

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

“Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті” коммерциялық  
емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы

«Цифрлық телекөру жұмысының принциптерін зерттеу»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B06201 «Телекоммуникация»

Алматы 2024 ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі

 Е.Таштай

« 24 » 05 2024 ж.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Тақырыбы «Цифрлық телекөру жұмысының принциптерін зерттеу»

6B06201 – «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Орындаған:

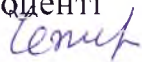
Әмір Ж.С.

Пікір беруші:

Ғ.Дәукеев атындағы АЭЖБУ

т.ғ.к., Телекоммуникациялық  
инженерия кафедрасының

доценті



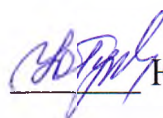
Чечимбаева К.С.

« 30 » 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші

ҚазҰТЗУ, PhD, ЭТжҒТ

Қауымдастырылған профессоры



Юсупова Г.М.

« 28 » 05 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

6B06201 Телекоммуникация

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

Е. Таштай

« 09 » 12 2023 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы  
Тақырыбы «Цифрлық телекөру жұмысының принциптерін зерттеу»  
Университет ректорының «04»12.2023 ж. №548-П/Ө бұйрығымен  
бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» сәуір 2024 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері:

1. MMDS үлестіруші радиожеленің бірбағытты құрылысы.
2. ПЗС матрицаның құрылысы.
3. MPEG-1, MPEG-2 стандарттары.
4. DVB-N жерүстілік цифрлық телевидениенің жүйесі.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- 1) Цифрлық телекөрудің тағайындамасы және негізгі объектілері;
- 2) Дауыс пен бейнені сығу стандарттары;
- 3) Цифрлық ТД жүйелеріндегі модуляциялау және демодуляциялау;
- 4) Цифрлық телекөрудегі мәселелерді жақсартуды жүзеге асыру;
- 5) Цифрлық телекөру жүйесінің моделін жобалау.

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс):

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1. Шульгин В.И., Системы цифрового телевидения, учебное пособие Харьков, 2020.
2. Левченко В.Н., Спутниковое телевидение, Санкт-Петербург, 2018.
3. Технические требования на основные классы абонентских приемников, телевизоров, САМ-модулей стандарта DVB-T/T2.
4. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В., Методы сжатия данных, Москва, 2012.

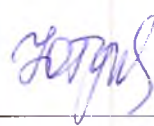
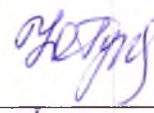
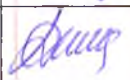
5. Беляев Ю.В., Галочкин Ю.И., Цифровое телевидение, Владивосток, 2015

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫСТЫ (ЖОБАНЫ) ДАЙЫНДАУ  
КЕСТЕСІ

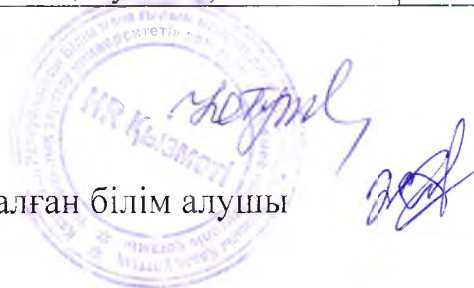
Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерзімі	Ескерту
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	04.01.2024 - 01.02.2024	Әдебиеттік шолу бойынша 2 беттік слайд
Теориялық ақпарат	01.02.2024 - 01.03.2024	Салыстырмалы талдаулар мен математикалық талдау бойынша 3-4 беттік слайд
Жабдықтар жұмысының есебі және жұмысты рәсімдеу	01.03.2024 - 30.05.2024	Құрылғылар немесе бағдарламалау бойынша зерттеуді ұсыну. 3-4 беттік слайд

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған

қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Юсупова Гульбахар Мадреймовна, ассоциированный профессор, PhD	1.03.2024	
Теориялық ақпарат	Юсупова Гульбахар Мадреймовна, ассоциированный профессор, PhD	25.04.2024	
Норма бақылау	Досбаев Ж.М. ЭТЖТТ каф.аға оқытушысы, т.ғ.м.	28.05.2024	

Ғылыми жетекшісі



Юсупова Г.М.

Тапсырманы орындауға алған білім алушы

Әмір Ж.С.

Күні «01» желтоқсан 2023 ж.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыста бейнесу стандарттары, цифрлық телекөру жұмысының принциптері, құрылғылары қарастырылды. Есептік бөлімде бейнемәліметтерден есептеулер, БС арасындағы өзара бөгеттер есептелінді.

## **АННОТАЦИЯ**

В данной дипломной работе рассмотрены стандарты видеосжатия, принципы работы цифрового телевидения и оборудования. В расчетной части выполнены расчеты видеоданных и расчет помех между БС.

## **ANNOTATION**

In this thesis work the standards of video compression, the principles of operation of digital TV and the equipment. The computational part of the calculations of the video data and the calculation of interference between the BS.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Цифрлы видеодабылды құру	8
1.1 Цифрлы телекөру жүйелерін жобалаудың негізгі кезеңдері	8
1.2 Цифрлық телекөру жүйелерінің модельдері	8
1.3 ЦТК жүйесінің функционалдық моделі	8
1.3.1 Желіге бейімделудің аспектері	9
1.3.2 ЦТК жүйесінің ортақ құрылымы	10
1.4 ЦТК жүйелерінің архитектурасы	11
1.5 Кабельді цифрлық теледидар желісінің жеткізілу жүйесінің архитектурасы	12
1.6 Цифрлық видеосигналдың құрылуы	15
1.7 Видеосигналдың құрылу алгоритмінің кейбір аспектілері	20
2 DVB–N жерүстілік цифрлық телевидениенің жүйесі	21
2.2 Цифрлы ТД жүйелеріндегі модуляциялау әдістері	30
2.3 Алматы облысында цифрлы телекөрудің құрылыс технологиясы	32
3 Есептеу бөлімі	34
3.1 Түрлі түсті кескінді құрастыру элементтері	34
3.2 Аналогты – цифрлы түрлендіру	35
3.3 RGB түсті кеңістікті есептеу RGB түстерінің құраушылары	36
3.4 БС арасындағы өзара бөгеттерді есептеу	39
3.5 Көпсәулелі каналды есептеу	42
Қысқартылған сөздер тізімі	49
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	48
А Қосымшасы	490

## КІРІСПЕ

Цифрлық телевиденияның әдіс-тәсілдерін қолдану – бұл телевизиондық техниканың дамуындағы жаңа қадам, аналогтық телевидениямен салыстырғанда бірталай артықшылығы бар:

Жіберу/қабылдау трактарының бөгеулікке тұрақтылығының жоғарылауы және телевизиондық сигналдарды жазу;

- телевизиондық программалардың санының көбеюі;
- ТВ-хабар таратқышының қуатының төмендеуі;
- суреттің және дыбыстың сапасының көтермелеуі;
- студиялық аппаратураның функцияналдық мүмкіндігінің көбеюі;
- теледидарлық сигналдың ішінде қосымша ақпарат жіберу, теледидарлық қабылдағышты көпфункционалды ақпараттық жүйеге айналдыру;
- интерактивті теледидарлық жүйені құрастыру, соны қолданумен тамашалаушы бағдарламаға ықпал ету мүмкіндігін алады.

Цифрлық теледидарламаның дамуының бірінші кезеңі – байланыс каналындағы әдеттегі жіктеу стандартының сақталу кезінде теледидарлық жүйенің жеке бөліктерінде цифрлық техниканы қолдану. Осы кезеңнің ең маңызды табысы цифрлық жабдықтың толықтай жаралғаны болды.

Цифрлық теледидарламаның дамуының екінші кезеңі – гибридты аналогты-цифрлық теледидарлық жүйенің жаралғаны әдеттегі теледидарламаның қабылданған стандарттардың параметрлерінен ерекшеленеді. Теледидарлық стандартын өзгерісінің екі негізгі бағыты: бір уақыттағы жіберуден өткел жарық және кадрдағы баған санының өсуі және бағандағы бейненің элементтері.

Цифрлық теледидарламаның дамуының үшінші кезеңінің цифрлық жүйенің толықтай жаралғанын есептеуге болады.

Цифрлық жүйенің жаңа кезеңінің басты ерекшеліктері:

– цифрлық теледидарлық сигналдың жиілік жолағының қысқаруы, тиімді коддалудың көмегімен қол жетімді болады, яғни суреттің артығын қысқарту, стандарты теледидарлық каналдың 6...8 мГц жолақтың енімен 6 және одан да көп әдеттегі айқындықта программа жіберу немесе 3–4 жоғарғы айқындықта программа жіберу;

- кодтауға және теледидарлық сигнал берілісіне ортақ шешім табу;
- цифрлық желілерде басқа да ақпарат көздерімен интеграциялау;
- беріліп жатқан теледидарлық бағдарламаның қауіпсіздігін қамтамасыз ету және басқа да ақпарат көздеріне рұқсатсыз кіруден сақтау.

Дипломдық жобаның мақсаты цифрлық телекөруді жобалау. Ол мақсатқа жету үшін келесі жұмыстарды орындау керек.

- цифрлық телекөру жүйелерін жобалау;
- ЦТК жүйе желілеріне бейімделу.

## **1 Цифрлы видеодабылды құру**

### **1.1 Цифрлы телекөру жүйелерін жобалаудың негізгі кезеңдері**

Жаппай хабар тарату жүйелерінің маңызды түрінің бірі – телекөру болып табылады. Соңғы он жылда телекөру қарқынды дамып келеді: эфирлықтан жерсеріктік және кабелдік телекөруге, ақ–қарадан түрлі түсті телекөруге дейін.

Бірақ қазіргі кезде телекөру соңғы 50 жылдағы көптеген өзгеріске ие ол басқа да көптеген радиотехникалар сияқты цифрлық түрге ауысып жатыр. Цифрлық телекөрудің негізгі құрылысы мен жобалауын қарастырайық.

### **1.2 Цифрлық телекөру жүйелерінің модельдері**

Цифрлы телекөру жүйелерін заманауи жүйелерде қарастыру ғаламдық цифрлы телекөру моделдеріне негізделеді:

- көп программалық телекөрулік хабар тарату;
- үлкен көлемде цифрлық ақпарат жіберу;
- интерактивті қызмет көрсету;
- мультимедиа есептерін шешу және басқа да ақпарат қызметтерін.

Ғаламдық моделге кіретіндер:

- өндіріс кешендері және программа таратқыштары;
- телекөру трактысының құрылыс технологиясы;
- программа жеткізу технологиясы.

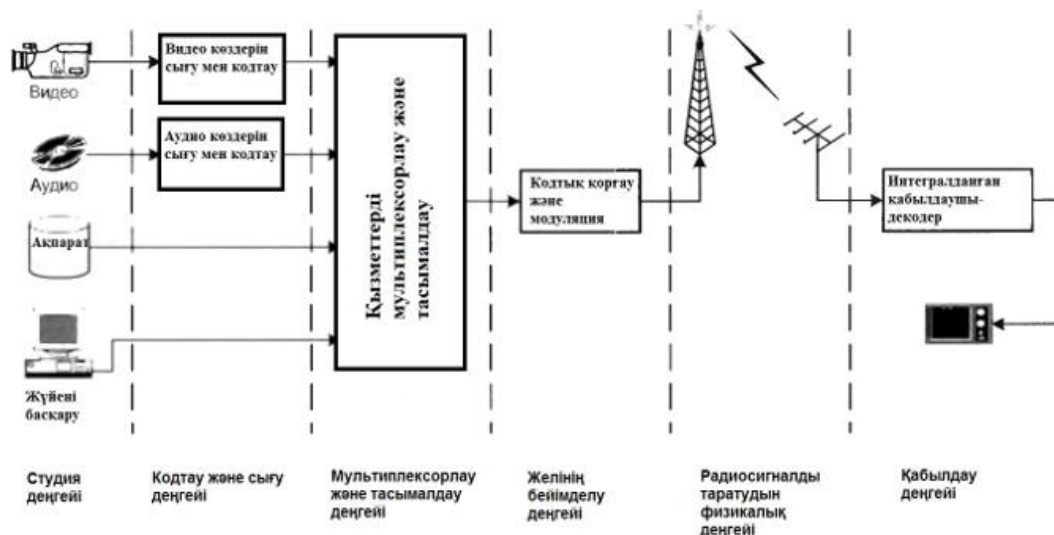
Бұдан басқа, цифрлық телекөрудің ғаламдық моделі болжайтыны:

- жиілік ресурстарының қамту аймақтарын жоспарлау;
- электромагнитті үйлесімділіктің халықаралық нормасын сақтау;
- дүниежүзілік біртұтас ТК стандарттарының методологиясын құрастыру.

### **1.3 ЦТК жүйесінің функционалдық моделі**

Цифрлық телекөру жүйесінің моделінде бірнеше функцияналдық деңгейлерді бөлуге болады, технологияны және әр деңгейде деректер мен сигналдармен жұмыс істеу өзгешелігі 1.1 суретте мысал ретінде ЦТК жүйесінің алты деңгейлі функцияналдық моделі көрсетілген.





1.1 - сурет – ЦТК жүйесінің функционалдық моделі

Бұл моделде студия деңгейінде үш ақпарат көзі көрсетілген: сурет, дыбыс және мәлімет сигналдары сондай-ақ басқарушы компьютер.

Келесі деңгейде ақпараттың аналогтық түрден цифрлық түрге ауысуы мен сығуы орындалады.

Транспорт деңгейінде түрлі бастаудың және бағдарлама тасқынының мультимплекстеуі (бірлестік) транспорт пакеттің біртұтас тасқынына өндіріледі.

Бейімделу жүйелері желіге берілетін ақпаратты және модуляцияны кодалауды, түрленгіштерді дұрыстайтын құрылғыларды қосады.

Осы моделде біз мынадай радиотехникалық деңгейлерді бөлеміз:

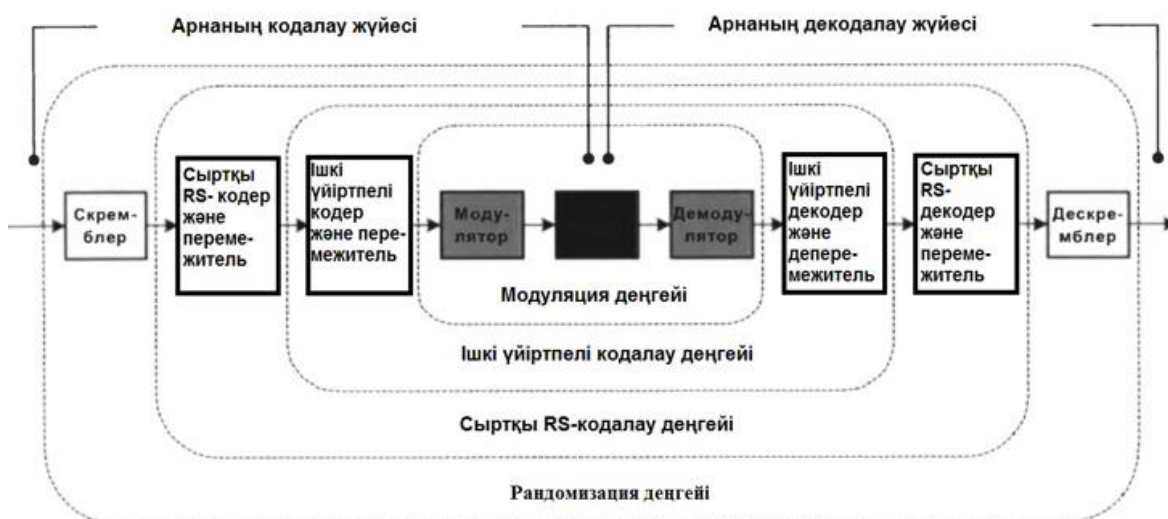
- бастауды кодалау және сығу;
- деректерді және қызметтерді мультимплекстеу;
- физикалық жіберу (қателерден қорғау үшін кодалау, модуляция және физикалық арналарда жіберу);
- қабылдау және мәліметтерді декодалау.

### 1.3.1 Желіге бейімделудің аспектітері

ЦТК–дің келесі функционалдық деңгейіне желіге бейімделушілік жатады оның ішіне кодалауды түзетуші құрылғы, ақпараттың құрылымының түрленуі және модуляция кіреді.

ЦТК бейімделудің ішкі жүйесі түзетуші кодалау құрылғысын, берілетін ақпараттың құрылымының өзгерісін, модуляцияны және қуаттың көбеюін біріктіреді.

Дабыл беріліс арнасымен берілген кезде өшуге, бұрмалануға ұшырайды. Қабылдау деңгейінде қабылданған мәліметтерді демодуляциялайды және декодтайды.



1.2 - сурет – ЦТК желі жүйесіне бейімделу құрылымы

### 1.3.2 ЦТК жүйесінің ортақ құрылымы

Ең ортақ көріністе өндірістің құрылымдық схемасы және теледидарлық бағдарламаны тұтынушыға жеткізуі және деректердің цифрлық түрі 3-ші суретте көрсетілген. Схемада негізгі ішкі жүйелер көрсетілген, үдерісті жиын, өңдеу және ақпаратты жүйеде тарату.



