

## **11 – LABORATORIYA ISHI**

### **KEYINGI AVLOD MOBIL TARMOQLARNING XOZIRGI VAQTDAGI O'RNINI O'RGANISH VA TAHLIL QILISH.**

#### **11.1. Ishning maqsadi**

Hozirgi kunda aholiga mobil aloqa xizmatlarini taqdim etib kelmoqda. Keng polosali ulanishning asosiy texnologiyalari quyidagilardir: 3G / UMTS, HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access), HSPA (High Speed Packet Access), HSPA + (Evolution High Speed Packet Access), LTE (Long Term Evolution) va WiMAX. Ushbu texnologiyalarining ishlash prinsipini o'rganish asosiy maqsad hisoblanadi.

#### **11.2. Topshiriq**

Laboratoriya mashg'uloti bo'yicha talabalarga mavzu yuzasidan nazariy va amaliy bilimlarni egallash talab etiladi. Talabalarga Universitet hududida joylashgan Uzmobil GSM va CDMA standartlari asosida qurilgan baza stansiyaning antenralari uning ishlash prinsiplari, sektorlar vazifasi baza stansiyaning o'zida tushuntiriladi bundan tashqari talabalarga mobil aloqa avlodlari ularning standartlari o'rgatiladi. Ushbu olingan nazariy va amaliy bilimlar asosida talabalar o'zlari uchun hisobot tayyorlaydi hisobotda nazorat savollariga xam javob berib o'tadi. Bu hisobotni Hemis tizimiga yuklaydi.

#### **11.3. Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Principles voice and data communication, The MC Graw-Hill Company, International edition, 2007y. USA
2. Networking, Jeffrey S. Beasley, 2004 by Pearson education Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
3. Resource allocation in Hierarchical cellular systems, Ortigozza Guerrero Lauro, ARTECH HOUSE Inc, Norwood., 2010y.

#### **11.4. Nazorat savollari**

1. HSPA (High Speed Packet Access) xususiyatlari deganda nimani tushunasiz?
2. LTE tarmoqlarining xususiyatlari deganda nimani tushunasiz?
3. LTE tarmog'ining umumiy tuzilishi qanday?
4. LTE-da multipleksing asoslari va MIMO-dan foydalanish nima uchun kerak?
5. LTE oxirgi foydalanuvchiga nima beradi?
6. LTE operatorlari uchun qanday foyda bor?

#### **11.5. Nazariy qism**

##### **3GPP tomonidan 4G standarti: LTE/LTE-Advanced**

Keng polosali ulanishning asosiy texnologiyalari quyidagilardir: 3G / UMTS,

HSDPA (High-Speed Downlink Packet Access), HSPA (High Speed Packet Access), HSPA + (Evolution High Speed Packet Access), LTE (Long Term Evolution) va WiMAX. Shuni ta'kidlash kerakki, HSPA va HSPA+ asosan HSDPA texnologiyasining modifikatsiyasi bo'lib, uning ba'zi xususiyatlarini (birinchi navbatda, qabul qilish tezligi) yaxshilashga imkon beradi. Boshqa tomondan, LTE turli versiyalariga (relets) ega. 3GP-ning texnik xususiyatlariga ko'ra, LTE texnologiyasi 8-chi versiyadan boshlanadi va to'rtinchi avlod tarmog'i WiMAX (rel.2) bilan birga 10-chi (LTE Advanced) va keyingi versiyalaridir. Har bir yangi versiya oldingi kamchiliklarni bartaraf etish va uning xususiyatlarini yaxshilash uchun mo'ljallangan. Biroq, yangi versiya uchun uskunalar narxi ortib bormoqda.

