

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Алматы энергетика және байланыс институты

С.В.Коньшин, Г.Г.Сабдыкеева

ЖЫЛЖЫМАЛЫ ОБЪЕКТІЛЕРІ БАР БАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ
ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

Оқу құралы

Алматы 2005

УДК 621.396

Жылжымалы объектілері бар байланыс жүйелерінің теориялық негіздері:

Оқу құралы / С.В.Коньшин, Г.Г.Сабдыкеева;

АЭЖБИ. Алматы, 2005. - 74 б.

Жасалған оқу құралында жылжымалы объектілері бар байланыс жүйелерінің теориялық негіздері туралы мәселелер баяндалады.

Оқу құралы 380000 – Радиоэлектроника және телекоммуникация мамандықтары бағыты бойынша оқитын студенттерге арналған.

Кесте 7, Без. 39, Библиогр. – 20 атау.

ПІКІР ЖАЗУШЫ: АЭБ кафедрасы, техн. ғыл. канд., проф. А.Ж.Джангозин.

Қазақстан Республикасы Білім және Ғылым министрлігі 2005 жылғы баспа жоспары бойынша басылады.

ISBN 9965-708-26-6

©Алматы энергетика және байланыс институты, 2005 ж.

1 Жылжымалы байланыс эволюциясы және қазіргі жағдайы

1.1 Алғашқы коммерциялық фаза

Екінші дүниежүзілік соғысының аяқталуы, коммерциялық майданда жылжымалы байланыстың қызмет көрсету экспанциясымен сай келді. Сұраныс көп болды, бірақ ұзамай спектрдің үнемі артық жүктелуінің белгілері айқындалды. Технологиялық жақсарту екі негізгі мақсаттарды жеткізуге беттелген: арналардың ыдырауы арқылы таратудың жиіліктер жолағын азайту және мультиплексорлаумен жүйелерді немесе автоматты транзиттік жүйелерді енгізу.

1949ж. БҚК жылжымалы радионы, қызмет көрсетудің жаңа сыныбы ретінде ресми түрде құптады. Жылжымалы радиобайланыс қызметінің абоненттер саны бірнеше мыңнан 1940ж., 86000 дейін 1948 ж.; 700000 дейін 1958ж.; 1,4 млн. дейін 1963ж. кенет өсіп кетті.

Мерзімі өтпеген жылжымалы телефонияның қызметтері – шақыруларды қамтамасыз ету үшін жалпы пайдаланудың телефон желісіне бекітілген станциялардан жылжымалы абоненттерге – Сент-Луисте жұмыс істеу үшін, БҚК American Telephone and Telegraph (AT&T) компаниясының лицензиясын берген кезде 1946ж. жылжымалы абоненттерді қосу енгізілді. Жүйеде 150 МГц жиілігінде үш арна пайдаланылды. Бұл арналар ЖМ және үлкен аумақтың сәулет өнерін пайдаланды. Бір үлкен таратқыш негіздік станциядан 75 км дейін және одан астам радиусымен аумақтарды жабуды қамтамасыз еткен. Бірінші жүйелерде жердегі телефон желісіне радиошақыруларды қолмен жалғау үшін операторлар қолданылған. Жылжымалы телефон байланысының бірінші толық автоматтық жүйесі штат Индиана, Ричмонд қаласында 1948 ж. пайдалануға енгізілген. Жылжымалы байланыстың қызметіне сұраныс өскен сайын, ол көп үлкен қалалық пиасалардың қызметтерінің мүмкіндіктерінен оза бастады. Арнаға әдеттегідей 50, 100 немесе одан астам абоненттер жүктемелері болды. Бұғаттау ықтималдығы, яғни қосылуды алудың сәтсіз тырысуларының ықтималдығы немесе бос радиоарнаны табу, 65% дейін өсті. Шақыруларды іске асыру үшін абоненттерге бос арнаны табу қиындап бара жатқандықтан, жылжымалы байланыстың қызметінің пайдасы азаяды. Уыс арналары бар жылжымалы байланыстың әры қарай дамуы үшін жеткіліксіз екені анық болды.