1.3 - сурет – ЦТК жүйесінің ортақ құрылымының сұлбасы

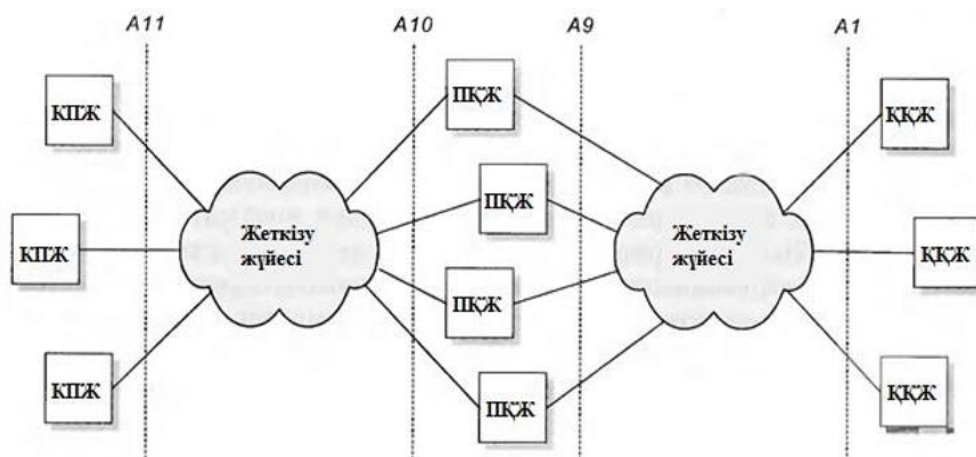
Осы сұлбада контент-провайдер(КП) маңызды ақпаратты қызмет көрсету провайдерлеріне (ҚКП)береді, бұл ақпаратты жинақтап тұтынушыға жеткізеді.

Сығу және мультиплекстеу жүйесінде бағдарламалар ортақ ағынға сығуы және мультиплекстеуі жүргізіледі. Мұнда шектеу жүйесінің басқарушы хабарламалары және әкімшілік жүйелер кіреді, бұл хабар таратуды және деректердің берілісіндегі жеке абонентті және топтарды қамсыздандырады. Шығысында ішкі жүйе ішкі жүйенің шығысында транспорттық пакет ағыны

калыптасады ол тұтынушыға ақпарат жеткізу контейнері ретінде қызмет етеді.

## 1.4 ЦТК жүйелерінің архитектурасы

Күрделі жүйенің моделін құрастырған кезде осы жүйені құрайтын желілердің әрекеттестігін ескеру қажет. ЦТК жүйесінде сол әрекеттестікті ақпаратты жеткізу жүйесі қамсыздандырады.



1.4 - сурет – Жеткізу жүйесінің құрылымы

Бұнда КПЖ – контент–провайдер жүйесі (ақпарат көздерінің комплексі), ақпараттық қызметтердің мазмұнды бөлігін қамтамасыздандырады, ПҚЖ – провайдер қызмет жүйесі, ҚҚЖ – қызметтерді қабылдау жүйелері, A11 – A1 – “эталондық стыктар” деп аталады.

Жеткізу жүйесін физикалық және желілік деп бөлуге болады. Таратқыш жүйесін желілік жүйе, радиотарату желісі және кабельдік желі деп бөлуге болады.



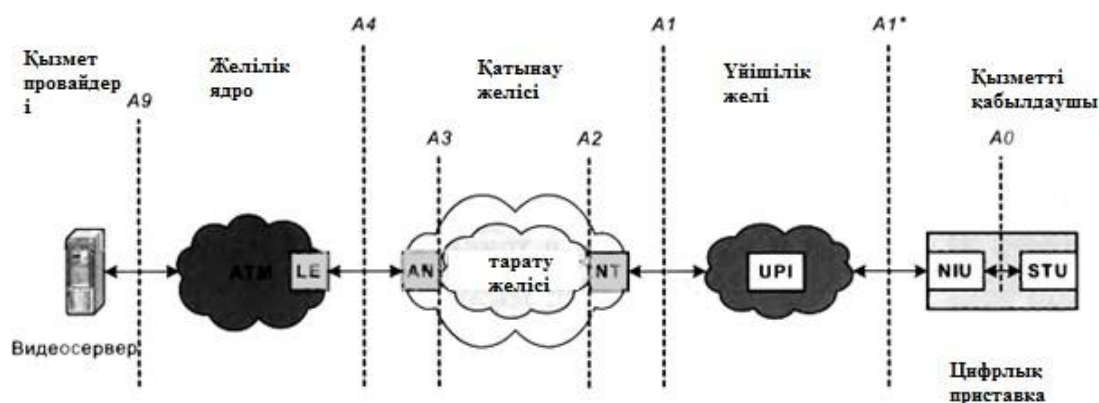
1.5 - сурет – ЦТК жеткізу жүйесінің сұрыптамасы

Бұл сұлбада MMDS және LMDS (Multichannel Multipoint Distribution System и Local Multipoint Distribution System) – көпарналы көпнүктелі тарату жүйесі және локальді көпнүктелі тарату жүйесі – шектелген өлшемдегі аймақты қамтуға арналған тарату радиожелісі. Физикалық жеткізу құрылғылары – магниттық және оптикалық дисктарды біз қарастырмаймыз. Желілік жеткізу жүйесін қарастырамыз.

### 1.5 Кабельді цифрлық теледидар желісінің жеткізілу жүйесінің архитектурасы

Кабелді желінің архитектурасында әдетте:

- қызметтің провайдері;
- транспорттық желі «желілік ядро»;
- үлестіргіш желі;
- ішкіүйлі желі;
- қызметті қабылдаушына ерекшелейді.



1.6 - сурет – Кабельдік желінің жеткізілу жүйесінің архитектурасы

Желілік ядро кіру желісі арқылы қызмет көрсетуші мен тұтынушының арасында байланысты қамтамасыз етеді.

Кіру желісі келесі міндеттерді атқарады.

- соңғы қолданушы мен жүйенің басқа жеткізілу мүшелері арасында қызмет мен ақпаратты ағындарды жіберу;
- желіні басқару мен бақылау;
- басқа қызметтің мәліметтерін жіберу.

Кіру желісі кіру түйінінен, үлестіргіш желіден, желінің аяқталу блогынан тұрады. Үлестіргіш желі әр түрлі топологиядан тұруы мүмкін, жіберу ортасы мен жіберу протоколы. Жіберу ортасы ретінде көбінесе оптоалшықты кабель қолданады. Үйшілік кабель ретінде көбінесе коаксиальді кабель қолданады.

Кабельді жеткізілуі желісі жақсы энергетикалық қасиетпен және жеткізілу жүйесінде тосқауылдардың жоқ болуымен сипатталады.

Цифрлық теледидардың жеткізілу жүйесінің радиожелілік архитектурасы радиожелілік жеткізілу жүйе құрылысы бойынша бір бағытты және екі бағытты бола алады.

– төменгі бағытта «жіберушіден тұтынушыға» – бұл тұтынушыға ақпарат жеткізетін үлестіргіш желі;

– жоғарғы бағытта «тұтынушыдан жіберушіге» интерактивті режим құрылады «бағдарламаларды құру және қалыптастыру, интернетпен бірігу қызметі, оқу–білім, телемедициналық және басқа қызметтер» басты жолда немесе жекелеген желіде.

Үлестіргіш желінің түрі таралу аймағының керекті өлшемдерімен анықталады.

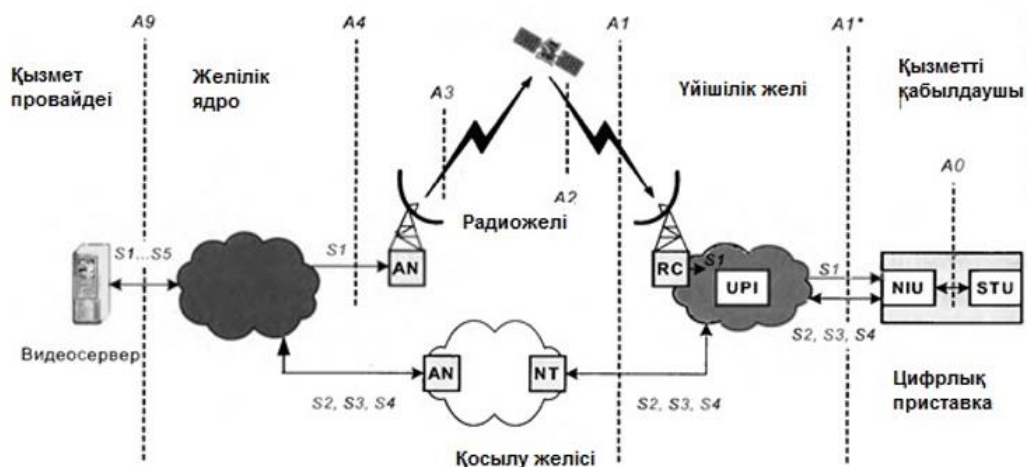
– ең үлкен қамту аймағын бірнеше мың километрге жететін спутниктік жүйелер қамтамасыз етеді;

– ортаңғы өлшемдегі аймақты – жүз километрге дейін жететін жерүстілік тарату жүйесі жатады;

– кішірек қамту аймағына бірнеше он километр тарату жүйесі жатады; – MMDS;

– бірнеше километр өлшемдегі аймаққа – LMDS «көп каналды және көпнүктелі локалды үлестіргіш жүйе».

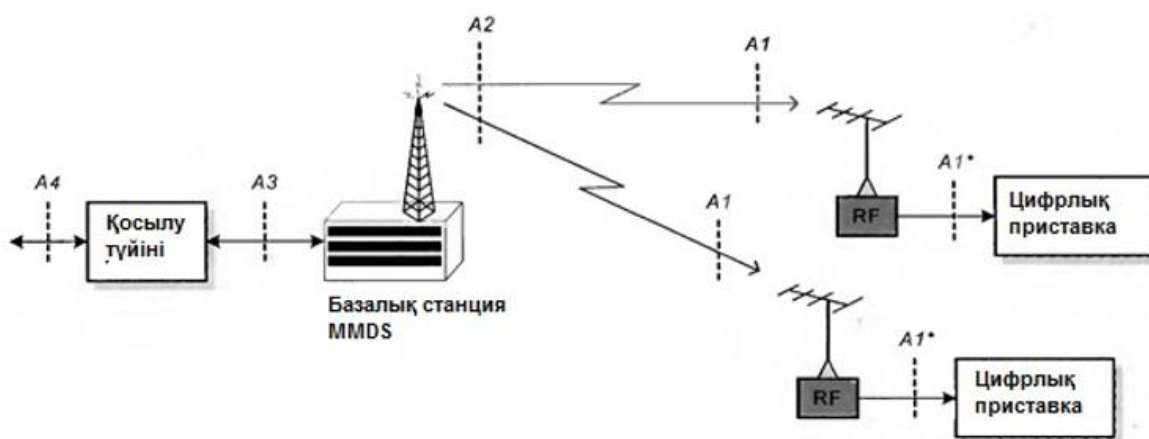
Радиожелінің жеткізілу жүйесінің архитектурасы жалпы түрде 1.7 суретте көрсетілген.



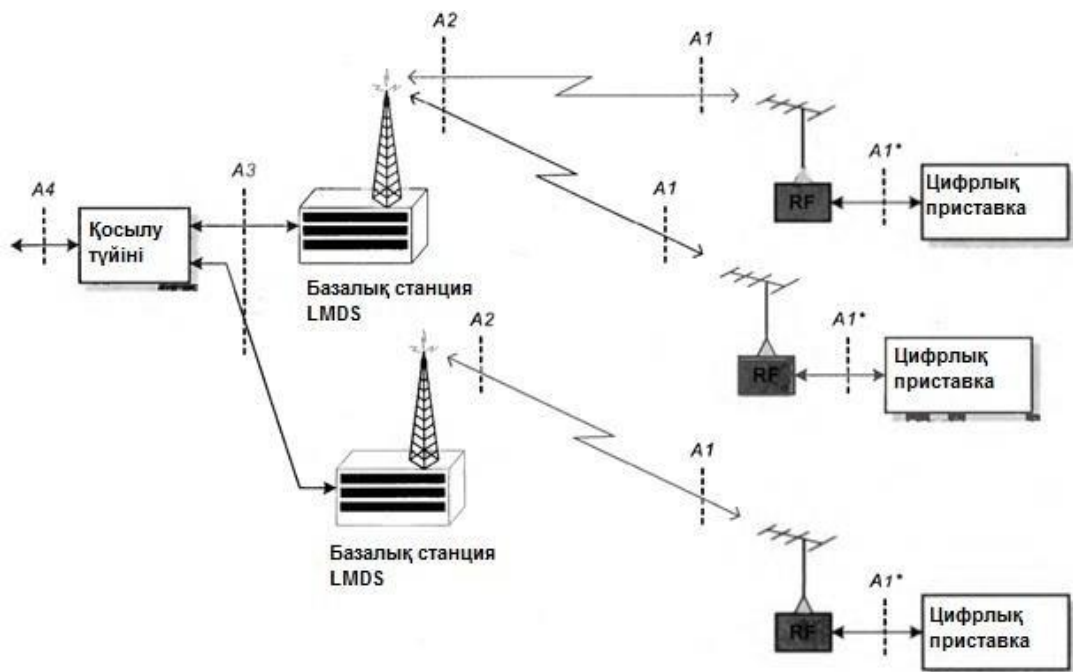
1.7 - сурет – Радиожелінің жеткізілу жүйесінің архитектурасы.

Көрініп тұрғандай радиожелінің жеткізілу жүйесінің архитектурасы кабельді желінің архитектурасын қайталайды. Осы ой цифрлық теледидар жүйесінің глобалды моделін байланыстырады – жеткізу тәсілін жаңаландыру.

Үлестіруші радиожелі шектеулі өлшемдегі аймақтарды «MMDS және LMDS» жабу үшін арналған және архитектуралары бірдей «бір бағытта немесе екібағытты» 1.8 және 1.9 суреттегідей, бұл жағдайда қамту аймағы 20–50 км MMDS үшін, 1–10 км LMDS үшін.



1.8 - сурет – MMDS үлестіруші радиожелінің бірбағытты құрылысы



1.9 - сурет – LMDS үлестіруші радиожелінің екібағытты құрылысы

Цифрлық теледидар жүйесінде ақпаратты сығу принциптеріне тоқталмастан бұрын «видео және дауыс» осы ақпараттардың құрылуының заманауи әдістеріне тоқталамыз.

### 1.6 Цифрлық видеосигналдың құрылуы

Кез келген физикалық объектінің екі есе кескінделуі немесе пайда болуы ол – кез келген жазықтыққа түскен проекциясы.

Кескін жазықтық проекциясында жарық немесе түс үлестіруші екі есе тоқтаусыз  $I(x,y)$  функциясымен жүреді.



1.10 - сурет – Тексерілуші сурет

Кинемотограф тарихынан. Кинолентада көптеген жекелеген кадрлар орналасқан. Егер осы кадрларды бірінен соң бірін алмастырсақ, экранда қозғалыстың тоқтаусыздығы және жүзгіштігі байқалады. Кадрлардың алмасу жиілігі көздің жекелеген кадрларды байқамауы үшін сәйкестендіріп алынған. Инерция көмегімен біз жекелеген кадрды жүзгіш қозғалыс деп қабылдап, кескіндердің алмасқанын байқамаймыз, ол үшін тек кадрларды белгілі бір жиілікпен өзгерту қажет. Кино үшін 1 секундта 24 кадр болады. Қозғалмалы кескін немесе видеокескін ол— қозғалыссыз кескіндердің (кадрлардың) кішкене уақыт интервалы арасындағы дискреттік тізбектілігі, инерциялық күш қасиетімен адам көзі оны тоқтаусыз қозғалыстағы кескін ретінде көре алады.



1.12 - сурет – Тоқтаусыз қозғалыстағы кескінді құрайтын қозғалмайтын кадрлардың тізбектілігі

Қозғалыстағы кескінді қабылдаудың субъективті сапасы (үзілмеу дәрежесі) кадрларды ауыстыру жиілігіне байланысты, ауысу жиілігі жоғары болған сайын жақсырақ. Кадрларды ауыстыру жиілігінде секундына 24 кадрдан асса, кадрлардың ауысуы байқалмайды және қозғалмайтын суреттердің ағыны тоқтаусыз қозғалыстағы кескін сияқты болады. Егер, кадрда өте үлкен жылдамдықпен көшетін объект болса, бұндай жиіліктегі кадрдың жаңалануы жеткіліксіз (бұл объекттің қозғалысы үзіліссіз бола алмайды). Сондықтан жоғары сапалы динамикалық қозғалатын кескіндерді жіберу үшін кадрлардың ауысу жиілігі секундына 50–ден аз болмауы керек.

Осы орайда, қозғалатын кескін кадрлардың дискреттік тізбектілігі ретінде каралады. Бұл үзіліссіз кескіннің дискреттіге ауысуына бірінші қадам, бұл—цифрлық.

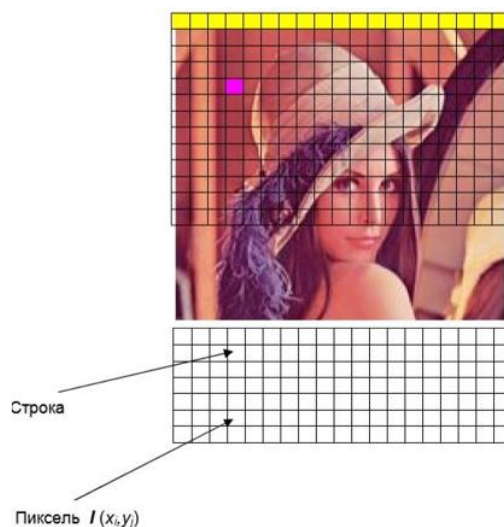
Келесі қадам, кадр ішіндегі кескіннің дискреттелуі. Бізге белгілі, үзіліссіз функция  $(x,y)$   $x,y$  координатасының жазықтығының шектеулі спектрімен дискреттелуі, содан кейін нақты дискреттік есептеумен қалпына келуі мүмкін.

