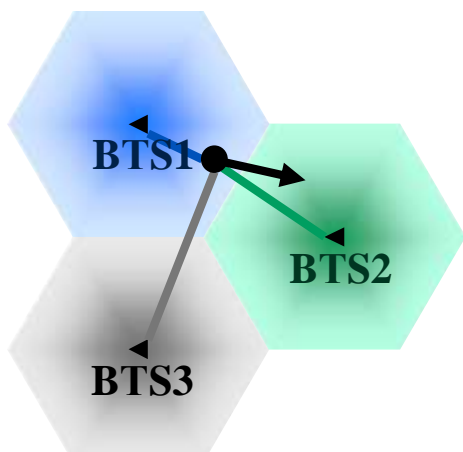


**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ
Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
УНИВЕРСИТЕТИ**



**«Мобил алоқа»
фанидан маъруза**



*МАТ кафедраси PhD.
доценти Ҳ.Х.Мадаминов*





4G сотали алоқа тизимлари

Дарсинг мақсади:

талабаларда 4G сотали алоқа тизимлари ҳақида батафсил тасаввур ҳосил қилиш;

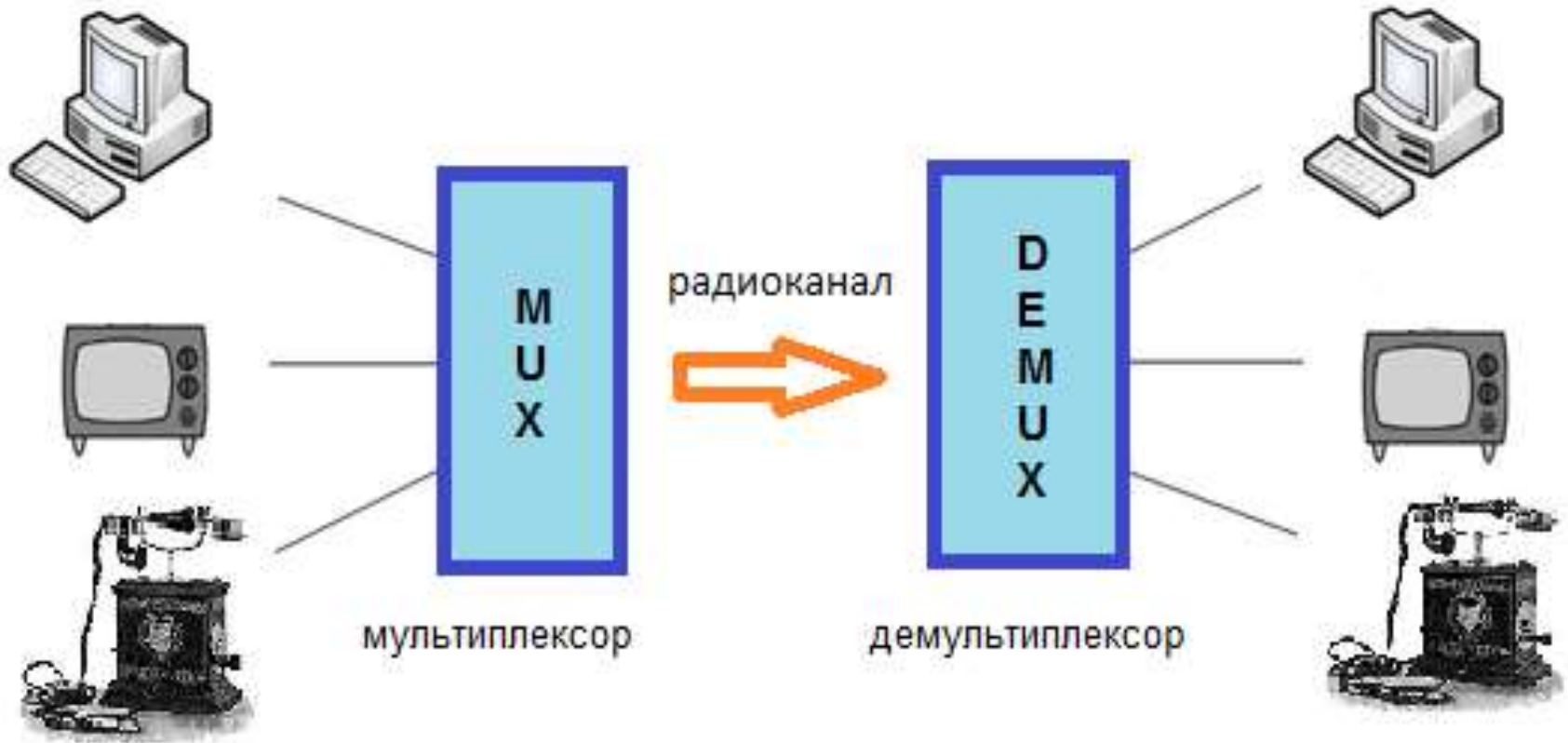
мазкур билимларни мустақил таҳлил қилишга кўмаклашиш;

ёшлар ўртасида соғлом маънавий ва тарбиявий муҳитни шакллантириш.

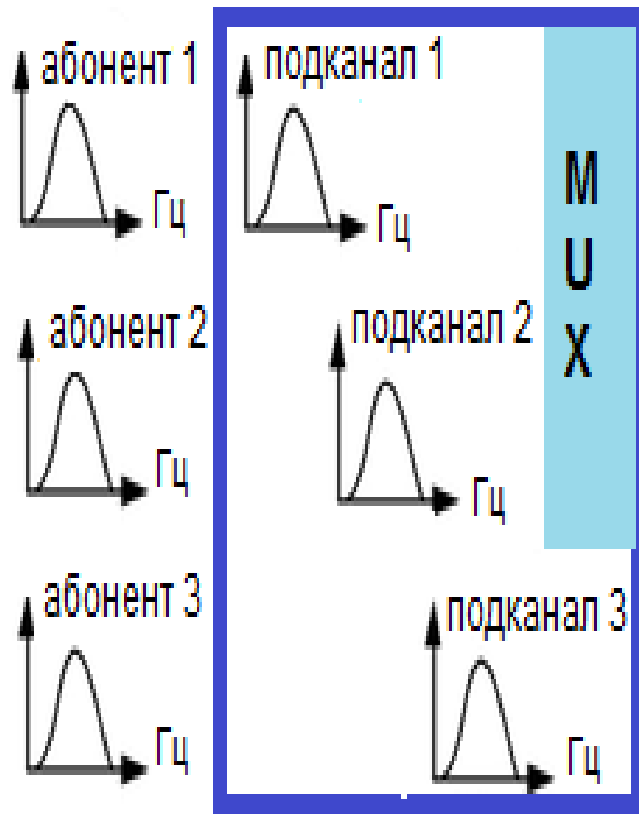


Маълумотларни мультимукслаш ва демультимукслаш

Мультимукслаш – бир неча маълумотлар оқимини битта канал бўйича узатиш учун бирлаштириш ҳисобланади.

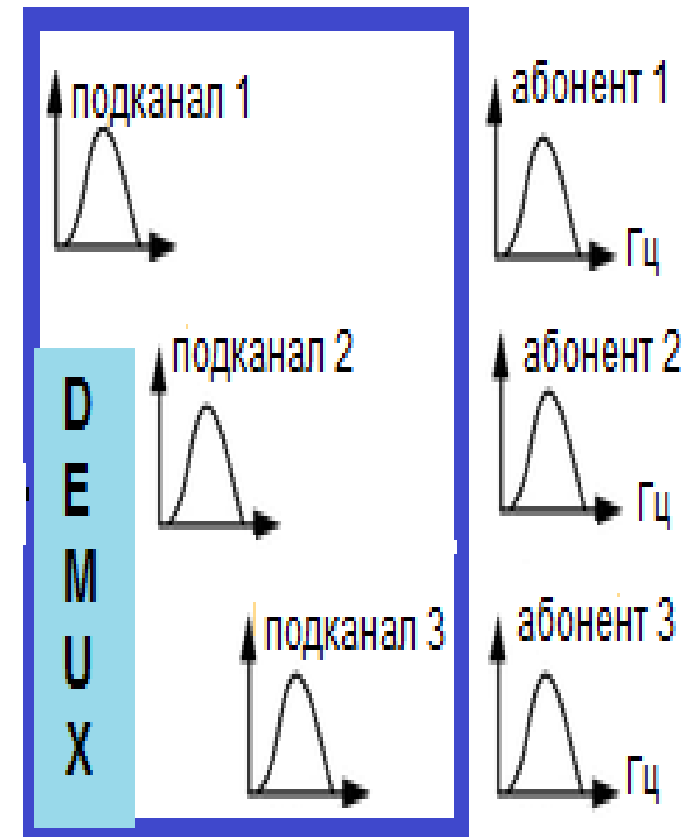
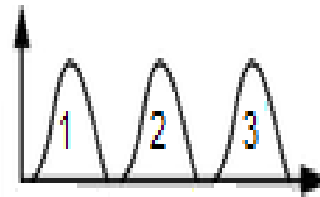


Маълумотларни частота бўйича мультиплекслаш (FDM, Frequency Division Multiplexing)



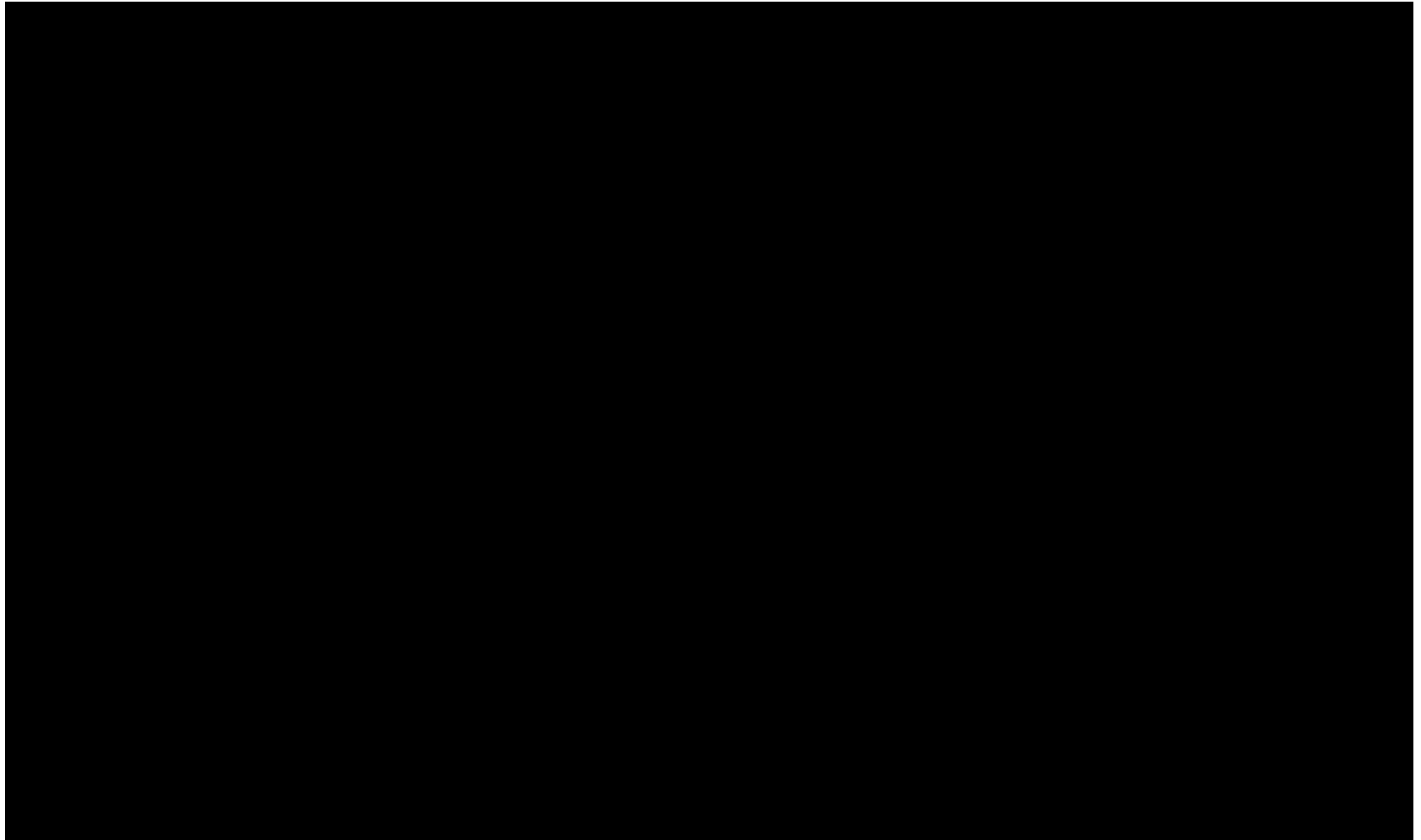
мультиплексор

Зичлаштирилган
частоталар
дипазонлари



демультиплексор

Мультиплекслаш принципи



OFDM (Orthogonal Frequency Devision Multiple) усули **модуляциялаш** ва **мультиплекслашнинг** бирлашмаси ҳисобланади.

Одатда **мультиплекслаш** турли манбалардан чиқадиган мустақил сигналларга таалукли бўлади. Шунинг учун бу сигналлар орасида частоталар спектрини қандай бўлиш масаласи юзага келади.

OFDM усулида мультиплекслаш масаласи алоҳида сигналларга қўлланилади, лекин улар битта асосий сигналнинг қисмлари ҳисобланади. **OFDM** усулида сигналнинг ўзи дастлаб **алоҳида каналларга** бўлинади, улар маълумотлар билан **модуляцияланади**, кейин эса **OFDM** ташувчини ҳосил қилиш учун такроран **мультиплексланади**.