3 кГц жолақты сөздік сигналды тарату үшін, алдымен РЖ 120 кГц енімен жолағы болатын, ЖМ жылжымалы телефония арналары керек болатын. 1950 ж. БҚК бастапқы арналарды 60кГц-тен екі арнаға бөлуді шешті. Бірақ сол уақытта ЖМ қабылдағыштары, сондай таржолақта жұмыс істей алмаған. Сондықтан, алдымен қызмет көрсетудің берілген аумағында, бір арна арқылы кезектесіп ауысатын арналар бөлінген.

1956ж. БҚК УКВ (450 МГц) ауқымында 12 жаңа арналарын пайдалануға рұқсат берді. Осы арналар үшін 50кГц жиіліктер жолағының енін орнатты. 60 жылдардың басында ЖМ қабылдағыштардың технологиясы алға жылжыды, және жиіліктер жолағын – 30 кГц дейін қайтадан азайтты. Сондай-ақ көршілес

арналарды қызмет көрсетудің сол бір аумағында пайдалану мүмкін болды. Екінші дүниежүзілік соғысының аяқталуымен және 60-жылдардың ортасы арасындағы уақытта аналогтық ЖМ жүйесінің спектралдық тиімділігі төрт есе өсті.

Екінші дүниежүзілік соғысы аяқталғаннан кейін басқа негізгі технологиялық жетістіктер, автоматты транзиттік жүйелерді (trouncing) немесе мультиплексорлаумен жүйелерді қолдану және ойлап табу болды. Қызметтегі абоненттің арналар тобынан жеткілікті арнаны таңдап алу қабілеттілігі, жүйелердің сыйымдылығының және спектралдық тиімділігінің едәуір көтерілуіне әкелді.

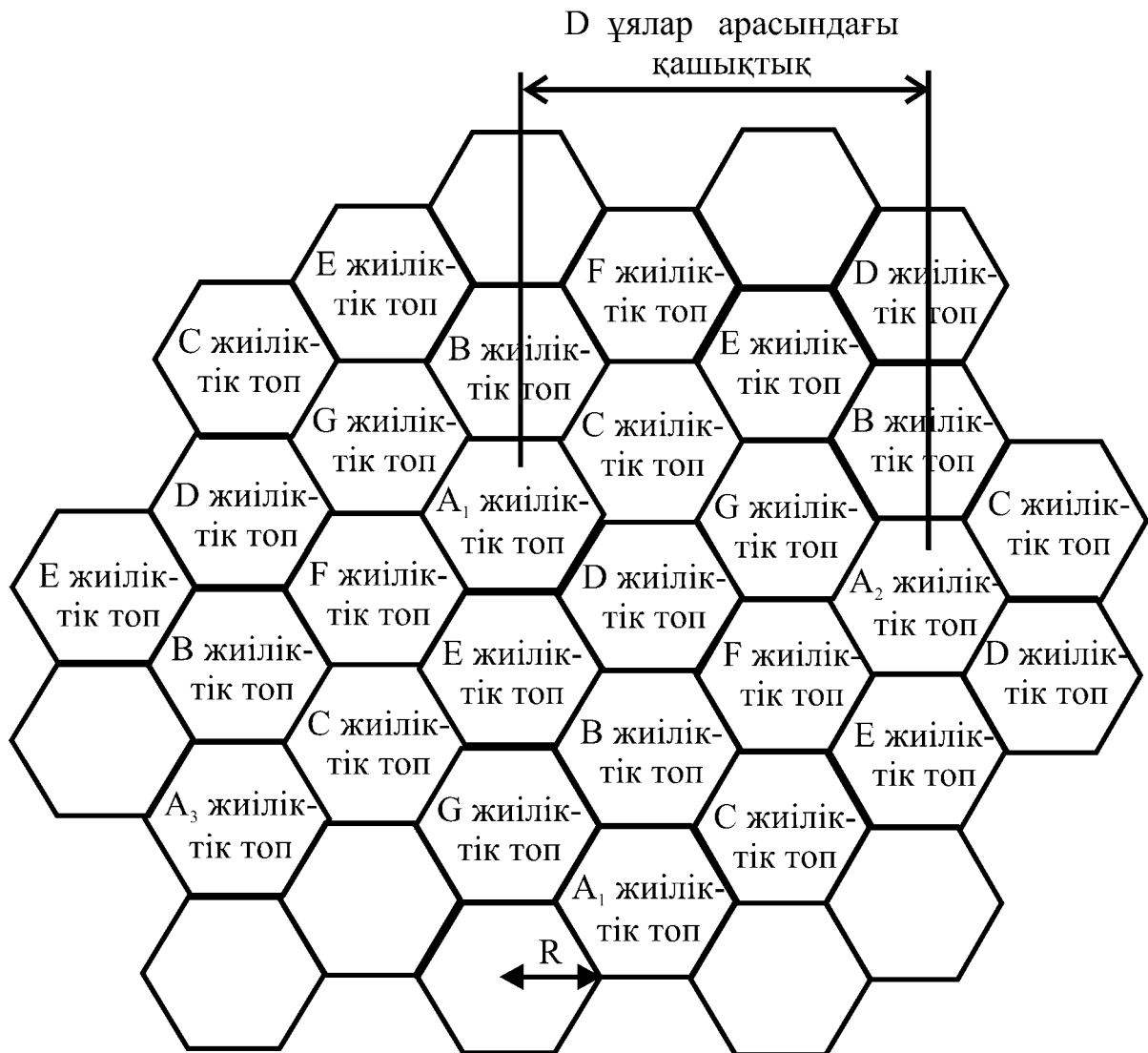
1.2 Байланыстың ұялы, жылжымалы және дербес жүйелері

