xaqida gap ketganda ko‘pincha signal ham raqamli (diskret) shaklga ega bo‘lishi tushuniladi. Bu tushuncha ko‘proq simli tarmoqlar uchun to‘g‘ri bo‘ladi. Simsiz tarmoqlarda esa “ raqamli” belgisi radiokanal orqali uzatiladigan axborotlarga tegishli, ammo radiosignalni o‘zi esa haliham garmonika shaklidagi modulyatsiyalangan analog signali bo‘ladi.

Tor va keng polosali tizimlar orasidagi farqni ham oson aniqlab bo‘lmaydi (ular orasidagi chegaraham texnologiyalar rivojlangan sari yuqoriga siljimoqda). Shuningdek, bu belgiga nisbatan ham simli va simsiz texnologiyalarda qabul qilingan tushunchalar orasida farq kuzatiladi. Masalan, simli tarmoq texnologiyalarida ma‘lumotni tor polosada (ingl. *baseband*) uzatish deganda raqamli uzatish shakli tushuniladi (ya‘ni, diskret elektr yoki optik impulslar vositasi bilan). Va aksincha, keng polosa (ingl. *broadband*) sifatida elektron yoki optik to‘lqinlarni ishlatadigan analog kanallar nazarda tutiladi. Simsiz tarmoqlarda nazariy qabul qilinishicha, ishchi polosasining kengligi F bu polosaning markaziy chastotasi f_c dan ancha kam (ya‘ni, $F/f_c \ll 1$) bo‘lgan tizim tor polosali hisoblanadi. Aks holda, tizim keng polosali hisoblanadi. Amalda esa hozirgi vaqtda 1,25MGs dan 40MGs gacha kenglikdagi kanallarni ishlatadigan texnologiyalar keng polosali tizimlar turkumiga kiritiladi. Shuningdek, keng polosali texnologiyalar yuqori ma‘lumot uzatish tezligini (1Mbit/sekdan past emas) ta‘minlaydi.

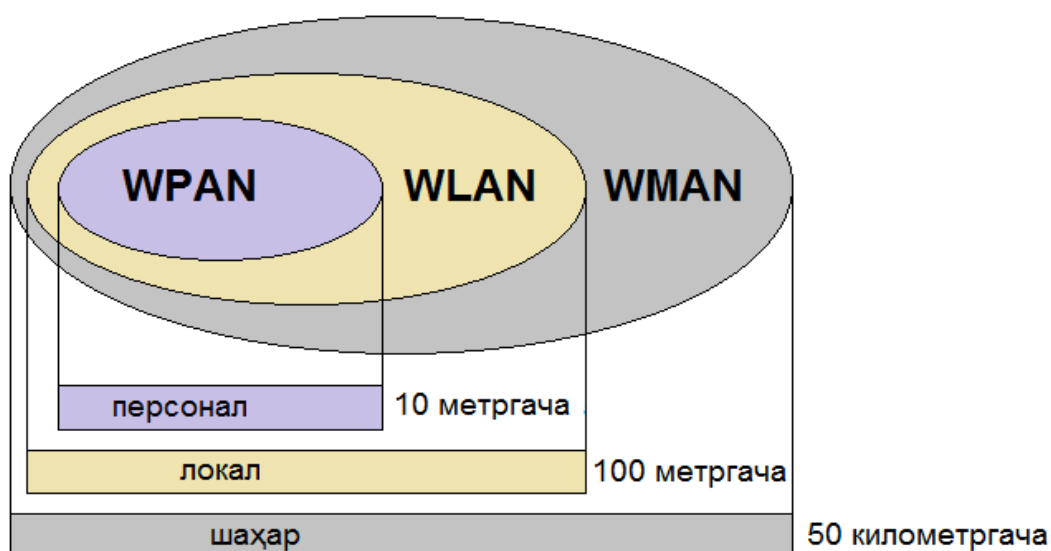
Keng polosali simsiz raqamli tizimlar sinfiga kiradigan texnologiyalar sinflarga bo‘lishda ko‘pincha quyidagi yondashuvlar ishlatiladi:

1. Aloqaning uzoqligi bo‘yicha tarmoqlar quyidagi sinflarga ajratiladi:

- Bir necha desimetrlardan bir necha dekametrlargacha radioqamrovga ega simsiz personal tarmoqlar (ingl. *Wireless Personal Area Networks - WPAN*). Periferiya uskunalari, turli hisoblagichlar, xabarchilar (rus. *datchik*) va boshqalar bilan aloqa uchun mo‘ljallangan. Bu texnologiyalar misollari: Bluetooth, RFID, ZigBee lardir.

- Bir necha yuzlab metrlargacha ta‘sir etish radiusili simsiz lokal tarmoqlar (ingl. *Wireless Local Area Networks - WLAN*). Ular ofis (tashkilot) ichidagi (ba‘zan ofislararo) aloqani tashkil etish uchun mo‘ljallangan. Ular qatoriga Wi-Fi, DECT, Femto-sota kabi texnologiyalarni qo‘shish mumkin.

- Bir necha, hatto o‘nlab kilometrlargacha qamrov radiusiga ega shahar (hudud) ko‘lamidagi simsiz tarmoqlar (ingl. *Wireless Metropolitan Area Networks - WMAN*). Yirik shahar atrofida yoki tumanlarda xizmat ko‘rsatadigan tarmoqlarni yaratish uchun mo‘ljallangan tizimlar. Ular sifatida WiMAX va WiBro texnologiyalari, sotali va tranking, shuningdek radio va teleuzatish tizimlari misol bo‘lishi mumkin (2.5-rasm).



2.5-rasm. Aloqaning uzatish bo'yicha simsiz texnologiyalarning sinflarga bo'linishi

2.9. Wi-Fi texnologiyasining tahlili

Wi-Fi (ingl. *Wireles Fidelity* – boshlanishida “simsiz aniqliq” deb ifodalangan) texnologiyasi deb Wi-Fi Allianse konsorsiumi tomonidan ishlab chiqilgan WLAN sinfiga qarashli va IEEE institutining 802.11 standartlar turkumiga kirgan tizim hisoblanadi. Ushbu texnologiya yuqori sifatli ovoz yozish va eshitirish standarti Hi-Fi (ingl. *High Fidelity* - “yuqori aniqlik”) ga o'xshatib nomlangan.

Wi-Fi tarmoqlaridan foydalanish simli tarmoqlar qurish mumkin bo'lmagan yoki iqtisodiy tarafdin maqsadga muvofiq bo'lmagan joylarda tavsiya etiladi. Hozirgi vaqtda Wi-Fi tarmoqlari ham korporativ, ham hususiy foydalanuvchilar tomonidan keng ishlatilmoqda. Zamonaviy Wi-Fi tizimlarida ma'lumot uzatish tezligi muayyan sharoitlarda 600Mbit/seklargacha yetadi. Wi-Fi tarmoqlarida aloqaning turg'un va mobil rejimlari qo'llab-quvvatlanadi. Abonent qabul qilgich / uzatkich uskunasi – “Wi-Fi adapteri” bilan jixozlangan mobil terminallar (cho'ntak kompyuterlari, smartfonlar va noutbuklar) lokal tarmoqlarga va ulanish nuqtasi yoki “xot-spot” deb nomlangan nuqtalar orqali Internetga ulanishi mumkin.



2.6-rasm. Wi-Fi-adapterlar



2.7-rasm. Ulanish nuqtasi

2.10. WiMAX standartlari

IEEE 802.16 standartlarini ishlab chiqish ustida asosiy ishlar 2001 yilda boshlandi. Shu yilning iyunida 802.16 oilasidagi standartlar asosida jihozlarni ishlab chiqarish bo'yicha tavsiyalarni ishlab chiqish uchun sohaviy konsorsium – “WiMAX Forumi” ga asos solindi. 2001 yilning dekabridayoq yangi keng polosali simsiz aloqa tizimi IEEE 802.16-2001 standarti paydo bo'ldi.

Standart shahar - “megapolis” ko'lamida (ingl. *Metropolitan Area Network, MAN*) statsionar simsiz tarmoqlarni tavsifladi, va shu sababli standartning dastlabki nomi Wireless MAN (WiMAN) bo'ldi.

Yangi standartning topologiyasi faqat “nuqta-ko'p nuqta” rejimini taqdim etdi, fizik darajada esa bir eltuvchi chastotadan foydalanish ko'zda tutildi (ingl. *Single-Carrier, SC*). Shuning uchun protokolning nomlanishiga SC ni qo'shiladigan bo'ldi (Wireless MAN-SC). Ishchi chastotalar sifatida 10GGs dan 66GGs gacha diapazondan foydalanish va standart faqat to'g'ri ko'rinish (LOS) sharoitlarida ishlashi ko'zda tutildi. Natijada, bu ilk 802.16-2001 standarti uskunalarini keng tarqalqala olmaganiga sabab bo'ldi. Yana bir sabab yuqori chastotalarda ishlaydigan apparatura bazasi kamligi bo'ldi. Bu omillarni hisobga olib 2003 yilning yanvarida yangi 2GGs dan 11GGs gacha chastota diapazonidan foydalanish ko'zda tutilgan. Shu bois IEEE 802.16a-2003 kengaytirilgan standarti qabul qilindi. Mazkur standart ham megapolis ko'lamida statsionar simsiz tarmoqlarni yaratishga yo'naltirilgan edi. U “so'nggi milya” muammosini an'anaviy kabelli modemlar, xDSL va T1/E1 kanallar orqali ulanishning alternativ keng polosali yechimi bo'ldi. Bundan tashqari, IEEE 802.16a tarmoqlari Wi-Fi 802.11 b/g/a standartlarining ulanish nuqtalarini Internetga ulash uchun qo'shimcha texnologiya sifatida foydalanish uchun rejalashtirildi. Lekin “16a” standartining zaif joyi bino ichida yomon aloqa sifati bo'lib qoldi.

IEEE 802.16a standartining mantiqiy davomi IEEE 802.16d standarti bo'ldi. U bino ichida turg'un ulanish imkoniyatini ko'zda tutdi. Tamomila IEEE 802.16d standarti 2004 yilning iyulida qabul qilindi va “IEEE 802.16 -2004” nomini oldi.

“D” versiyasining paydo bo‘lishi bilan IEEE 802.16a va IEEE 802.16d standartlarining alohida rivojlanishini zaruriyati qolmadi, chunki IEEE 802.16d standartining yakuniy versiyasi oldingi standartlarning barcha imkoniyatlarini qamrab olgan edi. Lekin standartlarni ishlab chiqish bo‘yicha ishlar to‘xtab qolmadi, chunki bosh maqsad, ya’ni KSU tizimlarida mobillikni ta’minlash hali erishilmagan edi. 2005 yilning dekabrda IEEE 802.16e (shuningdek “IEEE 802.16e-2005” deb nomlanadi), ko‘proq “mobil WiMAX” sifatida ma’lum bo‘lgan standart qabul qilindi. Shu yilning o‘zida Setekom (Ispaniya) kompaniyasi qoshida WiMAX jihozlarini sertifikatlashtirish uchun mo‘ljallangan birinchi laboratoriya ochildi.

Ta’kidlash kerakki, Yevropaning ETSI instituti qoshidagi BRAN (ingl. *Broadband Radio Access Networks*) texnik qo‘mitasining parallel ishlanmasi – “HiperMAN” standarti ham 2005 yilda yaratildi. Standart 2GGs - 11GGs chastotalar diapazonidan foydalanishga, Yevropa davlatlarida ishlatishga va foydalanuvchilarga turg‘un va ko‘chma ish rejimlarida keng xududda Internetga keng polosali simsiz ulanishni taqdim etish uchun mo‘ljallangan edi. Shunday qilib, HiperMAN WiMAX tizimlariga (yoki IEEE 802.16 standartlariga), shuningdek, Koreyaning ishlanmasi - WiBro tizimiga (u haqda quyida batafsilroq keltirilgan) nisbatan alternativ standart hisoblanadi. Shunga qaramay, HiperMAN standarti IEEE 802.16 ishchi guruhi bilan uzviy hamkorlikda ishlab chiqildi va shuning uchun HiperMAN va IEEE 802.16a-2003 standartlari orasida “uzluksiz rouming” qo‘llab quvvatlanadi. Shuningdek HiperMAN va IEEE 802.16 ning yangi standartlari orasida o‘zaro ishlashni ta’minlash bo‘yicha ishlar olib borilmoqda.

2006 yil IEEE 802.16 standarti asosidagi jihozlarni birinchi namunalarning paydo bo‘lishi bilan tarixga kirdi, va bu bilan “turg‘un WiMAX” ni faol joriy etilishi boshlandi. WiMAX ning turg‘un va mobil versiyalari o‘zaro moslashmaydigan bo‘lib qolgani, ya’ni ular raqobatchiga aylangani sababli «turg‘un WiMAX» jihozlarini ishlab chiqaruvchilari va operatorlarining strategik vazifasi bo‘lib «mobil WiMAX» maxsulotlari paydo bo‘lgunicha KSU tizimlari bozorini tezroq va kengroq o‘zlashtirish bo‘lib qoldi.

Shunxam yodlab o‘tish lozimki, 2006 yilning o‘zidayoq Koreyada birinchi WiBro tarmoqlari ishga tushirildi, va bu Janubiy Koreya telekommunikatsion va AT sanoatining yetakchilari bo‘lmish Samsung, LG, Korean Telecom va South Korea Telecom kompaniyalarining davlat qatnashuvidagi ko‘p yillik faol mexnatlarining natijasi bo‘ldi. WiBro tizimixam o‘ziga xos tarixga ega. 2002 yil fevralida Janubiy Koreya aloqa ma’muriyati (regulyatori) WiBro tizimini rivojlantirish uchun 2,3-2,4GGs diapazonda 100 MGs radiochastota polosasini ajratdi. 2004 yilning oxirida WiBro birinchi fazasi davlat standartlashtirishidan o‘tdi va 2005 yilning oxirida HTI WiBro texnologiyasini IEEE 802.16e standarti sifatida tan oldi. Nihoyat, 2006 yilning iyunida ikki operator - Korean Telecom va South Korean Telecom, WiBro tarmoqlarini tijoriy ishga tushirdi. Shunday qilib, WiBro asosida IEEE 802.16e («mobil WiMAX») standartiga mos keladigan KSU texnologiyasini tushunish zarur. WiBro tizimi 8.75MGs polosali OFDMA radio ulanish texnologiyasidan va TDD dupleksidan foydalanadi. Abonent uskunalari tayanch stansiya bilan 1km dan 5km gacha masofalarda 30-50Mbit/sek ma’lumotlarni uzatish tezliklarida bog‘lanishlari mumkin. Tarmoq 120km/soat tezlikda xarakat qilayotgan abonentlar bilan aloqa

o‘rnatish qobiliyatiga ega.

Bu jarayonda «mobil WiMAX» ishlab chiqaruvchilarixam orqada qolmadi. 2007 yilda IEEE 802.16e standarti asosidagi birinchi jihozlarni sertifikatlash muvaffaqiyatli o‘tdi va WiMAX bozorida ikki raqobat qiluvchi lagerlar, ya’ni standartning turg‘un va mobil versiyalari tarafdorlari paydo bo‘ldi. Shu munosabat bilan WiMAX standartining bu versiyalarini atroflicha ko‘rib chiqish va ularning xarakteristikalarini taqqoslash maqsadga muvofiq bo‘ladi.

IEEE 802.16d va IEEE 802.16e standartlarini ko‘rib chiqishni yakunlash bilan 2.3–jadvalga kiritilgan bu standartlarning xarakteristikalarini umumlashtirilgan taqqoslashni shuningdek 3.4–jadvalda bu standartlar taqdim etiladigan xizmatlar klassifikatsiyasini keltiramiz.

2.3–jadval

IEEE 802.16d va IEEE 802.16e standartlarini taqqoslash

	IEEE 802.16 -2004(d)	802.16e
Ko‘plab ulanish usuli	OFDM/OFDMA	S-OFDMA
O‘tkazish polosasining kengligi (MGs)	1,75/3/3,5/5,5/7 (OFDM) 1,25/3,5/ 7/14/28 (OFDMA)	1,25/2,5/5/10/20 1,75/3/3,5/5,5/7
FFT massivning o‘lchami	256 (OFDM) /2048 (OFDMA)	128; 256; 512; 1024; 2048
Nimeltuvchilar orasidagi surilish (kGs)	22,5 (OFDM 5MGs) 2,8 (OFDMA 5MGs)	Istalangan o‘tkazish oralig‘i kengligi uchun 11.2
Dupleksirlash usuli	FDD/TDD/FDD2 yarim dupleks	FDD/TDD/FDD yarim dupleks
Kadrning uzunligi (ms)	2,5; 4; 5; 8; 10; 12,5; 20	2; 2,5; 4; 5; 8; 10; 12,5; 20
Kanal koderi	Sistematik kaskadli svertkali rekursiv kod (RSCCC), Block TS, STSZ	Sistematik kaskadli svertkali rekursiv kod (RSCCC), Block TS, STS, LDPC
Nimkanallar («pastga»)	FUSC/PUSC/Band AMS	FUSC/PUSC/Band AMS
Nimkanallar («yuqoriga»)	PUSC/Optional PUSC	PUSC/Optional PUSC
HARQ ni qo‘llab – quvvatlash	Bor (faqat 2048 OFDMA)	Bor
SQI tezkor aks aloqa	Bor (faqat 2048 OFDMA)	Bor
AAS	Bor	Bor
STC ni qo‘llab –	Bor	Bor

quvvatlash		
Chastotalarni ko'p marta ishlatilishi	2/4 antennalar	2/3/4 antennalar
Mobillik/ aloqa seansini uzatish	1 sota doirasida ishlatilmaydi	1 sota doirasida ishlatish mumkin
“Uyqu ” rejimi	yo‘q	bor
Zondlash kanali	yo‘q	Bor
Guruhli / keng qamrovli uzatish	Yo‘q	Bor

2.4 –jadval

Mavjud va paydo bo‘ladigan servislarning misoliy klassifikatsiyasi

Uzatiladigan ma'lumotlar turi	Xizmatlar toifasi	«turg'un WiMAX»	«mobil WiMAX»
Axborotlar	Internet –ulanish, e –mail	++	++
	VPN	++	++
	Ma'lumotlar bazasiga portallarga ulanish	+	++
	Ma'lumotlarni to'plash	+	++
	Telemetriya	++	+
	Aktivlar ustidan nazorat	-	+
Tovush	VoIP	++	++
	PTT (guruhli chaqirish)	-	++
	FMC	-	++
Video	Radiochaqiruv Videokonferensiya	+	++
	Videokuzatuv	++	+
Joylashgan o'rin	Axborot xizmatlari	-	++
	Xodimlar va texnikani boshqaruv	-	+
	Chaqiruvlarni adaptiv marshrutlashtirish	-	++

++ xizmatlar yaxshi qo'llanilgan; + xizmatlar o'rtacha qo'llanilgan;
- qo'llanilmagan.