11.1-jadvalda Keng polosali ulanish texnologiyalarining xususiyatlari. Ushbu texnologiyalarning ayrim jihatlari bo'yicha qiyosiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

11.1 - Jadval

	HSPA+	LTE (rel.8)	LTE (rel. 10)	WiMAX (rel. 2)
Diapazon, G.gers.	2	0,698...3,6	0,450...4,99	2,3-2,7 3,4-3,6 5,7-5,8
Duplekslangan.	FDD	FDD, TDD	FDD, TDD	FDD, TDD
Kanal kengligi, MGts.	5	1,4;3;5;10;15;20	1,4;3;5;10;15;20	1.4 – 20
Maydalangan kanalda maksimal tezlik, Mbps.	42,2	326,4	500 va boshqalar	1 Gbit/s gacha
Javob muddati, mc	65 va yuqori	<10	<10	50 va yuqori
VoIP	-	-	+	+

Jadval 1.1 ga binoan, eng yaxshi ishlashi bilan ikkita texnologiya ajratilishi mumkin: LTE (rel. 10) va WiMAX (2-rel). Ular to'rtinchi avlod tarmoqlari uchun barcha talablarga javob beradi. O'zbekistonda va xorijda mobil aloqa operatorlari LTE ni amalga oshirishni afzal ko'rishadi, chunki:

- LTE texnologiyasi GSM (2G) - UMTS (3G) - LTE standartlarining mantiqiy evolyutsiyasidir va shuning uchun GSM operatorlari uchun eng umidli hisoblanadi, bu esa telekom operatorlari xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. U mavjud tarmoq asosida qurilgan, ya'ni standartlar bir vaqtning o'zida ishlaydi va bir-biridan "uzluksiz" o'tish mumkin;
- Chastotalar diapazoniga qarab, LTE bazasi stantsiyasi oralig'i 35 km, WiMax 10 km (ishonchli qabul faqat 2-3 km radiusda) bo'lishi mumkin;
- Mobil stansiyaning maksimal tezligi - 350 km / soatgacha.
- Laptoplar va netbuklar ishlab chiqaruvchilarning ko'pchiligi LTE-ni qo'llab-quvvatlab, LTE-uskunalar bilan jihozlangan mahsulotlar ishlab chiqdilar.

3GPP konsortsiumining ta'rifi bo'yicha LTE (uzoq muddatli evolyutsiya yoki

uzoq muddatli evolyutsiya) 4 avlod simsiz mobil aloqa uchun eng yangi standartdir (4G). Va, birinchi navbatda, 3G (UMTS va EDVO) tarmoqlarini yanada yaxshilash va rivojlantirishga qaratilgan.

Tarmoq darajasida LTE butunlay IP-ga asoslangan texnologiyalar bilan ishlaydi va fizik darajada (radio kanalida) ortogonal chastotali siqishni qo'llaydi va natijada biz yuqori tarmoqli kengligi, kichik kechikishlar va hayoliy spektral samaradorlikni qo'lga kiritamiz.

### **LTE faqat 3G-ni yangilash emas !**

Bu butunlay boshqacha yondashuv va uning fizikasi quyidagicha:

- Kanallarning kodli bo'linishidan (CDMA) chastotalar bo'linishiga (OFDMA va SC-FDMA) o'tish
- Sxemani almashtirishdan IP texnologiyalariga o'tish - paketli kommutatsiya

Mutaxassislarning fikriga ko'ra, 2025 yilga kelib, 4 milliarddan ortiq odam "mobil dunyo" deb nomlangan jahon hamjamiyatiga a'zo bo'ladi. Shu bilan birga, butun dunyo aholisining yarmi LTE tarmoqlaridan doimiy foydalanish imkoniyatiga ega bo'ladi.

Rivojlanishning keyingi rivojlanishi LTE Advanced texnologiyasi bilan bog'liq bo'ladi.