Ұялы желілердің тұжырымдамасы 40-жылдардың соңында Bell System компаниясының жобасында пайда болды. Бұл ой жылжымалы байланыс үшін жаңа үлгітүрді әкелді. Үлкен алаңда сигналды тарататын және жоғарыда орналасқан үлкен қуатты таратқышпен бұрында пайдаланған “радиохабар тарату үлгісінің” орнына, жаңа үлгітүр көп есе қуаты кемдеу таратқыштарды талап етеді, еске сала кетейік, олардың әрқайсысы тек шағын аумақтарға қызмет көрсету үшін арнайы арналған, оны ұялы (cell) деп атаймыз. Мысалы, үлкен қалада жылжымалы байланыс жүйесінің бір қуатты таратқышын бірнеше сан-алуан ұяларға бөлуге болар еді, олардың әрқайсысы бір азқуатты таратқышпен жабдықталған болар еді. Абоненттер арасындағы өзара бөгеуілдердің әсері шамалы болу үшін бір-бірінен қашықталуы жеткілікті болады, сол бір жиіліктер (арналар) әртүрлі ұяларда қайталанып пайдаланылатын еді.

Ұялы жүйедегі жиіліктерді қайталап пайдалану тұжырымдамасы 1[1] суретте бейнеленген. Алтыүшбұрышпен көрсетілген әр ұяда “арналық” радиожиіліктердің белгілі тобы қолданылады. Сол бір әріппен белгіленген ұяларға, сол бір радиоарналар берілген. Мысалы, жиіліктік А тобы, суретте белгіленген жиіліктік А тобы ретінде барлық ұяларға (алтыүшбұрыштармен) берілген. Сонымен, сол бір жиіліктер көп рет “қайта пайдаланылады.” Нақты радиобүркеу радиожолының параметрлерінен және радиотолқындарды тарату шарттарынан тәуелді болады. Радиобүркеудің аумағы өзінен алтыүшбұрыш болмайды. Бірақ сызбақтық бейнелеудің ыңғайлығы үшін және жабудың толық географиялық аумағын бейнелеу үшін қазіргі әдебиетте, атап айтқанда алтыүшбұрыш ұғымын жиі қолданады.

Ұялық ойдың қасиеті, ұялар арасындағы қашықтықтың толық мәндері радиобөгеуілдермен байланысты болмай, сол бір жиілікпен (D) және ұяның радиусымен (R) ұялар арасындағы қашықтықтың қатынасымен анықталады. Ұяның радиусы таратқыштың қуатымен және сонда орнатылған антеннаның биіктігімен анықталады. Сол радиус жүйелік инженермен бақыланады. Сондықтан жүйелік инженердің енгізуімен, жиіліктерді қайта пайдаланудың

арқасында қанша радиоарналарды, немесе “тізбектерді” (circuits) құрауға болатынын шешеді.