Keng polosali simsiz aloqa standartlarini taqqoslash jadvali

Texnologiya	Standart	Sinfi	O'tkazish qobiliyati	Qamrov hududi	Chastota diapazoni
Wi-G'i	802.11 a	WLAN	54 Mbit/sek	100 m gacha	5 GGs
Wi-G'i	802.11 b	WLAN	11 Mbit/sek	100 m gacha	2.4 GGs
Wi-G'i	802.11 g	WLAN	54 Mbit/sek	100 m gacha	2.4 GGs
WiMAX	802.16 d	WMAN	73 Mbit/sek	6-10 km	1.5-11 GGs
WiMAX	802.16 c	Mobil WMAN	30 Mbit/sek	1-5 km	2-6 GGs

Nazorat savollari

1. LTE texnologiyasi haqida umumiy ma'lumotlarni keltiring. LTE tizimlari xarakteristikalariga asosiy talablar qanday bo'lgan?
2. LTE standartining asosiy texnik xarakteristikalarini keltiring.
3. LTE tizimida ma'lumot uzatish tayanch tarmog'ining yangi arxitekturasi qanday nom oldi? Uning asosiy vazifalari qanday?
4. LTE/SAE arxitekturasida qaysi bo'limlar asosiy hisoblanadi?
5. LTE/SAE umumiy arxitekturasi soddalashtirilgan sxemasini chizing.
6. Wi-Fi tizimlariga umumiy tavsif bering.
7. Wi-Fi tizimlarining qisqacha rivojlanish tarixini bayon eting.
8. Wi-Fi tarmoqlarining asosiy elementlari va ishlash prinsipi qanday?
9. Wi-Fi tizimlarining asosiy afzalliklari nimada?
10. WiMAX tizimlariga tavsif bering va WiMAX tizimlarining qisqacha rivojlanish tarixini bayon eting.
11. WiMAX tizimi va IMT-2000 Dasturi qanday o'zaro ta'sirlashadi?
12. WiMAX i Wi-Fi tizimlarining farqi qanday?
13. WiMAX tizimlarining asosiy xarakteristikalarini keltiring. WiMAX tizimlarining qo'llanilish sohalarini bayon eting. WiMAX tizimlarining qanday asosiy avzalliklari va kamchiliklari mavjud?
14. HiperMAN va WiBro standartlari haqida so'zlab bering.
15. IEEE 802.16d standartiga qisqacha xarakteristika (tavsif) bering.
16. IEEE 802.16e standartiga qisqacha xarakteristika (tavsif) bering.
17. IEEE 802.16d va IEEE 802.16e standartlarining qanday umumiy xossalari va asosiy farqlari mavjud?

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.Abdukadirov, D.Davronbekov. Mobil aloqa tizimlarining 4G avlodi.

O'quv qo'llanma. – Toshkent, TATU – 2015. – 328 b.

2. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008

3. Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009

4. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012.

Internet resurslar

1. Evolution to LTE report. GSA materiallari. May 11, 2011.
http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.

2. CDMA Statistics. CDG materiallari. April 21, 2011.
http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp

3. Internet materiallari. <http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011.jpg/>

4. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durresi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durresi/>

5. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA materiallari. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4

6. NTT DoCoMo press-relizi.
<http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

IV-BO‘LIM

AMALIY MASHG‘ULOT
MATERIALLARI

IV. AMALIY MASHG‘ULOT MATERIALLARI

1-mavzu. Telekommunikatsiya texnologiyalarida simsiz aloqa tarmoqlari va ularning rivojlanishi (6 soat)

Ishdan maqsad: GSM standartidagi raqamli sotali radioaloqa tizimining asosiy texnik xarakteristikalarini, tuzilishlari va interfeyslarini o‘rganish.

Topshiriq.

GSM standartining umumiy xarakteristikalarini bilan tanishish.

Uskunaning funksional sxemasi va xarakteristikalarini o‘rganish.

HLR va VLR registrlarida saqlanadigan ko‘p davomli ma‘lumotlar tarkibi bilan tanishish.

Tarmoqning abonent asliligi bilan tanishish, protsedurasi bilan tanishish.

Hisobot tuzish.

Hisobot tarkibi

1. Ish nomi va maqsadi.
2. GSM standartida raqamli sotali radioaloqa tizimining tuzilish sxemasini chizing va qurilmalarning xarakteristikalarini yozing.
3. Harakatdagi mobil aloqa telefonining strukturaviy sxemasini chizing.

Nazariy qism

GSM (Global System for Mobile communications) standarti zamonaviy raqamli tarmoqlardan biri sanaladi, u birinchi navbatda, ISDN va IN (Intelligent Network) bilan chambarchas bog‘liqdir. GSM asosiy funksional elementlari ishlab chiqiladigan sotali aloqa global tizimining UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) xalqaro standartga kiritiladi. 1990 yilda GSMning birinchi faza spesifikasiyasi e‘lon qilingan. 1991 yilning o‘rtalariga kelib, GSMning tijorat xizmatlari qo‘llab-quvvatlandi, 1993 yilga kelib, 22 mamlakatlarda 36 ta GSM tarmoqlari faoliyat boshladi va 25 mamlakat GSM yo‘nalishini tanladi yoki uni qabul qilish masalasini qo‘ydi. 1992 yil iyunida GSM standarti mobil aloqa raqamli sotali tizimi (MAST) uchun federal standarti sifatida Rossiyada qabul qilingan.

1996 yilning yanvaridan Moskvada va viloyatida GSM (900 MGs) standartining tijorat ekspluatatsiya tarmog‘i boshlandi. Moskvada GSM tarmog‘ining operatori bo‘lib “Мобильные ТелеСистемы” (MTS) kompaniyasi hisoblanadi. “MTS”ni tijorat ekspluatatsiya qilishning birinchi kunlarida Rossiyada birinchi marta o‘z tarmoqlarining GSM standartining MAST abonentlari bilan abonementlarning avtomatik roumingi Germaniyada, Shvesariyada, Finlandiyada va Angliyada ochildi. Boshqa hududdagi “MTS” GSM tarmoqlarining operatorlari bilan birgalikda GSM federal tarmog‘ini yaratish va uni Yevropa, Osiyo, Avstraliya va Afrika davlatlarini qamrab oluvchi sotali aloqaning global tarmog‘i bilan integratsiyalashni tashkil etdi.

GSM tarmog‘i ITU - T (International Telecommunication Union - Telecommunications Standardization Sector) ta‘riflariga muvofiq quyidagi: axborotni o‘tkazish bo‘yicha (bearer services); aloqani ko‘rsatish (teleservices);

qo'shimcha (supplementary services) xizmatlarni ko'rsatishi mumkin.

GSM tizimi ma'lumotlarni uzatish raqamli tizimi hisoblanadi, raqamli oqim ko'rinishida kodlanadi va uzatiladi. Bundan tashqari, ma'lumotlarni uzatishning turli xizmatlarini taqdim etadi. GSM abonentlari oddiy telefon tarmoqlarining ISDN abonentlari bilan foydalana olishning turli usullari va protokollaridan, masalan, X.25 yoki X.32 foydalanib paketlarni kommutatsiya qilish tarmoqlari va kanallarni kommutatsiya qilish aloqa tarmoqlari bilan axborot almashinuvini amalga oshirishi mumkin. Faksapparat uchun tegishli adapterdan foydalanganda amalga oshiriladigan faksimil xabarlarini uzatish mumkin. Analog tizimlarda bo'lmagan GSM noyob imkoniyatlari bo'lib ma'lumotlarni oraliq bilan saqlash rejimida uzatiladigan SMS (Short Message Service) (160 baytgacha) qisqa xabarlarini ikki yo'nalishli uzatish hisoblanadi. SMS abonenti hisoblangan adresatga xabar uzatilishi, keyin olinganligi to'g'risida tasdiq jo'natuvchiga yuborilishi mumkin. Qisqa xabarlar keng eshittirish rejimida, masalan, hududda yo'l harakati shartlari o'zgarganligi to'g'risida abonentlarga xabar berish uchun, foydalanish mumkin. Qo'shimcha imkoniyatlar ko'rinishida amaldagi xususiyatlar axborotni o'tkazish va aloqani taqdim etish bo'yicha xizmatlarni bayon etadi (masalan, harakatdagi abonentga ulanish mumkin bo'lmagan holatda chaqiruvni qayta yo'naltirish). Chaqiruvni identifikatsiyalash, chaqiruvni navbatga qo'yish, bir nechta abonentlar bilan bir vaqtda so'zlashish va boshqalar kabi yangi imkoniyatlar yuzaga kelishi kutilmoqda.

862...960 MGs chastotalar diapazonida mobil aloqa chastota spektridan foydalanishga taalluqli bo'lgan 1980 yil SERT tavsiyalariga muvofiq er usti mobil aloqa raqamli umumevropa sotali tizim uchun GSM standarti ikkita chastotalar diapazonida 890...915 MGs (mobil stansiyalar uzatkichlari uchun –MS), 935...960 MGs (tayanch stansiyalar uzatkichlari uchun –BTS) uzatkichlarning ishlash ko'zda tutiladi.

GSM standartida kanallarni vaqt bo'yicha bo'lish bilan tor polosali ko'p stansion foydalana olishdan (NB-TDMA) foydalaniladi. Kadrning TDMA tuzilmasida 124 eltuvchidan har biridagi 8 vaqtli pozitsiyalarni o'z ichiga oladi.

Axborot xabarlarini uzatishda radio kanallardagi xatolardan muhofaza qilish uchun joyini o'zgartirish bilan blokli va o'rovli kodlash qo'llaniladi. Mobil stansiyalar joyini o'zgartirishning kichik tezligida samarali kodlash va joyini o'zgartirishni oshirish sekundiga 217 sakrashlar tezligi bilan aloqa seansi jarayonida ishchi chastotalarni (SFH) sekin qayta ulanishiga erishiladi.

Shahar sharoitlaridagi radio to'liqini ko'p nurli tarqatish bilan yuzaga kelgan qabul qilinadigan signalarning interferension so'nish bilan ko'rashish uchun aloqa apparaturada 16 mks gacha kechikish vaqtining o'rtacha kvadratik og'ish bilan impulsi signallar to'g'rilanishini ta'minlaydigan ekvalayzerlardan foydalaniladi.

Sinxronlash tizimi aloqaning maksimal uzoqligiga yoki yacheyka (sota)ning maksimal radiusiga 35 km mos keladigan signallarning 233 mks gacha kechikishi mutlaq vaqtini to'ldirishga mo'ljallangan.

GSM standartda minimal og'ish bilan Gauss manipulyatsiya (GMSK); manipulyatsiya indeksi – 0,3 tanlangan. Nutqni qayta ishlash tanaffuslarda yoki so'zlashuv oxirida nutqli signal mavjud bo'lganda uzatkich yoqilishi va uzatkich

o‘chirilishini ta’minlaydigan nutqni tanafusli uzatishning (DTX) qabul qilingan tizimi doirasida amalga oshiriladi.

Nutqni o‘zgartiruvchi qurilma sifatida muntazam impulsli qo‘zg‘atish/uzoq vaqtli oldindan aytish va oldindan aytish bilan liniyalı predikativ kodlash bilan nutqli kodek tanlangan (RPE/LTP – LPC – kodek). Nutqli signalni o‘zgartirishning umumiy tezligi – 13 kbit/s.

GSM standartida xabarlarni uzatish xavfsizligini yuqori bosqichiga erishildi; ochiq kalit bilan shifrlash (RSA) algoritmi bo‘yicha xabarlar shifrlanishi amalga oshirildi.

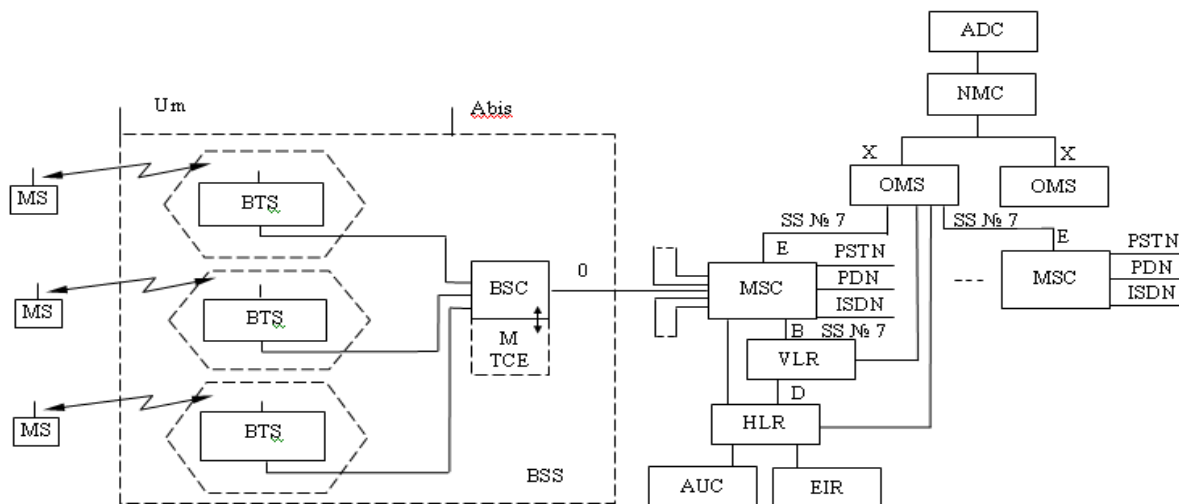
1.1-jadval

GSM standartining asosiy xarakteristikaları

Mobil stansiyaning uzatish va tayanch stansiyaning qabul qilish chastotasi, MGs	890...915
Mobil stansiyaning qabul qilish va tayanch stansiyaning uzatish chastotasi, MGs	935...960
Qabul qilish va uzatish chastotasining dupleksli tarqoqligi, MGs	45
Radio kanalda xabarlarni uzatish tezligi, kbit/s	270, 833
Nutqli kodekni o‘zgartirish tezligi, kbit/s	13
Aloqa kanali polosasining kengligi, kGs	200
Kanallarning maksimal soni	124
Tayanch stansiyalarida tashkil qilinadigan aloqa kanallarining maksimal soni	16...20
Modulyatsiya turi	MSK
VT modulyatsiya indeksi	0,3
Modulyatsiyadan oldingi Gaussov filtri polosasining kengligi, kGs	82,2
Chastota bo‘yicha sekundiga sakrashlar soni	217
Intervallarda vaqtinchalik tarqalishi	2
Mobil stansiya uchun kadri (uzatish/qabul qilish)	
Nutqli kodek turi	RPE LTP
Sotaning maksimal radiusi, km	gacha 35
Kanallarni tashkil qilish sxemasi (aralash)	TDMA/FDMA

Funksional tuzilish va GSM standartida qabul qilingan interfeyslar 1.1-rasmda tuzilish sxemasi ko‘rsatilgan: MSC (Mobile Switching Centre) – mobil aloqani

kommutatsiya qilish markazi; BSS (Base Station Sistem) – tayanch stansiya uskunasi; OMS (Operations and Maintenance Centre) – boshqarish va xizmat ko‘rsatish markazi; MS (Mobile Stations) – mobil stansiyalar.



1.1-rasm. GSM standartining tuzilish sxemasi

Tizimning funksional birlashishi interfeyslar oldida amalga oshiriladi. GSM standartidagi barcha tarmoqli funksional komponentlar MKKTT N7 (SSIT SS N7) signalizatsiya tizimiga muvofiq o‘zaro ishlaydi. SS N7 xalqaro darajada standartlashtirilgan va raqamli dastur-boshqarish stansiyalari bilan aloqaning raqamli tarmog‘ida signalli axborot almashinuvi uchun mo‘ljallangan. Tizim 64 kbit/s tezlik bilan raqamli kanal bo‘yicha ishlash uchun optimallashtirilgan va bog‘lanish jarayonini boshqarish, shuningdek, texnik xizmat ko‘rsatish va ekspluatatsiya qilish axborotini uzatish imkonini beradi. Bundan tashqari, uni telekommunikatsiya tarmoqlarida stansiyalar va ixtisoslashtirilgan markazlar o‘rtasida axborotning boshqa turlarini uzatish uchun ishonchli transport tizimi sifatida qo‘llanilishi mumkin. SS N7 axborot kanallarining bir yoki bir nechta bog‘lamlar uchun umumiy bo‘lgan maxsus kanal bo‘yicha signalli axborotni uzatish metodidan foydalaniladi. Signalli axborot yo‘qotishlarsiz to‘g‘ri ketma-ketlikda uzatilishi kerak, bunda er usti va yo‘ldoshli kanallar o‘zaro ishlashi mumkin. SS N7 tarmog‘i GSM standarti tarmog‘ini yaratishning majburiy sharti hisoblanadi.