### **LTE-Advanced ning 6 asosiy xususiyatlari**

- 300+20 MGts va 2x2 MIMO spektrlarida 2 Mbit/s gacha bo'lgan ma'lumotlarni uzatish tezligini oshirish uchun pastga yo'naltirilgan kanalda tashuvchilarni yig'ish va 3 MGts tarmoqli kengligi va 100x8 MIMO dan foydalanilganda 8 Gbit / s ga qadar. Ma'lumotlar uzatish tezligini oshirish uchun katta tarmoqli kengligi kerak.
- MIMO-ning 8x8-ga abonentga va 4x4-ga tayanch stantsiyasiga evolyutsiyasi, bu nurni shakllantirish texnologiyasini amalga oshirish, tashuvchilarni birlashtirishda tarmoq tarmoqli kengligini oshirish imkonini beradi. Ko'p antennalar ma'lumotlar uzatish tezligini va tarmoq tarmoqli kengligini oshiradi.
- Makro, mikro va pikostansiyalarni birgalikda joylashtirish uchun heterojen tarmoq (HetNet). HetNet funktsiyalari tarmoq darajalari o'rtasida aralashuvni muvofiqlashtirishni ta'minlaydi va chastotani mikro va so'l bilan bir vaqtning o'zida ajratib turadigan tarmoq tarmoqli kengligi va pikosot yuqori zichlikli mahalliy qoplamani oshiradi.
- Radio-interfeys orqali tayanch stantsiyalar ma'lumotlarini tranzit uzatish uchun o'rni tugunlari (Relay nodes). Uzatish liniyasi tarmoqli yoki banddan tashqari uzatishdan foydalanishi mumkin. Asosiy er ulanishlari mavjud bo'lmaganda, o'rni tugunlari tarmoq qamrovini oshirish uchun ishlatiladi.
- Muvofiqlashtirilgan ko'p nuqtali uzatish va qabul qilish (CoMP) bir xil terminalga ma'lumotlarni uzatish uchun turli xil BS ning bir nechta mazhablaridan foydalanishga imkon beradi. Muvofiqlashtirilgan ko'p nuqtali aloqa uyali chegaradagi ma'lumotlar uzatish tezligini yaxshilash uchun ishlatiladi, bu esa Inter-slot shovqinlari bilan chegaralanadi. Abonentga uzatish bir vaqtning o'zida bir

necha tarmoqlardan amalga oshirilishi mumkin, va aksincha, abonentdan ma'lumotlarni qabul qilish bir necha sohalarga to'g'ri keladi.

- O'z-o'zini tashkil etuvchi tarmoq funktsiyalari (SON) tarmoqni joylashtirishni tezlashtiradi va soddalashtiradi va tarmoq parametrlarini to'g'ri va optimallashtirilgan sozlashni ta'minlash orqali oxirgi Foydalanuvchining ish faoliyatini yaxshilaydi.

### **LTE tarmoqlarining xususiyatlari**

**Ishlash va tarmoqli kengligi**-LTE talablaridan biri kamida 100 Mbit/s bo'lgan teskari kanalning eng yuqori tarmoqli kengligini ta'minlashdir.

Texnologiya 300 Mbit / s dan ortiq ma'lumot almashish tezligini qo'llab-quvvatlashni nazarda tutadi, ammo shvedlar LTE rivojlanishining navbatdagi bosqichini-nazariy jihatdan mumkin bo'lgan eng yuqori tarmoqli kengligi 1,2 Gbit/s.

**Oddiylik**-1,4 MGts dan 20 MGts gacha bo'lgan chastotali moslashuvchan tarmoqli kengligi imkoniyatlari va chastota (FDD \*) va vaqt (TDD\*) bilan ikki tomonlama uzatish qo'llab-quvvatlanadi.

LTE-da ma'lumotlarni uzatishning kechikishi mavjud 3G texnologiyalaridan kamroq. ushbu afzallik interfaol muhitlarga (masalan, multiplayer o'yinlar) xizmat ko'rsatish va ommaviy axborot mazmunini katta miqdorda almashish uchun juda muhimdir.

**Turli xil qurilmalar** — LTE modullari bilan jihozlangan mobil telefonlar va atrof-muhit birliklaridan tashqari, ko'plab kompyuter va maishiy elektron qurilmalarni jihozlash rejalashtirilgan. Ular noutbuklar, planshetlar, o'yin konsollari va set-top boxlar, video kameralar va boshqa portativ qurilmalar.