Әр координата бойынша дискреттелуі қадамы –  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , немесе кескіннің  $x, y$  координатасымен керекті пиксельдерінің саны кескіннің сәйкес келетін координатамен өзгеру жылдымдығына байланысты немесе рұқсат ету кеңістігіне байланысты (кескіндегі минималды детальдардың өлшемдеріне байланысты). Мұндағы рұқсат вертикаль бойынша керекті тармақты анықтайды ( $y$  координатасы бойынша дискретизация) және горизонталь бойынша тармақ ішіндегі пиксель санын анықтайды ( $x$  координатасы бойынша дискретизация).

Егер біз тармақ санын горизонталь бойынша пиксель санына көбейтсек,



көрсетілген пиксель саны арқылы рұқсат аламыз. Пиксель көп болған сайын, кішкене бөлшектерді көре аламыз (1.13–сурет).



1.13 - сурет – Дискреттелген кескін

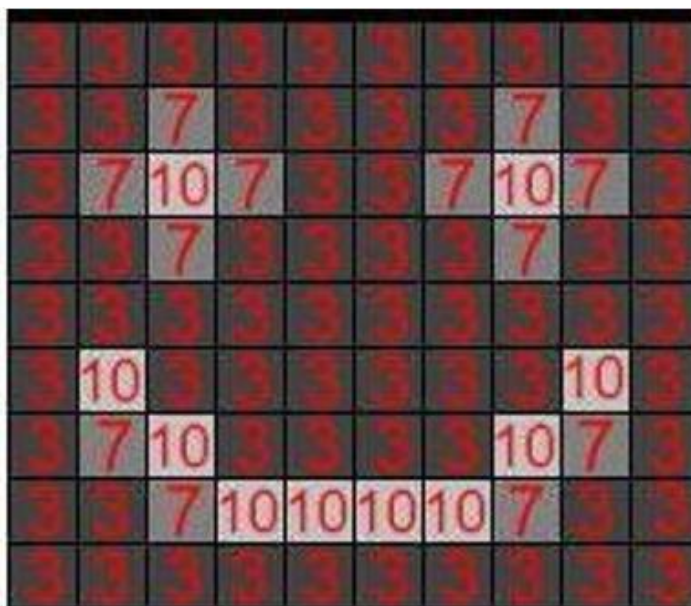
1.1 кестеде видео кескіндерді көрсету үшін қазіргі таңдағы атақты стандарттар көрсетілген.

Кесте 1.1 – Видео кескіндерді көрсету стандарттары

Формат	Вертикаль бойынша белсенде тармақтардың және горизанталь бойынша пикселдер саны	Пиксел–дердің толық саны	Кадрлар–дың өзгеру жиілігі кадр/сек
Low rate CIF	320 x 240	76800	16
NTSC (480i)	480 x 720	345 600	30
PAL (576i)	576 x 720	414 720	25
HD 720p	720 x 1280	921 600	30
HD 1080	1080 x 1920	2 073 600	25/30
2K	1556 x 2048	3 186 688	24/48
4K (толық кадрна 35–мм)	3112 x 4096	12 746 752	60
5K(1:2)	2500 x 5000	12 500 000	60

Кескін дискретизациясы қалай жүреді немесе басқа сөзбен цифрлық кескін қалай құрылады? Әдетте бұл, жарық сезгіш матрицаның қолданылуымен іске асады, объектив көмегімен ПЗС матрицаның кескіні проекцияланады (1.14–сурет). Матрицаның әр элементі – кескін пикселі, бұл деген цифрлық кескінде

қанша пиксель болса, матрицада сонша элемент болу керек.



1.14 - сурет – Жарық сезгіш матрица

Жарық сезгіш матрица жарықтан келген бөлшектердің объектілерін қабылдап және жинап, оларды электр зарядына түрлендіреді. Сәйкесінше, матрицаның әр ұяшығынан зарядты санап, біз кескіннің  $I(x_i, y_j)$  дискретті есебін аламыз.

ПЗС матрицаның құрылысы. ПЗС матрица – пиксель жарықтың кремнилік детекторынан тұратын екі өлшемді матрица. Пиксель әр күні жарық көзінен келген фотондардың әсерімен пайда болған электрондар жинағыш ретінде жұмыс істейді. Экспозиция кезінде объективтің бекітуімен тұрақтанатын уақытта әр пиксель өзіне келіп түскен жарықтың санына пропорционалды электронмен толады. ПЗС матрицаның жұмысы 1.15–суретте көрсетілген.



1.15 - сурет – ПЗС матрицаның құрылысы

Кадрлардың экспозицияның аяқталуымен пиксельдегі электрондармен толтырылған бағана вертикальды көшу тізіміне алмасады. Бұлар арқылы зарядтар горизонтальды тізімнің ұяшығына түседі және перпендикулярды бағытта қозғалады. Осыған орай, әр уақыт үшін вертикальды және горизонтальды ауысымның бір таксына сәйкес біз суреттегі  $I(x_i, y_j)$  нүктеге сәйкес келетін жарықтың қатынасты дәрежедегі жинақталған зарядтың мәнін ала аламыз.

Цифрлық телевизиялық сигналдың сығылуы. Видеосигнал көлемінің айтарлықтай азаю мүмкіндігі ондағы айтарлықтай артылып қалуларға негізделген.

Видеокескіндерде келесідей артылып қалу түрлері бар:

- кеңістіктік артылып қалу. Мұндағы кескіннің кадрларының ішіндегі көршілес пикселдердің мәні бір біріне қатты ұқсас. Басқаша айтқанда, көршілес нүктелердің ашықтығы мен түсі бір-біріне жақын (кадр ішіндегі артық қалушылық);

- видеокескіндегі кадрлардың өте қатты ұқсастығынан тұрады (кадр аралық артылып қалушылық);

- энтропиялық «ықтималдылық» артылып қалушылық. Әр түрлі жарықтық пен түстерде кездесетін бірдей емес жиіліктерден тұрады;

- психовизуалды артылып қалушылық көздің жарықтық пен түстердің өзгеруіне әр түрлі сезімталдық білдіруінен және үлкен-кішкене бөлшектерге деген сезімталдығынан тұрады. Үнемді кодтау үрдісі немесе видеокескіндерді сығу осы артылып қалушылықтың азаюынан тұрады.

1988 жылы цифрлық видеосигналды сығу әдісі мен қайта қалпына келтіру әдісіне арналған арнайы сарапшылар тобы құрылды – Moving Pictures Expert Group (MPEG). Бұл зерттеулер нәтижесінде цифрлық теледидарлық сигналды сығудың халықаралық стандарты пайда болды, MPEG деген атақ алды.

Видеоны сығу стандарты. 1990 жылдың қыркүйек айында MPEG-1-ді 1–2 Мбит/сек ішінде кодтаудың стандарты көрсетілді. 1992 жылдың қаңтар айында MPEG-1 мен жұмыс аяқталып, MPEG-2 мен жұмыс басталды. Бұл жұмыс мақсатына 3 тен 10 Мбит/с жылдамдықтан тұратын мәлімет ағыны кірді. Дәл осы уақытта MPEG-3 пен жұмыс басталып кетті. Бұған мәлімет ағыны 20–40 Мбит/с кірді. Бірақ көп ұзамай MPEG-2 мен MPEG-3-тің алгоритмдік шешімдері ұқсас екендігі анықталып, MPEG-2-нің ағынын 40 Мбит/сек-қа көбейтуге болатындығы белгілі болды. Соңында MPEG-3 пен жұмыс тоқтатылды. MPEG-2 1995 жылғы қарай нақты жасалынып бітті.

MPEG-4 басында өте қатты төмен ағындармен жұмыс істеуге арналған стандарт болып ойлап табылды. Бірақ көп дайындық үрдісі кезінде стандартта айтарлықтай революциялық өзгерістер болды және төмен ағындармен сығу бұған біріккен бөлшек болып кіреді, соның ішінде үлкен емес, бұл форматқа қазіргі таңда кескіндерді және сөздерді синтездеу, бетті визуализациялау параметрінің сипаттамалары кіреді.

MPEG-5 пен MPEG-6 құрастыру кезінде өздерінің тиімсіздігін көрсетті,

сондықтан бұлармен жұмыс істеу тоқтатылды. Бұлардың құрылымы туралы ақпарат жоқтың қасы.

MPEG–7–ді құрастыру 1996 жылдан басталды. Видеоны сығу алгоритмына бұл стандарттың қатысы MPEG–4 қарағанда аздау. Себебі, бұл стандарттың негізгі мақсаты ағындарды басқару мен оларды бақылау болып табылады. МРС–7 сипаттамалары біздің қарастырғанымыздан шектен шығады. Осы уақытта тұрмыстық видеоны сығуға арналған Motion–Jpeg және Motion Jpeg2000 деген форматтар қатар болды.

### **1.7 Видеосигналдың құрылу алгоритмінің кейбір аспектілері**

1) Негізсіз кіру – кез келген кадрды табу мен көрсетуге арналған. Кадрға кіру нүктесі деп аталатын, бір біріне тәуелсіз сығылатын мәлімет ағынымен қамтасыз етіледі. Негізсіз кадрдың ізделу уақыты  $\frac{1}{2}$  секундтан аспауы керек;

2) Алдыға/артқа тез іздеу – бірінен соң бірі келетін кадрларды тез көрсетуге арналған. Ағындағы қосымша ақпаратты талап етеді;

3) Фильмнің кадрларын кері бағытта көрсету. Аз талап етіледі, бірақ бұл талапты орындау сығу дәрежесін тез азайтуы мүмкін;

4) Аудио–визуалды синхрондау – өте қатаң талап. Мұндағы ақпарат аудио мен видео жолдардың синхронды түрде болуы үшін қажет. Бұл жағдайда фильм көлемі едәуір ұлғаяды. Видеожүйе үшін бұл егер керекті уақытта бір кадрды көрсете алмасақ, онда одан кейінгі кадрды дұрыстап көрсетуіміз керек. Егер фильмді дауыссыз көрсетсек, онда шамалы немесе тез көрсетілімді рұқсат ете аламыз. Бірақ, видеосистема дауыспен үлгермейтін фильмді көру өте қиын;

5) Қателіктерге қарсы тұрақтылық – бұл талап көп каналда қателіктердің болуымен түсіндіріледі. Бөгеттермен бұзылған кескін тез қалпына келу керек. Бұл талап ағындағы тәуелсіз кадрлардың көп санымен қанағаттанады. Бірақ, бұл жағдайда сығылу дәрежесі азаяды, себебі экранда 2–3 секунд бойы «50–75 кадр» бір кескін тұруы мүмкін, бірақ біз ағынды тәуелсіз кадрлармен толтыруымыз керек;

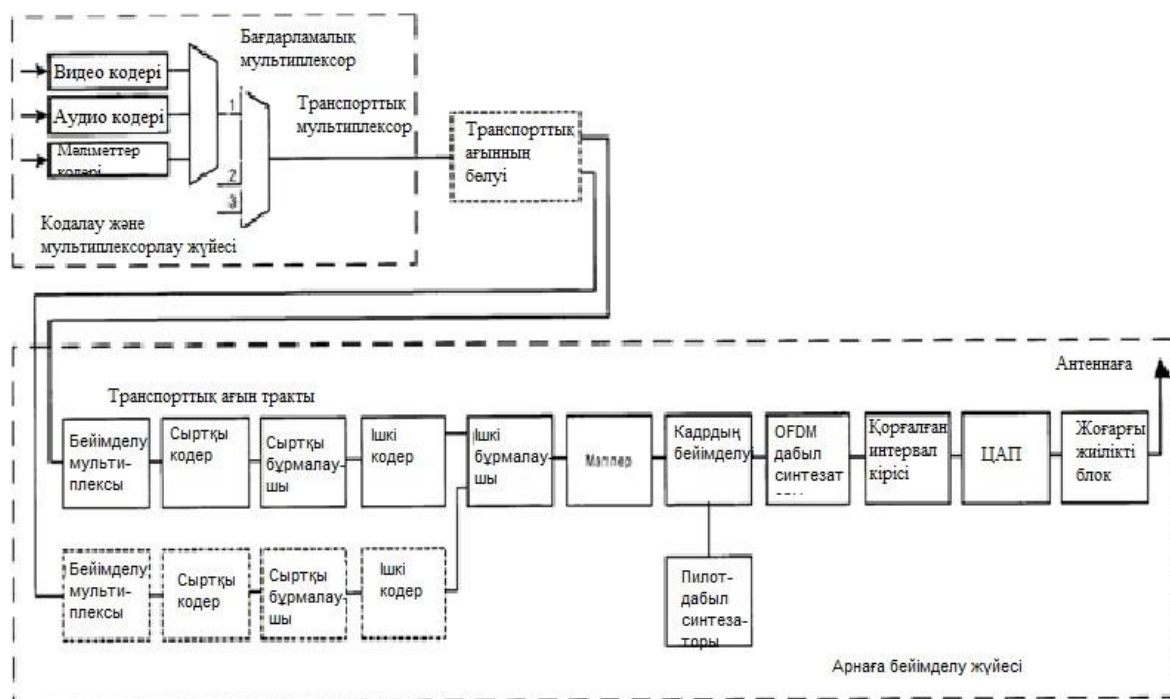
6) Кодтау/декодтау уақыты. Кодтау және декодтау жүйесінің аппараттық бөлімінің қиындығын және тез әсер етуін анықтайды;

7) Өзгерту. Өзгерту ұғымына барлық кадрларды тәуелсіз жазылғандай етіп өзгерту мүмкіндігін айтады. Масштабтылық – стандарты емес терезеде видеоны қарау оңайлығы;

8) Аппараттық қолданудың кішкене бағасы. Сығуды құрастыру кезінде оның соңғы бағасы бағаланып, ескерілу керек. Егер бағасы үлкен болса, халықаралық стандарттау алгоритм кезінде де, құрастырушылар өздерінің бәсекелес алгоритм мен шешімдерін ұсынады.

## 2 DVB–N жерүстілік цифрлық телевидениенің жүйесі

Жерүстілік ТД қамту жүйесі DVB–Т цифрлық ТД сигналдарының транспорттық MPEG–2 мультиплекторының шығуында 8 МГц стандартты жерүстілік радиоканал қамту аймағында сипатталатын техникалық амалдардың кешені. Стандарттың сипаттауында ЦТД–ның әр түрлі жүйелеріне арналған транспорттық мультиплексордың жалпы түрі бар. 2.1–суретте DVB–Т–ның функционалды схемасы көрсетілген.



2.1 - сурет – DVB–Т жүйесінің функционалды схемасы

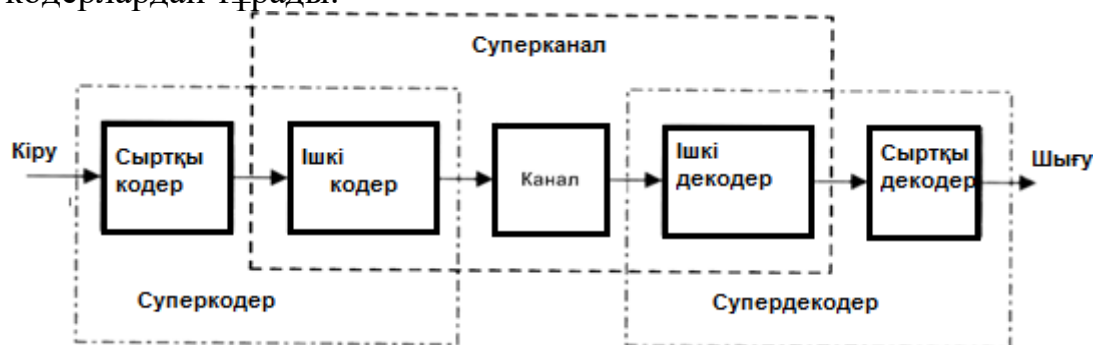
Кодтау көзі жүйесінің шығысынан және мультиплексорлау (видео, аудио және мәлімет ағынын біріктіру) кезінде ЦТД–ға бір ЦТД–дан әр түрлі приоритеттері бар 2 ағын құрайтын және транспорттық ағынды бөлетін мәлімет түседі. Ағынды бөлу және олардың тәуелсіз кодталуы әр түрлі шарттар кезінде сигнал қабылдау мүмкіндігін қамтамасыз етеді. Сигналдың жақсы дәрежесінде және таралуының жақсы шарттары кезінде қабылдаушы бір мәлімет ағынын жоғары сығу сапасымен декодрлейді. Шумды–сигналды шарт кезінде қабылдаушы басқа сығу сапасы төмен ағынды декодрлеуге кіріседі, бұл жағдайда қабылдау мүмкіндігі сақталады.

Каскадты кодтау. Сығудың өте үлкен дәрежесімен ағындарды жіберетін заманауи цифрлық теледидар жүйесі байланыс арнасындағы қателіктерге сезімталдығы жоғары. Сондықтан жүйеде кодтық сақтауға өте қатаң талаптар бар «бөгеттерге қарсы кодтаудың тиімділігі».

Бірлік және дестелік қателіктерді жоғары қабілеттілікпен жөндеуді каскадты кодтар және Форни коды иеленеді.

Каскадты код әр түрлі сипаттағы қателіктерді өзгертуге арналған 2 әр түрлі

кезектес кодерлардан тұрады.



2.2 - сурет – Каскадты кодтаудың принципі

Кодтаудың/декодрлеудің 2 дәрежесі каскадты кодтау сыртқы кодтау және ішкі кодтау/декодрлеу деп аталады. Ішкі кодтау мен сыртқы кодтаудың қосындысы үлкейтілген кодер немесе суперкодер деп аталады.