Mobil aloqa kommutatsiya qilish markazi sotalar guruhiga xizmat ko‘rsatadi va mobil stansiyaning ishlash jarayoniga ehtiyoji bo‘lgan bog‘lanishlarning barcha turlarini ta‘minlaydi. MSC kommutatsion stansiya ISDN ga o‘xshashdir va qayd etilgan tarmoqlar (PSTN, PDN, ISDN va boshqalar) va mobil aloqa tarmog‘i o‘rtasidagi interfeysni o‘z ichiga oladi. U chaqiruvlarni marshrutlashni va chaqiruvlarni boshqarish funksiyalarini ta‘minlaydi. Kommutatsion stansiyaning oddiy ISDN funksiyalarini bajarishdan tashqari MSC radio kanallar kommutatsiya funksiyalariga yuklanadi. Ularga sotadan sotaga mobil stansiyaning o‘rnini o‘zgarishida aloqaning ketma-ketligiga va halaqitlar yoki nosozliklar yuzaga kelganda sotadagi ishchi kanallarni qayta ulanishga erishiladigan jarayonda estafetali uzatish kiradi. Har bir MSC muayyan geografik zona chegaralarida

(masalan, Moskva va viloyat) joylashgan harakatdagi abonentlarga xizmat ko'rsatilishini ta'minlaydi. MSC chaqiruvni o'rnatish va marshrutlash protseduralarni boshqaradi. Umumiy foydalanishdagi telefon tarmog'i (PSTN) uchun MSC SS N7 protokoli bo'yicha signalizatsiyalash, aniq loyihaning talablariga muvofiq chaqiruvni yoki interfeyslarining boshqa turlarini uzatish funksiyasini ta'minlaydi.

MSC aloqaning tarmoq tomonidan taqdim etiladigan xizmatlar uchun hisoblarni yozish uchun zarur bo'lgan ma'lumotlarni shakllantiradi, ma'lumotlarni amalga oshgan so'zlashuvlar bo'yicha to'playdi va ularni hisob-kitob markaziga (billing-markazga) uzatadi. MSC tarmoqni ishlashini nazorat qilish va optimallashtirish uchun zarur bo'lgan statistik ma'lumotlarni o'z ichiga oladi.

MSC radio kanallarga kira olishini boshqarish uchun qo'llaniladigan xavfsizlik protseduralarini ta'minlaydi.

MSC chaqiruvlarni boshqarishda ishtirok etadi, balki joylashgan o'rnini ro'yxatga olish va tayanch stansiyalarning kichik tizimida (BSS) boshqaruvni uzatishdan tashqari, boshqaruvni uzatish protseduralarini boshqaradi. Mobil stansiyalar joylashgan o'rnini ro'yxatga olish umumiy foydalanishdagi telefon tarmog'i abonentlaridan yoki boshqa harakatdagi abonentlardan harakatdagi abonentlarga o'tadigan chaqiruvni etkazilishini ta'minlash uchun zarur. Chaqiruvni uzatish protsedurasi bog'lanishni saqlash imkoniga ega va mobil stansiyalar xizmat ko'rsatishning bir zonasidan boshqasiga o'tganda so'zlashuvni olib borishni ta'minlaydi. Tayanch stansiyaning (BSC) bir kontrolleri tomonidan boshqariladigan sotalarda chaqiruvlar ushbu BSC tomonidan uzatiladi. Chaqiruvlarni uzatish turli BSC tomonidan boshqariladigan ikkita tarmoq o'rtasida amalga oshirilsa, birlamchi boshqarish MSC da amalga oshiriladi. GSM standartida turli MSC ga taalluqli tarmoqlar (kontrollerlar) o'rtasida chaqiruvni uzatish protseduralari ko'zda tutilgan. Kommutatsiya qilish markazi holat (HLR) va ko'chish (VLR) registridan foydalanib mobil stansiyalar doimiy kuzatilishi amalga oshiriladi. HLR da istalgan mobil stansiyaning joylashgan o'rnini to'g'risidagi axborot kommutatsiya markaziga stansiya chaqiruvini etkazish imkonini beradigan qismi saqlanadi. HLR registri harakatdagi abonentning xalqaro identifikatsion raqamini (IMSI) o'z ichiga oladi. U autentifikatsiya markazida (AUC) mobil stansiyaning tanib olish uchun foydalaniladi.

1.2-jadval.

HLR va VLR da saqlanadigan uzoq muddatli ma'lumotlar tarkibi

HLR va VLR da saqlanadigan uzoq muddatli ma'lumotlar tarkibi	
HLR	VLR
1	IMSI – Harakatdagi abonentning xalqaro identifikatsion raqami
2	ISDN xalqaro tarmoqdagi mobil stansiya nomeri
3	Mobil stansiya toifasi

4	Autentifikatsiya kaliti
5	Yordamchi xizmatni ta'minlash turi
6	Foydalanuvchilar yopiq guruhining indeksi
7	Foydalanuvchilar yopiq guruhining blokirovka kodi
8	Uzatilishi mumkin bo'lgan asosiy chaqiruvlar tarkibi
9	Chaqiruvchi abonentni xabardor qilish
10	Chaqiruvchi abonentning identifikatsiya raqami
11	Ish grafigi
12	Chaqiriluvchi abonentni xabardor qilish
13	Abonentlarni bog'lashda signalizatsiya nazorati
14	Foydalanuvchilar yopiq guruhining xususiyatlari (vositalari)
15	Foydalanuvchilar yopiq guruhining imtiyozlari
16	Foydalanuvchilar yopiq guruhida ta'qiqlangan chiquvchi chaqiruvlar
17	Abonentlarning maksimal soni
18	Foydalaniladigan parol
HLR	
19	Ustuvor foydalana olish sinfi
20	Foydalanuvchilar yopiq guruhida taqiqlangan kiruvchi chaqiruvlar

Amaliyotda HLR tarmoqda doimo yoziladigan abonentlar to'g'risidagi ma'lumotlarning ma'lumotnoma bazasini o'z ichiga oladi. Unda tanlab olinadigan raqamlar va adreslar, shuningdek, abonentlarning asllik parametrlari, aloqa xizmatlarining tarkibi, marshrutlash to'g'risidagi maxsus axborotidan iborat. Abonentning roumingi (adashish) to'g'risidagi ma'lumotlar, shu jumladan, harakatdagi abonentlarning va VLR ga taalluqli vaqtli identifikatsion raqami (TMSI) to'g'risidagi ma'lumotlar ro'yxatga olinadi.

Tarmoqda bir nechta HLR mavjud bo'lsa, HLR dagi ma'lumotlardan tarmoqning barcha MSC va VLR distansion foydalana olishga ega, ma'lumotlar bazasida abonent to'g'risidagi bitta yozuv bo'ladi, shuning uchun har bir HLR abonentlar to'g'risida tarmoqning ma'lumotlar umumiy bazasining muayyan qismini o'z ichiga oladi. Abonentlar to'g'risidagi ma'lumotlarning bazasidan foydalana olish IMSI yoki MSISDN (ISDN tarmoqning harakatdagi abonent raqami) raqami bo'yicha amalga oshiriladi. Ma'lumotlar bazasidan abonentlarning tarmoqlararo roumingini ta'minlash doirasida boshqa tarmoqlarga taalluqli MSC yoki VLR foydalana olishi mumkin.

HLR va VLR da saqlanadigan vaqtli ma'lumotlar tarkibi

HLR va VLR da saqlanadigan uzoq muddatli ma'lumotlar tarkibi	
HLR	VLR
Autentifikatsiya va shifrlash parametrlari	TMSI - foydalanuvchining vaqtli xalqaro identifikatsion raqami
VLR belgilanadigan mobil stansiyaning vaqtli raqami	Joylashish zonasining identifikatori
VLR ko'chish registrining adresi	Asosiy xizmatlardan foydalanish bo'yicha ko'rsatma
Mobil stansiya ko'chish zonasi	«Estafetali uzatishda» sotalar raqami
Estafetali uzatishdagi sota raqami	Autentifikatsiya va shifrlash parametrlari
Ro'yxatga olish maqomi	
Javob bo'lmagandagi taymer (bog'lanish o'chirilganda) o'chiriladi	
Parolning shu momentda foydalaniladigan tarkibi	
Aloqaning faolligi	

Zonadan zonaga mobil stansiya ko'chishi uchun nazoratni ta'minlaydigan ikkinchi asosiy qurilma - VLR ko'chish registri. U yordamida HLR nazorat qilinadigan zonalar chegarasidan tashqaridagi mobil stansiyalarning ishlash funksiyalariga erishiladi. Mobil stansiyalar ko'chish jarayonida tayanch stansiyalar guruhini birlashtiradigan tayanch stansiyalar BSC bir kontrolleri ishlash zonasidan boshqa BSC ishlash zonasiga o'tsa, u yangi BSC tomonidan ro'yxatga olinadi va VLR ga mobil stansiyalar chaqiruvlari etkazilishi ta'minlanadigan aloqa sohasining raqami to'g'risidagi axborot kiritiladi. HLR va VLR dagi ma'lumotlarning saqlanganligi uchun to'xtashlar sodir bo'lganda ushbu registrlar xotirasi qurilmasining muhofazasi ko'zda tutilgan.

VLR o'z ichiga HLR kabi ma'lumotlarni oladi, biroq ushbu ma'lumotlar, abonent VLR nazorat qilinadigan zonasida bo'lgunga qadar VLR da bo'ladi.

GSM mobil aloqa tarmog'ida geografik zonasiga (LA) guruhlanadi., unga o'z identifikatsion raqami (LAC) birlashtiriladi. Har bir VLR bir nechta LA dagi abonentlar to'g'risidagi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi. Mobil abonent bir LA dan boshqasiga o'tsa, uning joylashgan o'rni to'g'risidagi ma'lumotlar VLR da avtomatik tarzda yangilanadi. Eski va yangi LA turli VLR boshqarilishi ostida bo'lsa, eski VLR dagi ma'lumotlar yangi VLR ga ko'chirib olingandan keyin o'chiriladi. HLR dagi abonentning VLR amaldagi adresi ham yangilanadi.

VLR mobil stansiyaning «adashgan» (MSRN) raqami birlashtirilishini ta'minlaydi. Mobil stansiya kiruvchi chaqiruvni qabul qilsa, VLR uni MSRN tanlaydi va uni harakatdagi abonent yonidagi tayanch stansiyalariga ushbu chaqiruvni marshrutlaydigan MSCga uzatadi.

VLR bir MSCdan boshqasiga bog'lanishlarni uzatishda boshqarishni uzatish raqamini tasdiqlaydi. Bundan tashqari, VLR yangi TMSI taqsimlanishini boshqaradi va ularni MSC ga uzatadi. U chaqiruvni qayta ishlash vaqtida haqiqiylikni o'rnatish protseduralarni boshqaradi. TMSI operatorining qarori bo'yicha abonentlarni identifikatsiyalash protsedurasini murakkablashtirish uchun vaqti-vaqti bilan o'zgartirilishi mumkin. Ma'lumotlar bazasidan foydalana olishni IMSI, TMSI yoki MSRN orqali VLR ta'minlashi mumkin. Umuman VLR abonent joylashgan zona uchun harakatdagi abonent to'g'risidagi ma'lumotlarning lokal bazasini o'z ichiga oladi bu esa, HLR ga doimiy so'rovlarni o'chirish va chaqiruvlarga xizmat qilish uchun vaqtni qisqartirish imkonini beradi.

Aloqa tizimlari resurslaridan ruxsatsiz foydalanishning oldini olish uchun autentifikatsiyalash mexanizmlari – abonentning aslilik guvohnomasi kiritiladi. Autentifikatsiya markazi bir nechta bloklarni o'z ichiga oladi va autentifikatsiya kalitlari va algoritmlarini shakllantiradi. U yordamida abonentning vakolati tekshiriladi va uning aloqa tarmog'idan foydalanish amalga oshiriladi. AUS autentifikatsiya jarayoni parametrlari to'g'risidagi qarorni qabul qiladi va uskuna identifikatsiyalash registrida (EIR - Equipment Identification Register) joylashgan ma'lumotlar bazasi asosida abonent stansiyalarni shifrlash kalitini aniqlaydi.

Har bir harakatdagi abonent aloqa tizimidan foydalanish vaqtida xalqaro identifikatsiya raqamidan (IMSI), autentifikatsiya o'zining individual kalitidan (Ki), autentifikatsiyalash algoritmidan (A3) iborat abonent haqiqiylikning standart modulini (SIM) oladi.

Mobil stansiya va tarmoq o'rtasidagi ma'lumotlar o'zaro alamshinuvi natijasida SIM ga kiritilgan axborot yordamida autentifikatsiyalashning to'liq sikli amalga oshiriladi va abonentning tarmoqdan foydalana olishga ruxsat beriladi.

Tarmoqning abonent asliligini tekshirish protsedurasi quyidagicha amalga oshiriladi. Tarmoq mobil stansiyaga tasodifiy raqamni (RAND) uzatadi. Unda Ki va autentifikatsiyalash algoritmi A3 yordamida javob qiymati (SRES), ya'ni

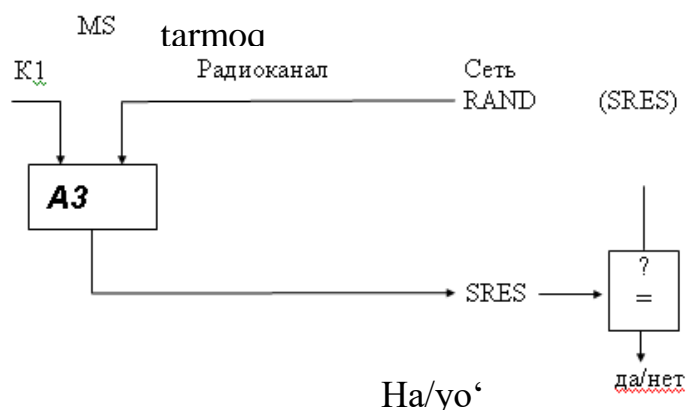
$$SRES = Ki * [RAND]$$

aniqlanadi.

Mobil stansiya tarmoq bilan hisoblanadigan SRES qiymati bilan qilinadigan SRES qiymati qiyoslanadigan tarmoqda hisoblanadigan SRES qiymati yuboriladi. Ikkala qiymati mos kelsa, mobil stansiya xabarlarini uzatishga kirishadi. Aks holda aloqa uziladi va mobil aloqa indikatorini kechikish bo'lmaganligini ko'rsatadi. SRES

hisoblanishi SIM diorasida maxfiyligini ta'minlash uchun sodir bo'ladi. Maxfiy bo'lmagan axborot (masalan, Ki) SIM modulida qayta ishlanmaydi.

Autentifikatsiya protsedurasi 4-rasmdagi sxemada ko'rsatilgan.



1.4-rasm. Autentifikatsiya prinsipi

EIR – uskuna identifikatsiyasining registri mobil stansiya uskunasining (IMEI) xalqaro identifikatsiya raqamining aslligini tasdiqlash uchun ma'lumotlarning markazlashtirilgan bazasini o'z ichiga oladi. Ushbu ma'lumotlar bazasi mobil stansiya uskunasiga mutlaq tegishlidir. EIR ma'lumotlar bazasi quyidagicha tashkil qilingan IMEI raqamlar ro'yxatidan iborat.

OQ RO'YXAT – ruxsat etilgan mobil stansiyalarga biriktirilgan ma'lumotlar borligi to'g'risidagi IMEI raqamini o'z ichiga oladi.

QORA RO'YXAT – o'g'irlangan yoki xizmat ko'rsatilganda boshqacha sabab bo'yicha rad etilgan mobil stansiyalar IMEI raqamini o'z ichiga oladi.

KULRANG RO'YXAT – «qora ro'yxat»ga kiritish uchun asos bo'lib hisoblanmasa, dasturiy ta'minot ma'lumotlar bo'yicha aniqlangan muammolar mavjud bo'lgan mobil stansiyalarning IMEI raqamini o'z ichiga oladi.

Ma'lumotlar bazasiga EIR ushbu tarmoqning MSC, shuningdek, boshqa mobil tarmoqlar MSC distansion foydalana olishi mumkin.

HLR holati kabi tarmoq bittadan ko'p EIR ga ega bo'lishi mumkin, bunda har bir EIR IMEIning aniq guruhlarini boshqaradi. MSC tarkibiga IMEI raqamini olganda EIR adresini qaytaradigan, uskuna to'g'risidagi ma'lumotlar bazasining tegishli qismini boshqaradigan translyator kiradi.

IWF – tarmoqlararo funksional tutashuv MSCning tarkibiy qismidan biri hisoblanadi. U abonentlarga ma'lumotlarni GSM tarmog'ining terminal uskuna (DIE) va qayd etiladigan tarmoqning oddiy terminal uskuna o'rtasida uzatish mumkin bo'lgan protokollarini o'zgartirish vositalaridan va ma'lumotlarni uzatish tezligidan foydalana olishni ta'minlaydi. Tarmoqlararo funksional tutashuv qayd etilgan tarmoqning tegishli modemi bilan birlashish uchun uskunaning o'z bankidan modemi «ajratadi». IWF mijozlarga etkaziladigan uskuna uchun, masalan, X.25 protokoli bo'yicha ma'lumotlarni paketli uzatish PAD uchun to'g'ridan-to'g'ri bog'lanish tipining interfeyslarini ta'minlaydi.