Қиёслаш

FDM



OFDM



FDM

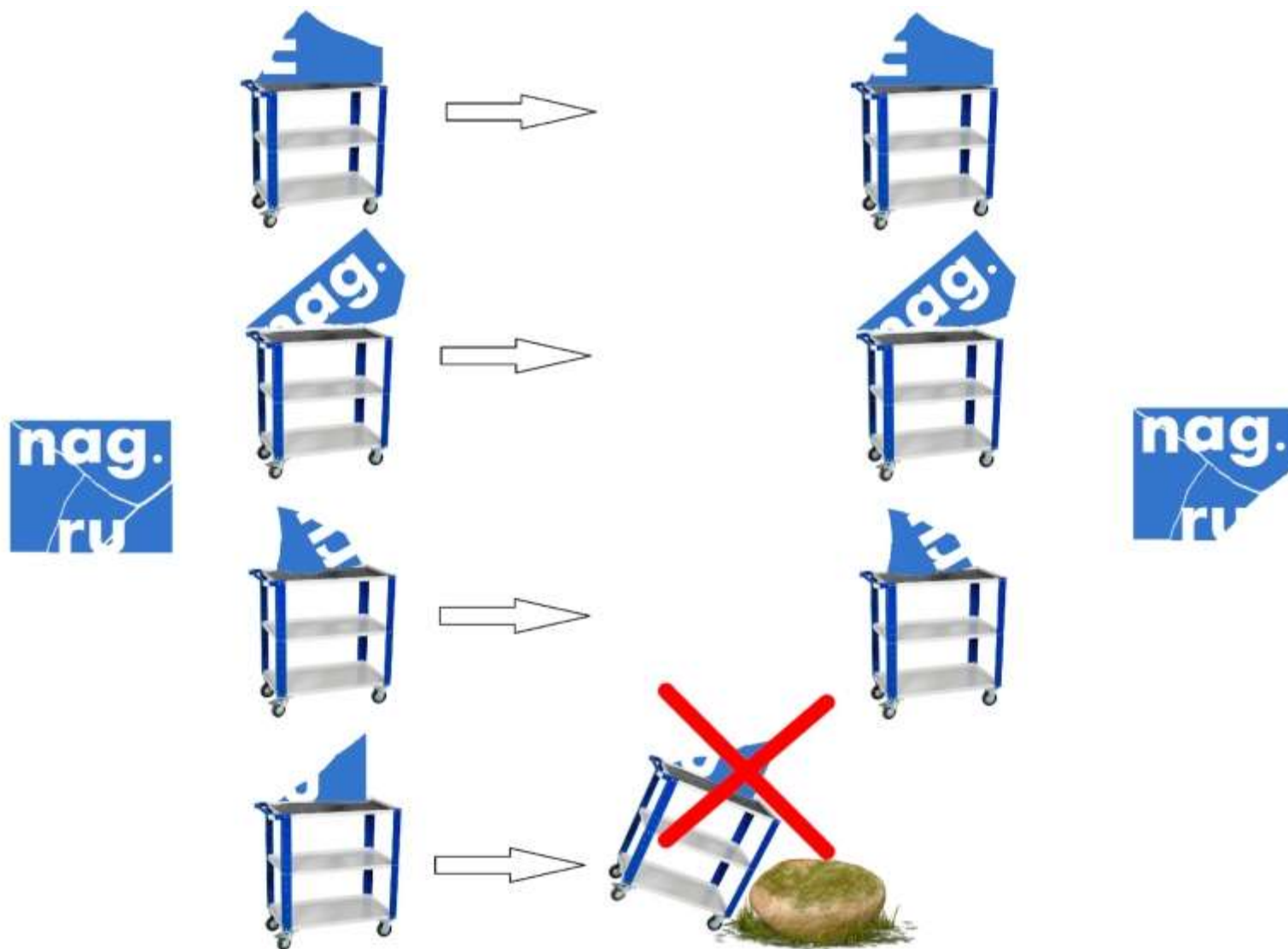


ЮК

OFDM

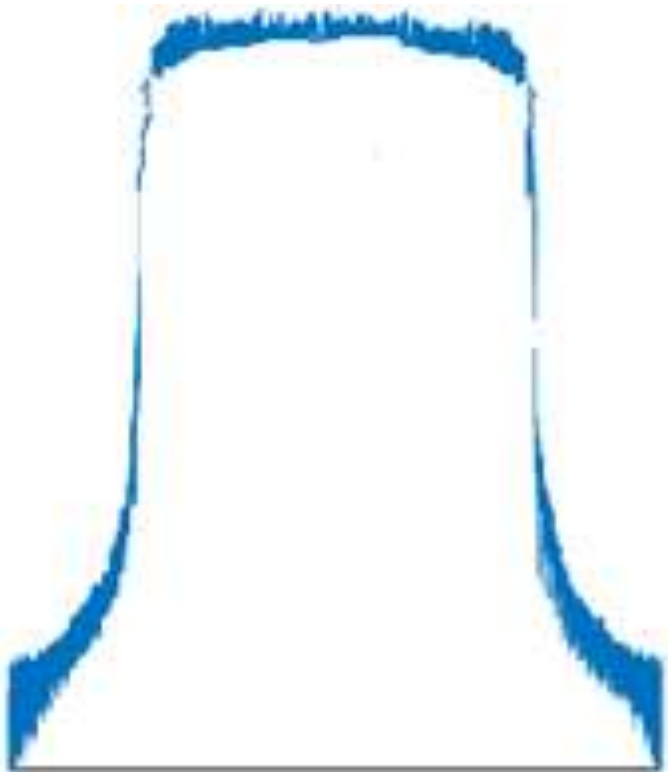


Қиёслаш

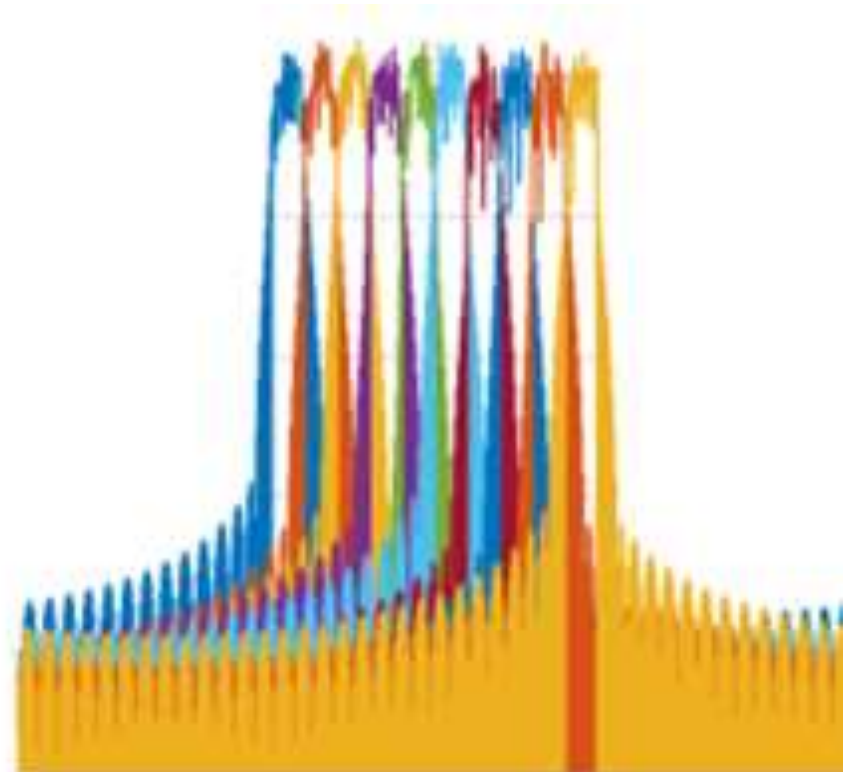


Қўлланиш соҳалари: Wi-Fi, WiMax, LTE, DVB-T, DVB-C, ADSL

Битта ташувчи

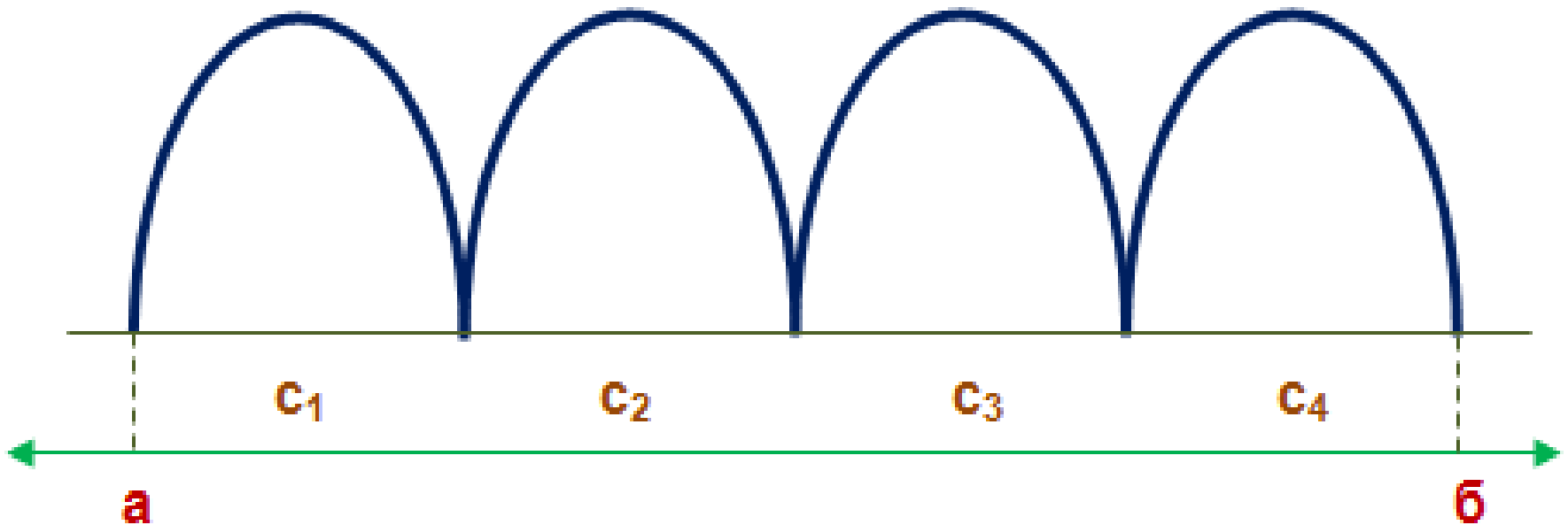


Кўп ташувчилар



4 ташувчили OFDM

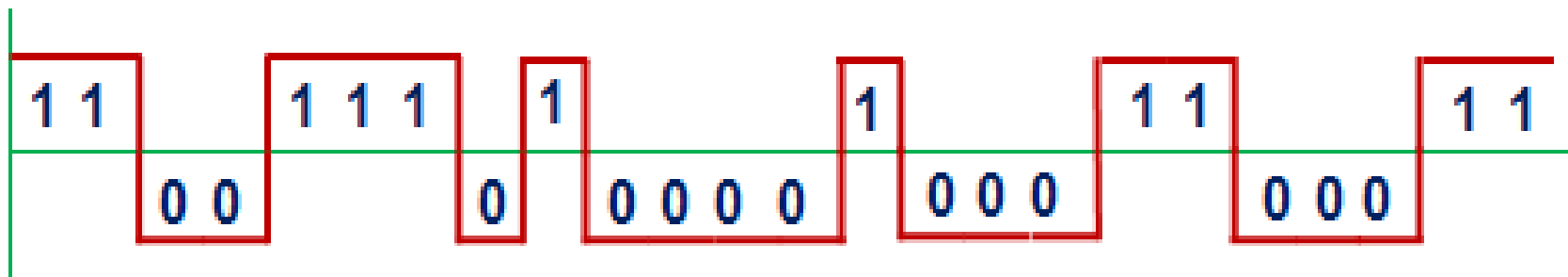
Агар биз **а** дан бошланадиган ва **б** дан тугайдиган **частотларга** эга бўлсак, биз уларни **тўртта** бир хил оралиқларга бўлишимиз мумкин. Частотлар ўқида **модуляцияланган ташувчилар** қуйидаги кўринишга эга бўлади:



4 ташувчили OFDM

OFDMда биз N та ташувчига эга бўламиз, N бу технологияда 16 дан 1024 гача исталган сон бўлиши мумкин ва тизим ишлатиладиган муҳитга боғлиқ бўлади. 4 ташувчили OFDMни кўриб чиқамиз.

4 та ташувчилардан фойдаланган ҳолда қуйидаги битлар кетма-кетлигини узатилишини кўриб чиқамиз.



110011101000010001100011

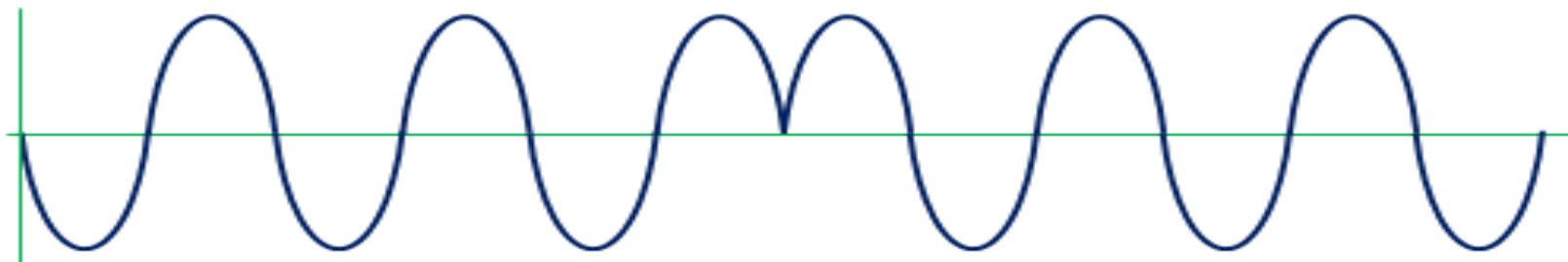
Бу битларни тўртта устунларга ёзиб чиқамиз, чунки 4 ташувчилардан фойдаланамиз:

C_1	C_2	C_3	C_4
1	1	0	0
1	1	1	0
1	0	0	0
0	1	0	0
0	1	1	0
0	0	1	1

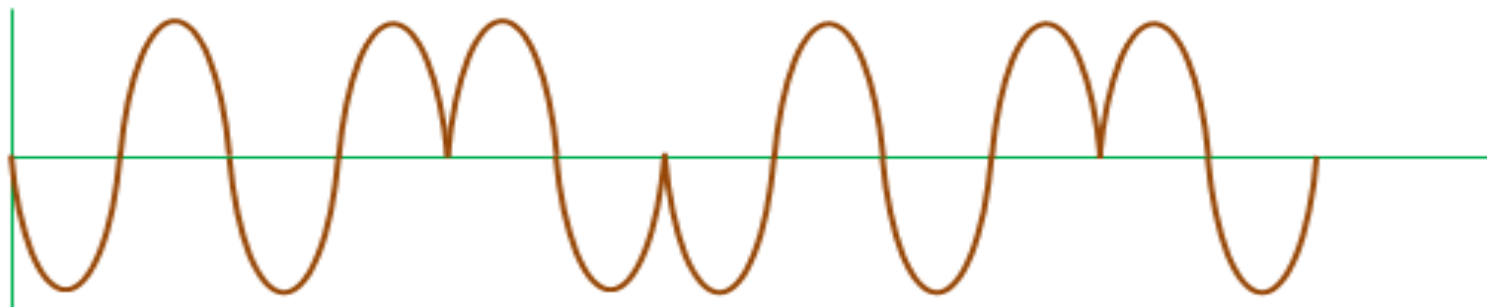
Ҳар бир устун битта ташувчи ташийдиган битларни беради.

C_1 ташувчидан бошлаймиз. Унинг частотасини 1 Гцга тенг оламиз. У ҳолда унинг гармоникалари 2, 3, ва 4 Гц олинади.

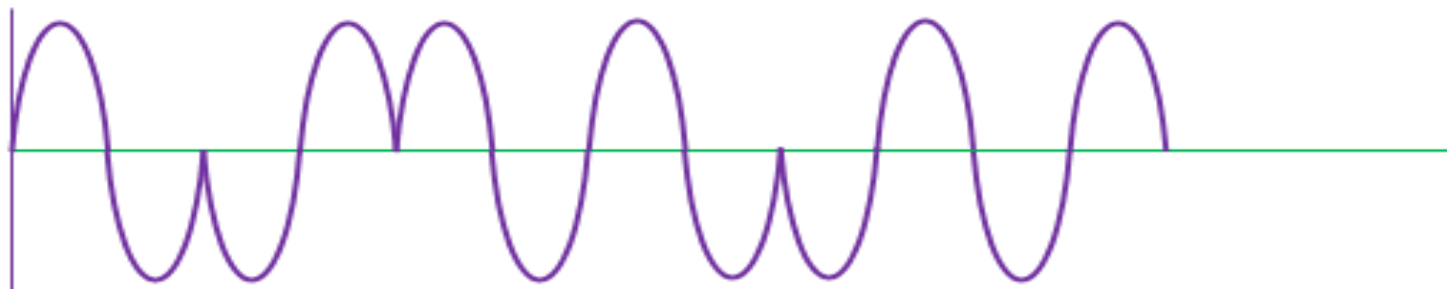
1-ташувчи: 1,1,1,0,0,0 битлар узатилиши керак. BPSK манипуляциялашдан фойдаланамиз, ташувчи частотаси – 1 Гц:



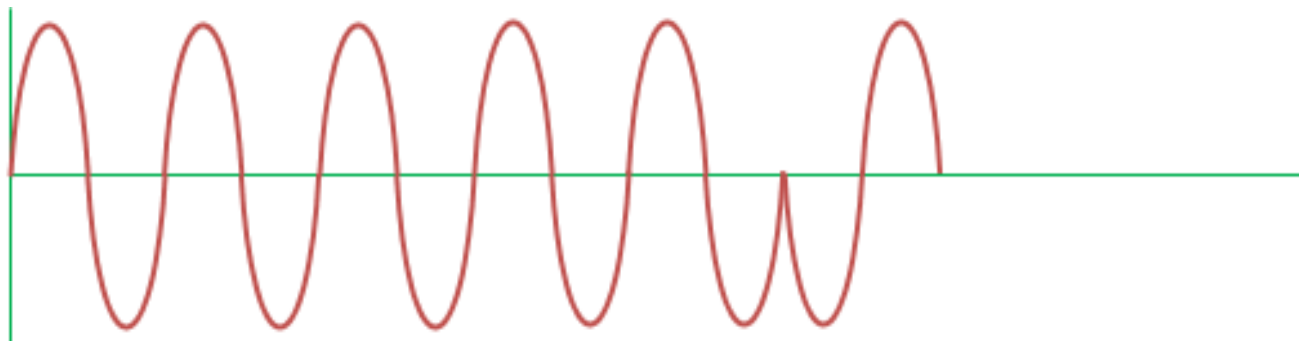
2-ташувчи: 1,1,0,1,1,0 битлар узатилиши керак. BPSK манипуляциялашдан фойдаланамиз, ташувчи частотаси – 2 Гц:



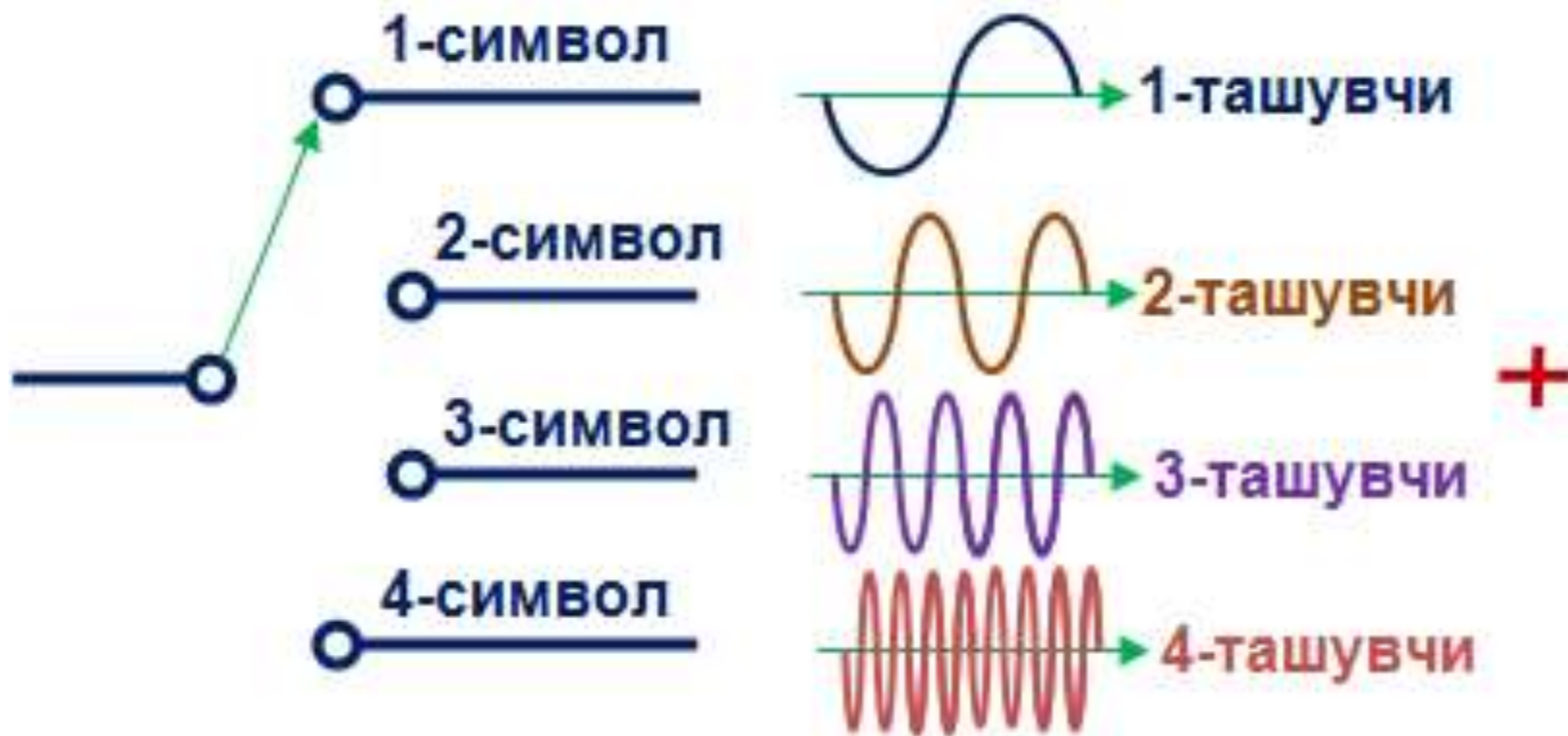
3-ташувчи: 0,1,0,0,1,1 битлар узатилиши керак. BPSK манипуляциялашдан фойдаланамиз, ташувчи частотаси – 3 Гц:



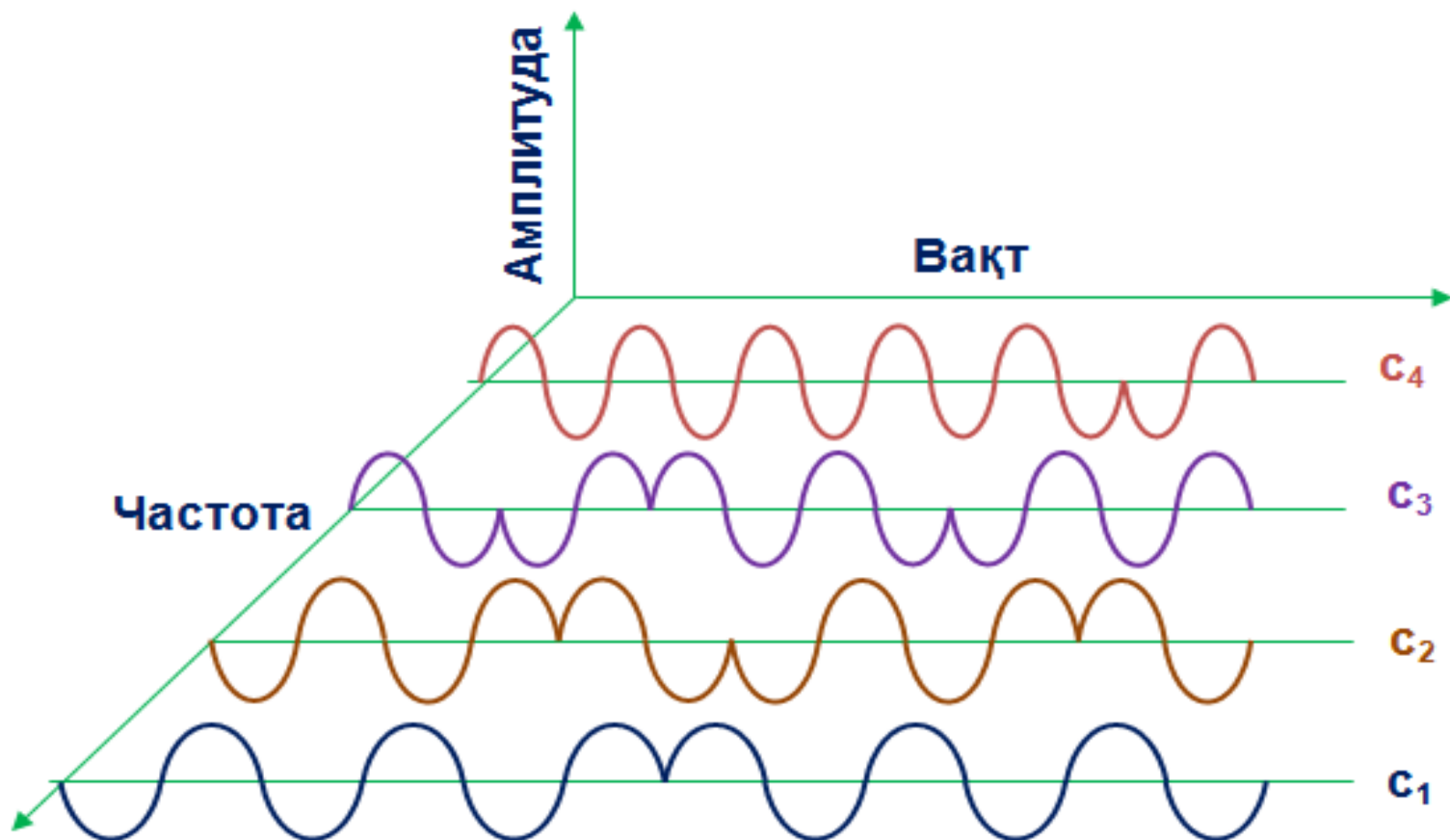
4-ташувчи: 0,0,0,0,0,1 битлар узатилиши керак. BPSK манипуляциялашдан фойдаланамиз, ташувчи частотаси – 4 Гц:



Биз 1 дан 4 Гцгача ортогонал частоталарли ташувчилардан фойдаланиш билан барча битларни модуляцияладик. Бунда вақтнинг ҳар бир моментида тўртта ташувчиларда биттадан бит ташилади.

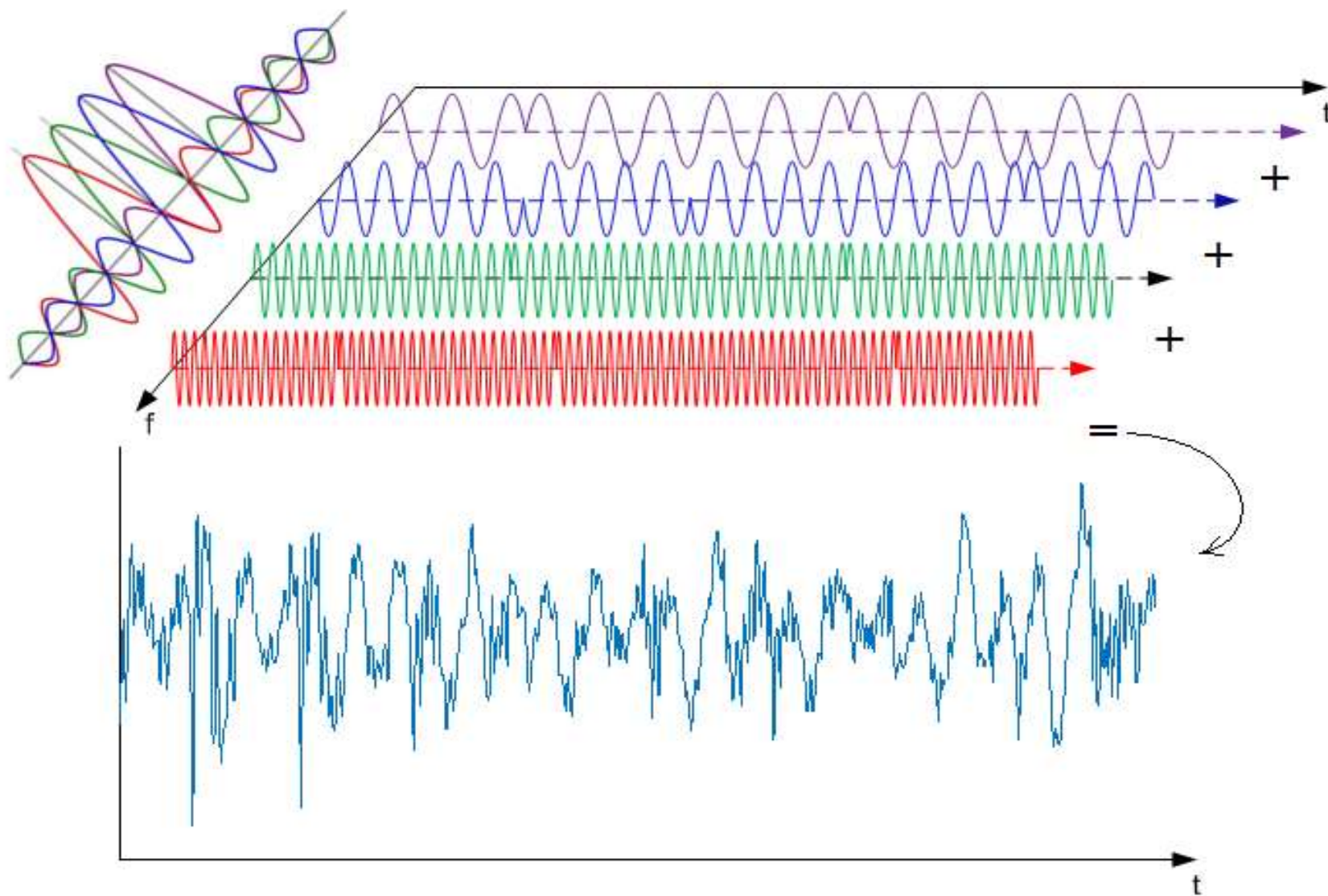


Вақт ва частота соҳасидаги OFDM сигнал

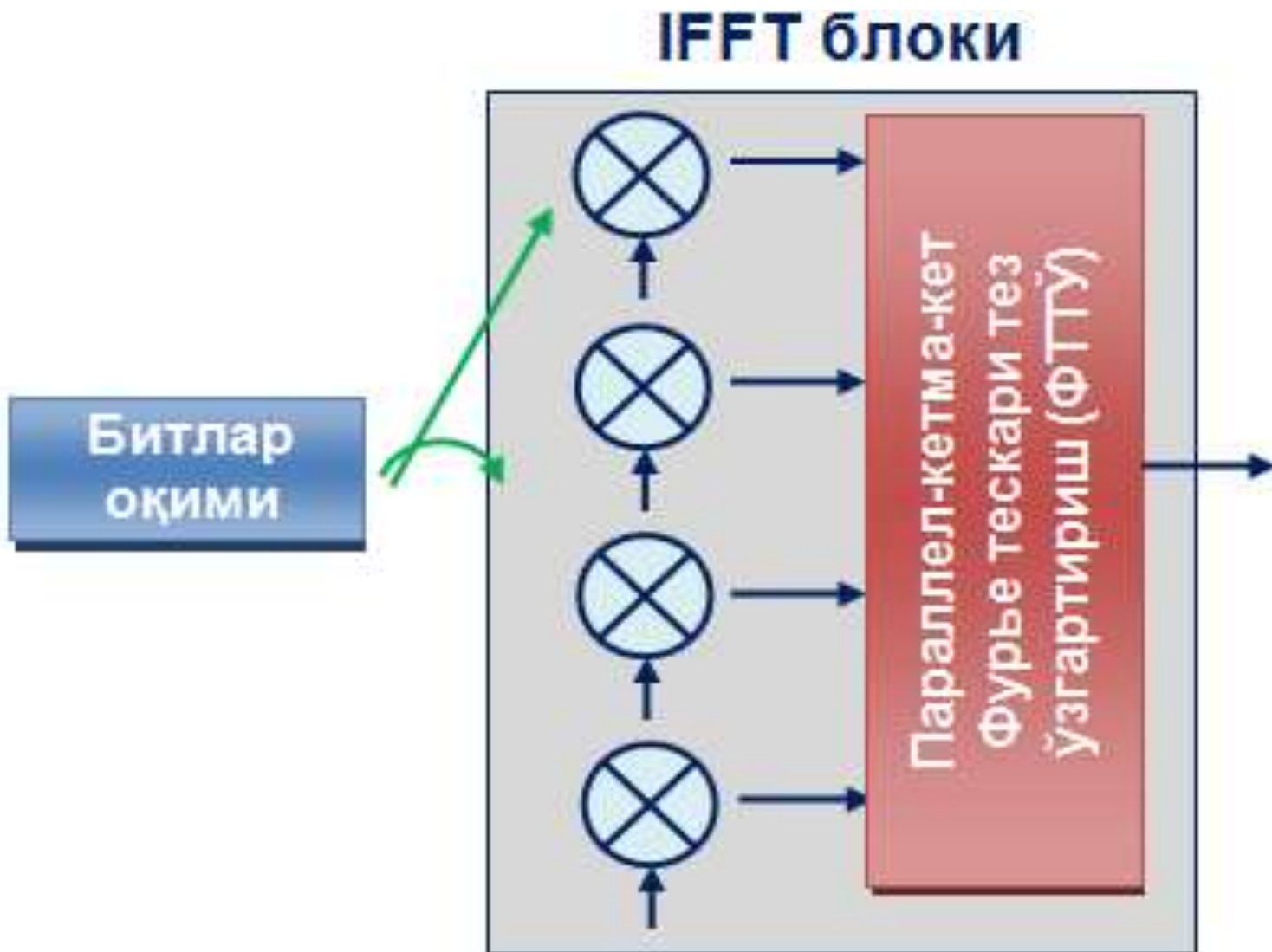


Энди OFDM сигнални ҳосил қилиш учун барча тўртта сигналларни қўшамиз. Бунинг учун IFFT (Фурье тез тескари ўзгартириш) блокидан фойдаланамиз.