Егер сыртқы кодер  $r=k/n$  жылдамдықпен жұмыс істесе,  $n$ -кодтық кезектіліктің ұзындығы,  $k$ - ақпараттық кезектіліктің ұзындығы, және  $n>k$ , ішкі кодер  $R=K/N$  жылдамдықпен жұмыс істесе, каскадты кодтың кодтық жалдамдығы  $R^*=Rr$ , ал каскадты кодтың ұзындығы ішкі және сыртқы кодтың көбейтіндісіне тең  $N^*=Nn$ .

Бізге белгілі, код ұзын болған сайын оның түзетушілік қабілеті жоғары болады. Бірақ сондай кодтың декодрленуі қиындайды. Каскадты код үшін оның ұзындығы ондағы кодтардың ұзындықтарының көбейтіндісіне тең.  $N^*=Nn$ , онда декодер қиындығы осы кодтардың ұзындығының сомасына пропорционал. Мұндағы, каскадты кодтаудың басты артықшылығы – салыстырмалы жай декодерлеу кезінде үлкен түзетушілік қабілетін алуы.

Жай және каскадты кодтау кезінде параметрлерінің оптимизациялануы әр түрлі сипаттамалардан шығады.

Жай кодтау кезінде декодер ауқымды диапазонда жұмыс істейді, нөлдік практикалық қате ықтималдығы сигнал/шудың жақсв ара қатынасындаы  $P_{ош}$

$= 10^{-6}$  –  $P_{ош} = 10^{-8}$ , жеткілікті жоғары –  $P_{ош} = 10^{-1}$  –  $P_{ош} = 10^{-2}$ , нашар бөгеуілді шарттарда.

Практикада декодерді өте қиындатпау үшін, одан көп қателерді түзетуді талап етпейді және қабылдаудың жақсы шарттарына ыңғайланады. Онда қабылдаудың нашар шарттарында декодер көптеген түзетілмеген қателіктерді жіберуді бастайды.

Каскадты кодтау кезінде қателігі бар байланыс арнасына жақын ішкі кодер/декодерді салыстырмалы түрде көп қателікпен жұмыс істеу үшін таңдайды немесе олардың санын кішкене болса да азайту үшін. Осының әсерінен мәліметтердің аз қателіктерімен жұмыс істейтін сыртқы декодердің жұмысы оңайлайды және олардың бәрін түзей алады. Нәтижесінде декодер/кодердің осындай түрі қателіктерді олардың ықтималдығымен ауқымды диапазонда шешеді. Бұдан басқа, кодер/декодердің каскадты структурасы функционалды

түйіндердің бөлігін эфирлі, спутникті, кабельді жүйелер үшін жаңартуға мүмкіндік береді. Бұл тарату жүйелеріне ортақ нәрсе мәліметті өңдеу үрдісі кодтаудың сыртқы жүйесімен жүзеге асады, ал модуляция мен тарату ортасына тәуелді мәліметті қосымша өңдеу кодтаудың ішкі жүйесімен жүзеге асады. Бұндай жаңыру экономикалық жағынан жақсы және енгізу уақытын азайтады. Бұндай жағдайда цифрлық эфирлі тарату аппаратурасын құрастыру үшін спутниктік жүйеге және кабельді цифрлік таратуға арналған технологиялар және арнайы интегралды схемалар қолдануға болады.

Сыртқы кодтау ретінде DVB–Т жүйесінде Рид–Соломон циклдық коды бар блогты кодтау (екілік емес) ұзындығы 204 символдан тұратын кодты сөздегі сегіз символды қателікті түзей алатын минималды кодтау қашықтығы  $d_{min} = 17$  блогты кодтау алынған. Екілік емес кодтаудың символы ретінде ұзындығы 8 бит болатын (бір байт) вектор алынады. Бұл жағдайда бұл екілік емес 256–лық код. Осыған сәйкес кодтау/декодерлеу бойынша барлық әрекеттер екілік емес 256–лық кезектілікпен жүзеге асады. Осыған қарамастан біз қарастырған кодтау/декодерлеудің ережелері мен принциптері қалады.

Түзейтін жақсы кодтау іздеу кезінде, теориялық және тәжірибелік зерттеу кезінде олардың түзету қабілеттігі қателікпен болатын арнаның стандартты моделі ретінде аддитивті ақ гаусты шу–АБГШ қолданады. Дестенің әсер ету уақытындағы қателік ықтималдығы орташа ұзақ уақытты қателік ықтималдығынан өсіп кетеді. Нәтижесінде декодер қателік түзетуді қамтамасыз ете алмайды.

Дестедегі қателіктермен күресу үшін цифрлық байланыс жүйесінде араластыруды қолданады.

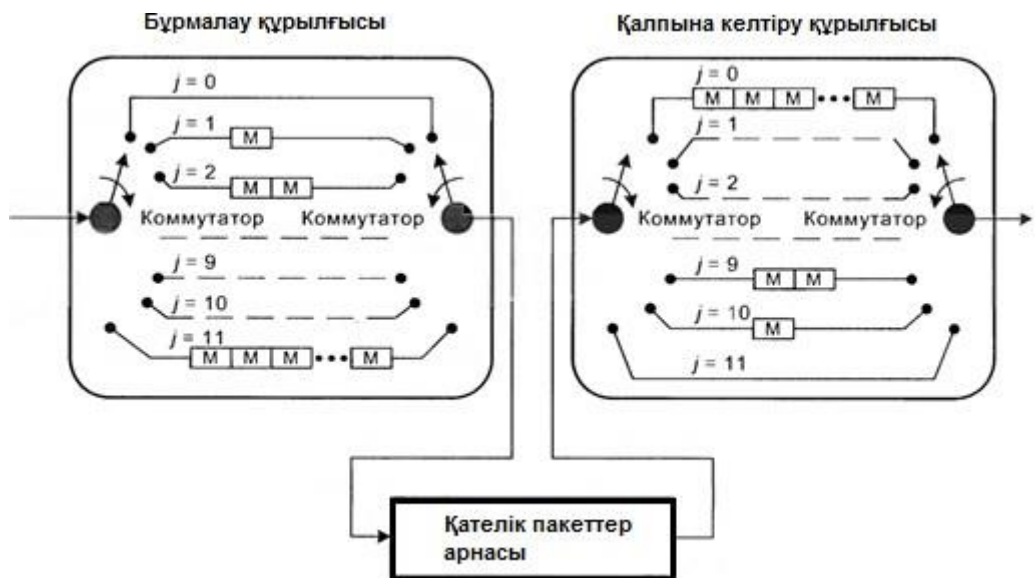
Көшіру үрдісі кодталған символдарды кезектілікпен жіберместен бұрын және декодерлеу үрдісі алдындағы үрдісі. Нәтижесінде, дестелік қателіктер декодер кірісіндегі жалғыз қателіктерге айналады.

Араластырғыштар периодты және кездейсоқ болады. Кездейсоқ араластырғыштар символдарды кездейсоқ тәртіппен орналастырады және олардың қасиеттері жақсы. Бірақ қолданыста олар периодты араластырғыштан әлдеқайда қиын.

Периодты аралыстыруда ағында мәліметтер белгілі бір тәртіппен болады. Жүйелі аралыстырғыштар блогты және свертті болады.

Блогты араластыру кезінде мәліметтер белгілі матрицаға тармаққа жазылады, содан кейін бағана бойынша саналады. Нәтижесінде, көршілес тармақтағы символдар бір бірімен тармақ ұзындығы бойынша таралады. Декодерленбестен бұрын мәліметтер дәл осылай тармаққа жазылады. Нәтижесінде, олардың жүру тәртібі қалпына келеді, бірақ арнадағы дестелік қателер тармақ ұзындығымен таралған жалғыз қателерге айналады.

ЦТК жүйесінде ең көп тараған свертті араластырғыштарға жатады, схемасы 2.3–суретте көрсетілген.



2.3 - сурет – Свертті араластырғыш

Бұндай араластырғыштар араластыру тереңдігімен сипатталады  $I$ , ол араластыру бұтағының санымен анықталады. Қазіргі жағдайда  $I=12$ . Араластырғыштың әр бұтағы – әр түрлі ұзындықтағы қозғалтқыш регистр, ол мәліметті регистрдің бойында ұстап тұрады. Нәтижесінде, каналдың кірісіндегі мәліметтер көлеміне таралады, ол араластыру тереңдігіне тең болады.

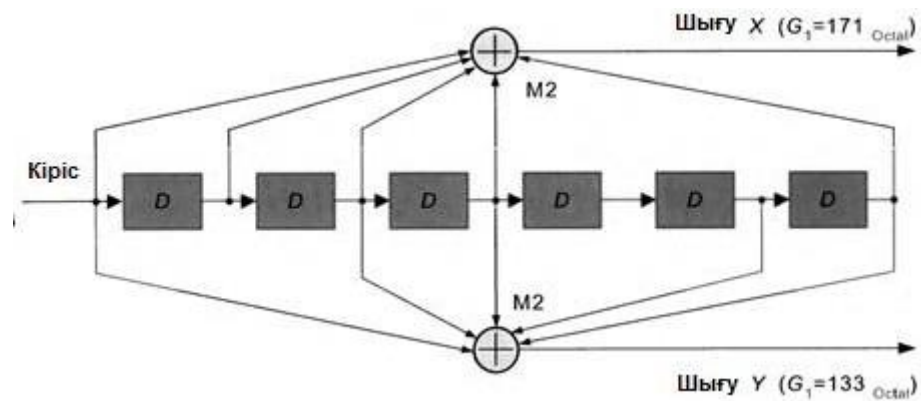
Қайта араластырғышта тосқауылдар керісінше орналасқан. Коммутатордың синхронды жұмысында араластырғыш пен қайта араластырғыштың шығысында мәліметтердің кезектілігі тұрақты тосқауылмен орнына келеді. Ондағы араластыру тереңдігі  $I=12$ . Сверттік араластырғыш/қайтараластырғыш сыртқы кодтау үрдісі кезінде қолданады және биттарға емес сыртқы кодтың сегіз битті символдарына қолданады.

Кодер/декодер ретінде DVB–T жүйесінде жай ғана сверттік кодтау қолданылады.

Жоғарыда айтып өтілген унификацияның себептері бойынша DVB–T ғы ішкі кодтау сұлбасы, DVB–S серіктік телеарна жүйесі секілді болып келеді. Алайда бұл техникалық көзқарас тұрғысынан оптималды шешім болмады, себебі DVB–T және DVB–S модуляция әдістерінде айырмашылықтар байқалады.

Ішкі кодерде берілген мәліметтер екілік сверттік код түрінде кодталады.





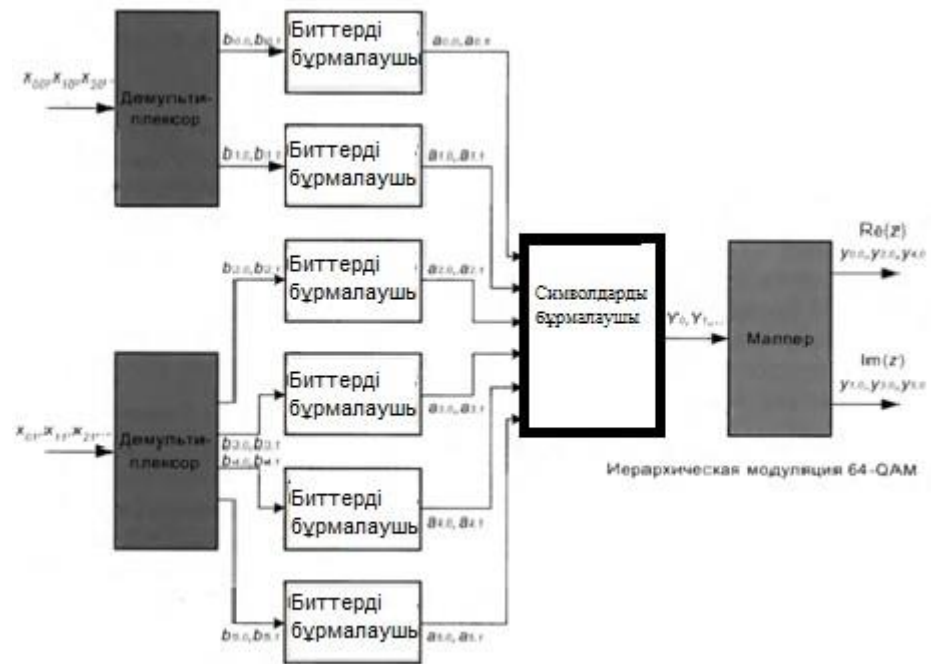
2.4 - сурет – Жады ұзындығы  $m = 6$  және жылдамдығы  $R=1/2$  теңсверттік код құрылымы

Бұл кодер үшін кодтың негізгі жылдамдығы  $R=1/2$  құрайды (бір кіріс символына екі шығыс тура келеді). Мұндай жылдамдық кезінде ішкі кодер/декодердың максималды түзеткіш қабілеті қамтамасыз етіледі. Бірақ мұнда кодердың шығысындағы биттер ағымы кірісімен салыстырғанда екі есе көп болып келеді.

Кодтың мұндай үлкен түзеткіш қабілетінің қажет болмайтын жағдайларда ішкі кодтың артықтығы азаю мүмкін (түзету қабілетінің азаю есебінен), ал кодтық жылдамдық  $R= 2/3, 3/4, 5/6$  және типті  $7/8$  дейін жоғарылайды. Бұл жүйемен орын алған жиілік жолағын тарылтады, немесе жолақтарды сақтау кезінде беру сапасын жоғарылатады.

Ішкі ауыстарғыштың құрылымдық сұлбасы, ЦТК берілулері үшін қандай модуляция түрін қолдануына байланысты болады (DVB жүйесінде модуляцияның әртүрлі түрлерін қолдану мүмкін).

Ішкі ауыстырғыштың құрылымдық сұлбасы ЦТК берілу кезінде модуляцияның қандай түрін қолданғанына тәуелді болады (DVB жүйесінде модуляцияның бірнеше түрін қолдану мүмкін). Ішкі кодердағы ауыстыру шарасы енді биттердің ағымының үстінен орындалады және айтарлықтай күрделі алгоритмнан тұрады. Мұнда бұл өте маңызды, себебі дәл осы суперканалда (ішкі кодерлеу/декодерлеу блогында) қателіктер пакеті туындайды. 2.5–суретте әртүрлі басымдылық және алғашқы модуляциядағы 64–QAM екі мәліметтер ағымымен жұмыс жасайтын айтарлықтай күрделі араластырғыштың құрылымдық сұлбасы келтірілген.



2.5 - сурет – DVB–Т жүйесінің ішкі ауыстырғыштың құрылымдық сұлбасы

Цифрлық теледидардың кабельдік (DVB–С) және спутникті (DVB–S) жүйелерінде желіге адаптацияланудың ішкі жүйелері. ЦТД жүйелерінің желілеріне адаптацияланудың ішкі жүйесі кодтауды дұрыстайтын, жіберілетін мәліметтердің құрылымын түрлендіретін және модуляциялайтын құрылғыларды біріктіреді. Және осы ішкі жүйе құрылымының түрі жіберілетін арнаның сипаттамасымен анықталады. Осы ішкі жүйенің спутниктік жүйеге және кабельдік теледидар үшін негізгі айырмашылықтарын қарастырып өтейік.

DVB–S жүйесі. Спутникті ТД тарату (SAT) жердің кез келген нүктесіне жоғары сапалы сигналды жылдам әрі сенімді жіберетін әдіс болған және солай болып қала береді. Жердің барлық жасанды таратқыш серіктері (ЖТС) геостационарлы орбитада орналасады – экватор жазықтығында ~36000 км биіктіктегі дөңгелек орбитада. ГО орналаса отырып, жер қабатына қатысты спутник қозғалысыз, өйткені ол жер айналатын бұрыштық жылдамдықпен айналады. Геостационарлы ЖТС көріну аймағы – жер қабатының үштен бір бөлігі.

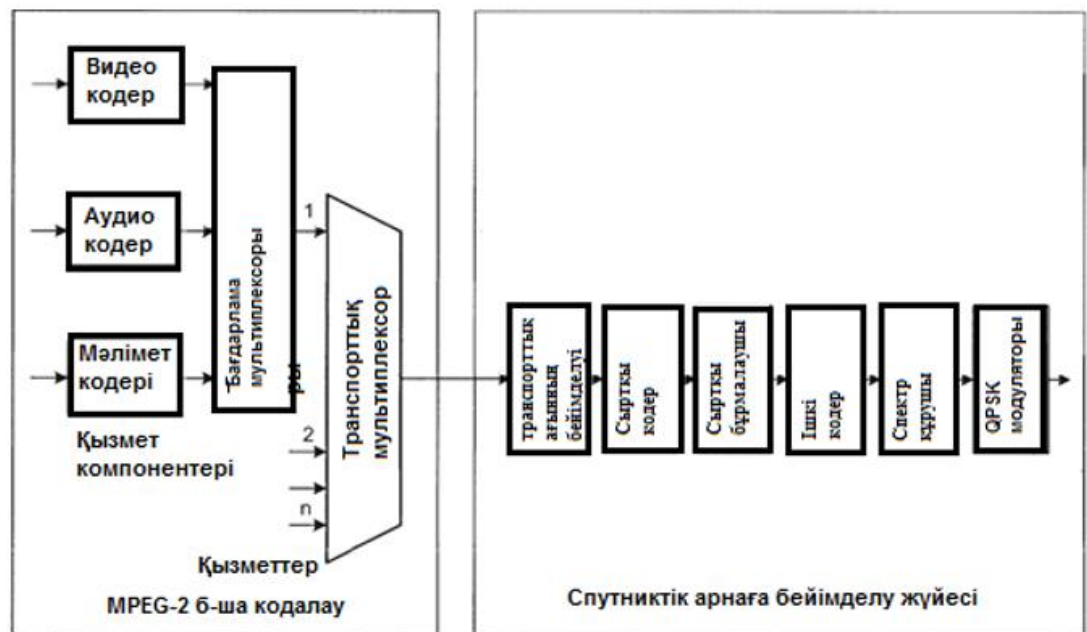
SAT таратуға радиожіліктік спектрдің арнайы аумақтары толқындардың сантиметрлік диапазонында берілген. Онда ЖТС қуаты ағынының жоғары тығыздылығы болады. 11,7...12,5 ГГц жиіліктері бар аймақтар көбірек игерілген.