Yes – aks-sadoni bosuvchi tarqatish traktlarida fizik kechikish sababli barcha telefon kanallar (ularning uzunligidan qat'iy nazar) uchun, jumladan GSM

tarmoqlarning radio kanali PSTN tomonidan MSC ga foydalaniladi. Namunaviy aks-sado bosuvchi YeS chiqishi va qayd etiladigan telefon tarmoqning telefonii o'rtasidagi uchastkada 68 millisekund intervalda bosishni ta'minlashi mumkin. To'g'ri va teskari yo'nalishlarga tarqalishida GSM kanalida signalni qayta ishlash, nutqni kodlash/koddan chiqarish, kanalli kodlash va boshqalar bilan yuzaga kelgan umumiy kechikish taxminan 180 ms ni tashkil etadi. Ushbu kechikish, telefon kanalda standart bog'lanish PSTN ikki simli hisoblanganligi uchun MSCda o'rnatish zarur bo'lgan ikki simli rejimdan to'rt simli rejimga o'zgartirish trakti bo'lgan gibril transformator yoqilgan bo'lmasa, harakatdagi abonentga sezilmasligi mumkin. Qayd etilgan tarmoqning ikkita abonentlarini bog'lashda aks-sado signallar bo'lmaydi. YeSni yoqmasdan GSM traktida signallarni tarqatishdan kechikish abonentlarning g'ashiga tegadi so'zlashuvni uzib qo'yadi va e'tiborni chalg'itadi.

OMS – ekspluatatsiya qilish va texnik xizmat ko'rsatish markazi GSM tarmog'ining markaziy elementi hisoblanadi, u tarmoqning boshqa komponentlarini nazorat qilish va boshqarishni hamda uning ishlash sifatini nazorat qilishni ta'minlaydi. OMS X.25 protokolining ma'lumotlarni uzatish kanallari bo'yicha GSM tarmog'ining boshqa komponentlari bilan birlashadi. OMS xizmat ko'rsatuvchi xodimlarni xabardor qilish uchun mo'ljallangan avariya signallarini qayta ishlash funksiyasini ta'minlaydi va tarmoqning boshqa komponentlaridagi avariya vaziyatlari to'g'risidagi ma'lumotlarni ro'yxatga oladi. Nosozlik xususiyatiga bog'liq holda OMS uni avtomatik tarzda yoki xodimning faol aralashuvi bilan bartaraf etish imkoniga ega. OMS tarmoq uskunasi holati va mobil stansiya chaqiruvining o'tishi tekshirilishini ta'minlashi mumkin. OMS tarmoqda yuklamani boshqarish imkoniga ega. Samarali boshqarish funksiyasiga GSM tarmog'ining komponentlardan yuklama to'g'risidagi statistik ma'lumotlarni yig'ish, ularni diskli fayllarda yozish va vizual tahlil uchun displeyga chiqarish kiradi. OMS dasturiy ta'minot o'zgarishi va tarmoq elementlarining konfiguratsiyasi to'g'risidagi ma'lumotlar bazasi boshqarilishini ta'minlaydi. Xotiraga dasturiy ta'minotni yuklash OMS dan tarmoqning boshqa elementlariga yoki ulardan OMSga amalga oshiriladi.

NMC – tarmoqni boshqarish markazi GSM tarmoqni ratsional ierarxik boshqarishni ta'minlash imkoniga ega. U hududiy tarmoqlarni boshqarish uchun javob beradigan OMS markazlari bilan qo'llab-quvvatlanadigan barcha tarmoq darajada ekspluatatsiya qilish va texnik xizmat ko'rsatishni ta'minlaydi. NMC butun tarmoqda grafik boshqarilishini ta'minlaydi va ishdan chiqish yoki uzellar o'ta yuklangan kabi murakkab avariya vaziyatlarida tarmoqni dispetcherlik boshqarishni ta'minlaydi. Bundan tashqari, u tarmoq uskunasi ishga tushirilgan avtomatik boshqarish qurilmasining holatini nazorat qiladi va NMC operatorlari uchun tarmoq holatini displeyda aks ettiradi. Bu operatorlarga hududiy muammolarini nazorat qilish imkonini beradi, zarur bo'lganda, aniq hudud uchun javobgar bo'lgan OMS yordam ko'rsatadi. Shunday qilib, NMC xodimi butun tarmoq holatini biladi va OMS xodimiga hududiy muammoni hal etish strategiyasini o'zgartirish ko'rsatmasini beradi.

NMC – tarmoqda o'ta yuklanish yuzaga kelishi uchun sharoitlarga yo'l qo'ymasligi sababli, signalizatsiya marshrutlariga va uzellar o'rtasidagi

bog'lanishlarga diqqatni bir joyga to'playdi. Tarmoqlar o'rtasida o'ta yuklanish sharoitlari tarqalishning oldini olishda GSM va PSTN tarmoq o'rtasidagi bog'lanishlar marshruti nazorat qilinadi. Bunda NMC xodimi boshqa NMC xodimi bilan tarmoqni boshqarish masalalarini muvofiqlashtiradi. NMC tayanch stansiyalarning (BSS) kichik tizimining tarmoqli uskunasi uchun grafikni boshqarish imkonini ta'minlaydi. Abonentlar yuqori ustuvorlik (favqulodda xizmatlar) bilan tizimdan foydalana olishi mumkin bo'lganda, NMC operatorlari eksperimental vaziyatlarida «ustuvor foydalana olish» kabi boshqarish protseduralari ishga tushishi mumkin.

Mahalliy OMS xizmat ko'rsatilmaydigan hisoblansa, NMC har qanday hududda javobgarlikni olishi mumkin, bunda OMS tarmoqning NVC va uskuna o'rtasidagi tranzit punkt sifatida ishlaydi. NMC operatorlarga OMS funksiyalariga o'xshash funksiyalarni ta'minlaydi.

NMC tarmoqni rejalashtirishning muhim moslamasi hisoblanadi, chunki NMC tarmoqni va tarmoq darajadagi ishini nazorat qiladi, xususan uning optimal rivojlanishini belgilaydigan ma'lumotlar bilan tarmoqni rejalashtirilishi ta'minlaydi.

BSS – tayanch stansiya uskunasi, u tayanch stansiya kontrolleri (BSC) va qabul qiluvchi-uzatuvchi tayanch stansiyalarini (BTS) o'z ichiga oladi. Tayanch stansiya kontrolleri bir nechta qabul qiluvchi-uzatuvchi bloklarni boshqarishi mumkin. BSS radio kanallar taqsimlanishini boshqaradi, bog'lanishlarni nazorat qiladi, ularning navbatini tartibga soladi, sakraydigan chastota bilan ishlash rejimini, signallar modulyatsiyasi va demodulyatsiyasini, xabarlarini kodlash va koddan chiqarish, nutqni kodlash, nutq, ma'lumotlar va chaqiruv uchun uzatish tezligining moslashishini ta'minlaydi, shaxsiy chaqiruv xabarlarini uzatish navbatini belgilaydi.

BSS MSC, HLR, VLR ishlashda ayrim, masalan: kanalni MSC nazorati ostida bo'shatish funksiyalarni bajaradi, lekin MSC tayanch stansiyadan radio halaqitlar sababli chaqiruv o'tmaganda kanalni bo'shatish ta'minlanishini so'rashi mumkin. BSS va MSC birgalikda mobil stansiyalarning ayrim toifalari uchun axborotni ustuvor uzatishni amalga oshiradi.

TSE – transkoder, u MSC nutq va ma'lumotlarni uzatish kanalining (64 kbit/s IKM) chiquvchi signallarini radio interfeysi bo'yicha GSM tegishli tavsiyalarining (GSM 04.08 tavsiyalar) ko'rinishiga o'zgartirishni ta'minlaydi.

Ushbu talablarga muvofiq raqamli shaklda taqdim etilgan nutqni uzatish tezligi 13 kbit/s ni tashkil etadi. Ushbu raqamli nutqli signallarni uzatish kanali «to'liq tezlikli» deb nomlanadi. Standart bilan kelajakda yarim tezlikli nutqli kanaldan foydalanish ko'zda tutilmoqda (uzatish tezligi 6,5 kbit/s).

Uzatish tezligini kamaytirish liniyali predikativ kodlash (LPC), uzoq muddatli oldindan aytish (LTP), qoldiq impulsi qo'zg'otishdan (RPE – ba'zida RELP deb nomlanadi) foydalanuvchi maxsus nutqni o'zgartirish qurilmasini qo'llash bilan ta'minlanadi.

Transkoder, odatda MSS bilan birgalikda joylashtiriladi, unda tayanch stansiyalar - BSC kontrolleriga yo'nalishida raqamli xabarlarini uzatish 13 kbit/s uzatish tezligi bo'lgan oqimga 16 kbit/s ma'lumotlarni uzatish tezligigacha qo'shimcha bitlarni (stafinglashni) qo'shish bilan amalga oshiriladi. Keyin 64 kbit/s

standart kanaliga 4 karrali zichlash amalga oshiriladi. Shunday qilib, GSM tavsiyalari bilan aniqlanadigan 120 nutqli kanallar uzatilishini ta'minlaydigan 30 kanalli IKM liniya shakllantiriladi.

O'n oltinchi kanal (64 kbit/s), «vaqtinchalik oyna» signalizatsiya axborotini uzatish uchun alohida ajratiladi va odatda, SS N7 yoki LAPD grafikni o'z ichiga oladi. Boshqa kanalda (64 kbit/s) MKKTT X.25 protokoli bilan kelishadigan ma'lumotlar paketi uzatilishi mumkin.

Shunday qilib, ko'rsatilgan interfeys bo'yicha natijalovchi uzatish tezligi $30 \times 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} + 64 \text{ kbit/s} = 2048 \text{ kbit/s}$ ni tashkil qiladi.

MS – mobil stansiya, u GSM tarmoqlar abonentlarining elektr aloqaning amaldagi qayd etilgan tarmoqlaridan foydalana olishni tashkil qilish uchun xizmat qiladigan uskunadan iborat. GSM standarti doirasida transport modelida o'rnatiladigan 20 Vt chiqish quvvati bilan 1-klass modelidan 0,8 Vt maksimal quvvat bilan 5-klass portativ modeligacha mobil stansiyalarning 5 ta klassi qabul qilingan. Xabarlarini uzatishda talab etiladigan aloqa sifatini ta'minlaydigan uzatkich quvvatini adaptiv rostdash ko'zda tutiladi.

Mobil stansiya va harakatdagi abonent bir biriga bog'liq emas. Har bir abonent, uning intellektual varaqchasiga yoziladigan xalqaro identifikatsion raqamga (IMSI) ega. Bunday yondashuv, ijaraga beriladigan taksi va avtomobillarga radio telefonlarni o'rnatish imkonini beradi. Har bir mobil stansiyaga xalqaro identifikatsion raqam (IMEI) beriladi. Ushbu raqamdan o'g'irlangan stansiyaning yoki vakolatsiz stansiyaning GSM tarmoqlaridan foydalana olishning oldini olish uchun foydalaniladi.

Nazorat savollari

1. GSM standartining asosiy texnik xarakteristikalarini.
2. GSM standartining tuzilish sxemasi.
3. MSC mobil aloqani kommutatsiya qilish markazi tomonidan bajariladigan vazifalar va funksiyalarni tushuntiring.
4. HLR va VLR registralarida saqlanadigan uzoq muddatli ma'lumotlar tarkibini sanab bering.
5. Abonent aslligi tarmoq bilan tekshirish protsedurasi qanday amalga oshiriladi?
6. IWF tarmoqlararo funksional tutashuvi va YeS aks-sado bosuvchining vazifasini tushuntiring.
7. OMS ekpluatatsiya qilish va texnik xizmat ko'rsatish markazi tomonidan bajariladigan funksiyalar.
8. "Ustuvor foydalana olish" atamasini tushuntiring. Qaysi blok ushbu protsedurani amalga oshiradi?
9. Tayanch stansiya BSS uskunasi tarkibi va uning vazifasini tushuntiring.
10. TSE transkoderning vazifasi.
11. Raqamli harakatdagi stansiyaning tuzilish sxemasini tushuntiring.
12. HLR va VLR da saqlanadigan uzoq muddatli ma'lumotlar tarkibini tushuntiring.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.Abdukadirov, D.Davronbekov. Mobil aloqa tizimlarining 4G avlodi. O‘quv qo‘llanma. – Toshkent, TATU – 2015. – 328 b.
2. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008.
3. Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009
4. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012.

Internet resurslar

1. Evolution to LTE report. GSA materiallari. May 11, 2011. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.
2. CDMA Statistics. CDG materiallari. April 21, 2011. http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp
3. Internet materiallari. <http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011jpg/>
4. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durrezi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durrezi/>
5. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA materiallari. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4
6. NTT DoCoMo press-relizi. <http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

2-amaliy mashg‘ulot. Mobil aloqa tarmoqlarida stansiyalar orasidagi bog‘lanishlar (4 soat)

Ishdan maqsad: CDMA standartidagi raqamli sotali radioaloqa tizimining asosiy texnik xarakteristikalarini, tuzilishlari va interfeyslarini o‘rganish.

Topshiriq.

1. CDMA standartining umumiy xarakteristikalarini bilan tanishish.
2. Uskunaning funksional sxemasi va xarakteristikalarini o‘rganish.
3. Umumiy strukturadagi bloklar haqida ma’lumot to‘plash
4. Hisobot tuzish.

Hisobot tarkibi

1. Ish nomi va maqsadi.
2. CDMA standartida raqamli sotali radioaloqa tizimining tuzilish sxemasini chizing va qurilmalarning xarakteristikalarini yozing.

Nazariy qism

CDMA standarti-(Code Division Multiple Access) asosida kanallarni kod bo'yicha ajratish bilan ko'p stansiyali foydalana olish texnologiyasi yotadi. CDMA tizimlarida har bir ovoz oqimi o'zining yagona noyob kodi bilan belgilanadi va bir vaqtning o'zida boshqa ko'plab kodlashtirilgan ovozlar oqimi bilan birgalikda bitta kanalda uzatiladi. Qabul qiluvchi tomon signalni shovqindan ajratish uchun aynan shu koddan foydalanadi. Ko'plab ovoqli oqimlar orasidagi yagona farq bu noyob koddir.

Qoidaga asosan kanalning kengligi juda katta bo'lib, xar bir ovoz oqimi diapazonning butun spektrini egallaydi. Mazkur tizim kengligi 1,23 MHz bo'lgan kanallar to'plamidan foydalanadi. Ovoz 8,55 Kbit/s tezlikda kodlashtiriladi, ammo ovoz aktivligini va kodlashtirishning turli tezliklarini aniqlash jarayoni malumotlar oqimini 1200 bit/s gacha kamaytirishi mumkin. CDMA tizimlarida signal quvvatining o'lchami ekstremal past bo'lishiga qaramasdan juda mustahkam va ximoyalangan barqaror bog'lanishlar o'rnatiladi. Nazariy jixatdan signal o'lchami shovqin darajasiga qaraganda kuchsiz bo'lishi mumkin.

Kengaytirilgan spektrli signallardan foydalanishga asoslangan kodli foydalana olish texnologiyada odatda, o'zaro «yaxshi» korrelyatsiyalanish xossalriga ega bo'lgan kodli psevdotasodifiy ketma-ketlik (PTK) lar negizida tashkil etilgan fazaviy manipulyatsiyalangan signallar qo'llaniladi. Turli PTK lardan foydalana olish CDMA tizimi abonentlariga chastotalarning umumiy polosasida ishlash va har qanday kanaldan foydalanish imkonini beradi.

CDMA standart texnologiyasining asosiy ustunliklariga: signalni o'ramga aylantirish jarayonida oddiy shovqinga transformatsiyalanadigan tor polosali xalaqitlarga nisbatan yuqori xalaqitga chidamlilik, radioto'lqinlarning ko'p nurli tarqalishiga ega kanallarida yuqori spektral effektivlik, abonent bir zonadan boshqasiga ko'chib o'tganda kanallarni ohista almashib ulash (*hand over*- xendover) kiradi. Tarmoqdagi barcha tayanch stansiyalar bitta chastotada ishlaydi, shuning uchun chastotaviy rejalashtirish zaruriyati yo'q. Abonent stansiyalari (mobil stansiyalar) quvvatlarining sochilishiga bo'lgan yuqori sezgirlik va tayanch stansiyalarni sinxronlash zaruriyati (IS-95 standarti) mazkur texnologiyani joriy etishdagi asosiy qiyinchiliklardir. Tayanch stansiyalarni sinxronlashda GPS (Global position system – Yerning sun'iy yo'oldoshlari yordamida geografik joylanishni global aniqlash tizim) dan foydalaniladi. Umumiy foydalanuvchi abonentlarni kod bo'yicha ajratuvchi CDMA sotali harakatdagi radioaloqa tizim birinchi bo'lib Qualcomm (AQSh) firmasi tomonidan ishlab chiqarildi va MOTOROLA firmasi tomonidan muvaffaqiyatli rivojlanmoqda.

AQShda CDMA tizimiga IS-95 deb nomlangan standart qabul qilindi. Kanallarni kod bo'yicha ajratish bilan ishlovchi kommersiyali tizim birinchi bo'lib dunyoda Hutchison Telephone kompaniyasi tomonidan 1995 yilda joriy etildi. Mazkur tarmoq MOTOROLA firmasi uskunalaridan tashkil topgan bo'lib, SC9600 stansiyalari va YeMX 2500 kommutatsiya stansiyalari asosida qurilgan. CDMA standartni yaratishda sotali aloqa tizimning sig'imini analoglilarga nisbatan kamida o'n martaga oshirish va ajratilgan chastota spektridan foydalanish effektivligini shu darajaga ko'paytirish asosiy maqsad qilib qo'yilgan.