Вақт ва частота соҳасидаги OFDM сигнал

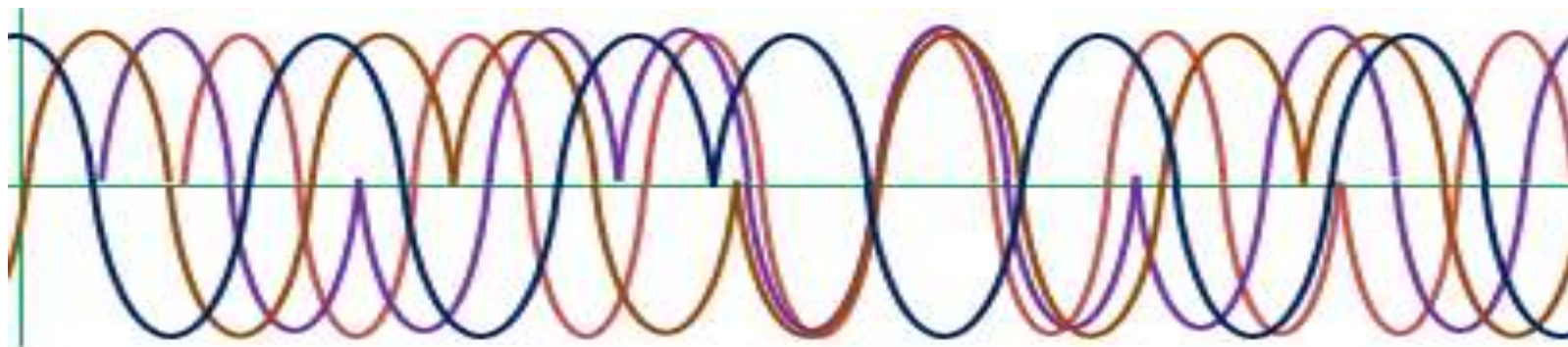


OFDM сигнални ҳосил қилиш функционал схемаси

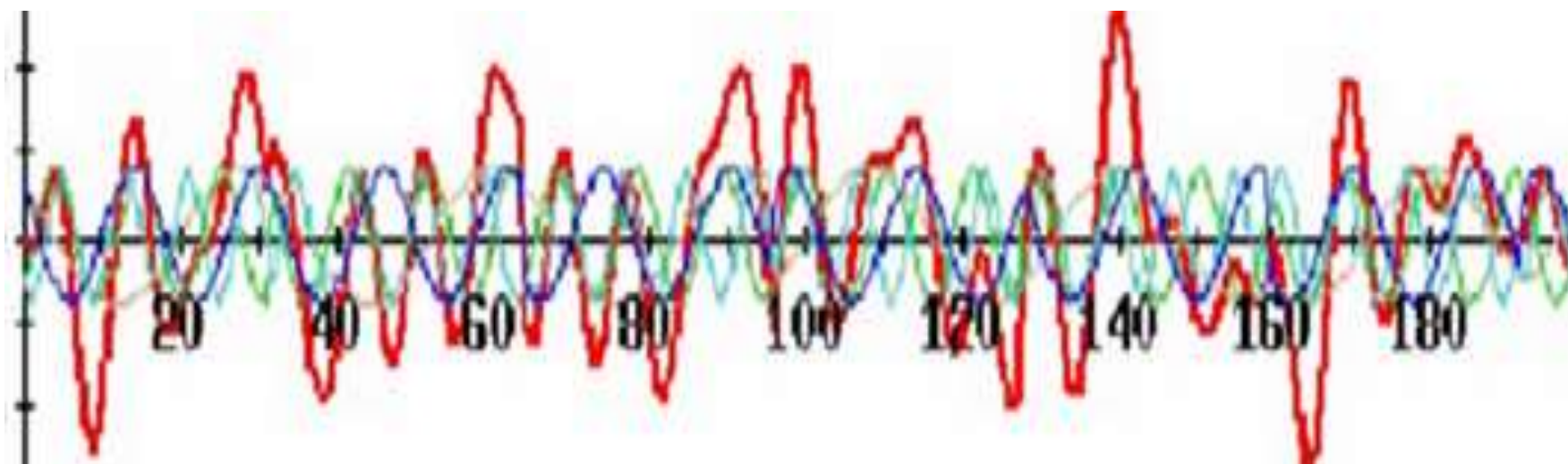


Натижавий OFDMсигнал

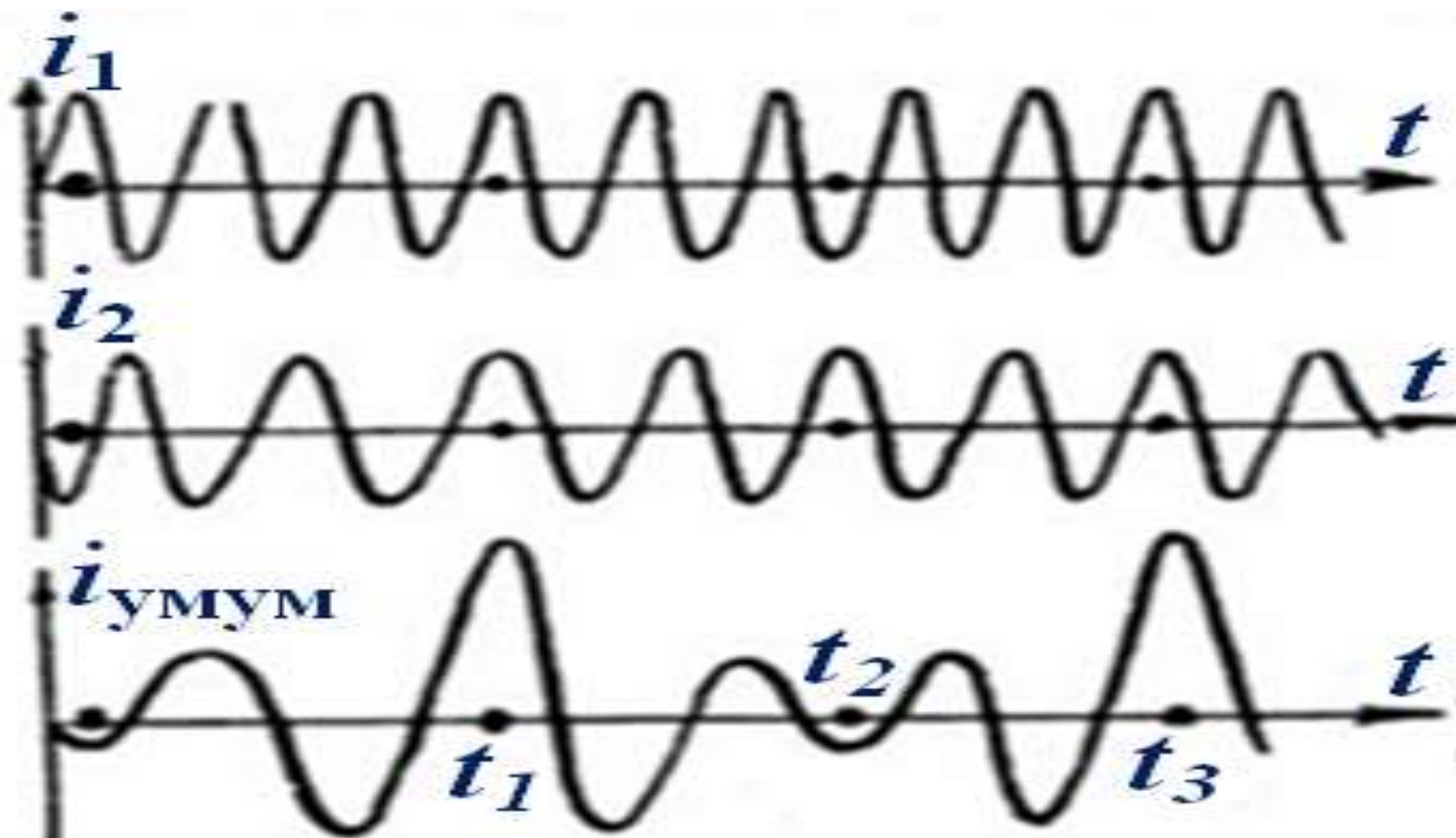
Идеал OFDMсигнал



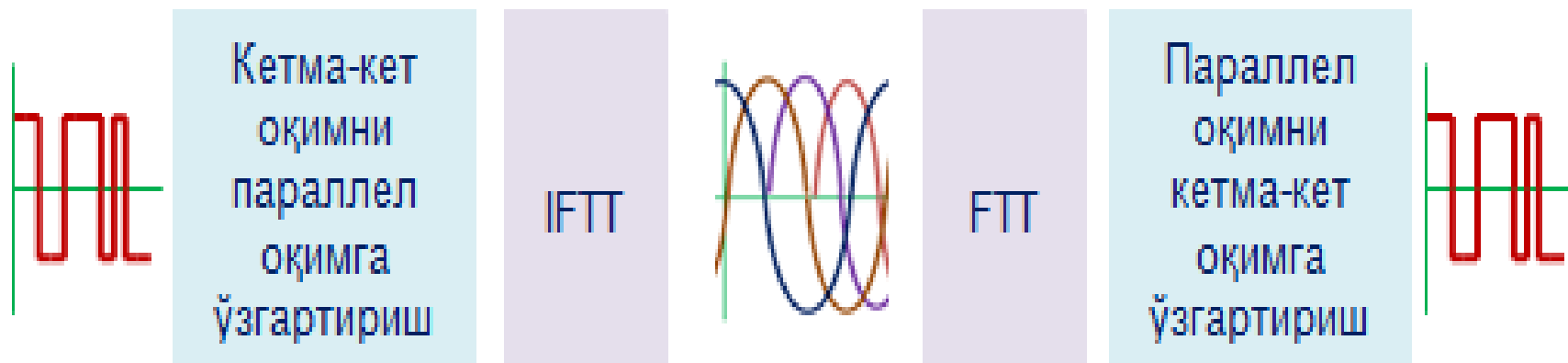
Реал OFDMсигнал



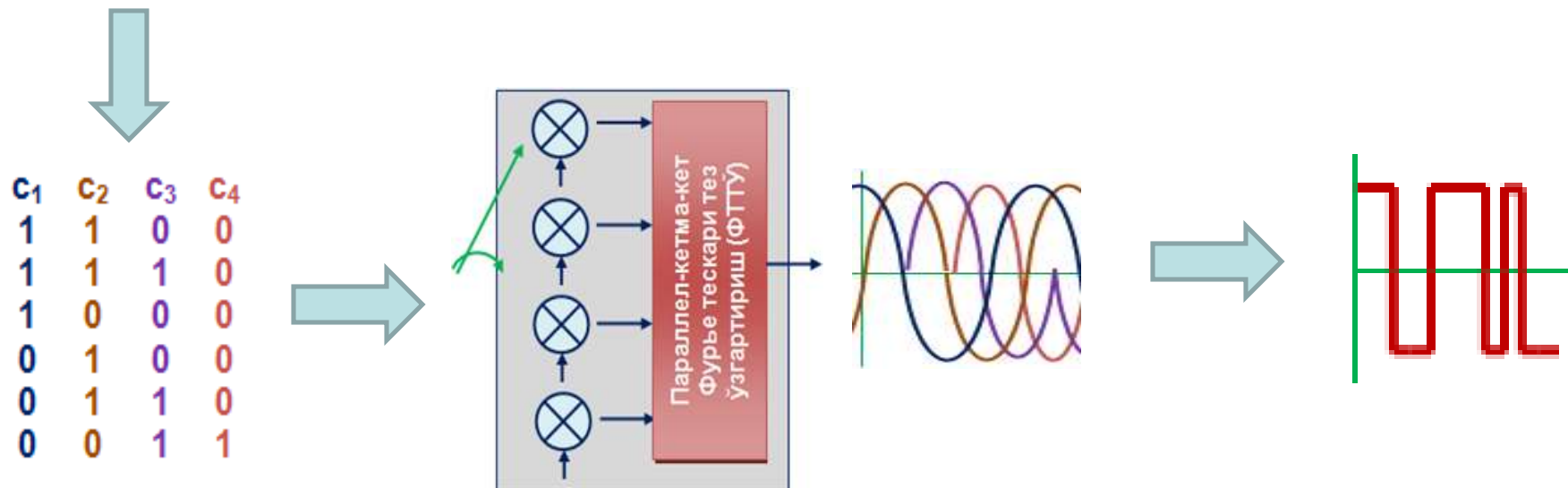
Иккита генераторлар сигналларини қўшиш



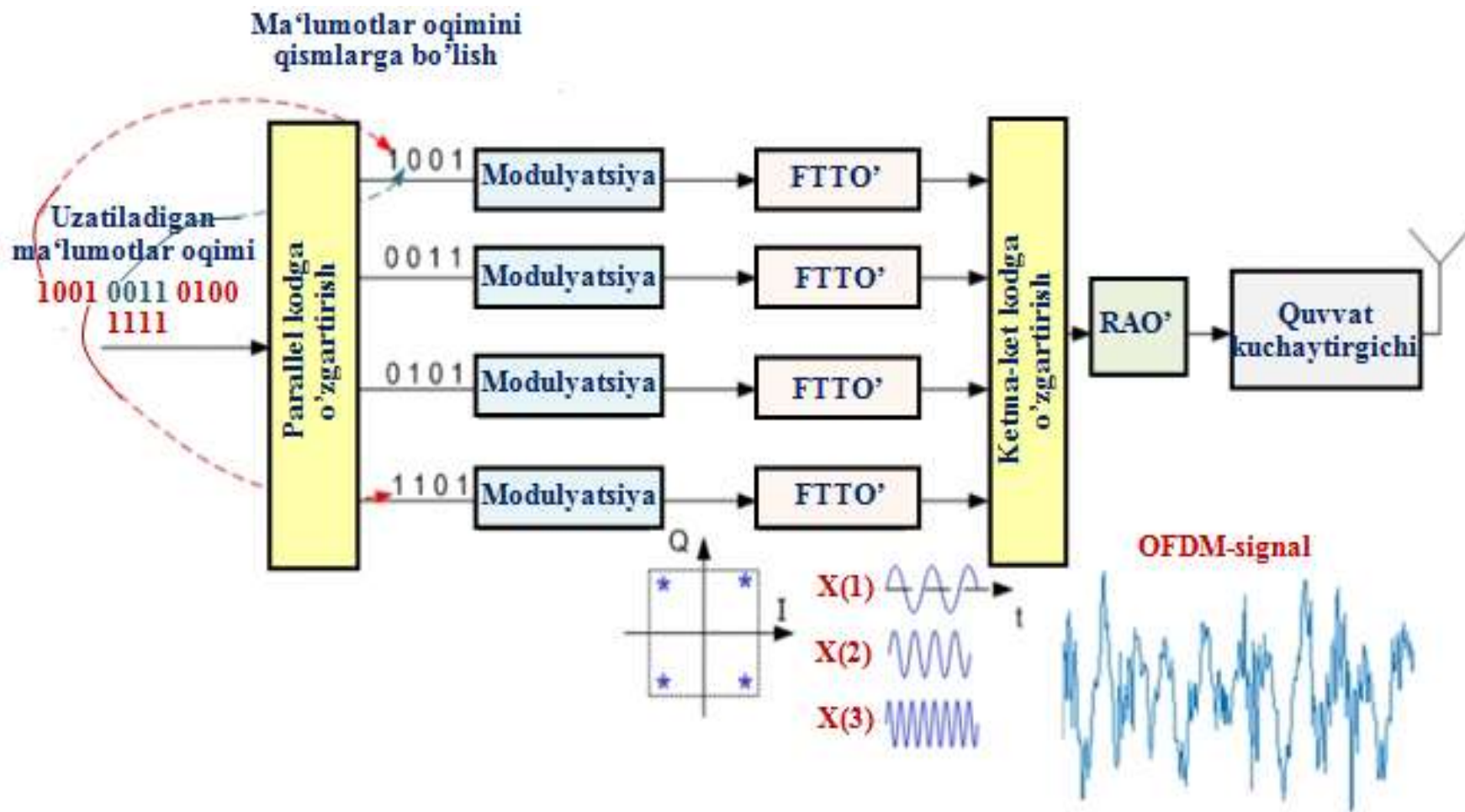
Сигнални модуляциялаш/демодуляциялаш функционал схемаси



110011101000010001100011



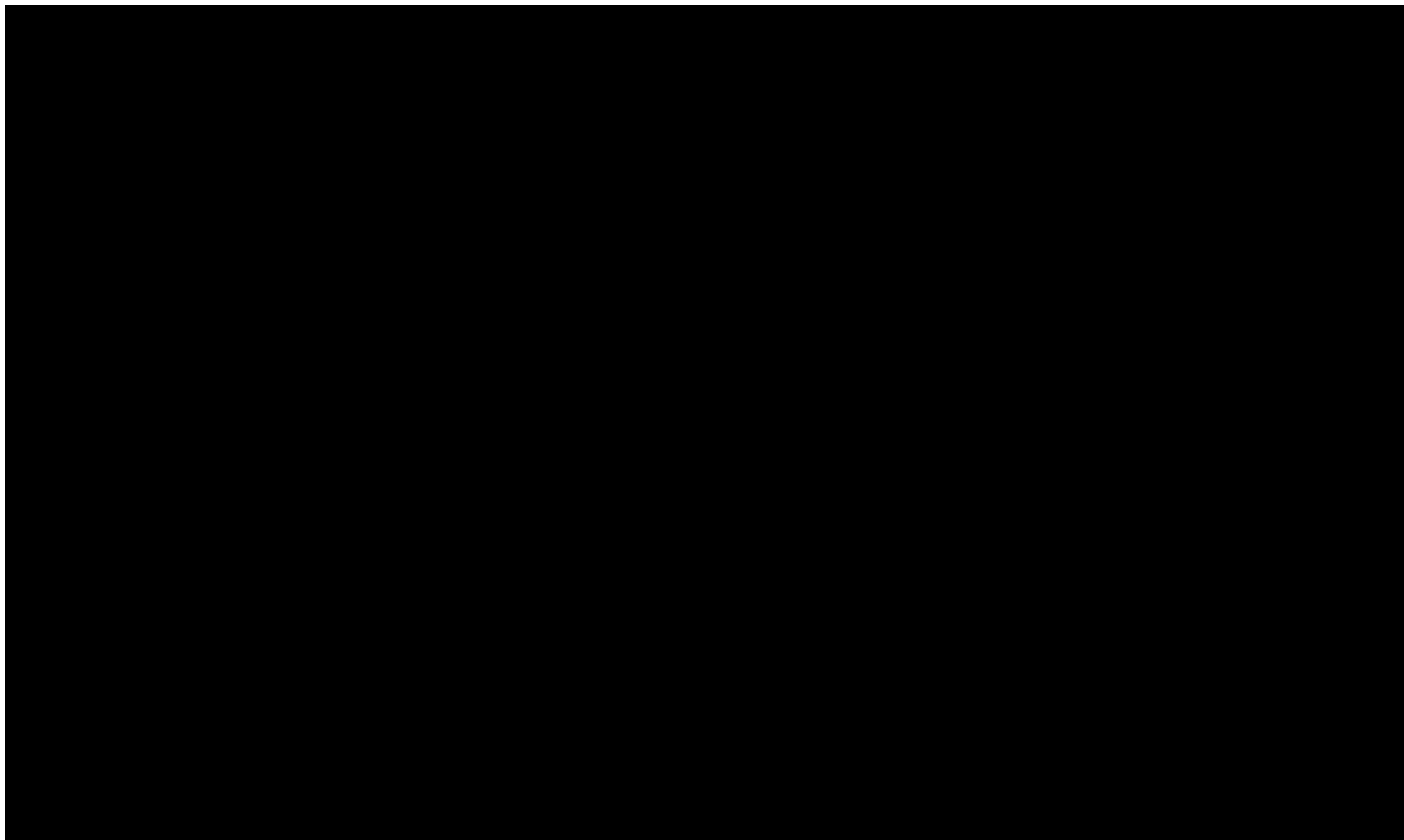
Мураккаб OFDM-сигнални олишнинг соддалаштирилган схемаси



Каналнинг турли кенгликларидаги нимташувчилар сони

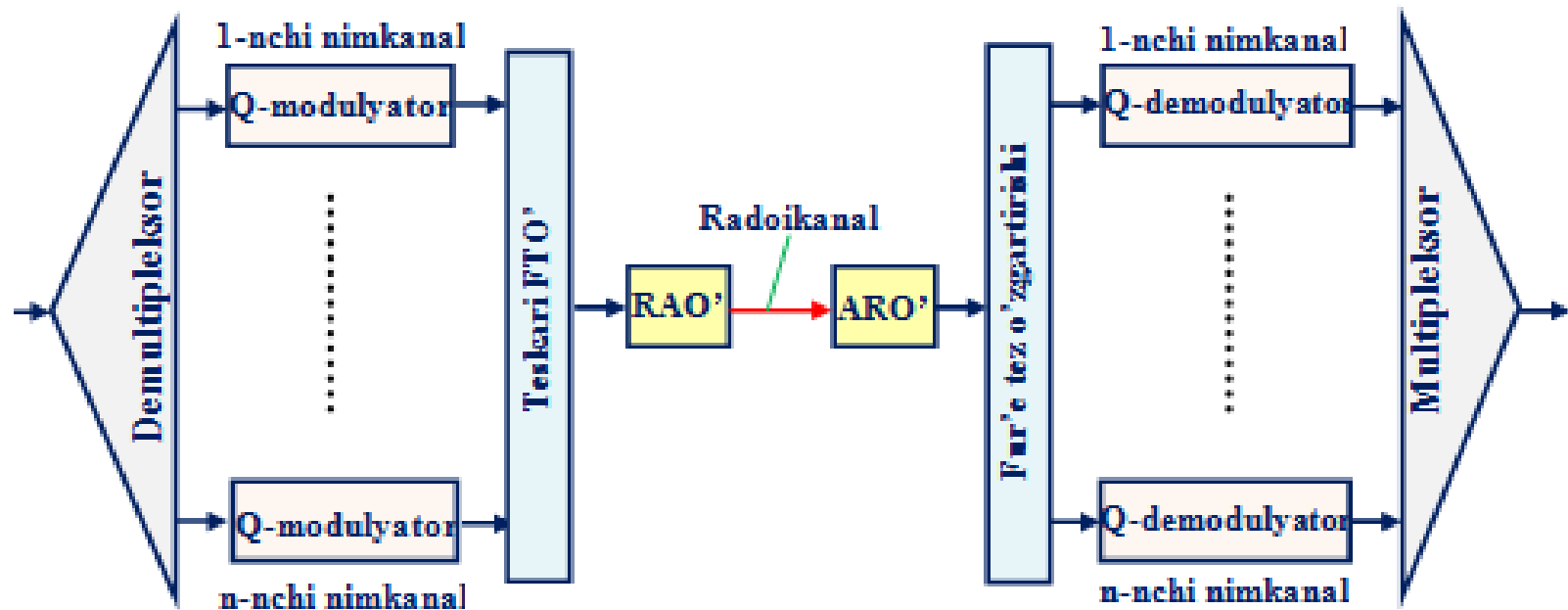
Каналнинг кенглиги	Нимташувчилар сони
1.25 МГц	128
2.5 МГц	256
5 МГц	512
10 МГц	1024
20 МГц	2048