Спутникті тарату ерекшелігі спутникті ретранслятордың энергетикалық потенциалының шектелгендігі болып табылады. Бұның арқасында SAT таратуында қабылдағыш кірісіндегі минималды қатынаста жұмыс істейтін шу/сигналды өңдеу әдістері қолданылады. Көбінесе, қуатты каскадты бөгеуілге

қарсы тұратын кодтау және көп емес еселіктермен (мысалы, жоғары жалдамдықты 16 QAM орнына QPSK) модуляциялауға тура келеді. DVB-S спутникті тарату стандарты DVB Project европалық бірлестігімен жасалынған. Ол үй қабылдағыш–декодерлерге тікелей қабылдаумен SAT қызметтерінің (10,7...12,75 ГГц) радиотаратушы және белгіленген жиіліктік диапазонында ТВЖ немесе ТВ таратудың көп бағдарламалы қызметтерін жеткізу үшін арналған, сондай ақ ол SAT жүйесіне коллективті ТД антеннасымен қосылған SMA TV (Satellite Master Antenna TV) және кабельды ТД жүйесі.

Қазіргі уақытта барлық практикалық цифрлық SAT ТД тарату барлық бес континетке DVB-S стандарты бойынша жүзеге асырылады.

DVB-S жүйесі спутникті арна сипаттамалары бар транспортты мультиплексор MPEG-2 шығысында цифрлық ағынды біріктіруді қамтамасыз ететін функционалдық блок. DVB-S таратушы бөлігінің құрылымдық сұлбасы 2.6-суретте келтірілген.



2.6 - сурет – DVB-S таратушы бөлігінің құрылымдық сұлбасы

DVB-T жүйесімен айтарлықтай ұқсастықтар бар, бірақ кейбір ерекшеліктер де бар. Оның арнаға адаптациясы үшін мәліметтер ағынының келесідей түрлендірулер орындалады:

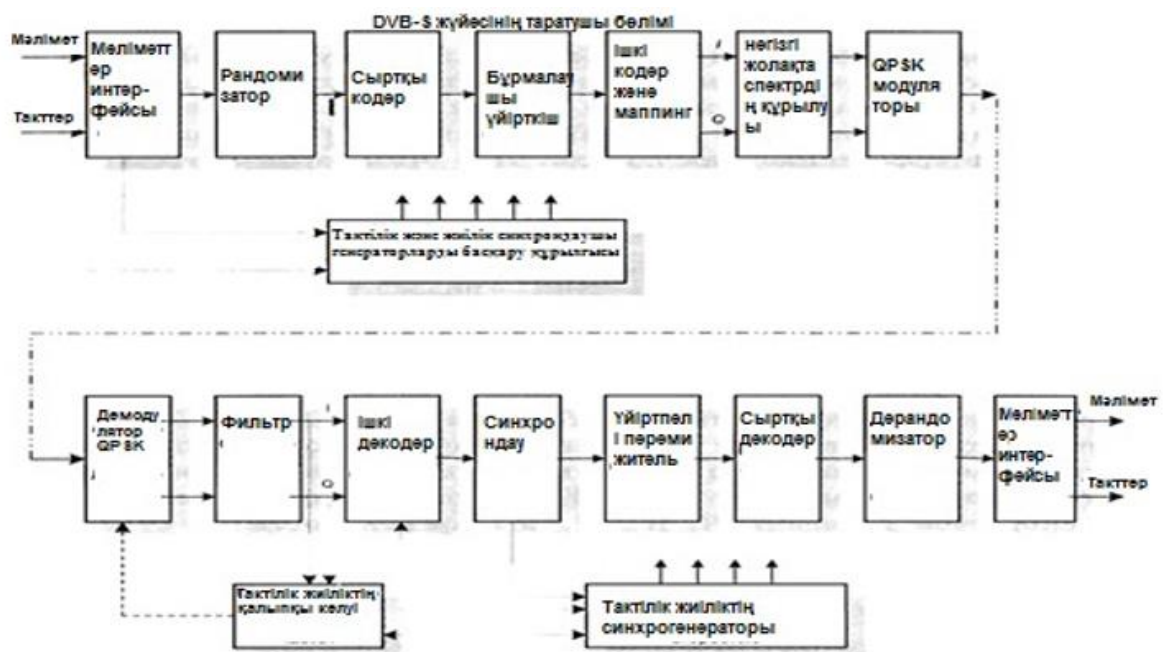
- спектрді түзеу үшін рандомизациялау;
- рида – Соломон блоктық кодымен сыртқы кодтау және оратылған орын ауыстыру;
- 1/2 жылдамдығынан 7/8 жылдамдығына дейін реттелетін екілік оратылған кодты қолданумен сыртқы кодтау; модуляция.

Спутниктік жүйелер үшін, айтылып кеткендей, энергетика бойынша шектеулер бар (ретрансляторға дейінгі үлкен қашықтыққа және

ретранслятормен шағылысатын қуатқа шектеуге байланысты). Сондықтан жүйеде қайта кодтау қателігінің минималды ықтималдығын қамтамасыз ететін Витерби бойынша қайта жұмсақ кодтауға сәйкес екілік оралған код және Рида–соломон коды негізінде каскадты кодтаумен бірге энергетикалық тиімді квадратты фазалық манипуляция QPSK қолданылады.

Ішкі кодер/декодерде DVB–T–ғыдай 1/2 ден 7/8 ге дейінгі аралықтағы жылдамдықты таңдауға мүмкіндігі бар. Нәтижесінде сағатына бірден көп емес дұрысталмаған қателік кепілденіледі, MPEG–2 декодер кірісіндегі қателіктер ықтималдығының  $= 10^{-10} - P_{ош} = 10^{-11}$  жуық шамасына эквивалентті.

DVB–S сұлбасында ішкі алмастырғыш жоқ. Бұл бөгеттердің спутникті арналарда әсер ететін статистикалық сипаттамасымен сипатталған (ақ шудың басқа бөгет түрлерін жаулап алуы, соның ішінде дестенің қателігіне алып келетін импульсты бөгеттер және сигналдың қатып қалулары). DVB–S толығырақ сұлбасы 2.7–суретте келтірілген.



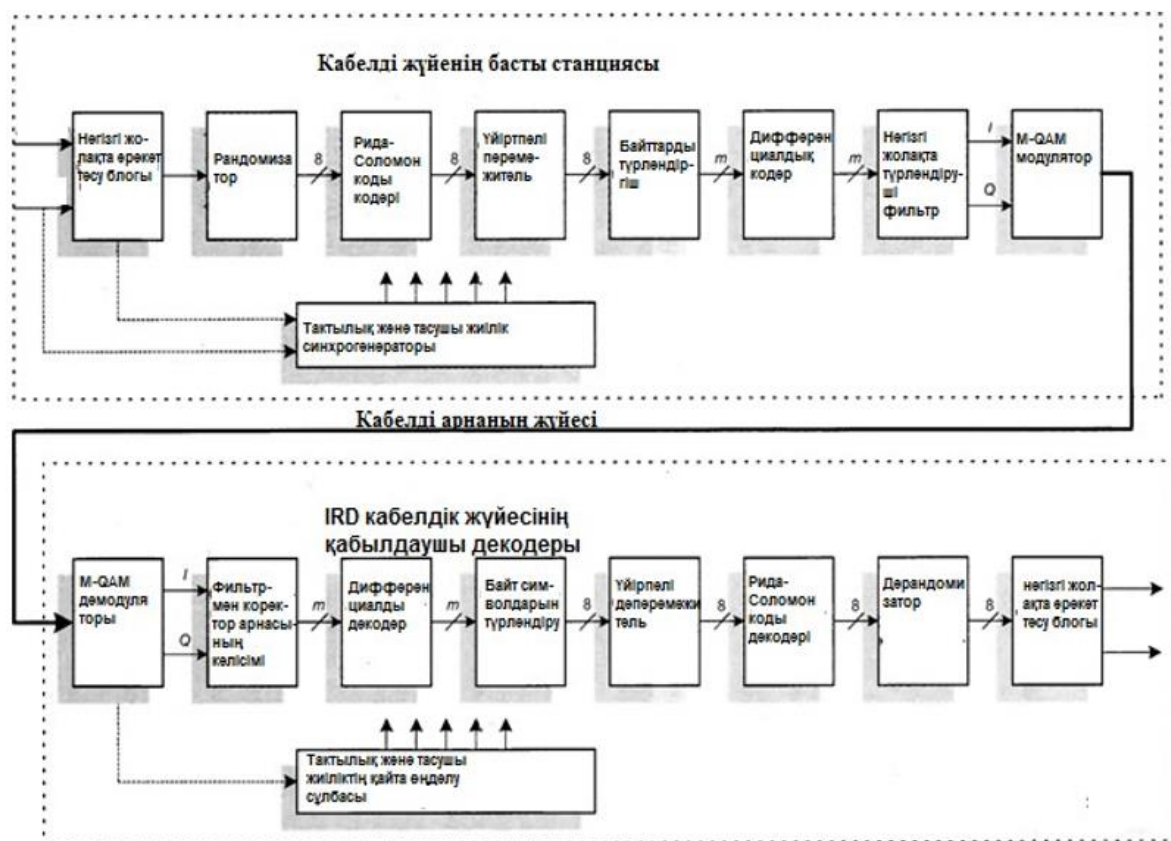
2.7 - сурет – DVB–S жүйесінің құрылымдық сұлбасы

DVB–T, DVB–S және DVB–C жүйелерінде қолданылатын модуляция сипаттамалары және әдістерін бірге және кейінірек қарастырамыз.

DVB–C жүйесі. Кабельді ТД жүйесі деп сигналдарды тарату және коаксиалды және оптоалшықты байланыс сызықтарын қолданатын мәліметтерді тарату жүйесін айтамыз. Кабельді ТД заманауи жүйелерінде жіберу жолдары, созылыңқы қиындылар бас бекеттен талшықты – оптикалық сызық түрінде орындалған, ал үйге жеткізу және үй ішілік бөлу коаксиалды кабель көмегімен орындалған кезде гибридті талшықты–коаксиалды сұлба бойынша құрастырылады.

DVB–C жүйесінің құрылымы DVB–S спутникті жүйесінің құрылымымен

максималды үйлеседі. Негізгі айырмашылығы 16–дан 256–ға дейінгі жоғары жылдамдықты M–QAM модуляция таңдауда және бөгетке тұрақты кодтау дәрежесінің төмендетуінде. 2.8–суретте DVB–С жүйесінің құрылымдық сұлбасы келтірілген.



2.8 - сурет – DVB–С жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Жүйенің кіріс сигналы, басқа да стандарттарға арналғандай, MPEG–2 транспортты ағыны болып есептеледі, ол жергідікті бағдарламалық көздерден немесе провайдердің технологиялық сызықтары бойынша спутникті сызықтан алынады.

Басқа да DVB жүйелері сияқты мәліметтер Рида–Соломон кодымен кодталады, және дестелік қателікті жою үшін оратылған қайта алмастыруға ұшырайды. Содан кейін мәліметтер Рида–Соломон кодымен кодтау үрдісіндегі байттық құрылыммен түрленеді, қолданылатын модуляцияның мәніне сәйкес келетін ұзындығы 4–тен 8 бит одан да қысқа кезектілікпен – кортеж болады (16–QAM үшін – 4 бит, 64–QAM үшін – 6 бит, 256–QAM үшін – 8 бит).

DVB–С жүйесінің ерекшелігі болып ішкі кодтау мен қайта кодтаудың, алмастырумен/қайта алмастырудың болмауы болып табылады. Бұл дестелік қателіктерді құратын кабельдік желі бөгеттерінің болмауымен және байланыстың жақсы энергетикалық сызығының болуымен сипатталды. Кабельдік желімен тарату шарттары үшін Рида–Соломон кодтауының өзі айтарлықтай жеткілікті.

Жүйенің дифференциалды кодер/декодер және қалыптастырушы сүзгі сияқты элементтері сондай ақ кабельдік желі қасиеттерімен сипатталады.

Дифференциалды кодтау кабельды желіге тұтынушының қосу/өшіру кезінде болатын тасушы сигнал фазасының секіруіне сезімтал емес.

Қалыптастырушы сүзгі негізгі жолақта модуляция кезінде фазалық манипуляциялық сигналды сипаттайтын жолақтық емес шағылысуды төмендетеді. Кабельды желілерде төмен өшулігі және арнадағы шулардың төмен дәрежесі және жолақ сыртындағы сигналдар желідегі шудың дәрежесінен әлдеқайда жоғары дәрежеде болуы мүмкін болғандықтан осыны жасау қажет.

DVB–T, DVB–S және DVB–C жүйелері өте қатты ұқсас, себебі, бір жүйеден екінші жүйеге көшуді жеңіл қабыстырады, кейбір жағдайларда бір жүйенің құрылымының бір бөлігін басқасын өңдеу үшін қолданады.

## 2.2 Цифрлы ТД жүйелеріндегі модуляциялау әдістері

Цифрлы байланыс жүйелерінде модуляция әдістері негізгі рөлді атқарады. Өзінің негізгі функциясымен қатар – жіберілетін цифрлық символдарды сигналдарға түрлендіру, модуляция үрдісі сигналды байланыс арнасы сипаттамаларымен сәйкестендірудің негізгі құраушысы болып табылады.

Цифрлы ТД жүйелерінде қандай да бір модуляция түрін таңдау еркіндігі бірқатар факторлармен шектеледі. Солардың біріне цифрлық тарату үшін бар жиіліктік жоспарларды, яғни белгіленген жиіліктерді және тарату жолағын қолдану қажеттілігі болып табылады.

Қазіргі уақытта теледидарлық тарату үшін әр түрлі елдерде 6,7,8 МГц жолақтары қолданылады. Ал ЦТД жүйелерінде таратылуы керек цифрлық ағын әдетте 20Мбит/с–тан бастап және одан жоғары болады. Яғни мәліметтерді таратудың салыстырмалы жылдамдығы, яғни 1 Гц жолақта секундына жіберілетін биттер саны 6 МГц жолағы үшін 4 (бит/с·Гц) бастап, ал 7–8 МГц үшін 3 (бит/с·Гц) дейін құрауы қажет. Басқаша айтқанда, 1 МГц жолақта 3–4 МБит/с–қа дейін мәліметтер ағынын жіберу қажет. Цифрлық модуляцияның ең қарапайым түрі – шамамен 1 (бит/с·Гц) спектрлік тиімділігі, яғни 1МГц жолақта 1МБит/с көп емес мәліметтер ағынын жіберуге мүмкіндік беретін екілік АМн, ЧМн и ФМн.

Осылайша, ЦТД жүйелерінде цифрлық модуляцияның басқа тиімдірек спектральді әдістері қолданылуы қажет.

ЦТД жүйесінде модуляция әдісін таңдауды анықтайтын екінші маңызды фактор болып арна энергетикасы болып табылады.

Желідегі сигналдың өшуі минималды болатын кабельді тарату жүйелерінде, сигнал/шуға қатысты мәселелер жоқтың қасы. Сондықтан да, бөгет тұрақтылығы жоғары емес өте жоғары спектральды тиімділігі бар модуляция әдістері қолданылуы мүмкін.

Спутникті тарату (DVB–S) жүйелерінде, керісінше, спутник–жер (ұзақтылығы шамамен 40000 км), жолында сигналдың өте жоғары өшулігіне

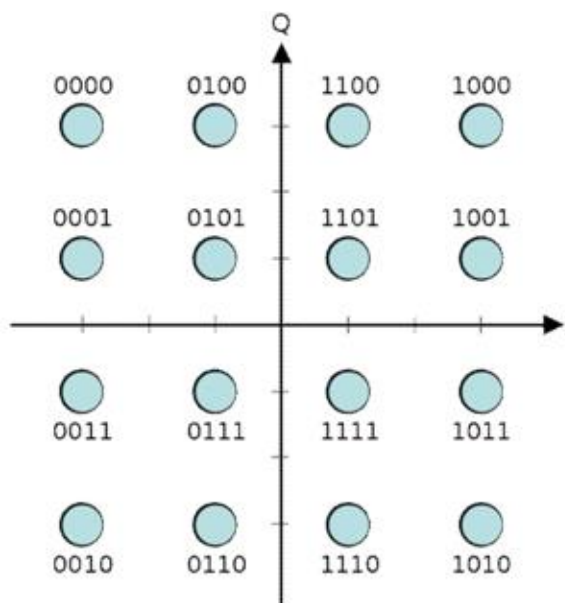
байланысты, модуляцияның бөгеуіл тұрақты әдістерін қолдану қажет. Бірақ әдетте олардың спектральді тиімділігі үлкен емес.

Жерүстілік тарату жүйелерінде (DVB-T) әдетте энергетика жеткілікті, бірақ сигналды көп сәулелік мәселесі бар. Сондықтан, көп сәулелілік әсерге тұрақты модуляция әдістері қолданылу қажет.

ЦТД жүйелерінде қолданысқа ие болған, айтылған шарттарды қанағаттандыратын негізгі модуляция әдістерін қарастырамыз.