CDMA prinsipi xabarlarini oddiy uzatishda qo'llanadigan chastotalarning polosasiga qaraganda polosa ancha kengiroq bo'lgan keng polosali signallardan foydalanishga asoslangan. Buning negizida ancha avvalgi vaqtdan beri xarbiy radioaloqada shovqinsimon yoki keng polosali signaldan (ShSS, KPS) foydalangan holda qo'llaniluvchi modulyatsiya uslubi yotadi (ShSS yoki KPS: ingliz tili adabiyotlarda *spread spectrum* atama «kengaytirilgan» yoki «yoyilgan» spektr ma'nosini anglatadi, ya'ni foydali axborot odatdagi tor polosaliga nisbatan ancha kengaytirilgan chastota diapazoni bo'yicha «yoyilib» tarqatiladi. Bu esa axborotning foydali bitlar ketma-ketligini ancha qisqa bo'lgan psevdotasodifiy ketma-ketliklar impulslariga ko'paytirish usuli bilan amalga oshiriladi. Natijada tor polosali modulyatsiyaliga nisbatan ancha kattarak chastotaviy dipazonga va kichik intensivlikga ega bo'lgan signal hosil bo'ladi. Kanallarni kod bo'yicha ajratish bilan ko'p stansiyali foydalana olish CDMA standartida DSSS (*direct-sequence spread spectrum* – «kengaytirilgan spektrning to'g'ri ketma-ketligi») modulyatsiyasi singari uslub qo'llaniladi, ya'ni shovqinsimon signallarni.

CDMA standartining HSAT tizimlarini yaratishdagi asosiy muammo, bu kichik gabaritli, kam quvvat sarflovchi va ko'p funksiyali KPS «siquvchi» qurilmalarini ishlab chiqarishdir. Shu paytga kelib, bu maummo turli xil firmalar tomonidan muvaffaqiyatli echilmoqda, jumladan, Amerikaning Qualcomm firmasi tavsiyasi bilan AQShda CDMAli HSAT tizimi uchun IS-95 standarti qabul qilindi. Yevropada RACening turli dasturlarida CODIT (code division testted) loyihasi ishlab chiqildi, uning asosiy maqsadi CDMA standartida uchinchi avlod UMTS/FPLMTSdan foydalanish imkoniyatidir.

IS-95 standartining asosiy xususiyatlari. Bu standartni ishlab chiqarishdan asosiy maqsad HSAT sig'imini analoglilarga qaraganda kattalashtirishdir. CDMA tizimiga qo'yiladigan texnik talablar aloqa sanoati assotsiyasi (TIA) tomonidan quyidagi standartlarda ifodalangan:

IS-95-CDMA radiointerfeysi

IS-96-CDMA so'zlashuv xizmatlari

IS-97-CDMA harakatdagi stansiya

IS-98-CDMA tayanch stansiyai

IS-99-CDMA ma'lumotlarni uzatish xizmati

Tizim AMPS/DAMPS standartlari HSAT tarmoqlari uchun ajratilgan 800 MHz diapazonda ishlash uchun mo'ljallangan. CDMAning texnologik afzalliklaridan biri bo'lib aloqani sir saqlash (maxfiylik) hisoblanadi, shuning uchun xabarlarini shifrlash talab qilinmaydi.

IS-95 standarti Uolsh funksiyalarining 64 ketma-ketliklari asosida chastotalar spektrini to'g'ri kengaytirishni qo'llaydi. So'zlashuv xabarlarini o'zgarish tezligi 8000 bit/s bilan CELP algoritmi bo'yicha o'zgartiriladi, kanallarda esa halaqitga chidamlilikni oshirish uchun qo'shimcha simvolni hisobga olgan holda 9600 bit/s gacha etkaziladi. Tizim 4800, 2400 va 1200 bit/s tezliklarda ishlash rejimini ta'minlaydi. "Pastga" uzatishda tizimda 1/2, "yuqoriga" esa 1/3 tezlik bilan o'ramli kodlashtirish qo'llaniladi. Bundan tashqari, uzatilayotgan xabarlarining navbatma-navbatligi, qabulda esa «yumshoq» echimli Viterbi dekoderi qo'llaniladi.

Qualcomm CDMA standartidagi aloqa kanal 1.25 MHz polosani egallaydi,

asosiy tavsiflari va texnik parametrlari esa 1 jadvalda keltirilgan.

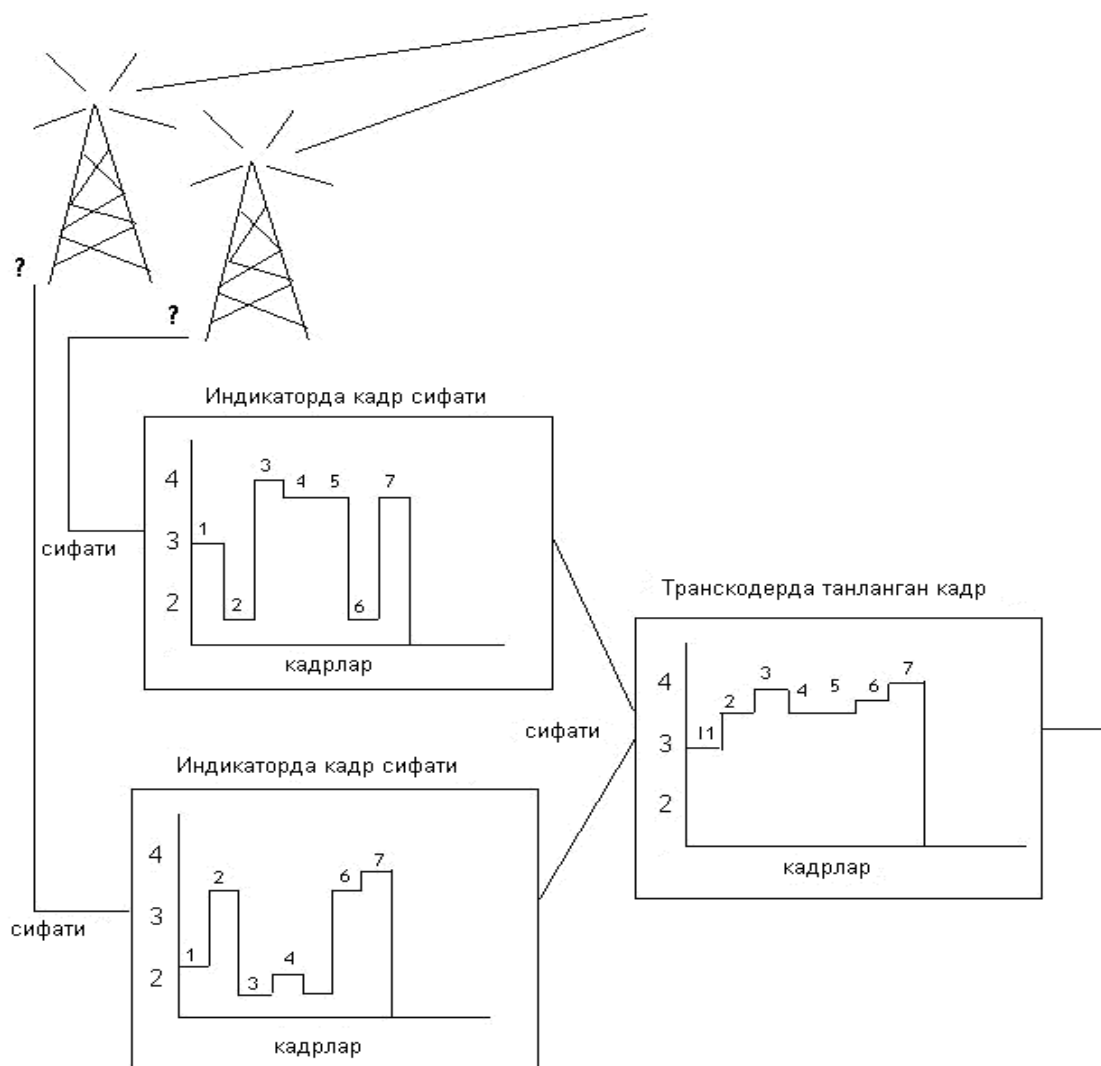
Qabul qilishda akslanish natijasida har xil kechikish bilan kelgan signallarga alohida ishlov beriladi, so‘ng vazn bo‘yicha qo‘shish amalga oshiriladi. Qabulning bunday tarzda amal qilinishi ko‘p nurlilik effektining salbiy ta‘sirini etarli darajada pasaytiradi.

2.1-jadval

Qualcomm CDMA standartining asosiy tafsifi va texnik parametrlari

MS uzatish chastota diapozoni	824,040 – 848,970 MHz
BTS uzatish chastota diapozoni	869.040 – 893.970 MHz
MS tashuvchi chastotasining nisbiy nomo‘tadilligi	$\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$
BTS tashuvchi chastotasining nisbiy nomo‘tadilligi	$\pm 5 \cdot 10^{-8}$
Modulyatsiya turining nisbiy nomo‘tadilligi	QPSK (BTS), O-QPSK (MS)
Uzatiluvchi signal spektrining kengligi	
Satxi 3 dB bo‘yicha	1,25 MHz
Satxi 40 dB bo‘yicha	1,50 MHz
PTK ning takt chastotasi	1,2288 MHz
PTK dagi elementlar soni	
BTS uchun	32768 bit
MS uchun	$2^{42} - 1$ bit
BTS ning 1 ta tashuvchisidagi kanallar soni	1 pilot kanali 1 signalizatsiya kanali 7 shaxsiy chaqiriq kanallari 55 aloqa kanallari
MS ning kanallari soni	1 foydalanish kanali 1 aloqa kanali
Ma’lumot uzatish tezligi	
sinxronizatsiya kanalida	1200 bit/s
shaxsiy chaqirish va foydalanish kanalida	9600,4800 bit/s
aloqa kanalida	9600,4800,2400,1200 bit/s
BTS uzatish kanallaridagi kodlash (sinx. Kanali. shaxsiy chaqiriq. aloqasi)	O‘ta aniqlik bilan kodlash $r = 1/2, K = 9$
MS uzatish kanallaridagi kodlash	$U = 1/3, K = 9$ Uolsh signali bilan 64 lamchi kodlash
Qabul qilgichdagi axborot bit energiyasining shovqin spektral zichligining nisbati (E_n/N_0)	6 – 7 dB
BTS ning maksimal samarali uzatish quvvati	50 Vt gacha
MS ning maksimal samarali uzatish quvvati	
1 sinf	6,3 W
2 sinf	2,5 W
3 sinf	1,0 W
MS uzatchichining quvvatni boshqarish aniqligi	+/- 0,5 dB

Signallarga alohida raqamli ishlov berish uchun har bir qabul kanalida 4 ta korrelyator BTSda, 3 ta korrelyator MSda parallel ravishda ishlaydi. Bundan tashqari parallel ishlovchi korrelyatorlar sotalarni kesib o‘tishda «Estafetali uzatib berish»ning (Soft Handoff) ohista o‘tish rejimini amalga oshirish imkoniyatini yaratadi. Bu MS ning ikkita va undan ko‘p BTS lar tomonidan boshqarilishi hisobiga yuzaga keladi. Asosiy uskunaning tarkibiga kiruvchi transkoder ikkita BTS dan keluvchi signallarni qabul qilish sifatini ketma-ket axborot kadrlari vositasida baholaydi. (1-rasm)



2.1 – rasm. Har xil tayanch stansiyalar bilan qabul qilinuvchi kadrlarning eng yaxshisini bir biriga “yopishtirish” prinsipi

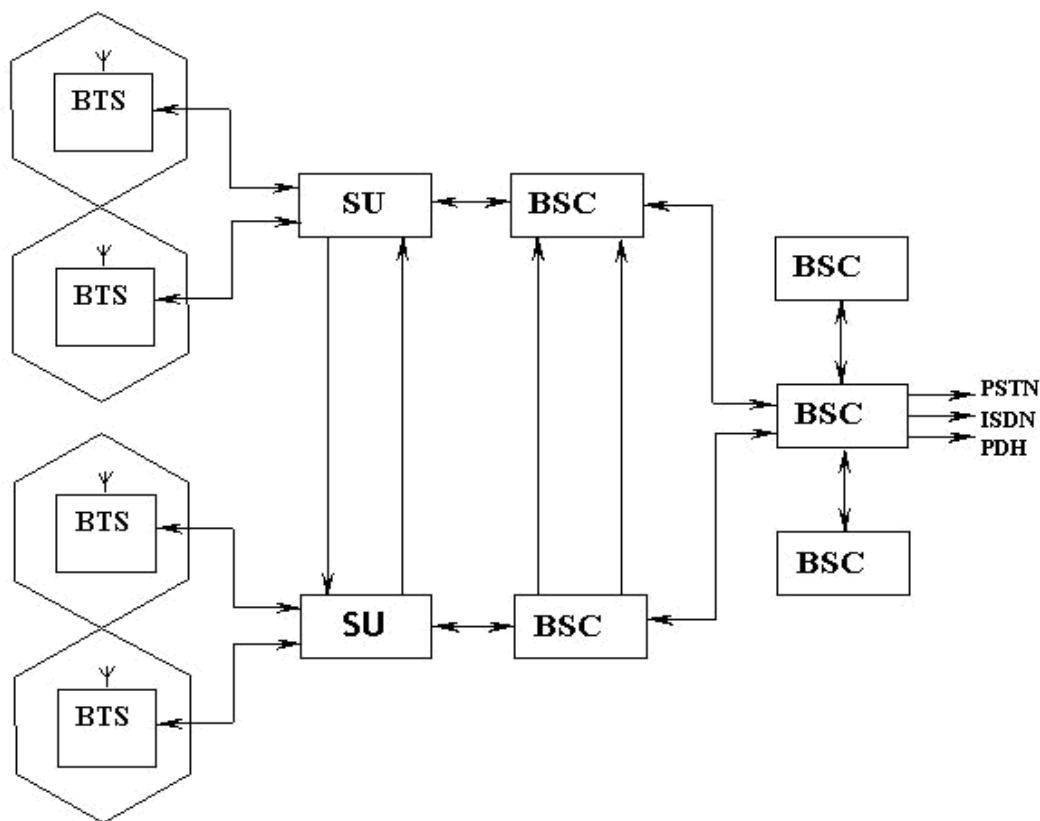
Eng yaxshi kadrlarni aniqlash jarayoni bu so‘ngi natijaviy signalni tanlash bo‘lib uzluksiz kommutatsiya va yumshoq rejimni ta‘minlovchi “Estafetali uzatish”da ishtirok etuvchi turli tayanch stansiyalar bilan qabul qilingan va keyinchalik yopishtirilgan kadrlar yo‘li bilan shakllanadi. Bunda, nutq xabarlarini qabul qilishning yuqori sifat darajasi ta‘minlanadi va boshqa standartli sotali aloqa tarmoqlarda uchraydigan aloqa seanslaridagi uzilishlarni bartaraf qiladi.

CDMA standartining umumlashtirilgan tuzulish sxemasi 2.2-rasmda keltirilgan. Ko‘rinib turibdiki, keltirilgan sxemaning asosiy elementlari HSATning analogli va raqamli standartlarida qo‘llaniladigan elementlariga o‘xshashdir. Tafavut faqat sifatni baxolovchi va kadri tanlovchi (SU-Selection Unit) qurilmaning qullanilishidadir. Bundan tashqari, “estafetali uzatishning” ohista rejimini amalga oshirish uchun turli kontrollerlar (BSC) tomonidan boshqariluvchi BTS lar orasiga SU va BSC (Inter BSC Soft Handoff) o‘rtasidagi uzatish liniya kiritiladi.

Aloqa o‘rnatish protokollari CDMA dagi to‘g‘ri (forward), teskari (reverse), “yuqoriga” uzatishlarga bo‘lingan mantiqiy kanallardan foydalanadi. IS-95 standartining bunday kanallari tuzulishi 2 rasmda keltirilgan.

To‘g‘ri pilot kanali MSning tarmoq bilan sinxronlashuvi va BTS signallarini vaqt, chastota va faza bo‘yicha nazorat qilish uchun xizmat qiladi.

Sinxronlashtirish kanali BTSni, pilot signal nurlashish darajasini, BTSdagi TKKning fazalarini identifikatsiyalash uchun foydalaniladi.



BTS (Base Transceiver Station)- Таянч қабул қилувчи узатувчи станция
 BSC (Base Station Controller)- Таянч станциялар контроллери
 OMC (Operation and Maintenance Centre)- Бошқариш ва хизмат кўрсатиш маркази
 SU (Selector Unit)- Кадр саралайдиган қурилма
 DB (Date Base)- Абонентлар ва қурилмалар ҳақиқда маълумотлар базаси
 MSC (Mobile Switching Centre)- Кўчма алоқа коммутация маркази

2.2-rasm. CDMA sotali harakatdagi radioaloqa tarmog‘ining tuzulish sxemasi

Nazorat savollari

1. BTS vazifasini tushuntiring.
2. BSC vazifasini tushuntiring.
3. OMC vazifasini tushuntiring.
4. SU vazifasini tushuntiring.
5. DB vazifasini tushuntiring.
6. MSC vazifasini tushuntiring.
7. Soft Handoff vazifasini tushuntiring.
8. IS-95 standartining asosiy xususiyatlarini tushuntiring.
9. CDMA standartining ishchi chastotasi va modulyatsiya turi haqida ma'lumot bering.
10. hand over- vazifasini tushuntiring.
11. CDMA standartining umumiy strukturaviy sxemasini keltiring va bloklar bo'yicha tushuntiring

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.Abdukadirov, D.Davronbekov. Mobil aloqa tizimlarining 4G avlodi. O'quv qo'llanma. – Toshkent, TATU – 2015. – 328 b.
2. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008
3. Video and multimedia transmissions over cellular networks : analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009
4. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012

Internet resurslar

1. Evolution to LTE report. GSA materiallari. May 11, 2011. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.
2. CDMA Statistics. CDG materiallari. April 21, 2011. http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp
3. Internet materiallari. <http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011.jpg/>
4. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durrezi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durrezi/>
5. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA materiallari. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4
6. NTT DoCoMo press-relizi. <http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

KO‘CHMA MASHG‘ULOT

4G-LTE tarmoqlarning ishlash prinsiplarini o‘rganish (6 soat)

Ko‘chma mashg‘ulot maqsad: TATU o‘quv-ilmiy laboratoriyasida WiFi simsiz keng polosali ulanish (SKPU) tarmoqlarining turli ishlash rejimlari va tashkil etish usullarini o‘rganish.