OFDM технологияси



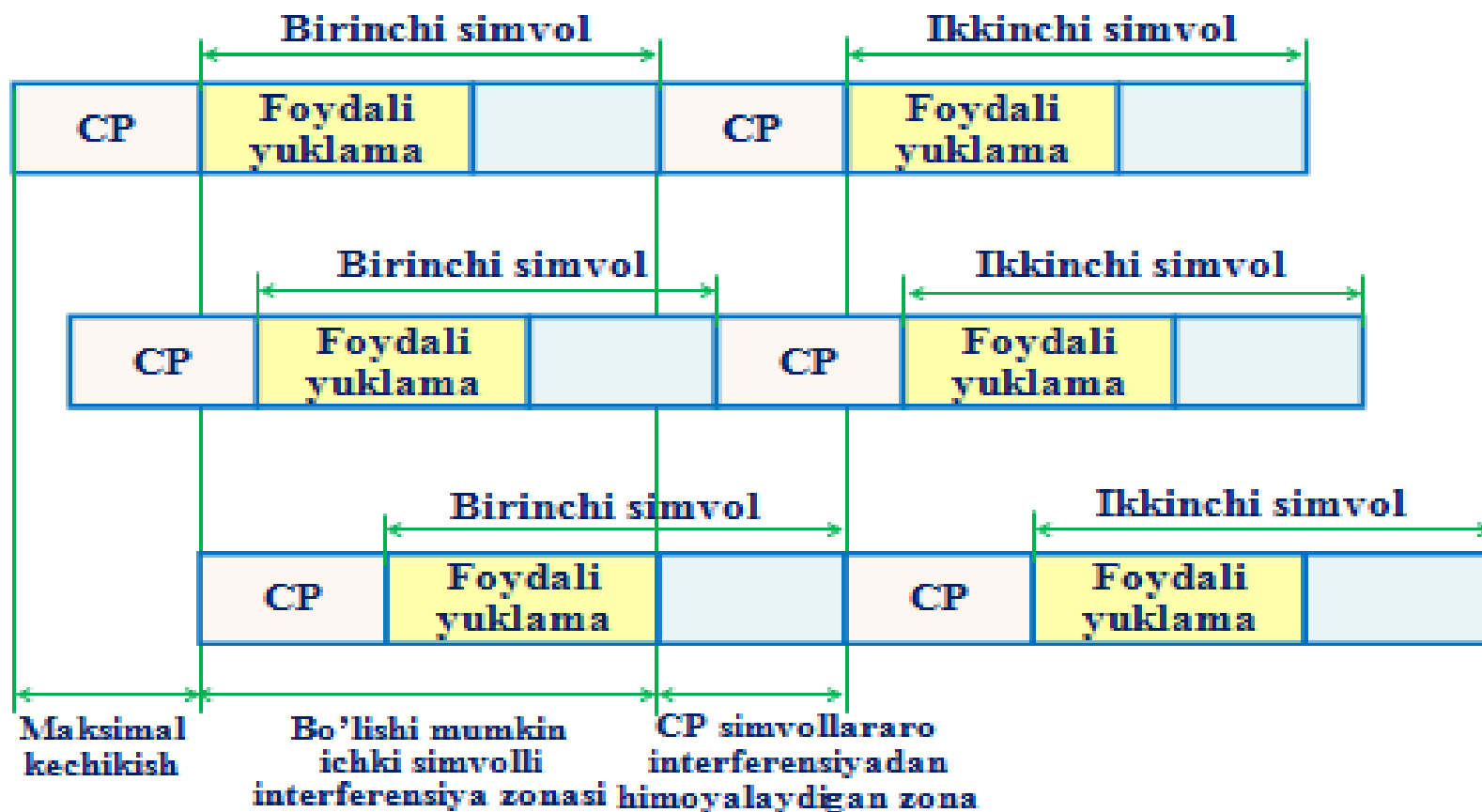
Каналлар ортогонал частота бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш (OFDMA)

OFDM тизимида кириш маълумотлари оқими маълумотларни узатиш тезлигини пасайтириш билан (шу частотада узатиладиган ҳар бир символнинг давомийлигини ошириш билан) бир нечта параллел нимоқимларга бўлинади. Ҳар бир нимоқим модуляцияланади ва алоҳида ортогонал нимташувчи частотада узатилади



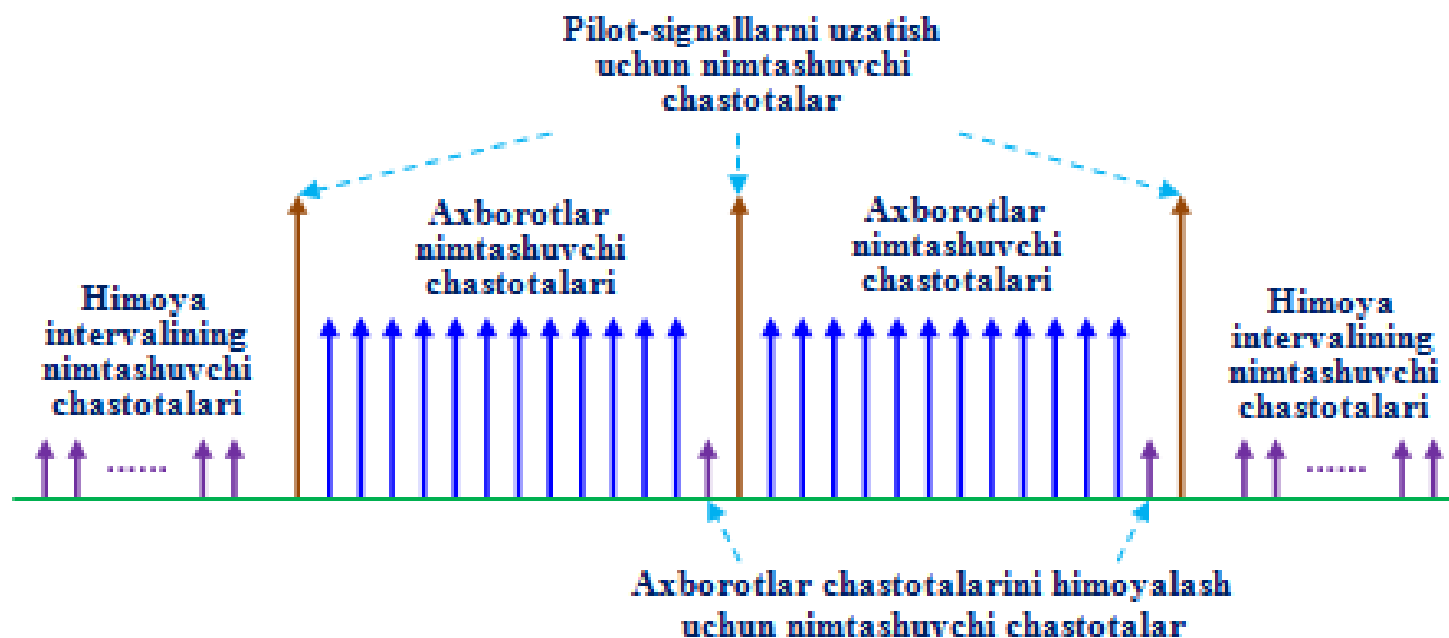
Цикли префикс ёрдамида символларaro интерференциядан ҳимоялаш

Символларaro интерференцияни бартараф этиш учун цикли префикс (CP) киритилади. Цикли префикс ҳар бир OFDM-символнинг бошига қўшилади ва символнинг охирини цикли такрорланиши ҳисобланади.



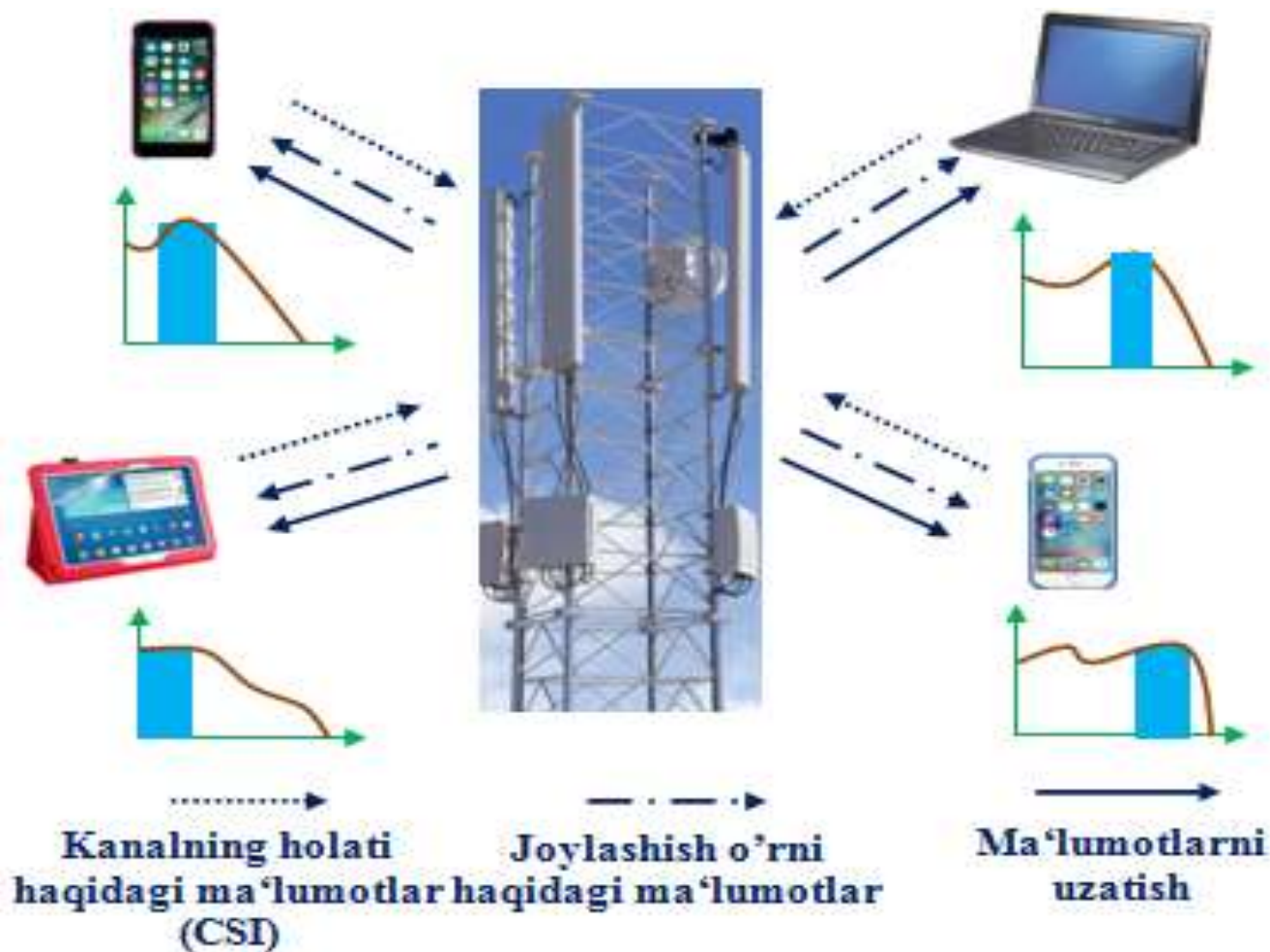
Нимташувчи частотларнинг тақсимланиши

Актив нимташувчи частоталар (ахборотлар ва пилот-сигнал) нимканаллар дейиладиган нимташувчи частоталарнинг кичик тўпламларига бирлаштирилган. Битта нимканални ташкил этадиган нимташувчи частоталар ёнма-ён бўлиши ва бўлмаслиги ҳам мумкин. Асосий юклама ва бошқариш сигналлари нимканалларда узатилади.



Пилот-сигналлар нимташувчиларни тақсимлаш усули ва оқим йўналишига боғлиқ равишда тақсимланади.

**OFDMA усулида базавий станция ҳар бир фойдаланувчига
нимташувчиларнинг бир қисмини каналнинг энг яхши
параметрларини берадиган диапазонда тайинлайди**



4G сотали алоқа тизимлари концепцияси

4G (инглизча *fourth generation* - тўртинчи авлод) оширилган талабларга эга бўлган мобил алоқа авлоди ҳисобланади. Тўртинчи авлодга ҳаракатдаги абонентларга (юқори мобилликли) 100 Мбит/сдан юқори тезликларда, стационар абонентларга (паст мобилликли) 1 Гбит/с тезликларда маълумотларни узатишни амалга оширадиган технологияларни киритиш қабул қилинган.

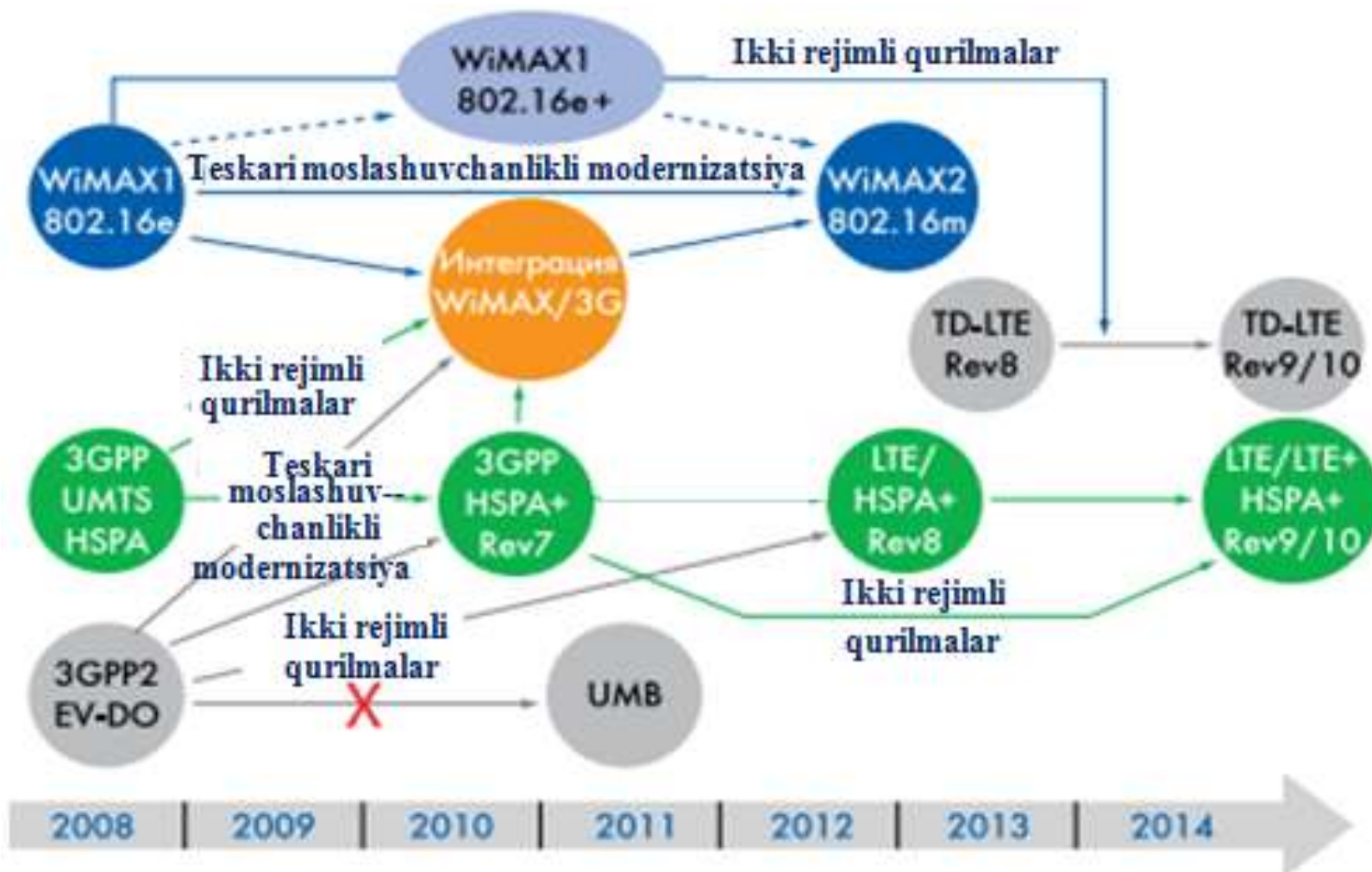
LTE Advanced (LTE-A) ва WiMAX 2 (WMAN-Advanced, IEEE 802.16m) технологиялари 2012 йилда Женевада бўлиб ўтган конференцияда Халқаро Электр Алоқа Иттифоқи томонидан 4G тўртинчи авлод симсиз алоқа стандартлари (IMT-Advanced) сифатида расман тан олинган.

Ўзбекистон аҳолисининг аксарияти 2G ва 3G технологияларидан фойдаланади, бу мос равишда 41 ва 46 фоизларни ташкил этади. 4G технологиясини тарқалиш даражаси 13 фоизни ташкил этмоқда.

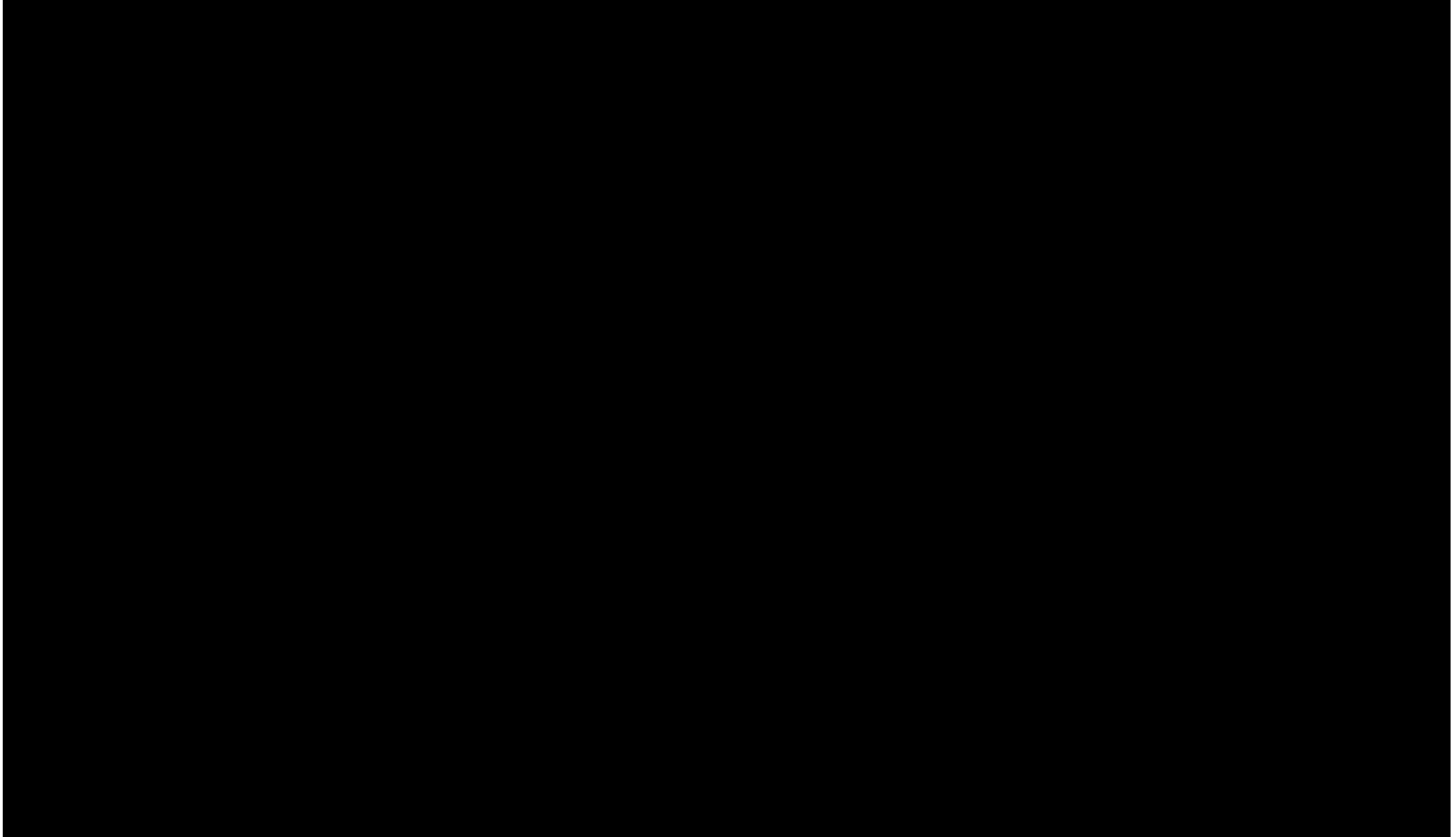
5G технологияларига келсак, GSMA таҳлилчилари мамлакатда бу технология 2024 йилдан олдин пайдо бўлмайди ва унинг кириб бориш даражаси 2025 йилда 2фоизни ташкил қилади.