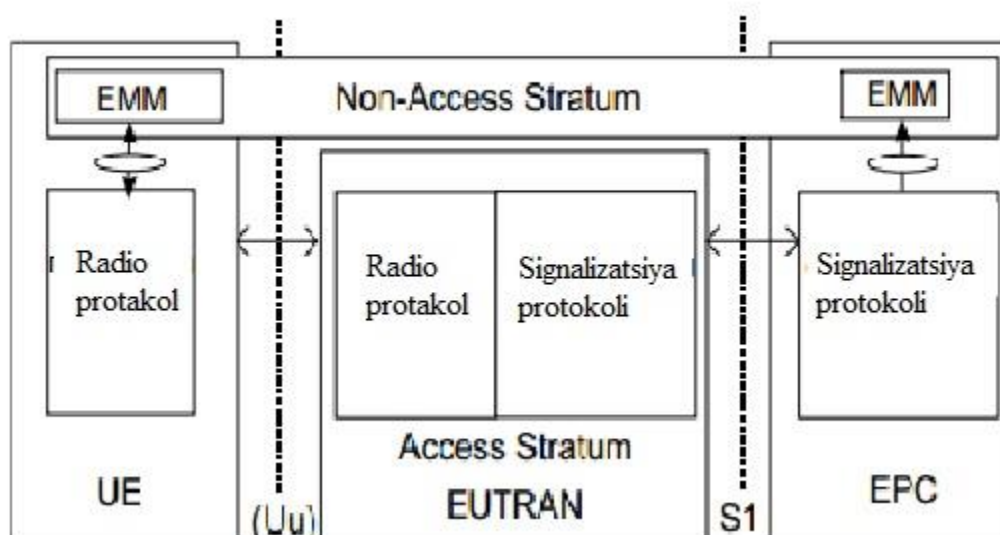
\* TDD (Time Division Duplex) dan foydalanilganda, butun tarmoqli ma'lumotlarni yuklash yoki tushirish uchun muqobil ravishda beriladi. FDD (Frequency Division Duplex) dan foydalanilganda, kiruvchi va chiquvchi trafik chastotaga bo'linadi, ma'lumotlarni yuklab olish bir chastotada va boshqasiga tushiriladi. Asosiy ishlash xususiyatlari 11.2 – jadvalda keltirilgan.

11.2 – Jadval

<b>Parametr</b>	<b>Qiymati</b>
Chiziqlar spektri	1.4, 3, 5, 10, 15 va 20 MGts
Tepalik tezligi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Egaligingizni tasdiqlang qo'shimcha imkoniyatlar uchun;</li><li>• Yuqori (bitta kanalli Tx): 50 Mbit / s (20 MGts kanal);</li></ul>
Antenna konfiguratsiyasi	<ul style="list-style-type: none"><li>• Downlink: 4x2, 2x2, 1x2, 1x1;</li><li>• Uplink: 1x2, 1x1;</li></ul>
Kechikish	<ul style="list-style-type: none"><li>• Boshqarish (signal) darajasi( tarmoq qurilmasining mantiqi - tarmoq trafigin qargga va qanday yuborish kerak):</li></ul>

Parametr	Qiymati
	foydalanuvchi darajasiga o'tish uchun 100 mildan kam; <ul style="list-style-type: none"> <li>Foydalanuvchi darajasi ( foydali trafikni uzatish): mijozdan serverga 10 milodiy dan kam;</li> </ul>
Ko'plab chuqurchalar hajmi	<ul style="list-style-type: none"> <li>To'liq funktsionallik: 5 km ga qadar;</li> <li>Kichik yomonlashuv: 5 km-30 km;</li> </ul>
Mobillik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Past tezlik uchun (0-15 km / soat);</li> <li>120 km/soatgacha bo'lgan tezlikda yuqori ishlash;</li> <li>350 km/soatgacha bo'lgan tezlikda harakat qilishda ishlashni qo'llab-quvvatlaydi;</li> </ul>
Spektral samaradorlikdagi yutuqlar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Downlink: 3-4 marta HSDPA Rel.5;</li> <li>Yuqori: 2-3 marta HSUPA Rel. 6;</li> </ul>

11.1-rasmda LTE tarmog'ining umumiy tuzilishi ko'rsatilgan bo'lib, u funktsional munosabatlarning ikkita qatlami mavjudligini ko'rsatadi: radio kirish qatlami (AS, Access Stratum) va radio kirish qatlamining ko'rinishi (Non-Access Stratum). Strelkalar bilan Elipsler xizmati kirish nuqtalari ko'rsatadi.