Бұндай сигнал фазалық жазықтықта сигналдың амплитудасы және фазасымен сәйкес жазықтықта орналасқан нүкте болып көрсетіледі.

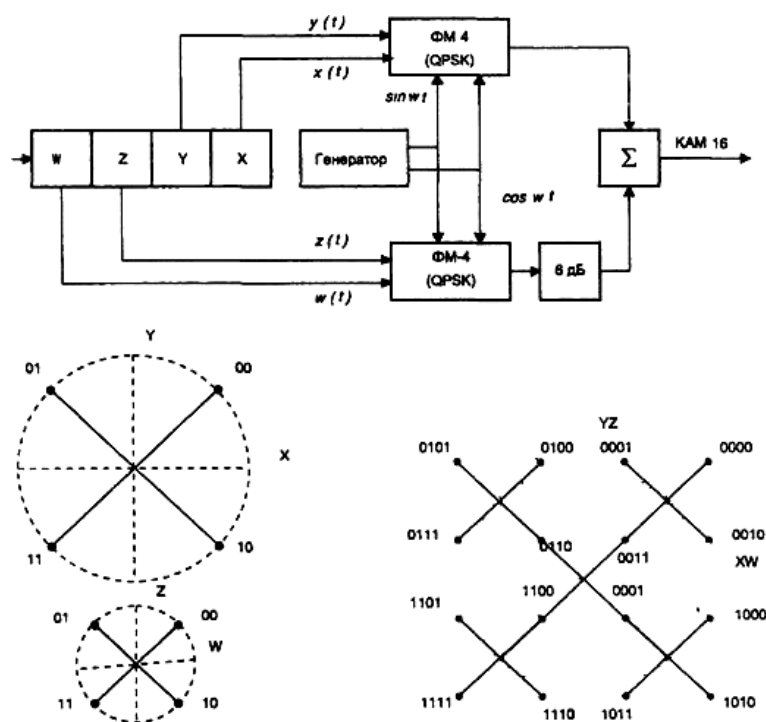
16-QAM модуляциясы үшін сигналдық жұлдыздар тобы 2.9-суретте көрсетілген.



2.9 - сурет – 16-QAM сигналдық жұлдыздар тобы

Әрбір арнадағы сигнал амплитудалары 4 мәнді ( $\pm 2$  деңгей), ал олардың 4 мүмкін болатын мәндері мен комбинациясы 16 әр түрлі сигнал мәндерін бере алады. Осылайша, 16-QAM қолдану кезінде 16 мәнді хабарламаның біреуін немесе 4 бит бір сигнал болуы мүмкін. Басқаша айтқанда 16-QAM қолдану кезінде мәліметтерді таратудың меншікті жылдамдығы 4 (бит/с·Гц) құрайды.

16-QAM практикалық жүзеге асыруының бірнеше әдістері бар. Олардың ең көп таралған түрі басумен болатын (SPM — Supersposed Modulation) модуляция болып табылады. Сонымен бірге, екі есе ерекшеленетін сигнал амплитудасымен 2 бірдей 4-QPSK модуляторы қолданылады. SPM модуляторының жұмысын сипаттайтын құрылымдық сұлбасы және диаграммалары 2.10-суретте келтірілген.



2.10 - сурет – 16–КАМ модуляторының функционалды сұлбасы

Қазіргі уақытта 7 және 8 (бит/с·Гц) меншікті жылдамдығымен 128–КАМ және 256–КАМ енгізу перспективінде 64–КАМ (бұл жағдайда жіберудің меншікті жылдамдығы 6 (бит/с·Гц) құрайды) қолданыста. Бұл айтарлықтай байланыс арнасының өткізгіштік қабілетін ұлғайтуға мүмкіндік береді, немесе, тарату жылдамдығын сақтау кезінде арна жолағын қысқартуға мүмкіндік береді. Бұл әсіресе арна энергетикасы жақсы және бар желілер бойынша көбірек ТД арналарды жіберуге тырысатын кабельдік желілер үшін маңызды.

### 2.3 Алматы облысында цифрлы телекөрудің құрылыс технологиясы

Қазақстан Республикасында Ұлттық жерсеріктік телерадио хабар тарату жүйесінің қызметі үшін Алматы облысында техникалық орталықтар жұмыс істеуде.

Төмендегі міндеттер шешілуде:

- эфирлік таратқыштар мен кабельдік операторлар желілеріне мемлекеттік және коммерциялық телерадио бағдарламаларды тарату;
- облыстық телерадио бағдарламаларды тарату;
- телекөпірлер, бейнеконференциялар мен бейне айналдыруларды ұйымдастыру;
- көп арналы телевизия қызметтерін ұсыну.

Желіге жаңғыртуды жүргізу нәтижесі негізінде келесі нәтижелер пайда болды:

- алматы, Астана және Орал қалаларының техникалық орталықтарында



DVB–S2/MPEG–4 жаңа стандартты кодтау және мультиплексирулеу жабдығы сатып алынды, жөнделді және тәжірибеге пайдалануға іске қосылды;

– авторлық құқықты сақтау және тікелей теледидарламаның ақылы топтамаға кіру мүмкіндігін жабу үшін NDS компаниясының шартты кіру жүйесі сатып алынды және жөнделді;

– тікелей теледидарлама желі қызметтерінің абоненттерін есепке алу және оны тарифтендіру үшін биллинг жүйесі сатып алынды;

– қазіргі нақты абоненттер үшін қабылдағыш жабдықты ауыстыру жүргізілді.

Жерүсті эфирлік телерадио хабар тарату желісінің цифрлық форматқа ауысуының дайындық кезеңінде төмендегі екі стандартта екі жақты көрсету жүргізілетін болады:

– мемлекеттік теледидарлама мен радио бағдарламалар;

– облыстық теледидарлама мен радио бағдарламалар;

– телекөпірлерді, бейне конференциялар мен бейне жазбаларды ұйымдастыру;

– республикалық коммерциялық теледидарлама мен радиобағдарламалар;

– ақылы теледидарлама бағдарламаларды топтамасы (DTH). Жаңғырту нәтижесінде төмендегі мүмкіндіктер пайда болды;

– қайта көрсетілетін нақты арналардың саны елеулі түрде көбеюде;

– жерсеріктік ресурстарды тиімдірек пайдалану;

– абоненттік төлемсіз міндетті түрдегі жалпыға қолжетімді топтамалардың құрамындағы қазақстандық бағдарламаларды республикамыздың кез–келген нүктесінде қабылдануын қамтамасыз ету (әсіресе жерүсті телерадио хабар таратумен қамтылмаған тұрғын халық үшін);

– «Женева–06» қол қойылған келісімге сәйкес жерүсті эфирлік хабар тарату желісін цифрлық стандартқа бір қалыпты ауысуды жүзеге асыру, сонымен қатар бұл келісім бойынша тізіміне Қазақстан Республикасы кірген, қатысушы – мемлекеттер үшін аналогты хабар таратудан цифрлық хабар таратуға ауысудың соңғы мерзімі 2015 жыл деп анықталған.

### 3 Есептеу бөлімі

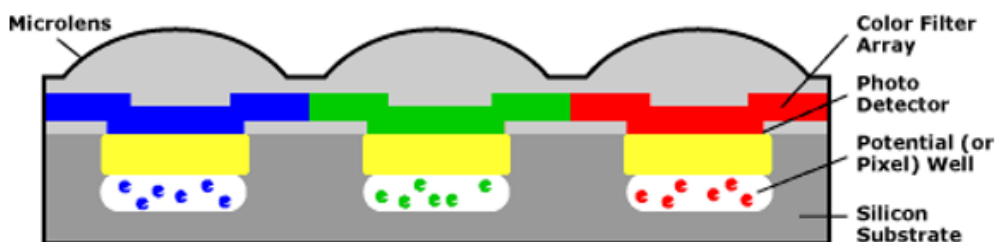
#### 3.1 Түрлі түсті кескінді құрастыру элементтері

ПЗС–матрицаларының жарықсезгіш ұяшықтары – бұл ұяшыққа түсетін тек жарық интенсивтілігін анықтайтын құрылғы: фотон қаншалықты көп түссе жарықтылығы көп болады немесе керісінше. Сонда ПЗС–матрица тек ақ–қара кескіндерді құрайды. Дискретті түрлі түсті кескінді қалай алуға болады?

Әртүрлі әдістер бар, олардың барлығы негізгі түсті кескіндердің біршамасына толық түсті кескінді жаюдың әртүрлі әдістеріне негізделген. Түсті интерполяциялауы бар әдістер танымал болып есептеледі.

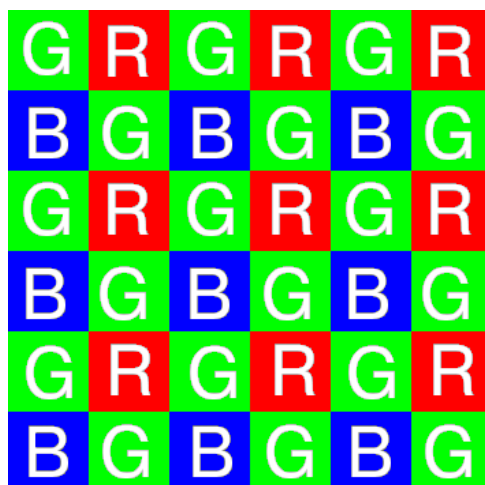
Олардың негізінде келесі принцип жатыр: жарық сүзгіш арқасында жарық сезгіш матрицаның әрбір нүктесі негізгі түстердің біреуін ғана белгілейді (мысалы – R, G и B). Ал толықтүсті кескін осы негізгі түстердің кескіндерінің қосындысы жолымен алынады.

Әр пикселге өзінің негізгі түсі сәйкес келуі үшін, оның үстіне сәйкес келетін түстің сүзгіші орналасады. Фотондар пикселге түспес бұрын бірінші сүзгіштен өтеді, ол тек өз түсінің толқындарын өткізеді. Басқа ұзындықтағы толқындар (басқа түстегі) сүзгішпен жұтылады (3.1–сурет).



3.1 - сурет – Толықтүсті кескінді үш негізгі түске жаю

Әр қолдану үшін өзінің түрлі түсті сүзгіштің массивтері жасалады. Бірақ ең танымал түрі Байер моделінің түрлі түсті сүзгіш массиві болып табылады. Бұл технология 70–жылдарда кеңістіктік бөлу ауданында зерттеу кезінде ойлап табылған. Бұл жүйеде сүзгіштер шахматы түрде араласып орналасқан, ал жасыл сүзгіштер саны қызыл және көк түстіге қарағанда екі есе көп. Сонда орналасу реті қызыл және көк сүзгіштер жасылдардың арасында орналасқан (3.2–сурет).



3.2 - сурет – Байера сұлбасы

Бұндай сандық арақатынас адам көзінің құрылысына байланысты, адам көзі жасыл түске сезімталдырақ. Ал шахматы тізбек сіздің камераны қалай ұстап тұрғаныңызға (тік немесе көлденең) қарамастан түсі бойынша бірдей кескінді қамтамасыз етеді. Барлық үш сигналды бір толық түстіге біріктіру сигнал аналогты түрден цифрлық түрге түрленіп қойылған процессорда жүреді.

Түс интерполяциясы шамамен келесідей сұлба бойынша жүргізіледі. Төрт қызыл және жасылмен қоршалған В пикселі бар. Барлық төрт пиксел арасындағы орташа шама анықталады, бұл ағымдық G шамасы. Ағымдық көк пикселді қоршайтын қызыл пиксел де дәл осылай жасалады – бұл R болады. Нәтижесінде толықтүсті RGB пикселі пайда болады.

### 3.2 Аналогты – цифрлы түрлендіру

Цифрлық қалыптастырудың бастапқы көрсеткіштері. Цифрлық кескінді қалыптастырудың келесі қадамы RGB пикселінің (R, G және B негізгі үш компонентінен тұратын) аналогты шамаларын цифрлық формаға түрлендіру – екілік сандарға түрлендіру болып табылады. Әрбір түсті компонентті сипаттау үшін 8–битті сандарды (әрбір түсті компонентаны кванттау 256 деңгейде) қолдану қабылданған. Нәтижесінде, толық RGB пикселіне 24 бит қажет болады. Жоғары сапалы студиялық қосымшаларда 10–битті көрсетілу қолданылуы мүмкін, онда RGB пикселіне 30 бит қажет болады.

Аналогты–цифрлық түрлендіруді орындау үшін R, G және B түстік ағындары АЦТ беріледі (барлық компоненттер бір АЦТ–ға кезек бойынша немесе әр компонента жеке АЦТ–ға). Нәтижесінде АЦТ шығысында кадрдағы пиксель санымен және кадрдағы бір секундтағы жиілікпен анықталатын R (бит/с) жылдамдықты биттік ағын қалыптасады:

$$R \text{ (бит/с)} = M \text{ (кадр/с)} * N \text{ (пикс/кадр)} * K \text{ (бит/пикс)} \quad (3.1)$$

Кесте 3.1 – АЦП кірісіндегі цифрлық кескін кодасының жылдамдығы

Формат	Пикселдардың толық саны	Кадрлар өзгеру жиілігі кадр/сек	Поток жылдамдығы Мбит/с
Low rate CIF	76800	16	29,5
NTSC (480i)	345 600	30	250
PAL (576i)	414 720	25	250
HD 720p	921 600	30	6.635
HD 1080	2 073 600	25/30	15.000
2К	3 186 688	24/48	36.710
4К (полный кадр на 35 –мм киноплёнке)	12 746 752	60	230.000
5К(1:2)	12 500 000	60	230.000

Бұл кестеге бір қарағаннан ақ, бұндай мәліметтер ағынын олар қаншалықты кең жолақты болмасын бар байланыс арналарымен жіберу мүмкін емес деп айта аламыз. Бұл цифрлық ТД желімен сигнал тарату кезінде, үлкен емес сапамен, эквивалентті NTSC немесе PAL–мен біз тек екі ТД арнасын ғана жібере алатын едік.

### 3.3 RGB түсті кеңістікті есептеу RGB түстерінің құраушылары

RGB түстік кеңістікте түсті бейне пиксельдері, қызыл (Red), жасыл (Green) және көк (Blue) түстерінің салыстырмалы арақатынасын көрсететін үш мән арқылы алынады (көрінетін жарықтың негізгі үш құраушысы). Кез келген түсті, қызыл, жасыл, және көк түстерінен, керекті пропорция комбинациясынан алуға болады.

Қауіпсіз түсті кестесін, барлық мүмкін болатын негізгі түстер RGB комбинацияларының әр түс үшін 1/6 қадамымен анықталады. Оң алтылық санақ жүйесіндегі мәндер, кестені толтыруында келесідегідей болады: 00, 33, 66, 99, cc, ff. Барлығы 216 қауіпсіз түстер болады.

Түсті кеңістікте RGB 0–ден 255–ке дейін мәндерді қабылдайды: мұнда 0 сол түстің бейнеде жоқтығын, 255 сол түстің толық түсі.

3.3 сурет 9 бөлікке бөлінеді де, әр бөлік үшін (3.4–сурет) R,G,B (қызыл, жасыл және көк құраушылары) орташа мәндері алынады.



3.3 - сурет – Мысал ретінде алынған бейне



3.4 - сурет – 9 бөлікке бөлінген бейне

RGB кеңістігінде, түсті бейнелерді көрсетілуге жақсы бейімделген. Бейнеден RGB алу, бейнені қызыл, жасыл және көк құраушыларын сүзгілеп, жеке сенсорлы матрицалардың ұсталуына негізделген. Түсті электрондық–сәулелік трубкалар CRTs (Cathode Ray Tubes) мен сұйық кристаллды дисплейлер RGB–бейнесін, әр пиксельдің қызыл, жасыл және көк құраушыларын, интенсивтілігіне сай жарықтандырып алады. Егер дисплейге жәй көруші ретінде қараса барлық құраушылары бірыңғай «дұрыс түске» ауысады.

3.5–суретте түсті бейненің барлық түстері көрсетілген, қызыл, жасыл және көк құраушылары: қызыл құраушысы R, барлық қызыл элементтерден тұрады, жасыл құраушысы G барлық жасыл элементтерден, көк құраушысы B барлық көк элементтерден, бірақ қызыл түс ашық түсті болып көрінеді. Анықталған түстердің диапазоны A–қосымшада көрсетілген, сол арқылы R,G,B мәндері алынды.



3.5 - сурет – Түсті кеңістіктің қызыл құраушысы

3.6–суретте түсті бейненің барлық түстері көрсетілген, қызыл, жасыл және көк құраушылары: қызыл құраушысы R, барлық қызыл элементтерден тұрады, жасыл құраушысы G барлық жасыл элементтерден, көк құраушысы B барлық көк элементтерден, бірақ жасыл түс ашық түсті болып көрінеді.



3.6 - сурет – Түсті кеңістіктің жасыл құраушысы

3.7–суретте түсті бейненің барлық түстері көрсетілген, қызыл, жасыл және көк құраушылары: қызыл құраушысы R, барлық қызыл элементтерден тұрады, жасыл құраушысы G барлық жасыл элементтерден, көк құраушысы B барлық көк элементтерден, бірақ көк түс ашық түсті болып көрінеді.



3.7 - сурет – Түсті кеңістіктің көк құраушысы

### 3.4 БС арасындағы өзара бөгеттерді есептеу

Қазіргі уақытта рандомизация байланыс жүйелерінде кеңінен қолданылады, соның ішінде байланыс арналарында, мысалы бірдей жиілікте жұмыс істейтін базалық станциялар арасындағы бөгетті төмендету үшін. Цифрлық ТД жүйелерінде рандомизация екілік символдар ағынын «кездейсоқты», ал сигнал спектрін бірқалыптыға жақынырақ етеді, ақ шум көрінісінде қабылдауда қателіктер ықтималдығының аз орташа мәнін қамтамасыз етеді.