“Хабар” 11-сон, 19 март, 2021 йил

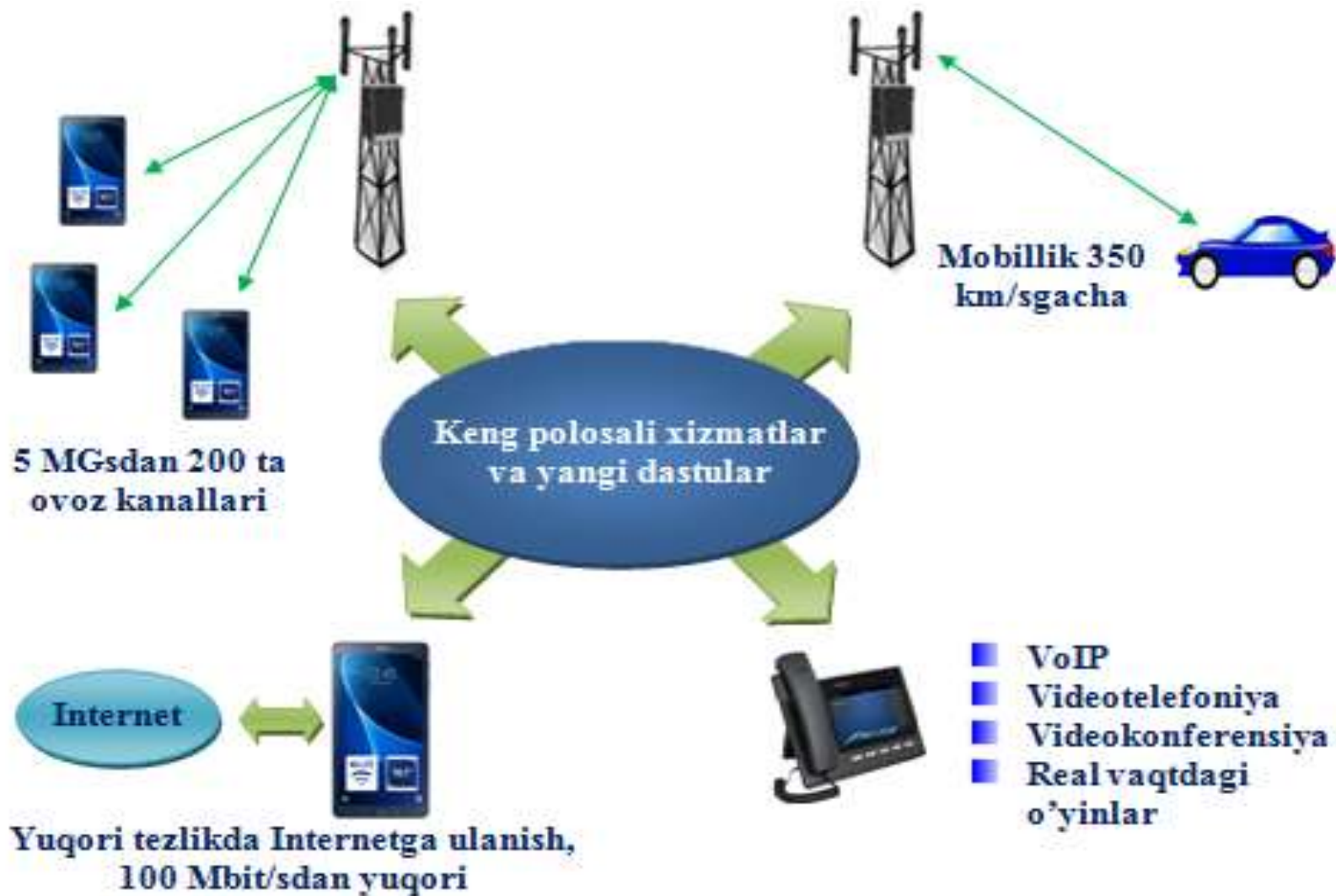
4G авлод технологияларини ривожланишининг асосий босқичлари



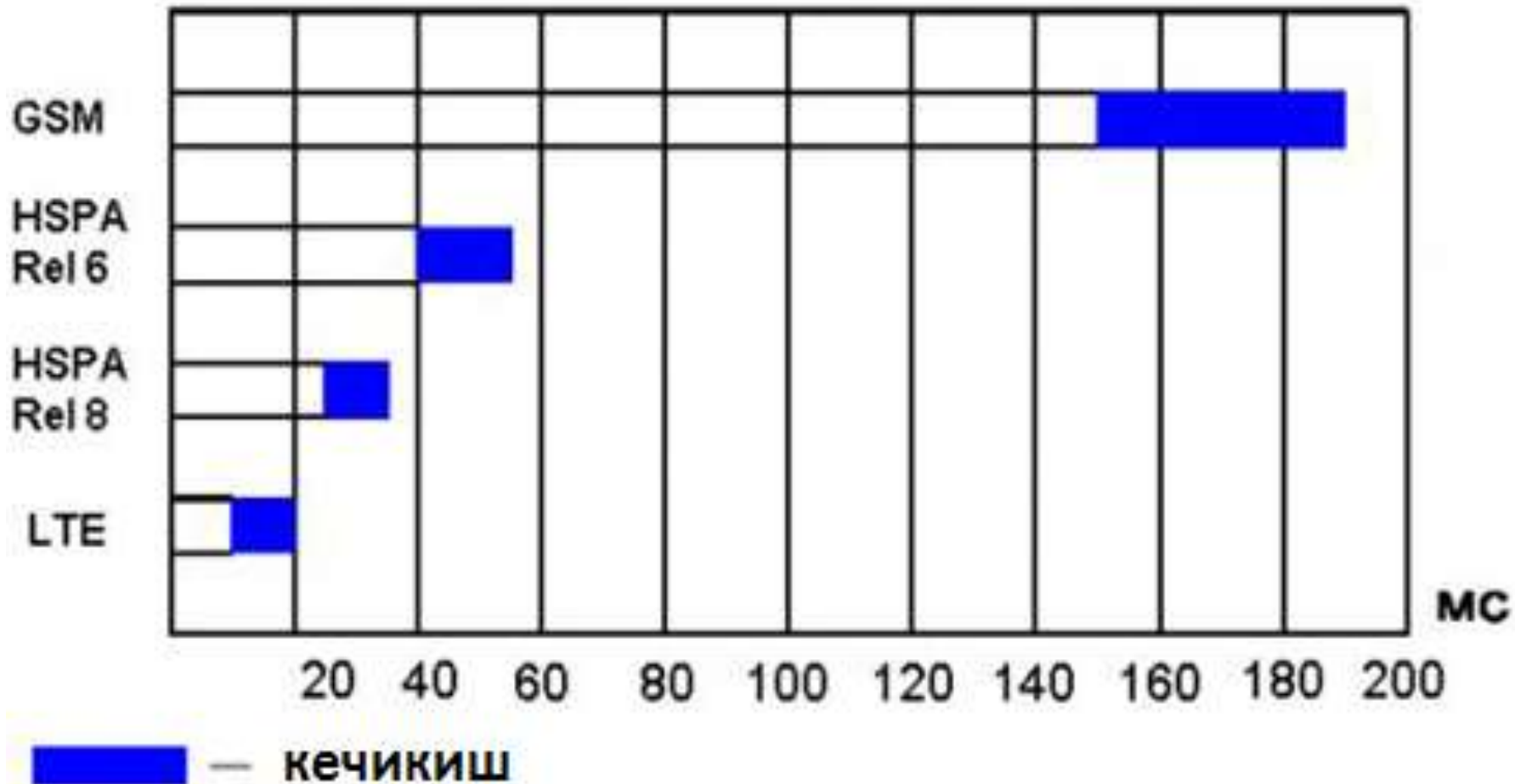
Тўртинчи авлод технологияларининг ўзига хос хусусиятлари



LTE tarmoqlarida mavjud bo'lgan keng polosali xizmatlar va yangi ilovalar



Сотали тармоқлардаги кечикишларни таққослаш



Авлодлардаги кечикишларни таққослаш



Ўртача тезлик, Мбит/с

0,06–0,1

3–5

10–20

Юкланиш вақти:

Сайт саҳифаси

50 сек.

1 сек.

оний

Қўшиқ (5 Мбайт)

8 мин.

11 сек.

2 сек.

Видеоролик (25 Мбайт)

42 мин.

1 мин.

13 сек.

Фильм (750 Мбайт)

21 соат

30 мин.

7 мин.

HD-видео (1,25 Гбайт)

42 соат

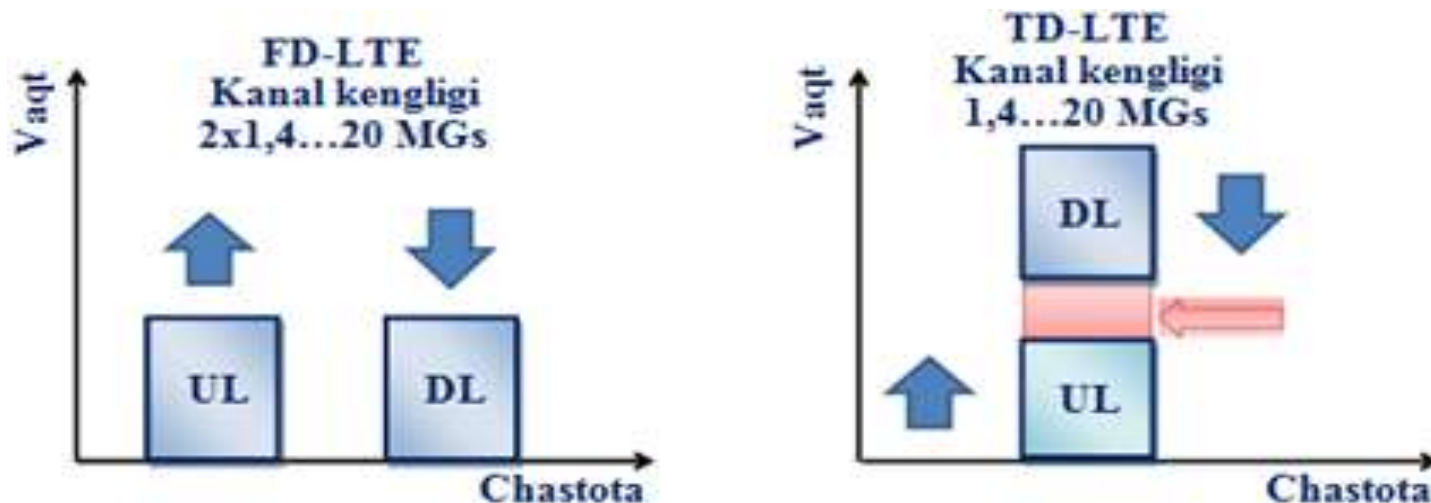
1 соат

14 мин.

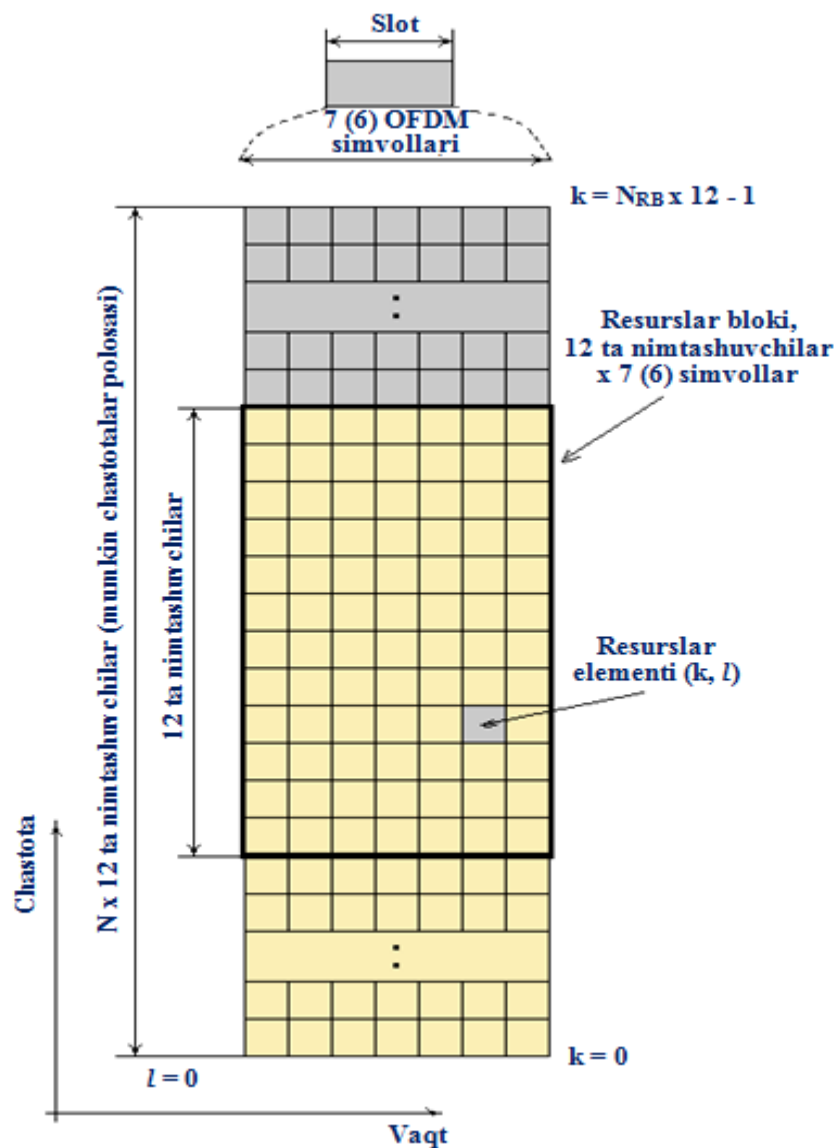
LTE технологияси бўйича радиоинтерфейсни қуриш

LTE учта асосий технологиялар - OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing), MIMO (Multiple Input Multiple Output) ва эволюцион тизимли тармоқ архитектура (System Architecture Evolution) технологияларга асосланган.

Принципиал жиҳатдан, каналларни дуплекс ажратиш ҳам частота бўйича (FDD), ҳам вақт бўйича (TDD) бўлиши мумкин. Бу операторларга частоталар ресурсларидан жуда мослашувчан фойдаланишга имкон беради



LTE ресурслар тўри

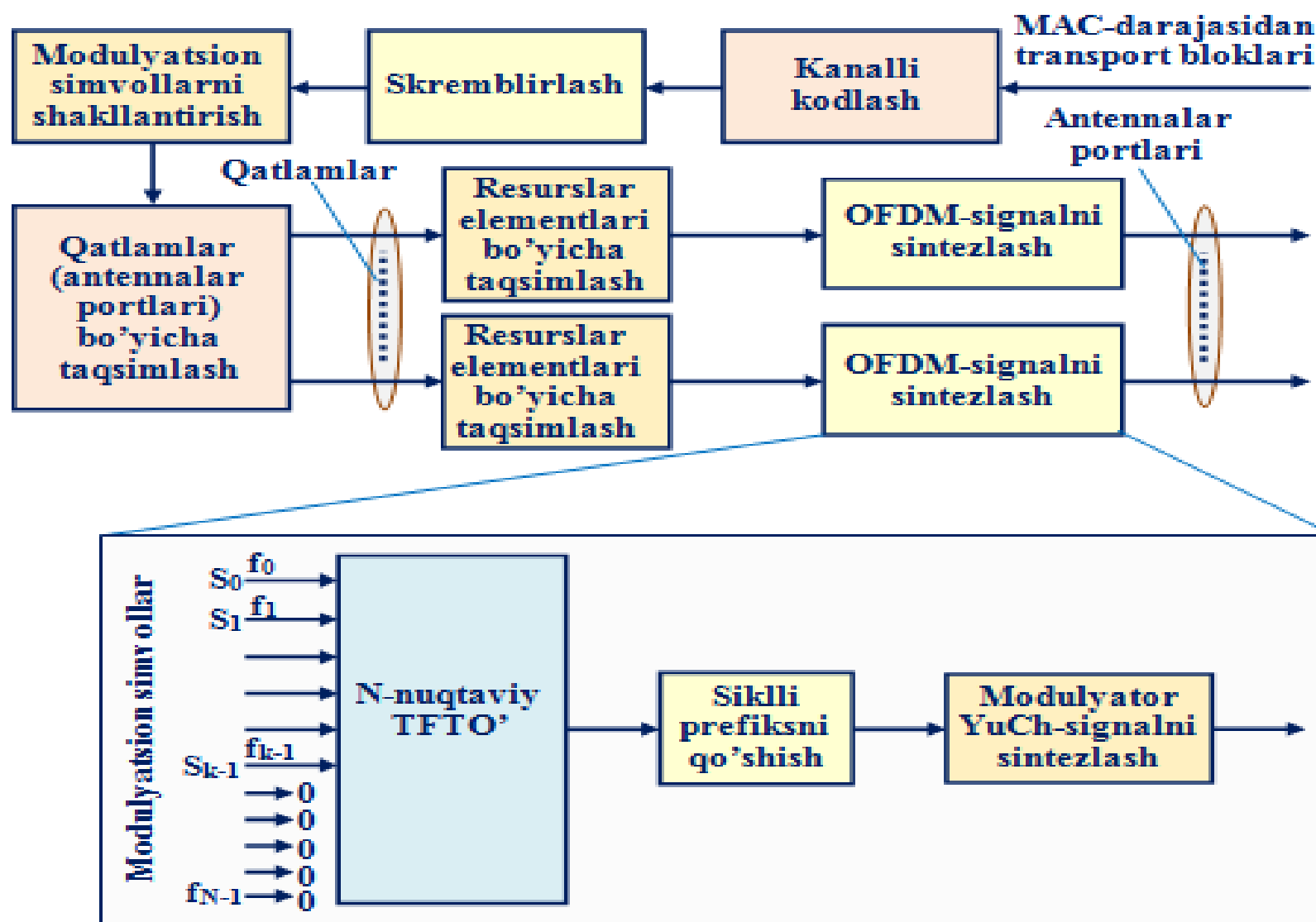


Ҳар бир абонентлар қурилмасига (MS) ҳар бир слотда частотавий-вақт соҳасидаги маълум канал ресурслари диапазони – ресурслар тўри тайинланади .