**11.1-rasm - LTE tarmog'ining umumiy tuzilishi.**

Foydalanuvchilarning UE maydonlari va UTRAN radiotasma tarmog'i hududi orasidagi aloqa UU interfeysi deb ataladi; Radio kirish tarmog'i maydoni va EPC yadro tarmoqlari maydoni o'rtasidagi interfeys S1 interfeysi. UU va S1 interfeyslari bilan bog'liq turli xil protokollarning tuzilishi va ishlashi ikkita samolyotga bo'linadi:

foydalanuvchi tekisligi (UP, User Plane) va boshqaruv tekisligi (CP, Control Plane).

### **LTE-da multipleksing asoslari va MIMO-dan foydalanish**

LTE MIMO tizimlarini ishonchliligini oshirish va ma'lumotlarni uzatish tezligini oshirish uchun ishlatadi. Odatda, MIMO tizimi m uzatish antennalar va n qabul antennalar iborat.

Математическая модель пространственного мультиплексирования

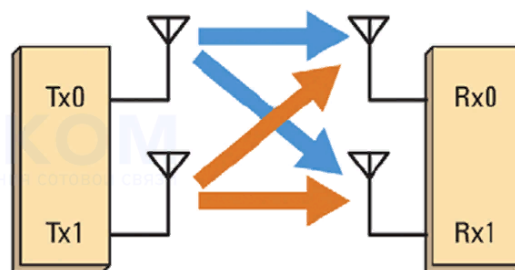
Переданный  
сигнал с  
антенны

Среда передачи

Принятый  
сигнал на  
антенну

$$\begin{bmatrix} Tx_1 \\ Tx_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Rx_0 \\ Rx_1 \end{bmatrix}$$

Структурная схема MIMO 2x2



### **11.2 – rasm LTE-da multipleksing asoslari va MIMO-dan foydalanish**

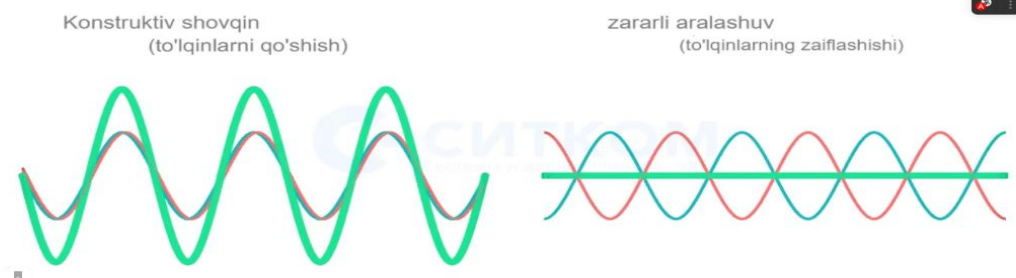
Qisqacha aytganda, qabul qilgich Rx signalini qabul qiladi, bu esa kirish signalining Rx vektori Q uzatish matritsasi bilan ko'paytirilganda olinadi.  $Tx = Q * Rx$ . Ko'p MIMO algoritmlari q uzatish matritsasi xususiyatlarini tahlil qilishga asoslangan. unvon (kanal matritsasi) lineer mustaqil qatorlar yoki ustunlar sonini aniqlaydi. U bir vaqtning o'zida qancha mustaqil ma'lumotlar oqimi (darajalar) uzatilishi mumkinligini ko'rsatadi.