Topshiriq

1. WiFi simsiz tarmoqlarning ishlash rejimlari bilan tanishish.
2. Hisobot tuzish.

Qisqacha nazariy ma’lumot

LTE texnologiyasi. 3GPP Long Term Evolution (3GPP LTE, inglizchadan “3GPPning uzoq muddatli rivojlanish loyihasi”) - ma’lumot uzatish tezligi bo‘yicha kelgusidagi talablarni qondirishga qaratilgan UMTS standartini takomillashtirish loyihasining to‘liq nomidir. Ushbu takomillashtirishlar, masalan, tizimning samaradorligini oshirish, javob kechikishini qisqartirish, ko‘rsatilayotgan xizmatlar turini kengaytirish, shuningdek, mavjud mobil aloqa texnologiyalari bilan integratsiyani yaxshilash bo‘lishi mumkin.

3GPP LTE standartida ma’lumot uzatish tezligi nazariy jihatdan “pastga” liniyada (ingl. *Download*) 326,4Mbit/sek. gacha, “yuqoriga” liniyada esa (ingl. *Upload*) 172,8Mbit/sek. gacha etishi mumkin (3GPPning 8 relizi uchun). Shuningdek, LTE tizimida javobning kechikish vaqtini (ya’ni so‘rovni jo‘natish va javobni olish orasidagi vaqt) qisqartirishga erishildi. LTE tizimida polosaning ishchi kengligi o‘zgaruvchan bo‘lib, u 1,25MGs dan 20MGs gacha bo‘lishi mumkin (tarmoq 450MGs dan 2,6GGs gacha bo‘lgan keng chastotalar diapazonda ishlay oladi). LTE to‘liq kanallarni paketli kommutatsiyalash asosida quriladi, iktalik uzatish rejimi (ingl. *Dual Transfer Mode - DTM*) esa bir vaqtning o‘zida nutq va ma’lumot uzatish imkonini beradi.

LTE texnologiyasi mavjud sotali aloqa tarmoqlari uchun to‘rtinchi avlod sari evolyusion o‘tishni ta’minlashi va operatorlarga tezligi yuqori va unumdor keng polosali ulanish mobil tarmoqlarini yaratish imkonini berishi, shu bilan birga, nafaqat ulanish tezligini oshirish, balki vazifalar turkumini ham kengaytirishga imkon berishi kutilmoqda.

LTE tizimlari funkcionalligiga qo‘yiladigan talablar.

E-UTRA radioulanish texnologiyasi turli xil xizmatlarni amalga oshirish, shuningdek, Internetda ishlash, FTP fayllari bilan o‘zaro almashish, videoaloqa, IP bo‘yicha ovoz (VoIP), tarmoq o‘yinlari, “jonli” video, “push-to-talk” hamda “push-to-view” kabi bir qator xizmatlarni qo‘llab quvvatlaydi. Shu sababli, LTE bazaviy stansiyalari va abonent qurilmalarida ma’lumot uzatish tezligi etarli darajada yuqori bo‘lishi kerak hamda funkcionallikning asosiy mezoni sifatida javob kechikish

vaqtini qisqa bo'lishi zarur. 1-jadvalda LTE texnologiyasiga qo'yilgan bir qator talablar keltirilgan:

1-jadval

LTE tizimlari funkcionalligiga qo'yiladigan talablar

Funkcionallik	Talab qilinadigan qiymatlar
Ma'lumotlar uzatish maksimal tezligi, (20MGs polosa kengligida)	“pastga” kanalda: 100Mbit/sek. dan kam bo'lmasligi; “yuqoriga” kanalda: 50Mbit/sek. dan kam bo'lmasligi kerak.
Abonentlarning mobillik darajasi	350-500 km/soatiga
Abonent uskunasi faol rejimga o'tish vaqti (passiv holatidan aktiv holatga o'tish vaqti)	100ms. dan ko'p emas
Javob kechikishi vaqti	10ms. dan ko'p emas
Tarmoq sig'imi	Bir sotada abonentlar soni 200 tadan kam bo'lmasligi kerak (5MGs polosa uchun)
Radioqamrov zonasi (sotaning o'lchami)	5 - 100km gacha, (ammo 30km dan ortiq masofada og'ishlar boshlanishini hisobga olgan holda)
Chastota kanali kengligi (kanalning o'tkazish polosasi)	1,4MGs; 3MGs; 5MGs; 10MGs; 15MGs va 20MGs.

LTE tizimi uchun maksimal o'tkazish polosasi uzatish va qabul qilishda 20MGs bo'lishi kutilmoqda. O'z navbatida, xizmat ko'rsatuvchi provayderlar 3.1-jadvalda sanab o'tilgan istalgan kenglikdagi kanallardan birini tanlashlari mumkin. Bu esa, provayderlarga ularda mavjud radiochastota resurslariga qarab, o'z imkoniyatlaridan kelib chiqqan holda abonentlarga xizmatlar taklif etish imkoniyatini beradi va bosqichma-bosqich radiochastota resurslarini ko'paytirgan holda o'z tarmoqlarini kengaytirishlarini ta'minlaydi.

Jadvalda ko'rsatilgan talablardan tashqari, LTE standarti oldiga tizimning umumiy qiymatini va iste'mol quvvatini kamaytirish hamda tizimning aks moslashuvchanligini va UMTS tizimlaridan samarali o'tishni ta'minlash kabi talablar qo'yilgan. Bunda LTE texnologiyasi 3GPP tarmoqlari bilan, “6-reliz”dan boshlab, (HSDPA, HSUPA, HSPA+ larni o'z ichiga oladi) moslashuvchanlikni to'liq ta'minlashi kerak. “Broadcast” va “multicast” xizmatlari (barcha yoki ko'p sonli abonentlarga keng qamrovlik uzatish) ni takomillashgan turlarini, IP-protokollarining turli versiyalari (IPv4 va IPv6) ni, uzluksiz xizmat sifati - QoS ning takomillashgan usullarini qo'llash, shuningdek, tarmoq arxitekturasida variantlar

soni hamda rezervlash funksiyalarining qisqartirilishi kabi imkoniyatlar ham LTE standartiga qo'yiladigan talablar sirasiga kiradi.

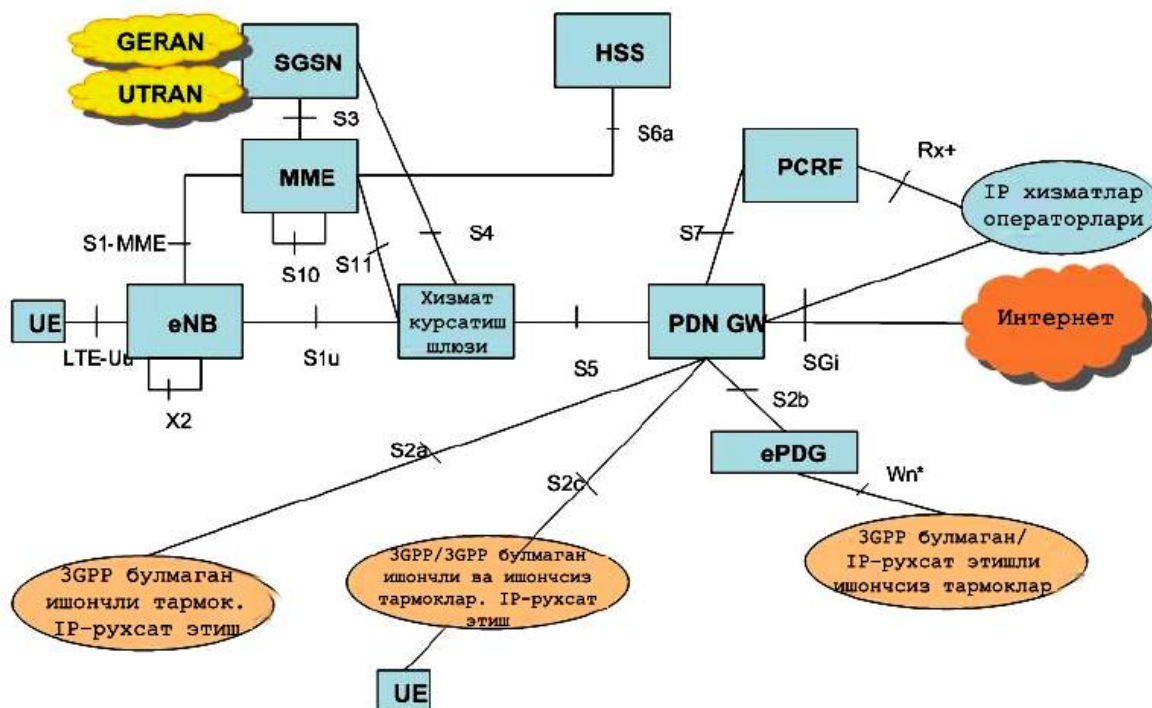
LTE tizimlarining spektral samaradorligi "pastga" yo'nalishda HSDPA texnologiyasiga nisbatan 3-4 marta yuqori bo'ladi, "yuqoriga" yo'nalishda esa, HSUPA texnologiyasiga nisbatan 2-3 marta yuqori bo'ladi. LTE da "xendover" jarayoni ikkinchi avlod darajasida kanal kommutatsiyasi asosida ishlaydigan tarmoqlardagiga nisbatan vaqt jihatidan ancha qisqa bo'ladi. Bundan tashqari, LTE hamda 2G/3G tarmoqlari orasidagi "xendover" uzluksiz amalga oshadi.

LTE tarmoqlaridagi axborot xavfsizligi darajasi (autentifikatsiya, identifikatsiya, ma'lumotlarni shifrlash) hozirda mavjud bo'lgan paketli va kanalli kommutatsiyaga asoslangan 3GPP tarmoqlaridan past bo'lmashligi kerak. Autentifikatsiya jarayoni tarmoqqa ulanish texnologiyasi va turiga bog'liq bo'lmashligi lozim.

LTE/SAE tizimi arxitekturasining asosiy tashkil etuvchilari.

Yuqorida takidlab o'tilganidek, struktura jihatdan LTE/SAE tizimi arxitekturasini oldingi avlod mobil aloqa tizimlaridagi kabi ikki sathga bo'lish mumkin: radioulanish tarmog'i - RAN hamda tayanch tarmog'i - CN.

LTE/SAE tizimi arxitekturasini soddalashtirish maqsadida hozirgi kunda uni 1-rasmda keltirilgan kabi variantda qabul qilishgan. Bu rasmda LTE tizimining asosiy tarmoq tugunlari va interfeyslari birgalikda keltirilgan.



1-rasm. LTE/SAE tizimi arxitekturasini

E-UTRAN - takomillashtirilgan radioulanish tarmog'i

LTE/SAE tizimida "takomillashtirilgan" E-UTRAN tarmog'i nomini olgan

radioulanish tarmog'i «pastga» yo'nalishdagi ulanish, ma'lumotlarni kodlash, paketlarni yo'naltirish va qayta yuborish kabi vazifalarga javob beradi. E-UTRAN tarmog'i "takomillashtirilgan B tuguni" ya'ni eNB nomini olgan yagona tugun darajasidan tashkil topgan bo'lib, u abonent uskunalari (AU) bilan LTE-Ub interfeysi yordamida ulanadi. eNB tuguni OTO' (ISO/OSI) modelining fizik (RNY), muhitga ulanishni boshqarish (MAS), radiokanallarni boshqarish (RLC) hamda paketli ma'lumotlarni boshqarish (PDCP) darajalarini qo'llab quvvatlaydi. eNB tuguni radioresurslarni boshqarish (RRC), ulanishni boshqarish, tarmoqni rejalashtirish, "yuqoriga" yo'nalishda QoS ning kelishilgan darajasini ta'minlab berish, keng qamrovli status xabarlarini jo'natish, abonent va boshqaruv satxlarida ma'lumotlarni kodlash/dekodlash.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.Abdukadirov, D.Davronbekov. Mobil aloqa tizimlarining 4G avlodi. O'quv qo'llanma. – Toshkent, TATU – 2015. – 328 b.
2. Multi-carrier and spread spectrum systems: from OFDM and MC-CDMA to LTE and WiMAX / K. Fazel, S. Kaiser. – 2nd ed.2008.
3. Video and multimedia transmissions over cellular networks: analysis, modelling, and optimization in live 3G mobile communications / Markus Rupp.2009
4. LTE, LTE-advanced, and WiMAX : towards IMT-advanced networks / Hossam S. Hassanein, Abd-Elhamid M. Taha, Najah Abu Ali. – 1st ed.2012.

Internet resurslar

1. Evolution to LTE report. GSA materiallari. May 11, 2011. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4.
2. CDMA Statistics. CDG materiallari. April 21, 2011. http://www.cdg.org/resources/cdma_stats.asp
3. Internet materiallari. <http://www.marketingcharts.com/television/mobile-tv-subscribers-to-shoot-up-but-operators-revenue-not-so-much-2594/screen-digest-mobile-tv-market-by-region-through-2011.jpg/>
4. *Wireless Mobile Telephony*. Arian Durrezi. CIS Department. The Ohio State University. <http://www.cis.ohio-state.edu/~durrezi/>
5. Fact Sheet: GSM/3G/WCDMA-HSPA, HSPA+ and LTE. GSA materiallari. http://www.gsacom.com/gsm_3g/info_papers.php4
6. NTT DoCoMo press-relizi. <http://www.nttdocomo.com/pr/2007/001319.html>

V-BO‘LIM

KEYSLAR BANKI

V. KEYSLAR BANKI

Keys vazifasi:

Variantingizda berilgan ma'lumotlarga asosan abonent kirish tarmog'idagi kirish shlyuzini parametrlarini xisoblang, kerakli shlyuzlar sonini aniqlang va transport tarmog'iga ulanadigan shlyuzlarni hajm ko'rsatgichlarini aniqlang.

1. Variantingizda berilgan ma'lumotlarga asosan dasturiy kommutator(Softswitch) parametrlarini xisoblang, transport tarmog'iga ulanishdagi ishlovchanligi va parametrlariga bo'lgan talabni aniqlang.

2. Mavjud qurilmalarning nomenklaturasidan foydalanib NGN tarmog'i elementlarini keltirilgan strukturaviy sxemasini chizing.

3. Variantingizda berilgan ma'lumotlarga asosan IMS arxitekturasidagi S-CSCF bilan boshqa elementlarni bog'lanishi uchun transport resurslarini xisoblang. Variantingizda berilgan ma'lumotlarga asosanIMS arxitekturasidagi I-CSCF bilan boshqa elementlarni bog'lanishi uchun transport resurslarini xisoblang.

Keysni bajarish uchun variant topshiriqlari

Parametr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$N_{UFTT} (ab)$	500 0	800 00	110 00	140 00	120 00	600 0	700 0	150 00	100 00	500 0	130 00	750 0	850 0	900 0	110 00	200 00	100 00	150 00	130 00	800 0	500 0
$N_{ISDN} (ab)$	500	300	700	600	800	200	400	900	600	200	900	350	550	400	600	500	350	550	400	600	500
$N_{SH} (ab)$	100	200	150	250	100	50	150	100	200	150	250	100	50	150	100	200	150	250	100	50	150
I	8	7	6	5	4	7	8	9	5	4	6	8	9	3	5	9	7	10	3	5	7
$N_{i_lan} (ab)$	40	30	20	50	30	40	60	70	40	30	20	50	30	40	60	70	50	40	60	80	70
J	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	8	9	2	3	4	5	6	5
$N_{j_v5} (ab)$	90	80	70	60	50	40	30	20	90	80	70	60	50	40	30	20	60	50	40	30	20
M	3	4	5	6	7	8	9	2	3	4	5	6	7	8	9	1	6	5	4	3	2
$N_{m_pbx} (ab)$	100	150	120	140	130	90	100	80	200	150	120	130	140	130	90	100	80	200	150	120	130
$L_{MEGACO} (xabar)$	150	145	155	150	145	155	150	150	145	155	150	145	155	150	150	145	155	150	145	155	150
$N_{V5UA} (xabar)$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$L_{V5UA} (bayt)$	145	155	150	145	155	150	150	145	155	145	155	150	145	155	150	150	145	155	150	140	145
$L_{IUA} (xabar)$	155	150	145	155	150	150	145	155	155	150	145	155	150	150	145	155	150	140	150	145	140
$N_{IUA} (xabar)$	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Parametr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21

L_{SH} (bayt)	140	145	150	155	140	145	150	155	140	145	150	155	140	145	150	155	160	155	145	145	140
N_{SH} (ulanish)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$N_{1_{E1}}$	5	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	9	8	7	6	5	4	3	2
Pch (chaq/chnn)	100 0	150 0	200 0	250 0	100	150 0	200 0	250 0	100 0	150 0	200 0	250 0	100 0	150 0	200 0	250 0	200 0	200 0	250 0	100 0	150 0
L (2 – vazifauchun)	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1
$Pmegaco$ (chaq/chnn)	600 0	500 0	700 0	650 0	750 0	850 0	600 0	500 0	700 0	650 0	750 0	850 0	550 0	600 0	500 0	700 0	650 0	750 0	850 0	550 0	600 0
$Lmxua$ (bayt)	160	150	140	145	155	165	170	175	145	150	155	160	165	170	175	160	150	140	145	155	165
$Nmxua$ (xabar)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
$Psig$ (chaq/chnn)	180 00	100 00	200 00	300 00	350 00	400 00	450 00	450 00	100 00	150 00	100 00	200 00	250 00	300 00	350 00	400 00	450 00	100 00	150 00	200 00	250 00
P (chaq/chnn)	0,2 5	0,2 0	0,2 1	0,2 2	0,2 3	0,2 4	0,2 5	0,2	0,2 1	0,2 2	0,2 3	0,2 4	0,2 5	0,2	0,2 1	0,2 2	0,2 3	0,2 4	0,2 5	0,2	0,2 1
N_{SIP1}	5	15	10	15	5	10	15	5	15	10	15	5	10	15	5	15	10	15	5	10	15
N_{SIP2}	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	5	15	10	15	10
N_{SIP3}	15	10	5	10	15	5	10	15	10	5	10	15	5	10	15	10	5	10	15	5	10
N_{SIP4}	10	15	5	10	10	15	10	5	10	15	5	10	10	15	10	5	10	15	5	10	5
N_{SIP5}	15	10	5	15	10	15	10	5	15	10	15	10	5	15	10	15	10	5	15	10	5
$X\%$	15	20	30	40	50	60	50	40	30	15	20	30	40	50	60	50	40	30	15	20	30
$Y\%$	40	30	20	10	15	20	25	50	60	50	40	30	15	20	30	50	40	45	10	15	20

Keysni bajarishga na'muna

Birinchi variant bo'yicha asosiy xisoblashlar

1. Kirish shlyuzining xisoblash.

Birinchi mashg'ulot uchun kerakli malumotlar jadvalini to'ldiramiz.