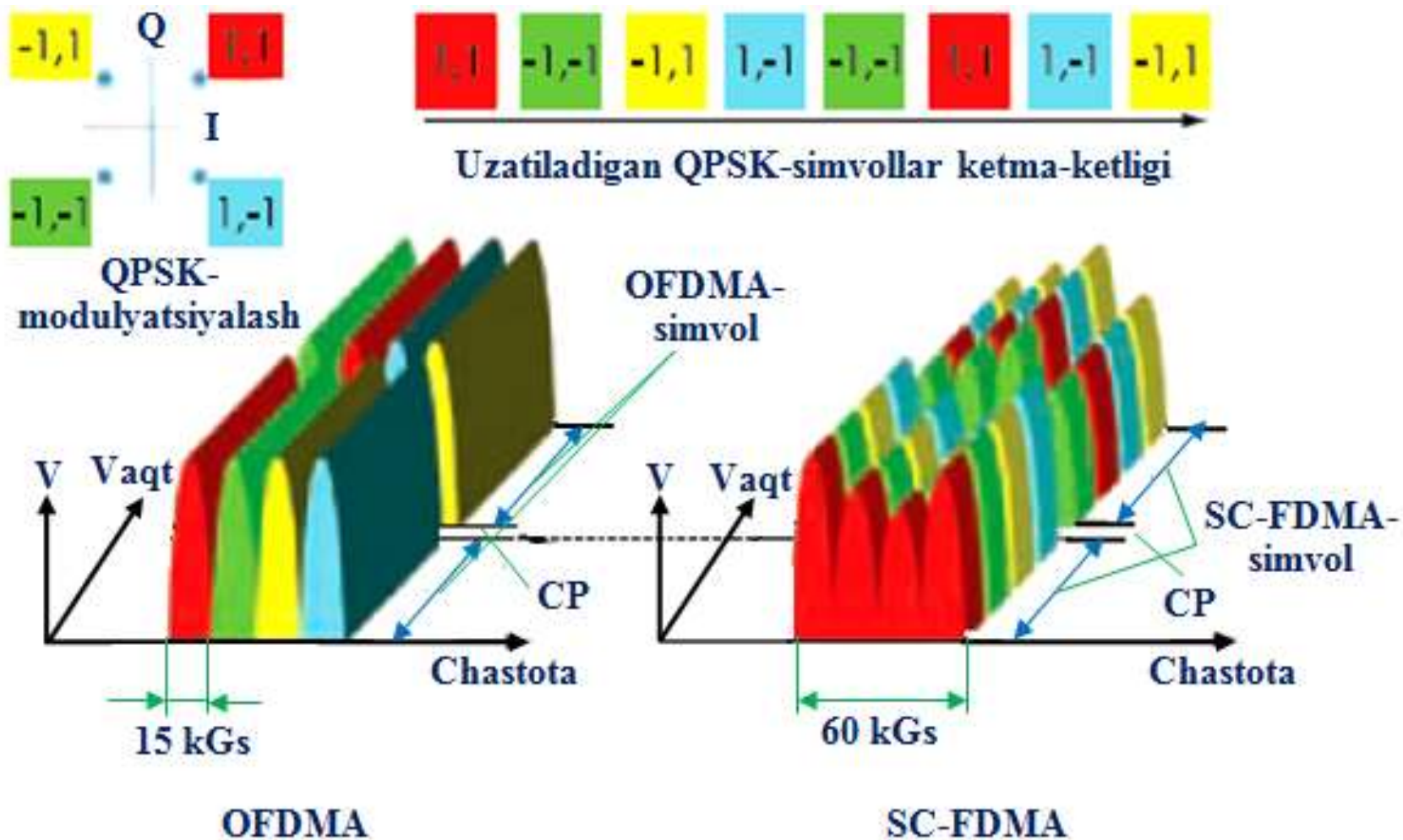
Ресурслар тўри ячейкаси - ресурслар элементи частоталар соҳасидаги битта нимташувчига ва вақт соҳасидаги битта OFDM-символга тўғри келади.

Ресурслар элементлари ресурслар блоки - каналдаги минимал маълумот бирлигини ташкил қилади.

Пастга каналда сигнални шакллантириш схемаси



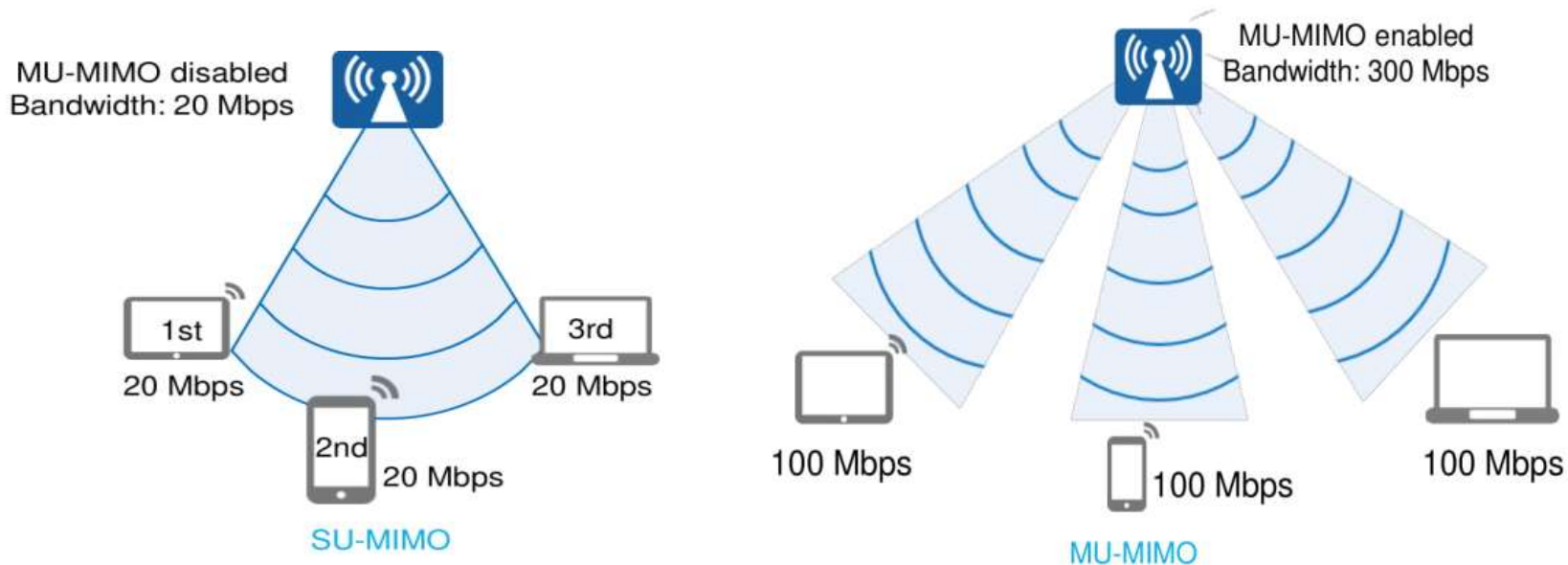
QPSK-символлар кетма-кетлигини узатишда OFDMA ва SC-FDMA орасидаги фарқ



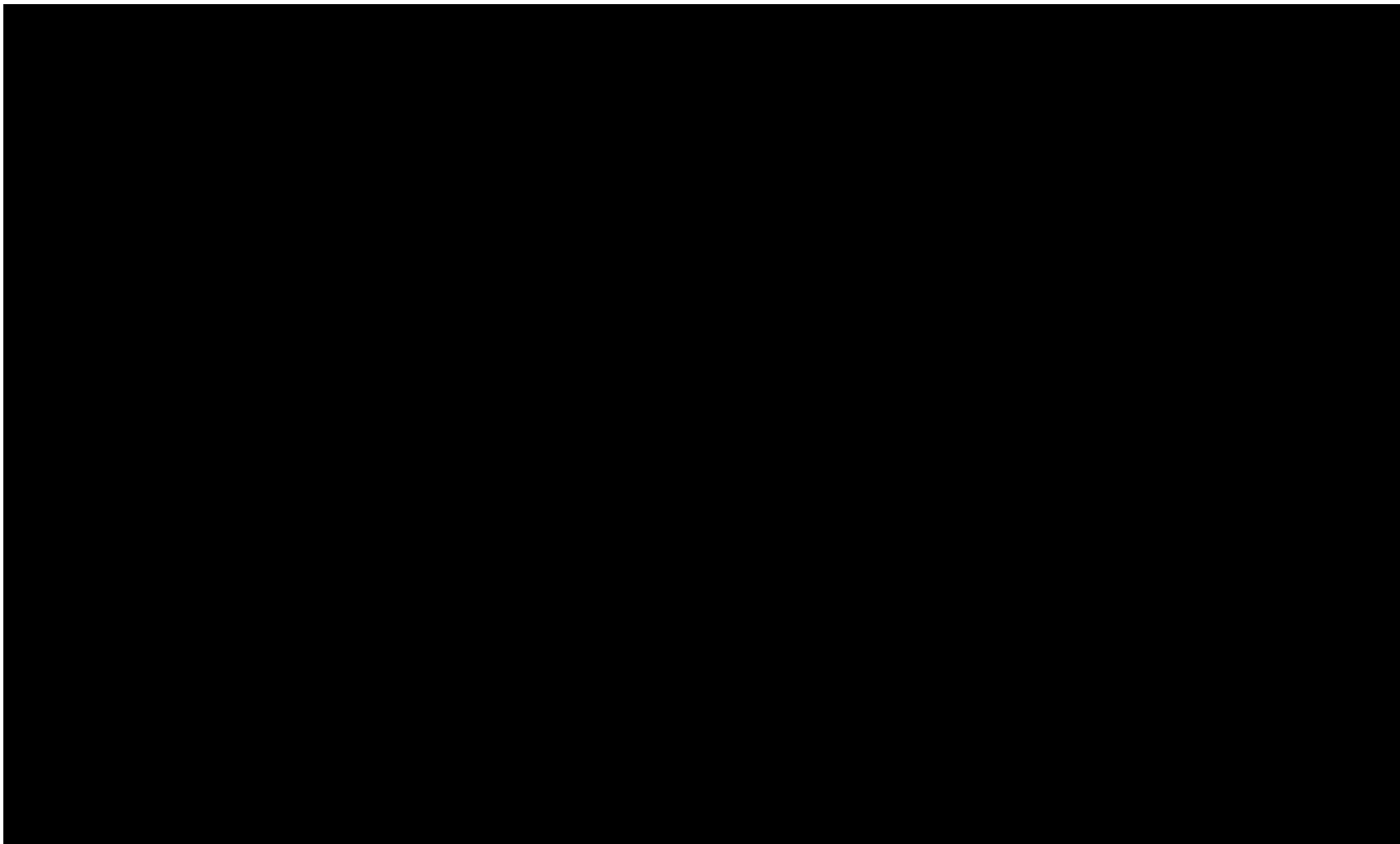
Кўп антеннали тизимлар

Барча замонавий симсиз технологиялар каби LTE технологиясида ҳам кўп антеннали тизимлар (MIMO) қўлланади. Бу технологиянинг энг оддий абонентлар қурилмаларига йўналтирилганлигини ҳисобга олсак, LTE технологиясида MIMO техникаси максимал даражада соддалаштирилган.

Иккита фазовий-мультиплекслашли узатиш турлари - битта MS (SU-MIMO) ва MSлар гуруҳига (MU-MIMO) узатиш бўлиши мумкин



MIMO технологияси

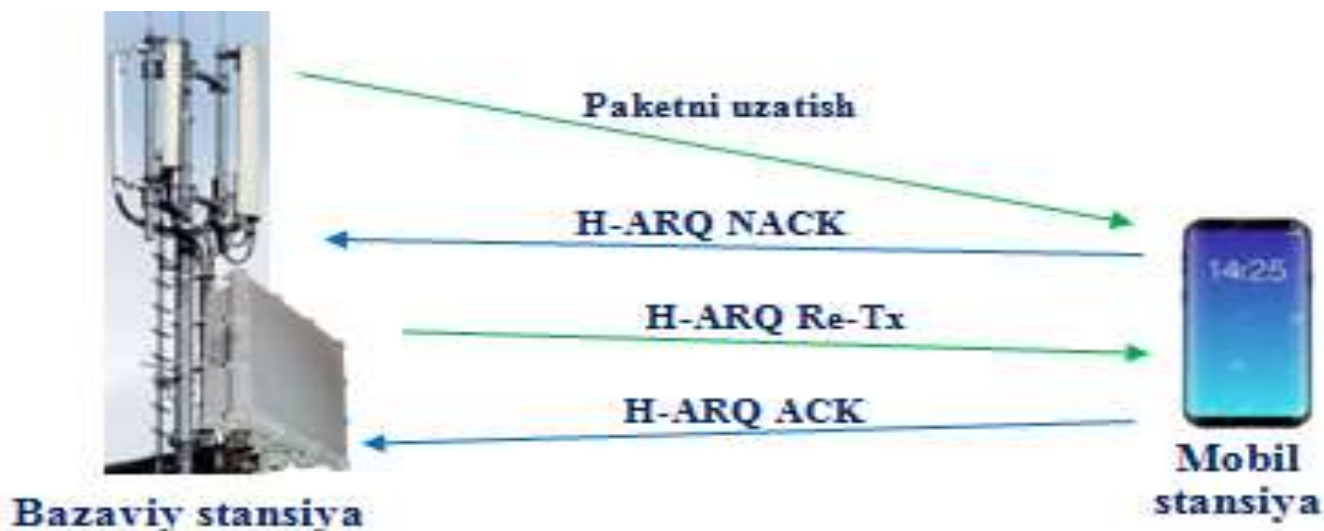


Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ) такроран узатиш тизими

LTE технологиясида маълумотларни ишончли узатиш учун Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ) анъанавий такрорий узатиш тизими ишлатилади

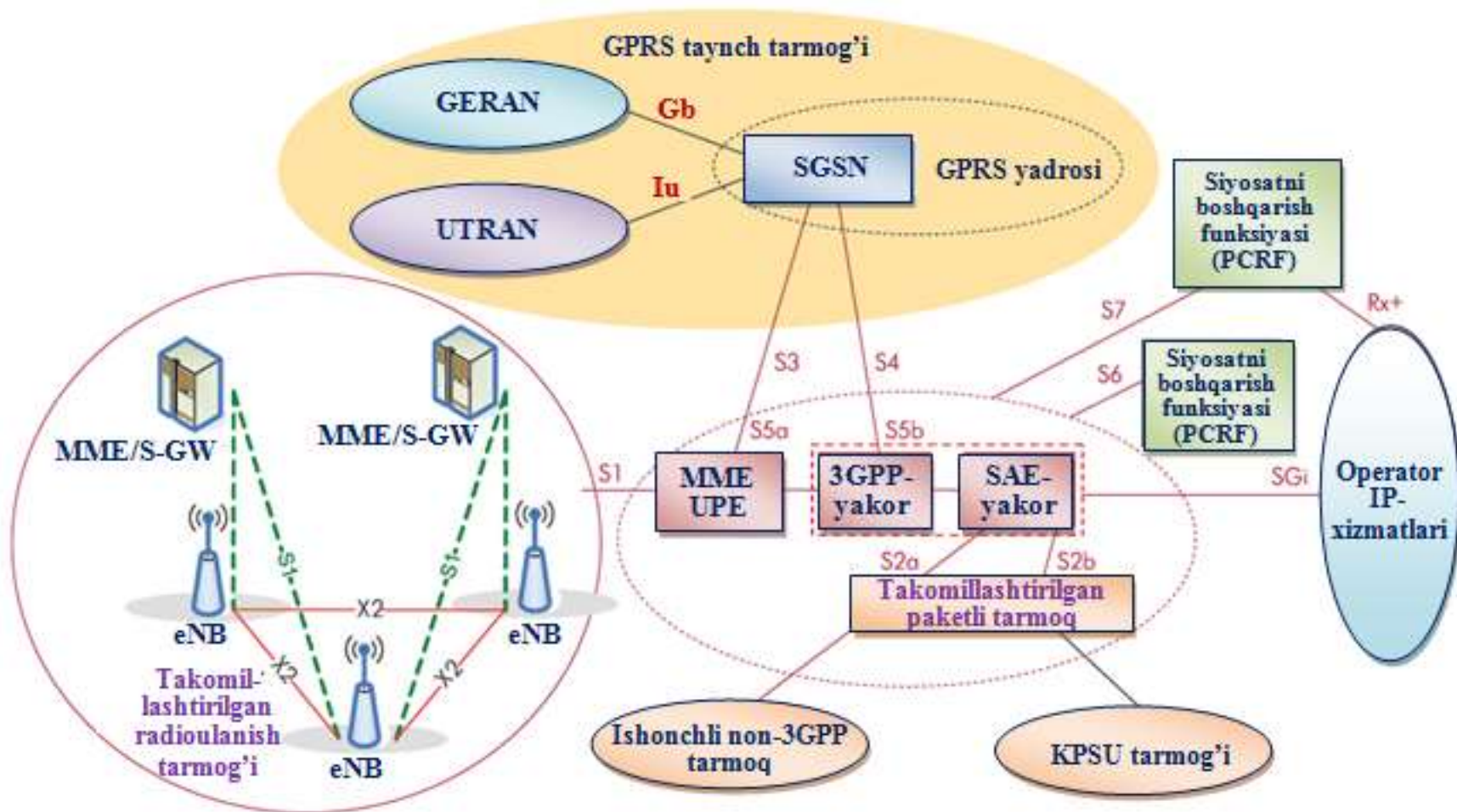
Агар HARQ-жараёнига боғлиқ маълумотлар (субкадр) муваффақиятли келса, қабул қилгич маълумотларни муваффақиятли қабул қилиш ҳақида ACK / NACK хабарини жўнатади .

Агар тасдиқлаш ёки NACK хабари бўлмаса, такроран узатиш бўлиб ўтади.



LTE tarmoqi arxitekturasini

LTE texnologiyasi uchun 3GPP konsorciumi yangi tarmoq infratuzilmasi - SAE (System Architecture Evolution) arxitekturasini taklif qildi



LTE-Advanced технологиясининг хусусиятлари

LTE Advanced 3GPP томонидан Long Term Evolution (LTE) стандартини такомиллаштириш сифатида стандартлаштирилган.