DVB–Т–дағы рандомизация үрдісі бастапқы екілік мәндерді 2 модулі бойынша қосу жолымен орындалады.

DVB–Т–дағы рандомизация үрдісі кездейсоқтық кезектілікпен оналасқан максималды ұзындықтағы кері байланыстағы қозғалтқыш регистрдің 2 екілік мәліметінің қосылу жолымен болады.

M–кезектіліктің DVB жүйесінде параметрі мына түрдегі полиноммен беріледі.

$$G(X) = 1 + X^{14} + X^{15} \quad (3.2)$$

мұндағы:  $L = 2^{15} - 1$  кезектілік ұзындығы (қайталану периоды).



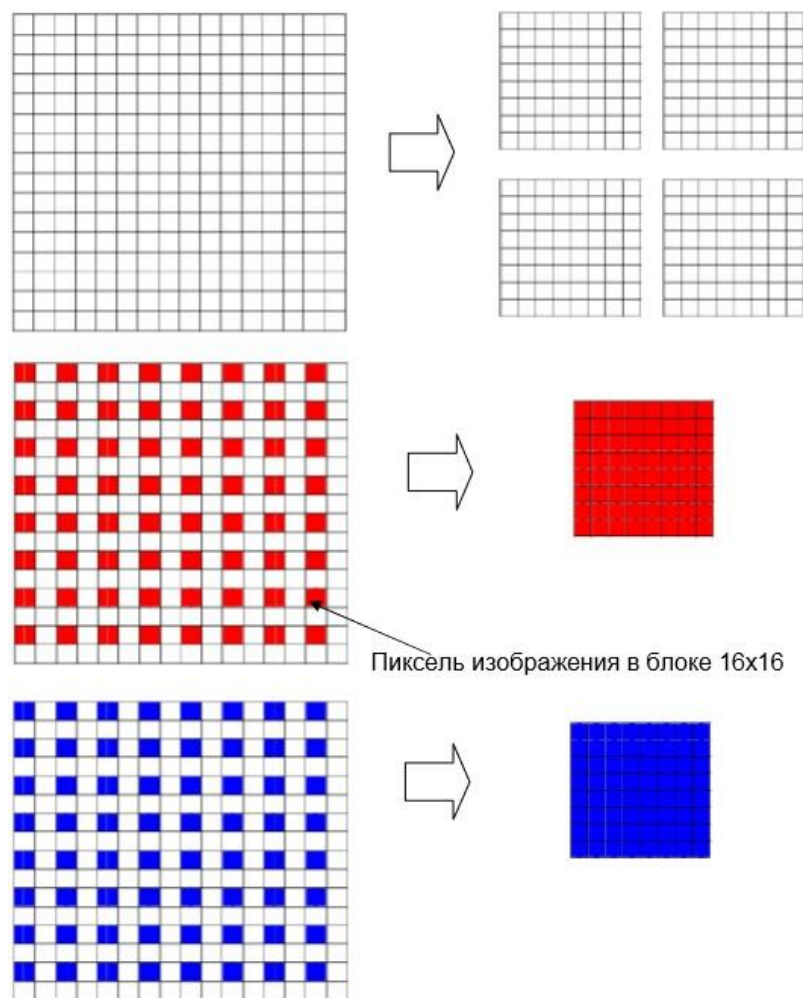
3.11 - сурет – Мәліметті рандомизациялау

Жүйенің қабылдау жағында кері түрлендіру болады – дерандомизациялау. Бұл да сондай кезектілік нүктесі бар 2 қабылданған мәліметтің модулінің қосылуымен болады. Рандомизация үрдісіне мысал келтірейік.

RGB түрлі түсті кеңістігінен YUV кеңістігіне өту келесі мүмкіндіктерді береді. Соның әсірінен адамның көзі жарыққа қарағанда түстерге сезімтал емес келеді, сондай-ақ түс рұқсат еткіш қабілеті де аз болады, енді жарықтықты және түстік компоненттерді сығатын және дискреттейтін мүмкіндік пайда болады. Жарықтық компоненті, оған адам көзі сезімтал келеді және кішкене бөлшектерді де айыра алады, сондықтан бөлшектерде түстік компоненттерге қарағанда көп дискреттеу керек және жоғалту дәрежесі аз мөлшерде сығу қажет. U және V түс тасығын компоненттер, оларға адам көзі сезімтал емес келеді және оларды жиі дискреттеуге және жоғалту дәрежесі көп мөлшерде сығуға болады. U және V түс тасығыш компоненттердегі дискретизация қадамын үлкейту осы компоненттердің санын 2 есе жиілету арқылы жасалынады. Бұл кезде, U компонентінің жарықтық дискретизациясы өзгеріссіз қалады. Y, U және V 3 компонентінен тұратын кескін блоктарға бөлінеді, өлшеме 16x16 пиксель болады (әр 3 компонентке жеке). Содан соң U компонентінің 16x16 өлшеміндегі блогы дискретизация қадамын сақтайтын 8x8 өлшемінде болатын 4 блогқа бөлінеді, ал түс тасығыш U және V екі есе жиіленеді, және олардан U және V өлшемі 8x8 болатын бір бірден блог пайда болады, бірақ етуі екі есе аз болады. Нәтижесінде, Y, U және V 16x16 өлшемдегі пикселдер (768 пиксел) 8x8 пикселден тұратын 6 блогты құрайды (384 пиксел). Мұндағы кодталатын мәліметтер көлемі екі есе төмендейді.

Тағы да айта кетсек, мәліметтер көлемінің бұлай қысқаруы кескіннің сапасының төмендеуіне алып келеді, өйткені көздің түс компоненттерге сезімталдығы жарық компоненттеріне қарағанда аз.

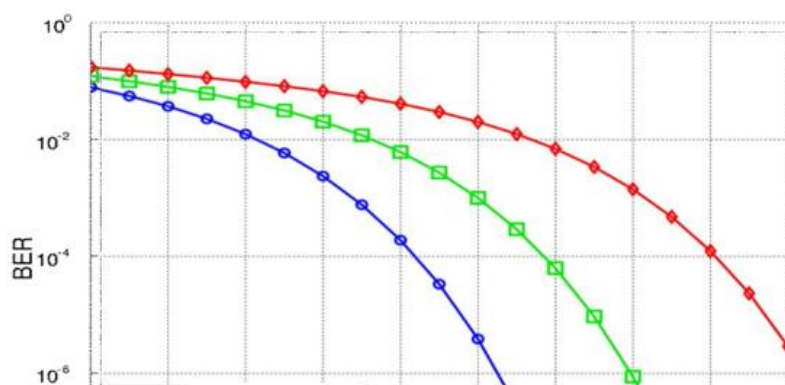




3.12 - сурет – Макроблогты дайындау

Мұндай үрдіс кезіндегі нәтиже  $U$  компонентіндегі  $8 \times 8$  өлшеміндегі 4 блок,  $U$  және  $V$  түс тасығыш компонентіндегі әрқайсысының өлшемі  $8 \times 8$  болатын пикселдер макроблок деп аталады. Және ары қарай барлық әрекеттер макроблокпен жүзеге асады.

Ағындағы кадрды қандай етіп көрсетсек макроблоктар әр түрлі болып сығылуы мүмкін. Бұл принцип әр түрлі сипаттағы қозғалыстағы кескіндерді сығу кезінде ыңғайлы етеді. Осыған сәйкес, қателік ықтималдығын сақтап қалу үшін, байланыс арасындағы сигнал/шу қатынасын үлкейту керек болады. Бұл дегеніміз, жоғары қысқалықпен болатын фазалық манипуляцияны байланыс арнасындағы жоғары потенциалдық энергия кезінде қолдануға болады деген.



3.13 - сурет – Сигнал/шу қатынасына ықтималдылық тәуелділігі

Осылайша,  $M$ -PSK көппозициялық фазалық манипуляция спектрлі тиімділігі көп болса да,  $M$  модуляциясының қысқаруының үлкеюінен бөгет тұрақтылық қасиетін жоғалтады, ал бұны сигнал/шу қатынасы тек жақсы арнада қолдану керек деген сөз. Мысалы, DVB-C кабельді желісінде.

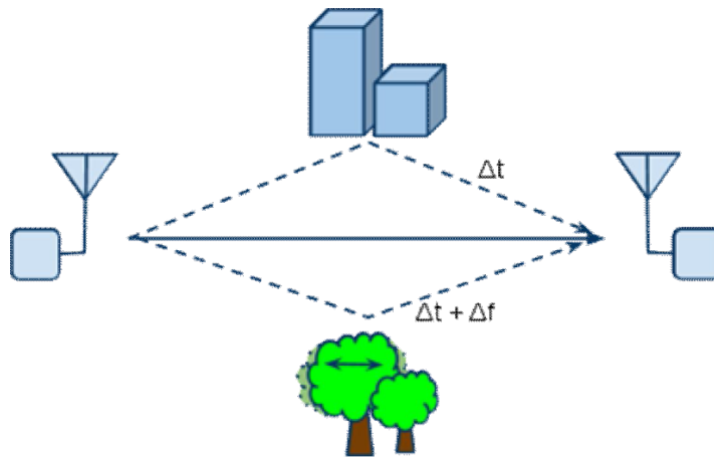
Квадратты амплитудалы модуляция (QAM) – бұл фазалық модуляцияның әрі қарай дамыған түрі. Жаңа ғана көргеніміздей, фазалық модуляция 2 модульді-амплитудалық сигналдың қосылуымен болады, нәтижесінде арнада фазалы-модульденген сигнал пайда болады.

Бұл әдіс фазомодульденген сигналдың квадраттық түрі деп аталады, бұл әр квадраттық канал бір біріне тәуелсіз модульденеді және амплитудасы бойынша. Осылайша, сигналдың 2 координатасы өзгереді – фазасы және амплитудасы.

### 3.5 Көпсәулелі каналды есептеу

OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing) – цифрлы модуляцияның сұлбасы болып табылады, мультиплексорлы каналды ортогоналды жиілікке бөлу, мұнда цифрлы мәлімет ортогоналды тасушылар көп болады. OFDM ді қолданудың басты артықшылығы болып, стандартты модуляция түріне қарағанда бір тасығышпен модуляция тарату арнасындағы қиын шарттарға төтеп береді. Сондықтан қазіргі уақытта, байланыс жүйелерінің OFDM-ға көшуі басты назарға алынып отыр, бөгеуілдері қиын байланыс арнасының басты себебі, көп сәулелі тарататын сигналмен байланысында.

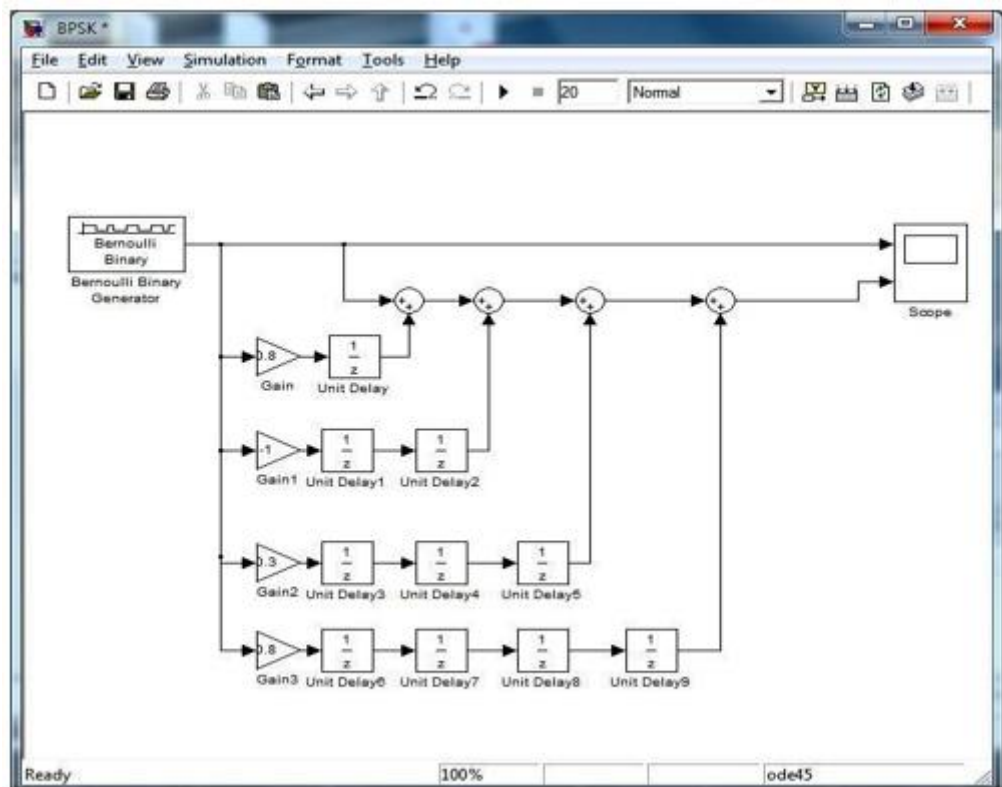
Бұл бөгеуілдің түрі әр түрлі этажды қалаларда болады, радиосигналдың бір ғимараттан екінші ғимаратқа көшуінен.



3.14 - сурет – Радиодабылдың бір ғимараттан екінші ғимаратқа көшу ұстанымы

Байланыс жүйелерінде символдарды тарату жылдамдығы (көбіне – телевизиялық тарату) әдетте секундына бір мегабиттен тұрады, символ ұзақтығы бір микросекундтан 10 микросекундқа дейін.

Осылайша, әр уақытта қабылдаушы кірісіне бірдей кезектесіп келген символдар түседі,  $\Delta t$  уақытта кезектесіп келген. Бұл жағдайда, қозғалу көлемі символдың кішкене бөлігінен немесе бірнеше символдан тұрады.



3.15 - сурет – Simulink моделінің көпсәулелі арнасы



3.16 - сурет – Көпсәулелі арна арқылы алынған екілік цифрлық тізбек

Көп сәулелі таралу сигналдарымен байланысқан қателіктерді қалай жоюға болады? Көпсәулелі сигнал таратумен күресудің көп түрі бар. Мысалы, ТД–қабалдағышта көпсәулелілікпен күресудің бір жолы ТД–антеннаны бірден жіберу, олар сигналды тек бір бағытта қабылдайды. Әдетте, осылай аналогты жүйелердің дәстүрлі коллективті қабылдауында жүзеге асады. Бұны ЦТД–да жасауға болады. Бірақ бұнымен мәселе шешілмейді, ТД–қабылдағыштағы қабылдауды сенімді деп айта алмаймыз. Осындай мәселе, ұялы байланыста, әсіресе қалалық жерлерде кездеседі.

Кейбір байланыс жүйелерінде көп сәулелілік әсермен күресу эквалайзинг деп аталатын жолмен жүзеге асырылады. Оның мағынасы, көп сәулелілік сипаттамасын (қосымша жолдар бойынша қабылдау нүктесіне келген сигналдардың амплитудасы және кідірісі) анықтау және осы сигналдардың орнын толтыру жатады. Ол үшін көп сәулелі байланыс арнасымен кейбір белгілі екілік тізбегі  $S$  береді, және қабылдағыштың шығысында қабылданған  $U$  сигналы бақыланады (3.17–сурет).  $U$ ,  $S$  және  $H$ –тан  $z$ –түрлендіру жасап, келесідей жазуға болады

$$U(z) = S(z) \times H(z), \quad (3.3)$$

Мұндағы:  $S(z)$  – белгілі жіберілген тізбектіліктен  $z$ –түрлендіру,  $U(z)$  – қабылданған сигналдың  $z$ –түрленуі,  $H(z)$  – көп сәулелі арнаның белгісіз жиіліктік сипаттамасы. Онда соңғысын, келесідей табуға болады:

$$H(z) = U(z)S^{-1}(z) \quad (3.4)$$

Егер аз уақыт аралығында арнаның жиіліктік сипаттамасы (көп сәулелілік сипаттама) өзгермесе, көп сәулелілік құратын фильтр сипаттамаларына кері сипаттамасы бар қалыпқа келтіргіш  $H^{-1}(z)$  фильтрін жасауға мүмкіндік береді, және сонымен еркін  $P$  тізбектілік үшін көп сәулелілік эффектісінің орнын толтырады:

$$V(z) = [P(z)H(z)]H^{-1}(z) = P(z) \quad (3.5)$$

Мұндай процедура сызықты эквалайзинг немесе түзету деп аталады. Ол GSM ұялы байланыс жүйесінде көп сәулелілік компенсациясы үшін қолданылады.

Көп сәулелілікпен күресудің басқа әдісі CDMA ұялы байланыс жүйесінде және басқа қозғалыс байланыс жүйелерінде спектрді кеңейтумен қолданады. Әдіс «Rake-қабылдағыш» атауына ие болды. Оның мағынасы келесіде.