#### **Beamfoming-LTE-da nurni shakllantirish asoslari**

Nurni shakllantirishda to'lqinning old tomonini nazorat qilish uchun bir nechta antennalar ishlatiladi, bu alohida antennalar signallarining kattaligi va fazasini (uzatish nurining shakllanishi) mos ravishda tortish orqali amalga oshiriladi. Bu sizga sotning chekkalari bo'ylab aniq joylarni yaxshiroq qamrab olish imkonini beradi. Array ichidagi har bir alohida antenna boshqariladigan signalga hissa qo'shganligi sababli, signal kuchaytiriladi (shuningdek, konstruktiv nur shakllanishi deb ataladi).

Qabul qilish nurlarining shakllanishi to'lqin oldining keladigan yo'nalishini aniqlashga imkon beradi. Bundan tashqari, tanlangan aralashuv signallarini bostirish, nolli yo'nalish diagrammasini aralash signal yo'nalishi bo'yicha qo'llash mumkin. Nurning adaptiv shakllanishi harakatlanuvchi qabul qiluvchiga nurni shakllantirishning doimiy qo'llanilish usulini anglatadi. Bu tezkor signallarni qayta ishlash va kuchli algoritmlarni talab qiladi.

Nurni shakllantirish alohida antennalarda signalning kattaligi va / yoki fazasini o'zgartirish orqali amalga oshirildi. Signallar konstruktiv tarzda (to'lqinlarni qo'shish orqali daromad ta'siri) mo'ljallangan transmitter / qabul qiluvchi tomonga qo'shilishi va aralashuv manbalari yo'nalishida halokatli (to'lqinlarning zaiflashuvi) qo'shilishi uchun qayta ishlanadi.



### 11.3 – rasm Beamfoming-LTE-da nurni shakllantirish asoslari

Beamforming nima?, rivojlanish tarixi va nima uchun nur yo'nalishi diagrammasini shakllantirish kerak.

Bu raqamlar haqida o'ylab ko'ring:

- 100 yildan ortiq vaqt mobaynida 1 milliard statsionar telefon liniyasi yaratildi...
- ... 20 yil mobaynida 5 milliard kishi mobil aloqa abonentlariga aylandi, aloqa globallashuvi juda katta!
- 2010 yilning boshiga kelib mobil ma'lumotlarning jahon trafigi hajmi ovozli trafik hajmidan oshib ketdi.
- Birinchi mobil ilova 2008 yil boshida chiqarildi. 2011-da abonentlar 17 milliard yuklab olishdi, bu ko'rsatkich 2010 yilga nisbatan 112.5% ko'proq, bu ko'rsatkich 8 milliard yuklama haqida edi.
- Keng polosali tarmoq foydalanuvchilari sonining o'sishi 10% yillik YaIMni 1% ga oshiradi. Pul ekvivalentida bu 800 milliard dollarni tashkil etadi va butun dunyo bo'ylab millionlab ish o'rinlari paydo bo'lishiga yordam beradi.

Videobloglar va interaktiv televidenie, masofaviy tizimlar Real vaqt rejimida Internet orqali video nazorati. Yangi avlod 3D o'yinlari va boshqa professional xizmatlar ma'lumotlar uzatish tezligi, kechikishlar yo'qligi va telekommunikatsiya tarmog'ining ishida minimal jitterga yuqori talablar qo'yadi va LTE innovatsion rivojlanishning asosiy omili hisoblanadi. 11.3-jadval GPRS, 3G, 4G tarmoqlarining qiyosiy jadvali.