LTE-Advanced технологиясига талаблар

40 МГцгача канал кенглигини таъминлаш

Downlink йўналишда 3 Гбит/с ва Uplink йўналишда 1,5 Гбит/с тезликда маълумотларни узатиш тезлигини таъминлаши мумкин бўлган кенгрок канал полосасини (100 МГцгача) ташкил этиш имконияти

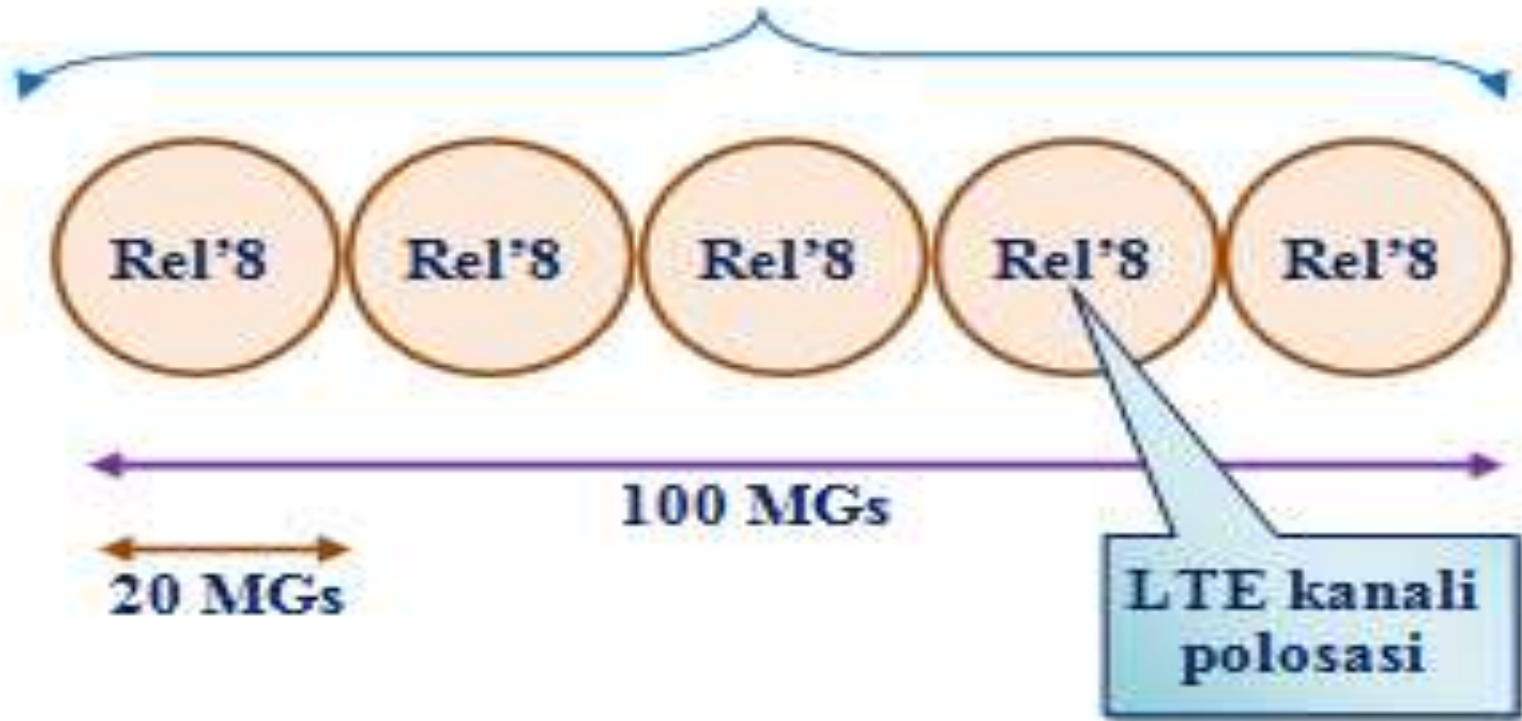
Downlink каналларда 4x4 MIMO бўлганда 15 бит/с/Гцгача ва Uplink каналларда 2x4MIMO бўлганда 6,75 бит/с/Гцгача спектрал самарадорликни таъминлаш

Downlink каналларда 8 та узатиш MIMO антенналаридан фойдаланиш

LTE-A каналининг агрегацияланган полосаси

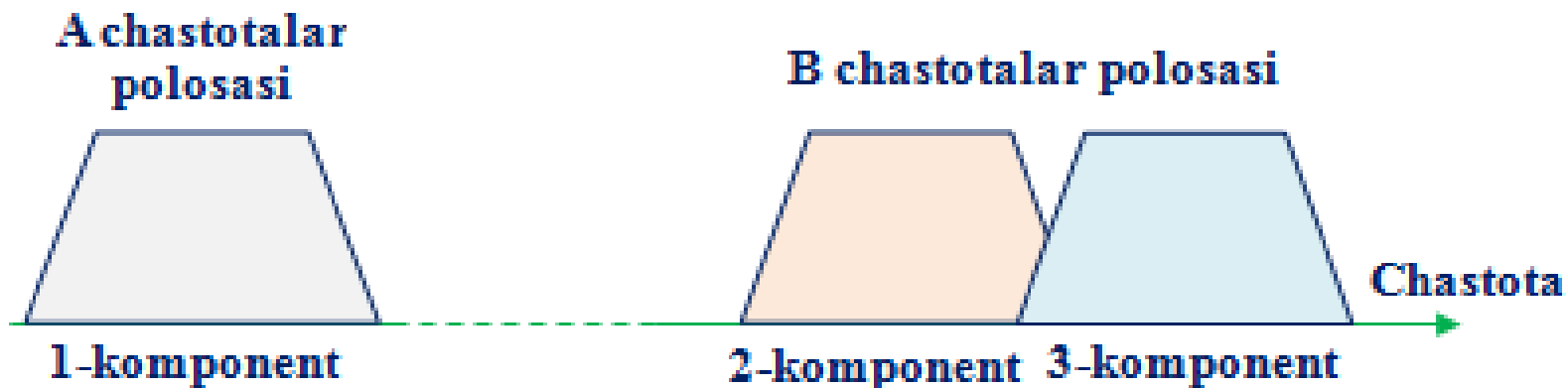
Бешта ёнма-ён частоталар диапазонларини агрегацияланда 20 МГц кенгликдаги полосалар (LTE каналлари) ёнма-ён жойлашади. Бу ҳолда агрегацияланган полосага битта базавий станциянинг мустақил қабул қилгичи орқали ишлов берилиши мумкин.

LTE-Advanced kanali polosasi



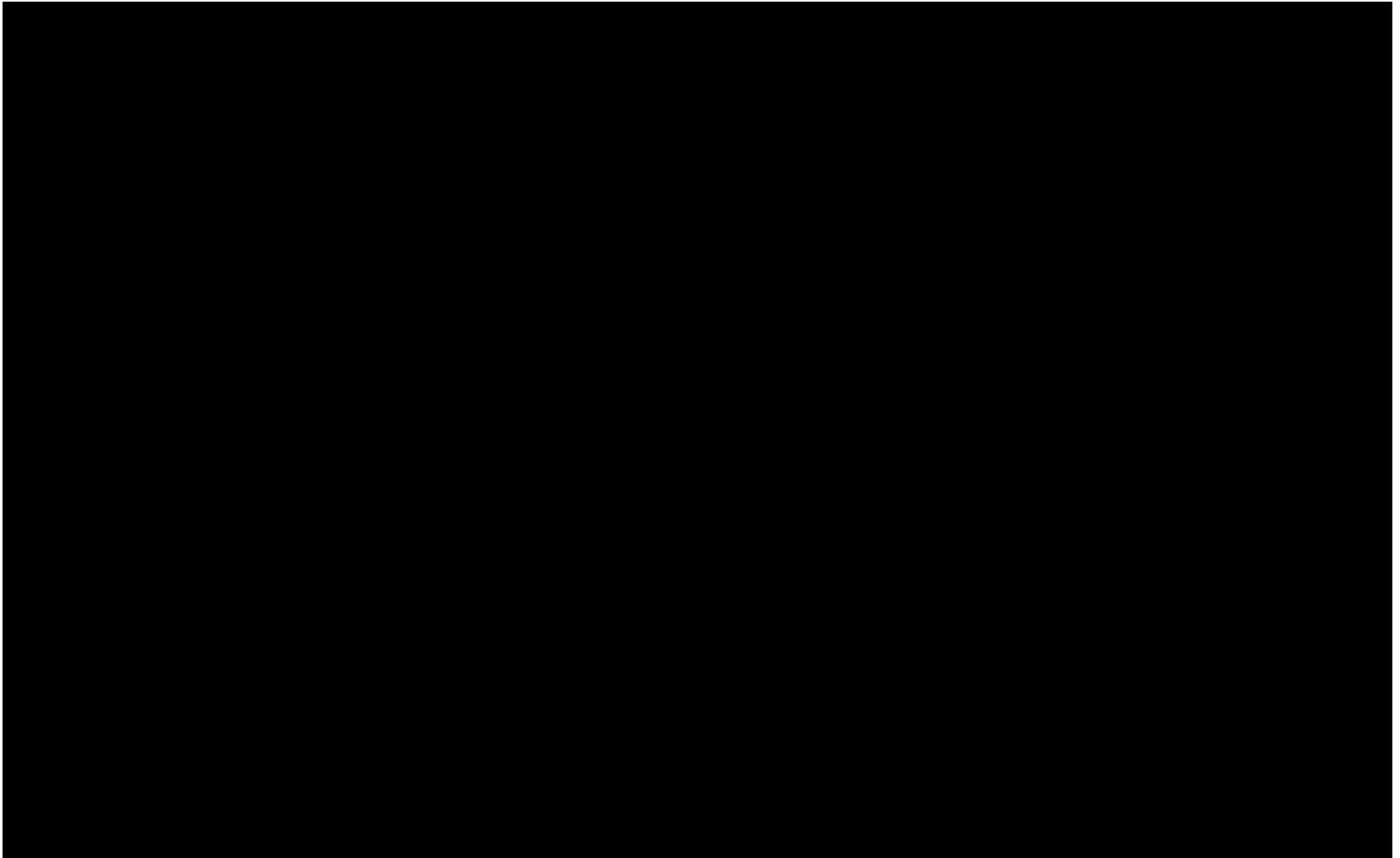
LTE-Advanced канални турли частоталар полосаларидан агрегациялаш

Каналнинг агрегацияланган полосалари радиочастоталар спектрининг турли қисмларида жойлашган компонентлардан амалга оширилиши мумкин.



LTE тизими билан тескари мослашувчанликни таъминлаш учун канал полосасини агрегациялаш LTE учун стандартлаштирилган (идентификацияланган) бир нечта полосаларни бирлаштириш ҳисобига амалга оширилиши керак

LTE-Advanced канални турли частоталар полосаларидан агрегациялаш



LTE-Advanced тизимида уч турдаги частотавий компонентлардан спектрни даражалаштиришнинг бир нечта тоифалари мавжуд

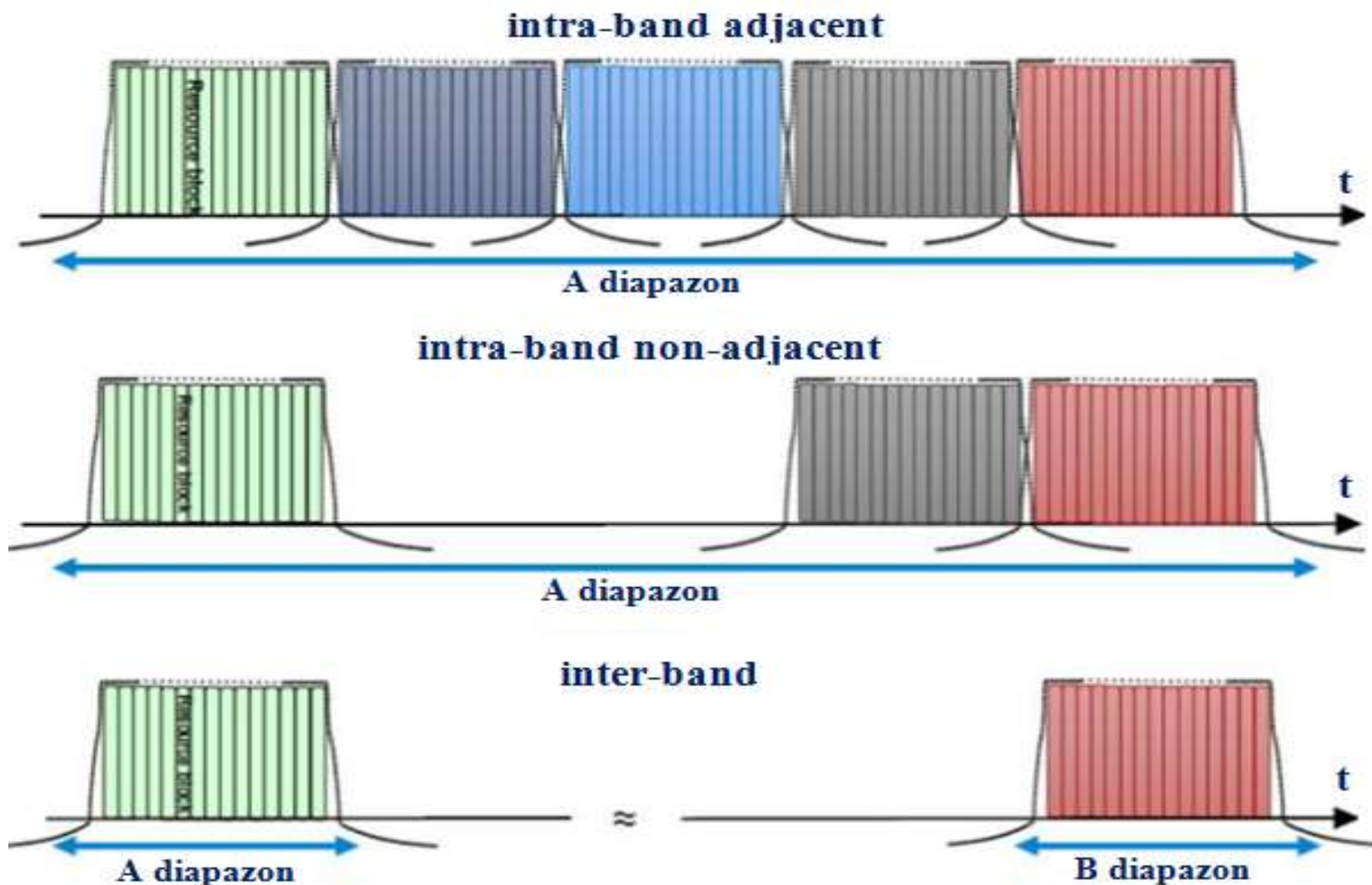
Частотавий компонентлардан спектрни даражалаштириш

битта частоталар полосаси ичида қўшни компонентларни агрегациялаш (intra-band adjacent)

битта частоталар полосаси ичида қўшни бўлмаган компонентларни агрегациялаш (intra-band non-adjacent)

турли частоталар полосаларида (диапазонларида) компонентларни агрегациялаш (inter-band)

LTE-Advanced технологиясида частоталар каналларини агрегациялаш принципи



Ўзбекистон бўйича ажратилган частоталар

Оператор	Ажратилган частоталар диапазони (МГц)	Стандарт
Mobiuz	804-815/845-856 2500-2520 / 2620-2640 (водийда ташқари), 2500-2550 (водий)	LTE
Ucell	777-787/746-756 788-798/758-768 2540-2620 / 2660-2700 (водийдан ташқари)	LTE
Biline	815-830/860-875 2520-2540 / 2640-2660 (водийдан ташқари), 2550-2600 (водий.)	LTE
Uzmobile	1766,4 – 1784,8 / 1861,4 - 1879,8	LTE1800

ТЕСТ САВОЛЛАРИ

144	Кенг полосали канални ортогонал частоталар нимканалларига бўлиш усули дейилади
A	мультиплекслашли ортогонал частота бўйича ажратиш (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)
B	мультиплекслашли ташувчи частота бўйича ажратиш (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)
C	мультиплекслашли оралиқ частота бўйича ажратиш (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)
D	мультиплекслашли юқори частота бўйича ажратиш (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)
145	OFDM модуляциялашни OFDMA - Orthogonal Frequency Devision Multiple Access уланиш принципи – каналлар ортогонал частота бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш аниқлайди
A	каналлар ортогонал частота бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш
B	каналлар оралиқ частота бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш
C	каналлар юқори частота бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш
D	каналлар ташувчи частота бўйича ажратиладиган кўп томонлама уланиш

ТЕСТ САВОЛЛАРИ

146	OFDMA технологиясида операторнинг ишлаши учун ажратилган бутун частота-вақт майдониунча катта бўлмаган блоklarга бўлинади
A	ҳам частота бўйича (15 кГц), ҳам вақт бўйича (0,5 мс)
B	фақат частота бўйича (15 кГц)
C	фақат бўйича (0,5 мс)
D	ҳам вақт, ҳам фаза бўйича
147	OFDMA технологиясида 125 МГц канал кенглигида нечта нимташувчилар бўлади?
A	128
B	256
C	512
D	1024
148	OFDMA технологиясида 2,5 МГц канал кенглигида нечта нимташувчилар бўлади?
A	256
B	128
C	512
D	1024

ТЕСТ САВОЛЛАРИ

152	4G мобил алоқа тармоқларида ҳаракатдаги (юқори мобилликдаги) абонентлар маълумотларни узатиш тезликлариташқил этади.
A	100 Мбит/с
B	200 Мбит/с
C	50 Мбит/с
D	400 Мбит/с
148	4G мобил алоқа тармоқларида стационар (паст мобилликти) абонентлар маълумотларни узатиш тезликлари ташқил этади.
A	1 Гбит/с
B	2 Гбит/с
C	0,5 Гбит/с
D	4 Гбит/с
149	4G авлодга стандартлари киради
A	WiMAX, LTE
B	NMT, AMPS
C	TD-SCDMA, GSM
D	CDMA2000, W-CDMA
150	4G алоқа тизимлари маълумотларни..... асосланган
A	пакетли узатиш протоколларига
B	каналли узатиш протоколларига
C	частотали узатиш протоколларига
D	вақт бўйича узатиш протоколларига