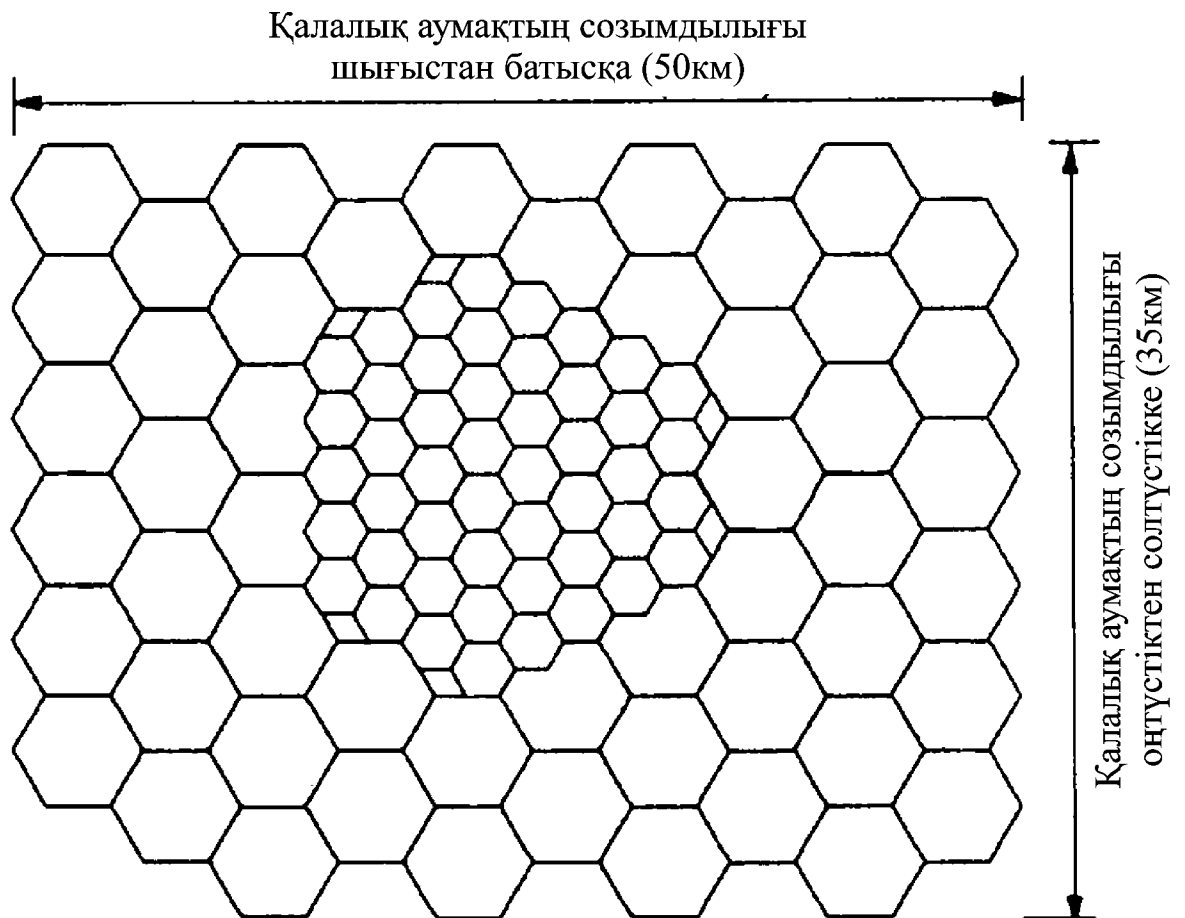


1 - сурет. Жетіұялы құралымды ұялық жүйеде жиіліктерді қайталап пайдалану

Бұл пішінде А, В, С, D, E, F, және G жиіліктік топтарының сол бір жиіліктері қайталап пайдаланылады. Сол бір әріппен белгіленген (мысалы, А₁-ден А₄ дейін) географиялық таратылған ұяларда сол бір жиіліктік топ қайталап пайдаланылады. Көршілес топтарда (мысалы, А₁ және D₁), сол бір жиіліктер қолданбайды.