Qiymatlar jadvali

Kattalik	Qiymati
N_{UFTT}	5000 abonent
N_{ISDN}	500 abonent
N_{SH}	100 abonent
I	8 LAN
N_{i_lan}	40 abonent
K	3 UFTT
N_{k_pbx}	100 abonent
J	2 kirish tarmog'i
N_{j_v5}	90 abonent
L_{MEGACO}	150 bayt
N_{MEGACO}	10 xabar
L_{v5ua}	145 bayt
N_{v5ua}	10 xabar
L_{iua}	155 bayt
N_{iua}	10 xabar
L_{SH}	140 bayt
N'_{SH}	10 xabar
L_{mgcp}	150 bayt
N_{mgcp}	10 xabar

Kirish shlyuziga turli abonentlardan kiruvchi yuklamani aniqlaymiz.

UFTT abonentlaridan umumiy yuklanish:

$$Y_{UFTT} * y_{UFTT} * N_{UFTT} = 0,1 \cdot 5000 = 500 \text{ (Erl)}.$$

ISDN abonentlaridan umumiy yuklanish:

$$Y_{ISDN} * y_{ISDN} * N_{ISDN} = 0,2 \cdot 500 = 100 \text{ (Erl)}.$$

j kirish qurilmasidan V5 interfeysiga yuklama:

$$Y_{j_v5} * y_{j_v5} * N_{j_v5} = 0,8 \cdot 90 = 72 \text{ (Erl)}.$$

V5 interfeysi orqali kirish qurilmasini ulanishini taminlovchi-kirish shlyuziga kiruvchi umumiy yuklama:

$$Y_{V5} = \sum_{j+1}^J Y_{j_v5} = 0,8 * \sum_{j+1}^J N_{j_v5}.$$

$$Y_{V5} = 2 * 72 = 144 \text{ (Erl)}.$$

Tashkilot ATS dan yuklama k:

$$Y_{k_pbx} = y_{k_pbx} * N_{k_pbx} = 0,8 * 100 = 80 \text{ (Erl)}$$

Tashkilot ATS (TATS) qurilmalariga ulangan trunkin shlyuziga tushuvchi umumiy yuklama:

$$Y_{pbx} = 3 \cdot 80 = 240$$

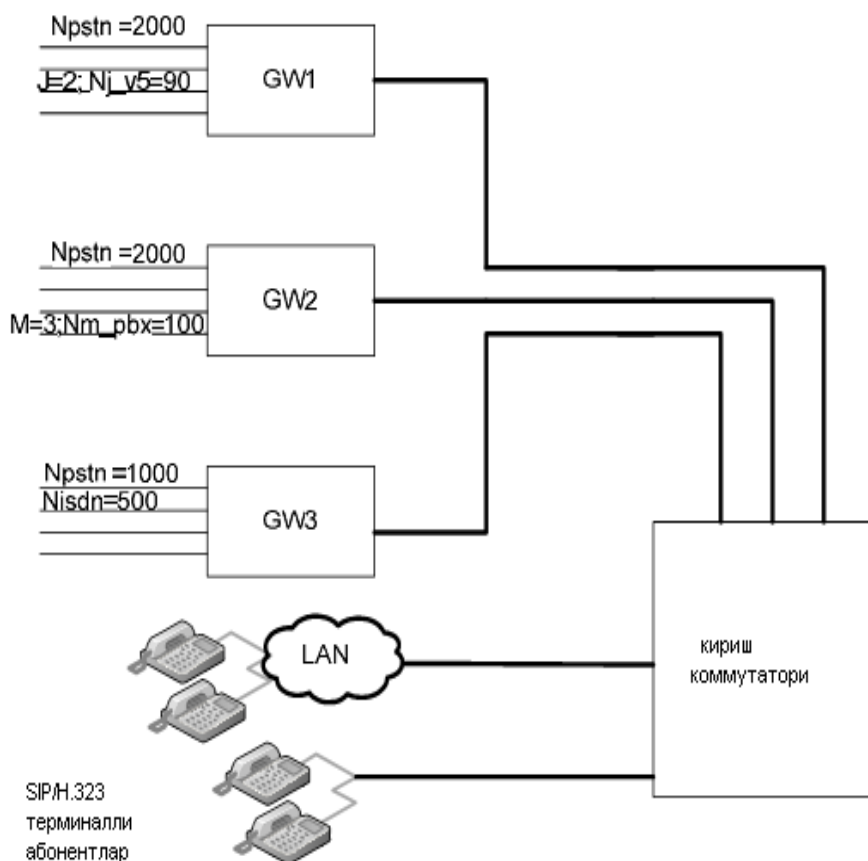
Agar shlyuz rezident kirish shlyuzi, kirish shlyuzi va TATS ga ulanuvchi trunkin shlyuz vazifalarini bajarsa, u xolda shlyuzga kiruvchi umumiy yuklama:

$$Y_{GW} = Y_{V\phi IT} + Y_{ISDN} + Y_{V5} + Y_{pbx} = 500 + 100 + 240 + 144 = 984$$

Bizning misol uchun namuna sifatida texnik spesifikasiya bo'yicha maksimal portlar soni POTS=2000, portlar ISDN=500, ulanish uchun portlar V5=5, PBX ulanishlar uchun portlar soni = 3.

Turli tipdagi portlar sonidan kelib chiqib, vizga 3 ta shlyuz kerak bo'ladi. 1 – rasmda abonentlar ulanishining taqsimlanish sxemasi keltirib o'tilgan.

Xar bir tarmoq elementi uchun quyidagicha jadval xosil qilamiz. Ushbu jadvalda ulanishlar parametrlarining maksimal qiymatlari va unga mos qurilmalar soni, ulangan abonentlar soni keltirib o'tiladi:



1 – rasm. Abonent ulanishlarining taqsimlanishi.
GW1 shlyuzi uchun

Portlar soni	“Ishlab chiqaruvchi-1” Firma uchun Qurilmalar soni	Ulangan portlar
POTS uchun portlar soni	2000	2000
ISDN portlar soni	500	0

PRI portlar soni	3	0
V5 portlar soni	6	2

GW2shlyuzi uchun

Portlar soni	“Ishlab chiqaruvchi-1” Firma uchun Qurilmalar soni	Ulangan portlar
POTS uchun portlar soni	2000	2000
ISDN portlar soni	500	0
PRI portlar soni	3	3
V5 portlar soni	5	0

GW3shlyuzi uchun

Portlar soni	“Ishlab chiqaruvchi-1” Firma uchun Qurilmalar soni	Ulangan portlar
POTS uchun portlar soni	2000	2000
ISDN portlar soni	500	500
PRI portlar soni	3	0
V5 portlar soni	5	0

Kirish kommutatori sifatida “ishlab chiqaruvchi 2 ” qurilmalarini olamiz. Buning uchun analogik jadval tuzib chiqamiz:

Parametr	“ishlab chiqaruvchi 2” firma qurilmalari uchun qiymati	Nima ulangani	Ulangan portlar	Band portlar soni
Portlar soni	300	MG	3	111
		SIP/H.323 abonentlari	100	
		LAN	8	

Abonentlar ulanishining bunday taqsimlanishida iqtisodiy jixatdan ancha tejashlarga erishish mumkin.

Ko'rilayotgan variant uchun turli kodeklar qo'llanilishini foizlardagi ifodasi quyida keltirib o'tilgan:

- 20% chaqiruvlar –kodek G.711,
- 20% chaqiruvlar –kodek G.723 I/r,
- 30% chaqiruvlar –kodek G.723 h/r,
- 30% chaqiruvlar –kodek G.729 A.

Yuqoridagi kodeklar ishlatilishi orqali foydalanuvchi malumotlari quyidagicha tezliklarda uzatiladi:

G. 711 kodeki uchun:

$$V_{tranc_cod} = 134/80 * 64 = 107,2 \text{ (kbit/s)}$$

G. 723.1 I/r kodeki uchun

$$V_{tranc_cod} = 74/20 * 6,4 = 23,68 \text{ (kbit/s)}$$

G. 723.1 h/r kodeki uchun

$$V_{tranc_cod} = 78/24 * 5,3 = 17,225 \text{ (kbit/s)}$$

G. 729 kodeki uchun

$$V_{tranc_cod} = 64/10 * 8 = 51,2 \text{ (kbit/s)}$$

Xar bir shlyuz uchun qanday yuklama tushishini xisoblaymiz. Ushbu variantda faqat bir shlyuz uchun kengroq xisob kitoblarni bajaramiz. Qolgan shlyuzlar uchun xisoblashlar identik bo'ladi. Kurs ishida barcha shlyuzlar xisoblashlari keltirilishi shart.

1 – shlyuz

$$Y_{GW_1} = Y_{PSTN} + Y_{v5} = y_{PSTN} * N_{PSTN} + y_{v5} * N_{v5} = 200 + 144 = 344 \text{ Erl.}$$

Bunda berilgan yuklama turli kodeklar orqali qayta ishlanadi.

G. 711 kodeki uchun:

$$V_{GW_1} = 344 * 0,2 = 68,8 \text{ erl}$$

G. 723.1 I/r kodeki uchun

$$V_{GW_1} = 344 * 0,2 = 68,8 \text{ erl}$$

G. 723.1 h/r kodeki uchun

$$V_{GW_1} = 344 * 0,3 = 103,2 \text{ erl}$$

G. 729 kodeki uchun

$$V_{GW_1} = 344 * 0,3 = 103,2 \text{ erl.}$$

Erlang kallulyatoridan foydalanib kodek tomonidan qayta ishlanuvchi - chaqiruvlarda yoqotishlar $r=25$ shart bilan aniqlangan tip (x) yuklama uchun kerak bo'lgan ulanishlar sonini aniqlaymiz:

kodek G. 711: $X=55$;

kodek G. 723.1 I/r: $X=55$;

kodek G. 723.1 h/r: $X=81$;

kodek G. 729: $X=81$.

Shunday qilib, G.711 chiqishidagi transport oqimi:

$$V_{C(G_711)} = 55 * 107,2 = 5896 \text{ (kbit/s)}$$

G. 723.1 I/r kodeki uchun

$$V_{C(G.723.1 I/r)} = 55 * 23.68 = 1302.4 \text{ (kbit/s)}$$

G. 723.1 h/r kodeki uchun

$$V_{C(G.723.1 h/r)} = 81 * 17.225 = 1395.225 \text{ (kbit/s)}$$

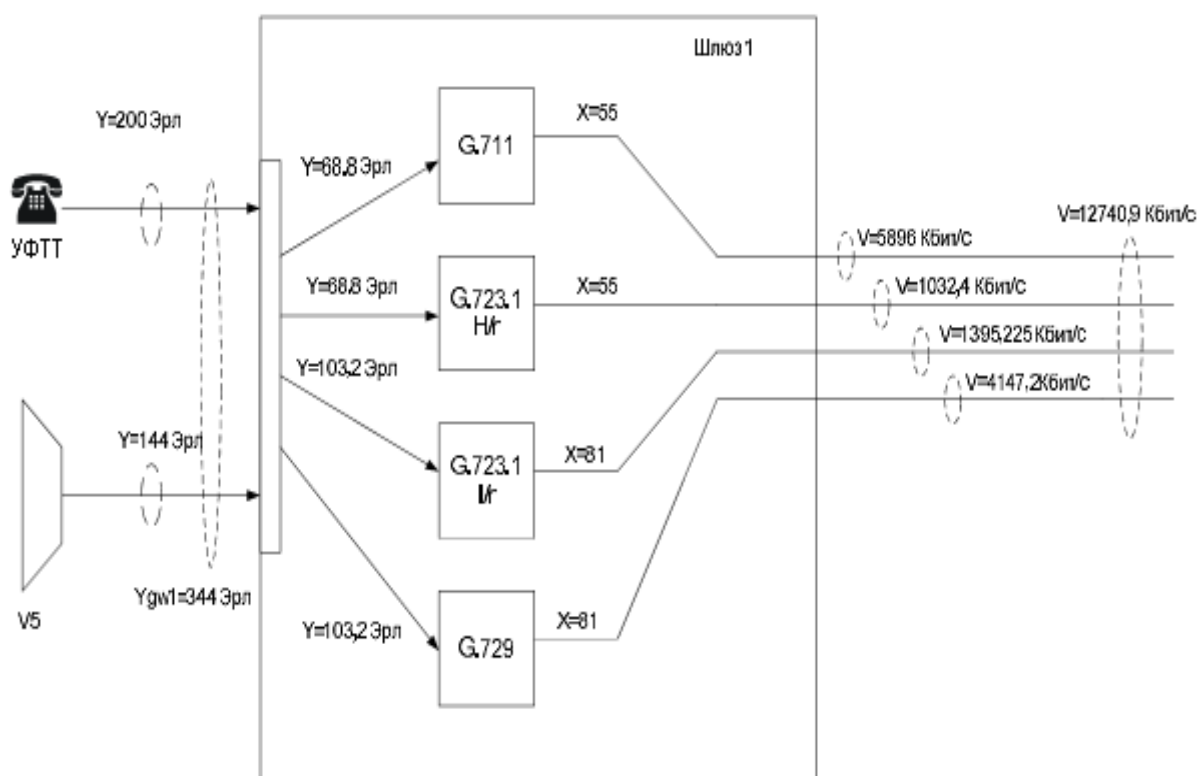
G. 729 kodeki uchun

$$V_{C(G.729)} = 81 * 51.2 = 4147.2 \text{ (kbit/s)}$$

Unda birinchi shlyuz chiqishidagi transport oqimi

$$V_{GW_1} = 5896 + 1302,4 + 1395,225 + 4147,2 = 12740,9 \text{ (kbit/s)}.$$

Olingan natijalarni shlyuz sxemasiga kiritamiz(2 - rasm):



2 – rasm. Hisoblashlar natijasi

Keyingi shlyuzlar uchun xam xisoblaymiz(1- shlyuzdagidek):

$$V_{GW_2} = 16010,1 \text{ (kbit/s);}$$

$$V_{GW_3} = 7603,44 \text{ (kbit/s).}$$

Ulanish interfeysiga kiruvchi umumiy transport oqimini xisoblaymiz:

$$V = 12740,9 + 16010,1 + 7603,44 = 36354,44 \text{ (kbit/s).}$$

Kutilishli SMO ni ko‘rib chiqishga o‘tamiz.