Кез келген қабылдағыштың шығысындағы сигнал қабылдағыштың өабылданған тірек сигналы және тербелісі ретінде қалыптастырылады. Көп сәулелі арна шығысындағы тербеліс пайдалы сигнал көшірмесінің  $\Delta t_i$ -ғы кідірілген және  $a_i$ -ғы әлсіреген кідіріс сомасын сипаттайды:

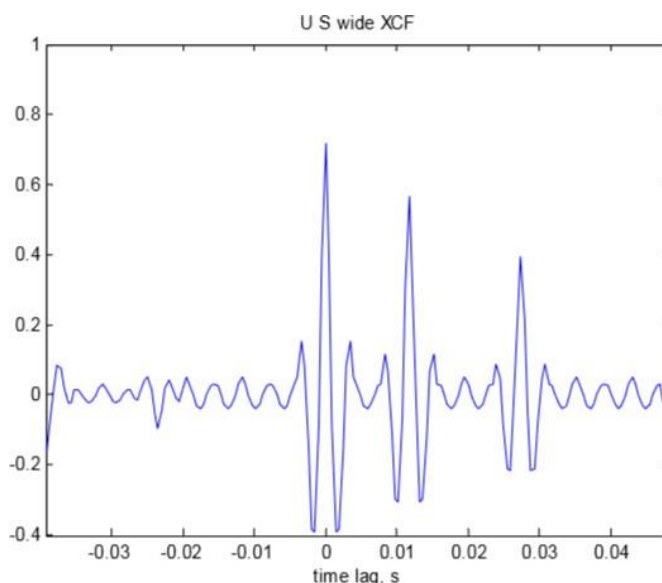
$$U(t) = \sum_i a_i S(t - t_i) \quad (3.6)$$

Қабылдағыштың шығысындағы сигнал корреляциялық интегралдар сомасын көрсетеді

$$T = \sum_i a \int_0 (t - \Delta_i) S dt \quad (3.7)$$

Кең корреляциялық функциясы бар тар жолақты сигналдар үшін кідірілген сигналдардың кореляциялық функциялары бір біріне жанасады және қабылдағыштың сомалы шығыс сигналын бұрмалайды.

Егер де сигналдар кең жолақты болса (мысалы CDMA-дегі сияқты), онда кідірілген сигналдардың корреляциялық функциялары бір біріне жанаспайды, және жеке бақыланады (корреляциялық функцияның үш сәуле бойынша қабылдау нүктесіне келуімен сипатталған үш жарқырауы көрінеді)



3.17 - сурет – Кідірілген дабылдың корреляциялық функциясы

Rake–қабылдағыштың әрекет принципі барлық көп сәулелі компоненттердің және олардың сомасын есептеуде жеке өңделуіне негізделген. Тәжірибеде, қуат бойынша өлшенетін сәулелер саны 3–4 тен аспайды, сондықтан классикалық Rake–қабылдағышта әдетте үш арналы сұлба жүзеге асырылады, ол әртүрлі кідірістерімен ( $\Delta t_1, \Delta t_2, \Delta t_3$ ) және тарату көрсеткіштерімен ( $a_1, a_2, a_3$ ) көп сәулелі сигналдың үш компонентін бөліп шығаруға мүмкіндік береді.

Қабылдаудың әрбір арнасында (“finger”) кіріс сигнал, көп сәулелі тарату уақытына көрсетілген кідірісі тірек сигналға көбейеді. Әртүрлі қабылдау арнасының сигналдарының сомасы (қосу сұлбасының көмегімен) есептеледі. Осындай өңдеудің нәтижесінде негізгі сәуледен асатын немесе өлшеміне, үлкен  $1/\Delta F$ , қатысты кешігетін барлық сәулелер коррелятордың шығысында тек кішігірім шағылысу (үлкен бөгеттер орнына) құрады, ол шешім қабылдау үрдісінде Rake–қабылдағышпен тасталады.

Өкінішке орай, Rake–қабылдағыш сигнал спектрінің ені айтарлықтай жіберілетін хабарламаның спектр енінен үлкен болатын кең жолақты сигналдары үшін ғана жүзеге асырылуы мүмкін. ТВ–сигналдарды тарату жүйелері үшін бұл сәйкес келмейді, өйткені хабарлама өзі бірнеше мГц жолағына ие, және жолақты кеңейту мүмкіндігі жоқ.

Көп сәулелілік мәселесінің бір шешімі, жіберілетін символдардың ұзақтығын ұлғайту, айтарлықтай шағылысқан сигналдардың қатынасты кідірісі символдың кішкентай бөлігін құрайтындай болуы мүмкін. Басқаша айтқанда, барлық шағылысқан символдар ағымдық символдың уақыттық аралығына орналасуы және символаралық бөгеттерге шықпайтындай етіп жасау қажет. Дәл осы бөгеттер негізгі мәселені сипаттайды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыста цифрлық телекөру жүйелері, жұмыс істеу принциптері, қолданылатын бейне стандарттары, қолданылатын басты станция және оның процесстері қарастырылды. Сонымен қатар басты мақсаты, яғни цифрлы телекөру жобаланды.

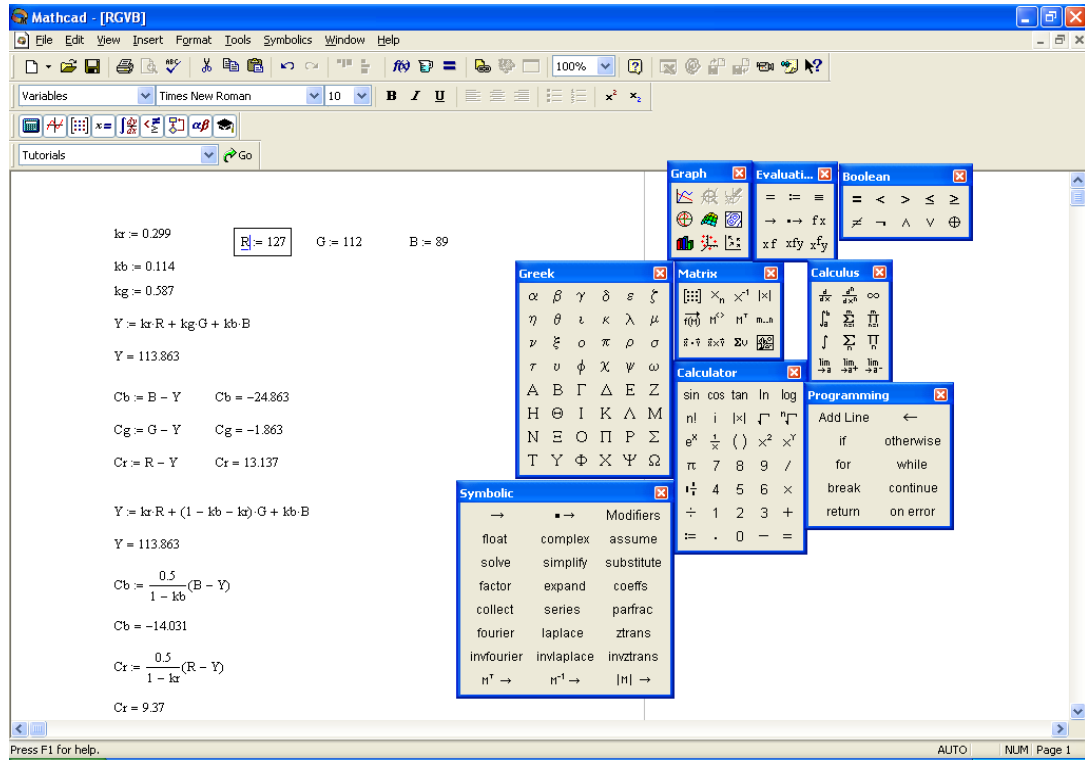
Дипломдық жұмыстың техникалық есептеулер бөлімінде бейне сығу форматтар қолданатын RGB түсті кеңістігі зерттелді. Мысалы ретінде алынған бейнеден RGB құраушыларының мәндері алынып, керекті есептеулер жасалды. Сонымен қатар БС арасындағы өзара бөгеттер есептелінді. Есептеулерді негізінен Mathcad бағдарламасында жасалды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

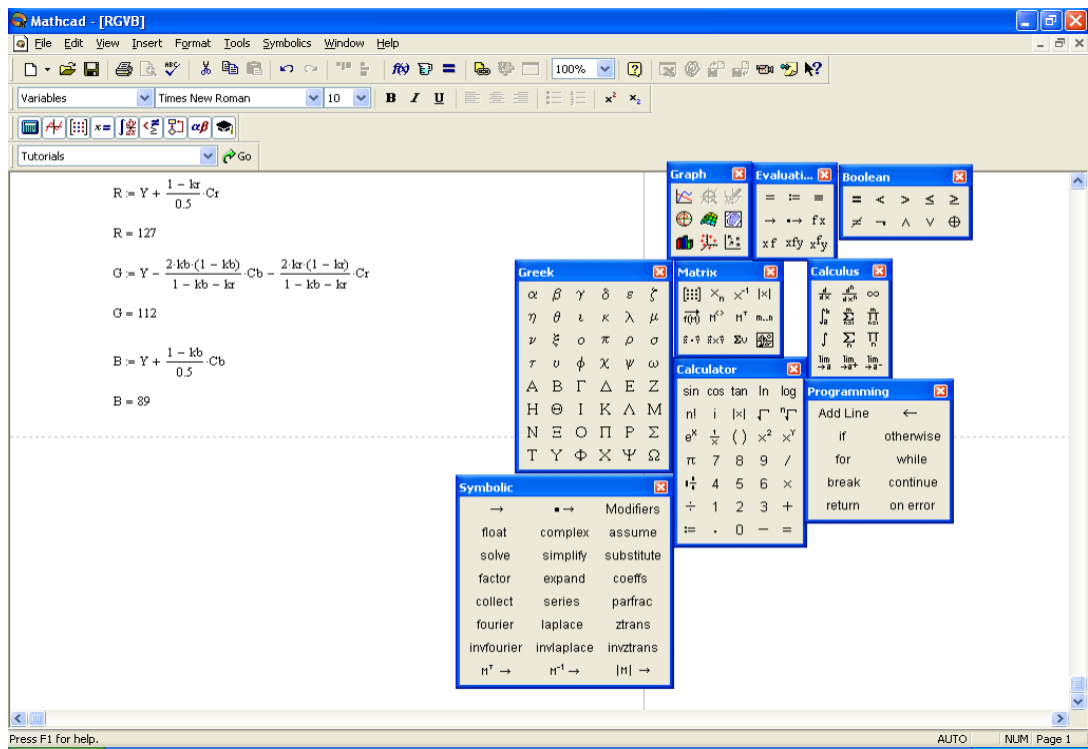
- 1 Шульгин В.И., Системы цифрового телевидения, учебное пособие Харьков, 2020.
- 2 Левченко В.Н., Спутниковое телевидение, Санкт–Петербург, 2018
- 3 Технические требования на основные классы абонентских приемников, телевизоров, САМ–модулей стандарта DVB–T/T2.
- 4 Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В., Методы сжатия данных, Москва, 2012.
- 5 Беляев Ю.В., Галочкин Ю.И., Цифровое телевидение, Владивосток, 2015.
- 6 Брайс Р., Руководство по цифровому телевидению, ДМК Пресс, 2012.
- 7 Карякин В.Л. Цифровое телевидение. Учебное пособие для вузов, М: Горячая линия – Телеком, 2013.
- 8 Мамчев Г.В., Теория и практика наземного цифрового телевизионного вещания, М: Горячая линия – Телеком, 2012.
- 9 Мамаев Н. С, Мамаев Ю. Н., Теряев Б. Г., Системы цифрового телевидения и радиовещания, М: Горячая линия – Телеком, 2017.
- 10 Кривошеев М.И., Международная стандартизация цифрового телевизионного вещания, Изд.: Научно–исследовательский институт радио (НИИР), 2016.
- 11 Мамчев Г.В., Основы радиосвязи и телевидения. Учебное пособие для вузов, М: Горячая линия–Телеком, 2017.
- 12 [http://www.chulim–nsk.narod.ru/digital\\_television.html](http://www.chulim–nsk.narod.ru/digital_television.html)
- 13 <http://yvision.kz/post/274504>



## А Қосымшасы



А1 сурет – Mathcad 2000 бағдарламасында түсті бейненің тиімділігін есептеу



А2 сурет – Mathcad 2000 бағдарламасында түсті бейненің тиімділігін есептеу (жалғасы)

РЕЦЕНЗИЯ  
Дипломдық жұмыс

Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы  
6B06201 – «Телекоммуникация»

Тақырыбына: «Цифрлық телекөру жұмысының принциптерін зерттеу»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 23 парақ;  
б) түсініктеме 61 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Цифрлық телевиденияның әдіс-тәсілдерін қолдану - бұл телевизиондық техниканың дамуындағы жаңа кадам, аналогтық телевидениямен салыстырғанда бірталай артықшылығы бар: Жіберу/қабылдау трактарының бөгеулікке тұрақтылығының жоғарылауы және телевизиондық сигналдарды жазу; телевизиондық программалардың санының көбеюі; ТВ-хабар таратқышының қуатының төмендеуі; суреттің және дыбыстың сапасының көтермелеуі; студиялық аппаратураның функцияналдық мүмкіндігінің көбеюі; теледидарлық сигналдың ішінде қосымша ақпарат жіберу, теледидарлық қабылдағышты көпфункционалды ақпараттық жүйеге айналдыру; интерактивті теледидарлық жүйені құрастыру, соны қолданумен тамашалаушы бағдарламаға ықпал ету мүмкіндігін алады.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жұмыста жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – жобаланған ықшамаудан үшін жаңа желілердің енгізілуі телекоммуникация саласында тиімді пайдаланудағы бағытқа жауап береді.

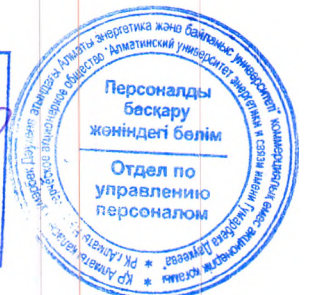
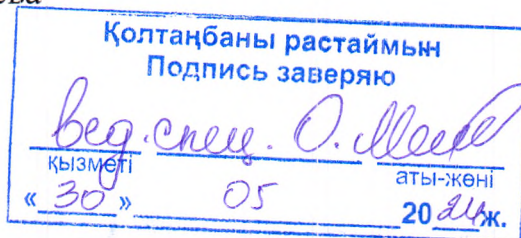
ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (98%) деген баға, ал студент Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы 6B06201 – Телекоммуникация білім беру бағдарламасының «техника және технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Рецензент:

Ғ.Даукеев атындағы  
АЭЖБУ «ТИ» кафедрасының  
профессоры, т.ғ.к.

*Чечим*  
К.С.Чечимбаева  
«30» 05 2024 ж.



## ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

дипломдық жұмысқа

Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы

6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Цифрлық телекөру жұмысының принциптерін зерттеу»

Бұл дипломдық жұмыста, ақпараттық мультиплекстің тұтынушыға жеткізуін ЦТК жеткізу жүйелері жасайды. Нақты болғаны, мультиплекстің және жеткізу жүйесінің қалыбын цифрлық теледидарламаның жүйесінің құрылымын ең ортақ көріністе анықтайды.

Дипломдық жұмыс барысында бірінші бөлімде Цифрлық телекөру жүйелерін жобалаудың негізгі кезеңдері, цифрлық телекөру жүйелерінің моделдері, ЦТК жүйелерінің архитектурасы, Кабельді цифрлық теледидар желесінің жеткізілу жүйесінің архитектурасы, Цифрлық видеодабылдың құрылуы айқын қарастылған.

Екінші бөлімде, Бейнедабылдың құрылу алгоритмінің кейбір аспектілері, 1 DVB-N жерүстілік цифрлық телевидениенің жүйесі, Цифрлық ТД жүйелеріндегі модуляциялау әдістері қарастылған.

Үшінші бөлімде RGB түсті кеңістікті есептептелген, БС арасындағы өзара бөгеттер, Көпсәулелі каналды есептелген.

Дипломдық жұмыста Түрлі түсті кескінді құрастыру элементтері, Аналогты – цифрлық түрлендіру көрсетілген.

Сонымен қатар, негізгі түсініктемелер, функциялар, қолдану облысы және қолдану артықшылықтары қарастырылған.

Бітіруші, Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы, дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "98/А/ өте жақсы" деп бағаланды, ал Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы 6В06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «техника және технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынамын.

Ғылыми жетекші

PhD.ЭТЖҒТ каф.

Қауымдас. профессоры,

Юсупова Г.М.

«28» / 05 2024 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагияттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

**Автор: Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы**

**Тақырыбы: Цифрлық телекөру жұмысының принциптерін зерттеу**

**Жетекшісі: Гульбахар Юсупова**

**1-ұқсастық коэффициенті (30): 4**

**2-ұқсастық коэффициенті (5): 0.4**

**Дәйексөз (35): 0.8**

**Әріптерді ауыстыру: 2**

**Аралықтар: 0**

**Шағын кеңістіктер: 1**

**Ақ белгілер: 0**

**Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :**

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

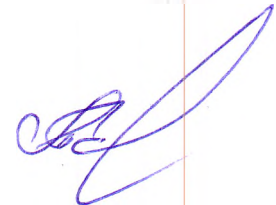
Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

**Негіздеме:**

Күні 31.05.2024

Кафедра меңгерушісі



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Цифрлық телекөру жұмысының принциптерін зерттеу

**Научный руководитель:** Гульбахар Юсупова

**Коэффициент Подобия 1:** 4

**Коэффициент Подобия 2:** 0.4

**Микропробелы:** 1

**Знаки из других алфавитов:** 2

**Интервалы:** 0

**Белые Знаки:** 0

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 31.05.2024

Заведующий кафедрой



## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Әмір Жайдары Сұлтангеройқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Цифрлық телекөру жұмысының принциптерін зерттеу

Научный руководитель: Гульбахар Юсупова

Коэффициент Подобия 1: 4

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 1

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

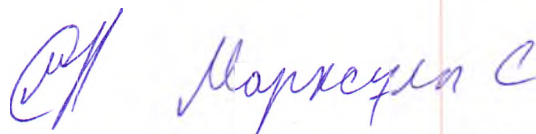
Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата 31.05.2024



проверяющий эксперт