Ұялы тұжырымдаманың басқа тартымды қасиеті ұяларды ұсақтау (cell splitting) болып табылады. Үлкен өлшемді ұяларды ұсақтаудың арқасында уақытша кіші радиусты ұяларды түрлендіруге болады. Егер қандай да бір ұяда трафик, қызмет көрсетудің қанағаттандыратын деңгейін осы ұяда сондай мәнге жетуді қолдай алмаса, алдыңғы ұяда енгізілген, бұл ұя бірнеше майда ұяларға бөлінуі мүмкін (аз қуатты тартқыштарымен). Жиіліктерді қайта пайдалану

құрылмасы, 2 суретте көрсетілген кішірейтілген алтыбұрыштармен жаңа, кіші масштабта қайталануы мүмкін.



2 - сурет. Ұяларды ұсақтау есебінен ұялық жүйенің сыйымдылығын үлкейту (кішірейтілген алтыбұрыштар)

Тағы бір іргелі ұялық өзеккой желіде (hand-off control) шақыруды таратуды басқару мүмкіндігімен байланысты. Ұялық жүйеде шақырулардың барлығы емес, салыстырмалы аз мөлшерлерде ұяның біреуінің шегінде абонентті табу уақытында аяқтала алады. Осы мәселені шешу үшін ұялы жүйеде, жүйелік деңгейдегі басқару және жалғау аппаратурасы болады. Нақты ұялардан қабылданатын сигналдардың басқа цифрлық параметрлерінің немесе сигналдың қуатын үздіксіз бақылаудың арқасында, ұялық жүйеде шақыру процесінде жылжымалы объект бір ұядан басқа ұяға өтетінін анықтауға және осы шақыруды жаңа ұяға үздіксіз ауыстырып қосуға болады.

Ұялық архитектураның тіпті негізгі қасиеттері келесілер болып табылады:

- шағын қуатты таратқыштар және қаптаудың ықшам аумақтары;
- жиіліктерді қайталап пайдалануы;
- сыйымдылықты үлкейту үшін ұяларды ұсақтауы;
- шақыруды таратуды басқару және желіні орталықтандырылған басқарма.

Сонымен ұялы радиобайланыс өзінен радиотелефондық желіні құрудың әдісін іске асыруды білдіреді, ол бүркеудің үлкен аумағын және үлкен қуаттары болатын бірінші буынының жылжымалы байланыстың жүйелерінде пайдалануда айырмашылықтары болады. Ұялы (цифрлық, аналогты) радиобайланыс бұрынғы технологияны ұйымдастыру үшін жаңа өзекойы болып табылады.

1971 ж. Bell system компаниясы ЧМ-НСМТС (High-Capacity Mobile Telephone System, Үлкен сыйымдылықты жылжымалы телефониясының жүйесімен) радиобайланыстың аналогты ұялы жүйесіне сұранымды ФКС-қа ұсынды. Сұраным қабылданған және ФКС 850 МГц ауқымындағы 40 МГц енімен спектрдің учаскесін осы жүйе үшін бөлді. НСМТС жүйесі 1978 ж. бастап дамытыла бастады. Ол өзіне бірқатар құрастыруларды шығарды және көп жылдарда жылжымалы және ұялы радиобайланыстың технологиясының саласында орындалды. Ұялы жылжымалы байланыстың коммерциялық пайдаланылуы 1983ж. енгізілген. Ұялы радиобайланыс АМРС (Advanced Mobile Phone Service) үшін АҚШ аналогты стандарт НСМТС шықты. 1-кестеде ұялы байланыстың негізгі аналогты жүйелерінің сипаттамалары енгізілген [2].