11.3-jadval

Tarmoq standarti	Texnologiya	Modulyatsiya	Abonentga/abonentga ma'lumotlarni uzatish tezligi(Maks.)	Signal chizig'i, MGts
GSM	GPRS	GMSK	20/20 Kbit / s	0,2
	EDGE	8PSK	59,2/59,2 Kbit / s	0,2

Tarmoq standarti	Texnologiya	Modulyatsiya	Abonentga/abonentga ma'lumotlarni uzatish tezligi(Maks.)	Signal chizig'i, MGts
UMTS	R99 WCDMA	QPSK	384/384 Kbit / s	5
	HSDPA	16QAM/QPSK	14,4/5,76 Mbit / s.	5
	HSPA+	64QAM/16QAM	21/11,5 Mbit/s.	5
	DC HSPA+	64QAM/16QAM	42/23 Mbit/s.	10
LTE Release 8	<u>MIMO</u> <u>2x2</u>	64QAM	150/75 Mbit/s.	20
LTE-Advanced Rel. 10	Downlink 8x8 MIMO/ Uplink 4x4 MIMO	64QAM	3/1.5 Gbit / s	100
LTE-Advanced Pro Rel. 13 (4.5G)	8x8 MIMO	256QAM	25/12.5 Gbit/ s	640

**Rossiyada** mobil 4G tarmoqlari uskunalari uchun standart chastotalar, bandlar (BAND):

- 3-1800 MGts FDD oralig'ida;
- 7-2600 MGts FDD oralig'ida;
- 8-900 MGts FDD oralig'ida;
- 20-800 MGts FDD oralig'ida;
- 31-450 MGts FDD oralig'ida;
- 38-2600 MGts TDD oralig'ida.

11.4–Jadval 2019-da Rossiyada uyali aloqa operatorlari tomonidan ishlatiladigan chastota bantlari va kanal kengligi



<b>№</b>	<b>Operator</b>	<b>Tezlik oralig'i (UL/DL), MGts</b>	<b>Kana l kengl igi, MGts</b>	<b>Dupleks turi</b>	<b>3GPP raqa mi</b>
1	Megaphone	847-854.5 / 806- 813.5	7.5	FDD	Band 20
2	Megaphone	1835- 1855 /1730- 1750	20	FDD	Band 3
3	Yota (Megaphone)	2500- 2530 /2620- 2650	30	FDD	Band 7
4	Мегафон	2530- 2540 /2650- 2660	10	FDD	Band 7
5	Мегафон	2575- 2595	20	TDD	Band 38
6	MTC	839.5-847 / 798.5- 806	7.5	FDD	Band 20
7	MTC	1855- 1875 /1750- 1775	20	FDD	Band 3
8	MTC	2540- 2550 /2660- 2670	0 <sup>1</sup>	FDD	Band 7
9	MTS	2595- 2615	0 <sup>2</sup>	TDD	Band 38

№	Operator	Tezlik oralig'i (UL/DL), MGts	Kanal kengligi, MGts	Dupleks turi	3GPP raqami
10	MTS	2595-2620	5.2	TDD	Band 38
11	"Bilayn"	854.5-862 / 813.5-821	5.7	FDD	Band 20
12	"Bilayn"	1805-1825 / 1710-1730	0.2	FDD	Band 3
13	"Bilayn"	2550-2560 / 2670-2680	0.1	FDD	Band 7
14	Tele2	453-457.4 / 463-467.4	0.4	FDD	Band 31
15	Rostelekom/ Tele2	2560-2570 / 2680-2690	0.1	FDD	Band 7

• **Rossiyada 2019 yil davomida uyali aloqa kanallarining chastota taqsimoti**

**LTE oxirgi foydalanuvchiga nima beradi?**

Tarmoqli kengligi va minimal kechikishlar, aloqa kanalining katta barqarorligi, transport xarajatlarini kamaytirish - bularning barchasi foydalanuvchilar uchun yangi imkoniyatlar ochadi, xizmatlar yanada sifatli va kamroq qimmatga tushadi.

**LTE operatorlari uchun qanday foyda bor?**

Quvvat, tarmoqli kengligi va foydalanuvchi shovqinlari nuqtai nazaridan istiqbolli tarmoq texnologiyalari. Ular eski operatorlar va yangilar uchun yangi tijorat imkoniyatlari va daromad manbalari.

Yangi tarmoqlar har qanday avlod aloqa texnologiyalari uchun ishlatilishi mumkin – 2G, 3G va 4G bu operatorlarning kapital va operatsion xarajatlarini kamaytiradi.