Xar bir kodek uchun λ ni aniqlaymiz:

$$\lambda_{G.711} = 107,2/134 = 0,8;$$

$$\lambda_{G.723.1h/r} = 0,32;$$

$$\lambda_{G.723.1I/r} = 0,22;$$

$$\lambda_{G.729} = 0,8.$$

Yendi kanalga kiruvchi umumiy intensivlikni xisoblash mumkin:

$$\lambda = 0,8 + 0,32 + 0,22 + 0,8 = 2,14.$$

Kutilish qiymatini va intensivlikni bilgan xolda , kanalda xizmat ko'rsatuvchi intensivlikni aniqlaymiz:

$$\mu = 1/100 + 2,14 = 2,15.$$

Kirish va xizmat ko'rsatish intensivligidan kanal yuklamasini aniqlashimiz mumkin:

$$\rho = 2,14/2,15 = 0,995.$$

Kanalga kiruvchi transport oqimini va bu oqim kanalga maksimal r qiymatda yuklama berishini bilib, kanalning umumiy kerakli sig'imi τ ni aniqlaymiz:

$$\tau = 36354,44/0,995 = 36537,13 \text{ (kbit/s)}.$$

LAN, PBXi V5 tarmoqlari yordamida ulangan abonentlar umumiy sonini aniqlaymiz:

$$N_{V5} = J * N_{j_{v5}} = 2 * 90 = 180$$

$$N_{PBX} = M * N_{m_{v5}} = 3 * 100 = 300$$

$$N_{LAN} = I * N_{i_{LAN}} = 8 * 40 = 320$$

Kirish kommutatorida MEGACO protokoli bilan malumot almashish uchun transport resursini aniqlovchi quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$V_{MEGACO} = k_{sig} [(P_{V\phi TT} * N_{V\phi TT} + P_{ISDN} * N_{ISDN} + P_{V5} * N_{V5} + P_{PBX} * N_{PBX}) * L_{MEGACO} * N_{MEGACO}]$$

$$V_{MEGACO} = 5 \cdot 150 \cdot 10 (5 \cdot 5000 + 10 \cdot 500 + 35 \cdot 180 + 35 \cdot 300) / 450 = 780000 \text{ (bit/s)}.$$

Qo'ng'iroqlarga xizmat ko'rsatuvchi signalli malumotlar uzatish uchun quyidagicha o'tkazuvchanlik kerak bo'ladi:

$$V_{ISDN} = P_{ISDN} * N_{ISDN} * L_{iua} * N_{iua} / 90 = 10 \cdot 500 \cdot 155 \cdot 10 / 90 = 86111 \text{ (bit/s)},$$

$$V_{v5} = P_{v5} * N_{v5} * L_{v5ua} * N_{v5ua} / 90 = 35 \cdot 180 \cdot 145 \cdot 10 / 90 = 101500 \text{ (bit/s)},$$

$$V_{PBX} = P_{PBX} * N_{PBX} * L_{iua} * N_{iua} / 90 = 35 \cdot 300 \cdot 155 \cdot 10 / 90 = 180833 \text{ (bit/s)},$$

$$V_{SH} = P_{SH} * N_{SH} * L_{SH} * N'_{SH} / 90 = 100 \cdot 10 \cdot 140 \cdot 10 / 90 = 15556 \text{ (bit/s)},$$

$$V_{LAN} = P_{SH} * N_{LAN} * L_{SH} * N'_{SH} / 90 = 140 \cdot 10 \cdot 320 \cdot 10 / 90 = 49778 \text{ (bit/s)}.$$

Tarmoqlangan dasturiy kommutator (Softswitch) parametrlarini hisoblash

Dasturiy kommutator (Softswitch) qayta ishlovchi barcha turdagi manbalardan qo'ng'iroqlar oqimining umumiy intensivligini hisoblaymiz:

$$P_{CALL} = P_{\text{qo'ng'iroq}} * N_{\text{qo'ng'iroq}} + P_{ISDN} * N_{ISDN} + P_{SH} * N_{SH} + P_{V5} * N_{V5} + P_{PBX} * N_{PBX} + P_{SH} * N_{LAN},$$

$$P_{CALL} = 5 * 5000 + 10 * 500 + 10 * 100 + 35 * 180 + 35 * 300 + 10 * 320 = 51000 \text{ (qo'ng'iroq/chnn)}$$

Endi moslashuvchan kommutatorning pastki o'tkazish chegarasini aniqlaymiz:

$$P_{SX} = k_{UFTT} * P_{UFTT} * N_{UFTT} + k_{ISDN} * P_{ISDN} * N_{ISDN} + k_{V5} * P_{V5}$$

$$* \sum_{j=1}^J N_{j_{V5}} + k_{PBX} * P_{PBX}$$

$$* \sum_{m=1}^M N_{m_{PBX}} + k_{SH} * P_{SH} * N_{SH} + k_{SH} * P_{SH} * \sum_{i=1}^I N_{i_{LAN}}$$

$$P_{SH} = 1,25 \cdot 5 \cdot 5000 + 1,75 \cdot 10 \cdot 500 + 2 \cdot 35 \cdot 180 + 1,75 \cdot 35 \cdot 300 + 1,9 \cdot 10 \cdot 100 + 1,9 \cdot 10 \cdot 320 = 78955 \text{ (qo'ng'iroq/chnn)}$$

Transport shlyuzlari soni (L) berilgan, ushbu variantda L=1;

UFTT ATS dan transport shlyuziga kiruvchi umumiy yuklamani xisoblaymiz:

$$Y_{l_GW} = N_{l_E1} * 30 * y_{E1} \cdot (\text{Erl}),$$

$$Y_{l_GW} = 5 * 30 * 0.8 = 120. (\text{Erl})$$

Foydalanuvchi yuklamasini uzatish uchun kerakli tezlik quyidagicha:

$$\tau = 36537,13(\text{kbit/s}).$$

MEGACO protokoliga malumot almashish uchun kerakli transport resurslarini xisoblaymiz:

$$Y_{MEGACO} = k_{sig} * L_{MEGACO} * N_{MEGACO} * P_{MEGACO} / 450 = 5 * 150 * 10 * 6000 / 450 = 100000 (\bar{\text{um}}/c)$$

Umumiy MGW transport resursi:

$$V_{GW} = \tau + V_{MEGACO} (\text{bit/s})$$

$$V_{GW} = 365370 + 100000 = 465370 (\text{bit/s}).$$

Dasturiy kommutator(Softswitch) qurilmalarining hisobi

Transport shlyuzi 1 ga kiruvchi qo'ng'iroqlar oqimi intensivligi quyidagicha:

$$P_{l_gw} = N_{l_A1} * 30 * P_{ch} = 5 * 30 * 1000 = 150000 \left(\frac{\text{chaq}}{\text{chnn}} \right)$$

Moslashuvchan kommutatorga kiruvchi qo'ng'iroqlar intensivligi:

$$P_{sx} = \sum_{l=1}^L P_{l_GW} = 30 * P_{CH} * \sum_{l=1}^L N_{l_E1}$$

Ushbu variant uchun P_{sx} va P_{i_GW} lar qiymatlari bir xil bo'ladi:

$$P_{sx} = 150000 = P_{i_GW} = 150000 \left(\frac{\text{chaq}}{\text{chnn}} \right)$$

MxUAprotokoli bilan xabar almashish uchun Softswitchtransport resursi:

$$Y_{sx_mxua} = k_{sig} * L_{mxua} * N_{mxua} * P_{sx} / 450 = 5 * 160 * 10 * 150000 / 450 = 26666667 (\bar{\text{um}}/c)$$

MGCPprotokoli bilan malumot almashish uchun moslashuvchan kommutatorga quyidagicha transport resursi kerak bo'ladi:

$$Y_{sx_megaco} = k_{sig} * L_{megaco} * N_{megaco} * P_{sx} / 450 = 5 * 150 * 10 * 150000 / 450 = 2500000 (\bar{\text{um}}/c)$$

Softswitchfoydali transport resursining minimal yig'indisi :

$$Y_{sx} = k_{sig} * P_{sig} * (L_{mxua} * N_{mxua} + L_{megaco} * N_{megaco}) / 450 = 2666667 + 2500000 = 5166667 (\bar{\text{um}}/c)$$

Signal shlyuzini paketli tarmoqqa ulanish uchun kerak bo'lgan transport resursi:

$$Y_{sig} = k_{sig} * P_{sig} * N_{mxua} * L_{mxua} / 450 = 5 * 18000 * 10 * 160 / 450 = 320000 (\bar{\text{um}}/c)$$

3. IMS tarmoq qurilmalarini xisoblash

S-CSCF ga yuklamalarni xisoblash:

3 – topshiriq uchun kerakli malumotlar jadvali

Parametr	Qiymati
Nsip1	10 xabar
Nsip2	5 xabar
Nsip3	5 xabar
Nsip4	10 xabar
Lsip1	140bayt
X%	15%
Y%	40%
Nsip5	15 xabar

S-CSCF va o‘zaro ishlashlari transport resursi:

$$Y_{ss-s-cscf} = k_{sig} * L_{SH} * N_{sip1} * P_{sx} / 450 = 5 * 140 * 10 * 150000 / 450 = 2333333 \text{ (} \overline{b}um / c \text{)}$$

S-CSCF va (AS) serveri o‘zaro ishlashlari uchun kerakli transport resursi:

$$Y_{as-s-cscf} = k_{sig} * L_{SH} * N_{sip2} * P_{sx} * X\% / 450 = 5 * 140 * 10 * 5 * 150000 * 0.15 / 450 = 175000 \text{ (} \overline{b}um / c \text{)}$$

S-CSCF va MRF lar o‘zaro ishlashlari uchun kerakli transport resursi:

$$Y_{mf-s-cscf} = k_{sig} * L_{SH} * N_{sip3} * P_{sx} * Y\% / 450 = 5 * 140 * 5 * 10 * 150000 * 0.4 / 450 = 466667 \text{ (} \overline{b}um / c \text{)}$$

S-CSCF va I-CSCF lar o‘zaro ishlashlari uchun kerakli transport resursi:

$$Y_{i-cscf-s-cscf} = k_{sig} * L_{SH} * N_{sip4} * P_{sx} / 450 = 5 * 140 * 10 * 150000 / 450 = 2333333 \text{ (} \overline{b}um / c \text{)}$$

U xolda umumiy transport resursi:

$$Y_{s-cscf} = V_{i-cscf-s-cscf} + V_{mf-s-cscf} + V_{as-s-cscf} + V_{ss-s-cscf} = 2333333 + 175000 + 466667 + 2333333 = 5308333 \text{ (} \overline{b}um / c \text{)}$$

I-CSCF yuklamasini xisoblash.

I-CSCF va Softswitch lar SIP protokoli orqali o‘zaro ishlashlari uchun kerakli transport resursi:

$$Y_{ss-i-cscf} = k_{sig} * L_{SH} * N_{sip5} * P_{sx} / 450 = 5 * 140 * 15 * 150000 / 450 = 3500000 \text{ (} \overline{b}um / c \text{)}$$

Umumiy transport resursi:

$$Y_{i-cscf} = V_{ss-i-cscf} + V_{i-cscf-s-cscf} = 3500000 + 5308333 = 8808333 \text{ (} \overline{b}um / c \text{)}$$

Yuqorida keltirilgan misollarda formulalarga aloxida etibor qaratilmagan.

VI-BO'LIM
GLOSSARIY

VI. GLOSSARIY

Termin	O‘zbek tilidagi sharhi	Ingliz tilidagi sharhi
3GPP	Third Generation Partnership Project	Uchinchi avlod hamkorlik loyihasi
AAA	Authentication, Authorization, and Accounting	Autentifikatsiya, avtorizatsiya va ro‘yxatga olish
CDMA	Code Division Multiple Access	Kodli ajratishli ko‘plab ruxsat etish (KAKRE) texnologiyasi
CDMA-2000	Code Division Multiple Access-2000	3GPP2 ishlab chiqqan uchinchi avlod sotali aloqa standarti
SERT	Conference of European Postal and Telecommunications Administrations	Aloqa va pochta ma‘muriyatlari Yevropa konferensiyasi
E-UTRA	Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access	LTE standartida qo‘llanilgan radio ruxsat etish texnologiyasi
E-UTRAN	Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access Network	LTE standartida radio ruxsat etish tarmog‘i
FDD	Frequency Division Duplex	Chastotaviy dupleks
FDMA	Frequency Devision Multiple Access	Chastotaviy ajratishli ko‘plab ruxsat etish (ChAKRE) texnologiyasi
FEC	Forward Error Correction	Xatoliklarni tuzatishli kodlash
GPRS	General Packet Radio Services	Umumlashtirilgan paketli radio xizmatlar, 2,5G texnologiya
GPS	Global Positioning Service	Joy tanlash (pozitsionirovaniya) global xizmati
GS	Guard Symbol	Himoya simvoli
GSA	Group Security Association	Guruhli xavfsizlik assotsiatsiyasi
GSM	Global System for Mobile communication	Mobil aloqa global tizimi. 2-avlod sotali aloqa standarti
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	“Pastga” kanalda yuqori tezlikli paketli ruxsat etish, 3,5G texnologiya

IEEE 802.3	IEEE standard specification for Ethernet	Ethernet uchun IEEE standarti spesifikatsiyasi
IETF	Internet Engineering Task Force	Internetni ishlab chiqish ishchi guruhi
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform	Teskari Fure tezkor o'zgartirish (TFTO') usuli
IMS	IP Multimedia Subsystem	Multimediyali IP nimitizim
IMSI	International Mobile Subscriber Identity	Mobil abonentni halqaro identifikatsiyalash
IMT-2000	International Mobile Telecommunications-2000	Halqaro telekommunikatsiya ittifoqi (HTI) taklif etgan uchinchi avlod mobil aloqa moslashadigan texnologiyalarining "yagona oila konsepsiyasi).
ISDN	Integrated Services Digital Network	Integratsiyalangan xizmat ko'rsatish raqamli tarmog'i (IXKRT)
MIMO	Multiple Input-Multiple Output	Ko'plab qibul qilish — ko'plab uzatish (antenna texnologiyasi)
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	Ortogonal chastotaviy multiplekslash
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access	Ortogonal chastotaviy ajratishli ko'plab ruxsat etish (OChAKRE) texnologiyasi
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Kvadraturali amplitudaviy modulyatsiya (KAM)
QoS	Quality of Service	Xizmat ko'rsatish sifati, uzatish sifatini va xizmatlarga yetishlikni aks ettiradigan uzatish tizimining unumdorligi chorasi sifatida aniqlanadi
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying	Kvadraturali fazaviy modulyatsiya (FM-4)
TCP	Transmission Control Protocol	Uzatishni boshqarish protokoli
TDD	Time Division Duplex	Vaqtli dupleks

TDM	Time Division Multiplex	Vaqtli multiplekshlash
TDMA	Time Division Multiple Access	Vaqtli ajratishli ko'plab ruxsat etish (VAKRE) texnologiyasi
W-CDMA	Wideband Code-Division Multiple Access	Radoruxsat etish texnologiyasi-kodli ajratishli ko'plab ruxsat etish
WEP	Wired Equivalent Privacy	Simliga tarmoqlardagiga ekvivalent konfidensiallik
WiBro	Wireless Broadband (Service)	Simsiz keng polosali (Samsung kompaniyasi standarti)
Wi-Fi	Wireless Fidelity	Simsiz aniqlik (IEEE 802.11 a/b/g/n standartlarining tijoriy nomlanishi)
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Yuqori chastotali ruxsat etishda butundunyo moslashuvchanligi (IEEE 802.16 d/e/m standartlarining tijoriy nomlanishi)
WLAN	Wireless Local Area Network	Simsiz lokal tarmoq

VII-BO‘LIM
ADABIYOTLAR
RO‘YXATI

VII. ADABIYOTLAR ROYXATI

I. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining asarlari:

1. Mirziyoyev SH.M. Buyuk kelajagimizni mard va olijanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: “O'zbekiston”, 2017. – 488 b.
2. Mirziyoyev SH.M. Milliy taraqqiyot yo'limizni qat'iyat bilan davom ettirib, yangi bosqichga ko'taramiz. 1-jild. – T.: “O'zbekiston”, 2017. – 592 b.
3. Mirziyoyev SH.M. Xalqimizning roziligi bizning faoliyatimizga berilgan eng oliy bahodir. 2-jild. –T.: “O'zbekiston”, 2018. – 507 b.
4. Mirziyoyev SH.M. Niyati ulug' xalqning ishi ham ulug', hayoti yorug' va kelajagi farovon bo'ladi. 3-jild.– T.: “O'zbekiston”, 2019. – 400 b.
5. Mirziyoyev SH.M. Milliy tiklanishdan – milliy yuksalish sari. 4-jild.– T.: “O'zbekiston”, 2020. – 400 b.

II. Normativ-huquqiy hujjatlar:

6. O'zbekiston Respublikasining Konstitusiyasi.–T.:O'zbekiston, 2018.
7. O'zbekiston Respublikasining 2020 yil 23 sentabrda qabul qilingan “Ta'lim to'g'risida”gi O'RQ-637-sonli Qonuni.
8. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 7 fevral “O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish boyicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida”gi 4947-sonli Farmoni.
9. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2018 yil 21 sentabr “2019-2021 yillarda O'zbekiston Respublikasini innovatsion rivojlantirish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi PF-5544-sonli Farmoni.
10. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 may “O'zbekiston Respublikasida korrupsiyaga qarshi kurashish tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida”gi PF-5729-son Farmoni.
11. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 27 avgust “Oliy ta'lim muassasalari rahbar va pedagog kadrlarining uzluksiz malakasini oshirish tizimini joriy etish to'g'risida”gi PF-5789-sonli Farmoni.
12. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 8 oktabr “O'zbekiston Respublikasi oliy ta'lim tizimini 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida”gi PF-5847-sonli Farmoni.
13. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyevning 2020 yil 25 yanvardagi Oliy Majlisga Murojaatnomasi.
14. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2001 yil 16 avgustdagi “Oliy ta'limning davlat ta'lim standartlarini tasdiqlash to'g'risida”gi 343-sonli Qarori.
15. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2015 yil 10 yanvardagi “Oliy ta'limning Davlat ta'lim standartlarini tasdiqlash to'g'risida”gi 2001 yil 16

avgustdagi “343-sonli qaroriga o’zgartirish va qo’shimchalar kiritish haqida”gi 3-sonli qarori.

III. Maxsus adabiyotlar:

16. Слепов Н.Н. Современные технологии сифрових оптоволоконних сетей связи:-М.: Радио и связь, 2000.

17. Васильев В.Н. Волоконно–оптические световоди: учебное пособие, ТУИТ, Ташкент, 2002.

18. Вишневетский А.Г. Телекоммуникатсионные системы передачи (част вторая); конспект лексий, ТУИТ, Ташкент, 2004.

19. Скляр О.К. Современные волоконно-оптические системы передачи. Аппаратура и элементи. –М.: СОЛОН-Р, 2001.-238с.

IV. Internet saytlar:

20. <http://edu.uz> – O’zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovasiyalar vazirligi.

21. <http://lex.uz> – O’zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi.

22. <http://bimm.uz> – Oliy ta’lim tizimi pedagog va rahbar kadrlarini qayta tayyorlash va ularning malakasini oshirishni tashkil etish Bosh ilmiy-metodik markazi.

23. <http://ziyonet.uz> – Ta’lim portali ZiyonET.

24. <http://natlib.uz> – Alisher Navoiy nomidagi O’zbekiston Milliy kutubxonasi.