1-кесте. Бірінші буынның ұялы жүйелерінің сипаттамалары

Жүйенің атауы	Жұмыстың басталған жылы	Арнаның жиіліктерінің жолағының ені, кГц	Жиілік, МГц (ж-жылжымалы объект, б-базалық станция)	Арналар саны	Сипаттамалар
1	2	3	4	5	6
НСМТС	1978	25	870...888 б-ж	600	Кейінірек арналар саны 1000 дейін өсті
NMT-450	1981	25	453...457,5 ж-б 463...467,5 б-ж	180	Төменгі арналық сыйымдылығы, жақсы радиобүркеу
АМРС	1983	30	825...845 ж-б 870...890 ж-б	666 666	Қала үшін NMT-дан үлкен сыйымдылық, бірақ ұялары кішкентай
C-450/ NETZ-C	1985		451,3...455,74ж-б 461,3...465,74б-ж		
TACS қосу	1985	25	890...915ж-б 935...960б-ж 872...888ж-б	1000 қосу 640	АМРС –тан сыйымдылығы 50% көп, бірақ ұял-ың өл-шемдері кішкентай
ETACS			917...933б-ж		

1- кестенің аяқталуы

1	2	3	4	5	6
NMT-900	1986	12,5	890...915ж-б 935...960б-ж	1999	Қалалар үшін жобаланған жүйе, қолға ұстағанға ыңғайлы аппарат

1.2.1 Бірінші буын: Аналогты ұялық жүйелер

AMPS (АҚШ) қатарлас Еуропада және Жапонияда бірнеше аналогты ұялық жүйелер құрыстырылған. Великобританияда құрыстырылған TACS (Total Access Communications System) AMPS жүйесімен тығыз байланысқан. Скандинавияда NMTS (Nordic Mobile Telephone System) жүйесі, ал Жапонияда – NAMTS (Nippon Advanced Mobile Telephone Service) жүйесі құрастырылған. Германия Құрама Республикасы өзінің жеке NETZ-C жүйесін құрады. Аналогты жүйелер пайдаланылатын елдер, 2-кестеде келтірілген.

2-кесте. Әртүрлі елдерде қолданылған және пайдаланылатын бірінші буынның аналогты ұялық жүйелердің түрлері

Жүйенің атауы	Елдер
AMPS	Австралия, Гонконг, Канада, Жаңа Зеландия, Тайланд, Қазақстан
C-450/ NETZ-C	Германия
NAMTS	Кувейт, Жапония
NMT-450 және NMT-900	Австрия, Бельгия, Дания, Индонезия, Исландия, Испания, Қытай, Люксембург, Малайзия, Нидерландтар, Норвегия, Оман, Саудовская Аравия, Тайланд, Тунис, Туркия, Финляндия, Франция, Швейцария, Россия
TACS	Великобритания, Гонконг, Қытай, Мальта, Біріккен Араб Эмираттары, Ирландия

Осы жүйелерде жалпы белгілері көп бар болса да, бірақ бүкіләлемдік стандартқа жету үшін әлі алыс еді. Әр жүйе сол елдердің ортасы және жағдайлары үшін есептеліп таңдалып және құрастырылған. Жиілікті ауқымдарды таңдау әр елдің РЖ ауқымдарының бар болуымен анықталған.

1.2.2 Екінші буын: Цифрлық ұялық жүйелер

Ұялық ойжүйенің, ұялардың бөлшектенуінің арқасында шексіз сыйымдылыққа сөз беруіне қарамастан, бұл сала тәжірибелік шектермен беттесті, өйткені ұялық радиобайланыстың кеңінен тарағаны 90-ы жылдары күрт өсіп кетті. Ұялардың мөлшерлері азая бастады, базалық станцияларды ыңғайлы орындарға орналастыру қымбат және қиындай бастады. Бұл біріншіден халқы аса тығыз үлкен қалаларға жатады, мұнда сыйымдылық аса

қанық болу керек. Сонымен бірінші буынның ЖМ жүйелердің аналогты ұяларының мөлшерлері аз болғаннан, едәуір салмақты, бөгеуілдермен байланысты салыстырмалы шектеулер пайда бола бастады. Бұл тәжірибелік шектеулер нарықтың сұранысымен және ұялық жүйелердің бастапқы сыйымдылықтары едәуір төмен болжанған болып қалды.

Осы шектеулер жақсартылған үйлесімдікті және үлкен сыйымдылықтарға жету мақсатымен ұялық жүйелердің екінші буынын құрастыруға себеп болды.

Келесі буындарда ұялық жүйенің цифрлық технологиясын таңдау, негізгі және тұрақты шешім болып табылды. Екінші буынның ұялық жүйелері үшін халықаралық стандарттаумен байланысатын комитеттер цифрлық жүйені таңдады. Сигналдарды цифрлық өңдеу (СЦӨ) және цифрлық байланыстың әдістері ақпаратты өңдеу бойынша басқа жедел әрекетті қызметтерді, факсимильдік аппараттар және жедел әрекетті компьютерлерді қоса отырып, жаңа пайдалымдарды ұсынады. Бөгеуілге жоғары тұрақтылық, ұялы жүйелердің келесі буындарына аналогты жүйенің сыйымдылығының шектерін едәуір артыруға мүмкіндік береді. Ұялық жүйелерде қолданылатын цифрлық әдістердің қасиеттері келесілерден тұрады:

- цифрлық модуляция. Цифрлық модуляцияның жаңа әдістемелері аналогтық әдістермен салыстырғанда, жиіліктік спектрдің айдалану тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді;

- сөзді аса төмен жылдамдықты цифрлық кодалау. Цифрлық модуляцияның әдістерімен сәйкес сөзді төменжылдамдықпен кодалау, бір тасымалдауға бірнеше сөздік арналарды таратуға мүмкіндік береді, сонымен спектрдің пайдалану тиімділігін арттырады;

- сигналдауға сыйымдылықтың шығындарын төмендету. Бұл жағдайда аналогты жүйелер тиімсіз. AMPS жүйесі үшін 333 арналардан бастапқы бөлінген 21 арна, қосылуды орнату үшін талап етілген. Бұл шығындар жиіліктің шектелген жолағымен жүйенің пайдалы сыйымдылығын төмендетеді. Синхрондау үшін цифрлық әдістерді пайдалана отырып, басқарылатын хабарларды таратуды, параметрлерін бақылауды және шығындарды едәуір төмендетуге болады;

- арналық кодалаудың және көзді кодалаудың робастік әдістемелері. Бұл әдістер деректерді немесе сөзді цифрлық тарату үшін қажетті, олар жылжымалы байланыстың сипаттамасын жақсартады;

- аса жоғарғы бөгеуілге тұрақтылық. Цифрлық жүйелерде аналогты жүйелерге қарағанда күшті тең арналық бөгеуілдер және көршілес арналар бойынша бөгеуілдер болған жағдайда аса жоғарғы сипаттамалары болады. Бұл ұялық жүйелердің екінші және үшінші буындары үшін цифрлық технологияны қабылдауына пайдалы шешілетін мәселелердің бірі. Цифрлық жүйелер едәуір аса күшті тең арналық бөгеуілдер кезінде қызмет ету қажет, ол жобалаушыларға ұялар арасындағы жылдамдықты және ұялардың өлшемін, қайталап пайдаланылатын сол бір жиіліктерді азайтуға, сондай-ақ жиіліктердің қайталап пайдалануының құралымын оңайлатуға мүмкіндік береді. Осы кілттік

параметрлер және көрсетілген геометриялық өзгертулер жылжымалы байланыстың ұялық желілерінің жалпы сыйымдылығын үлкейтеді;

- жиіліктер жолағының иіліп өзгертін ені. РЖ жолағының алдынан анықталған, бекітілген ені спектрді тиімсіз пайдалануға әкеледі, сонымен абоненттерге жолақты және байланыстың нақты сұранысы болатын уақытша параметрлерді салуға мүмкіндік бермейді. Цифрлық жүйелер, жолақтың иіліп өзгертін енімен архитектураларды салыстырмалы іске асыруға мүмкіндік береді;

- жаңа қызметтерді енгізу. Цифрлық технология AMPS және басқа аналогты жүйелермен сүйемелденбейтін жаңа қызметтерді енгізуге мүмкіндік береді, мысалы, деректерді таратудың, мәліметтері мен сөзді шифрлаудың және қызметтердің аумақылауымен цифрлық желінің басқа мүмкіндіктерінің анық дұрыстығы;

- шақыруды таратуды және қатынауды басқарудың жоғарылатылған тиімділігі. Спектрдің бекітілігі таратылымы үшін сыйымдылықтың өсуі, ұялардың өлшемдерінің сәйкесті кішірейуін білдіреді. Сигналдаудың арналарындағы жүктеме өседі, яғни шақырудың аса жиі таратылымы болады. Әр ұядағы базалық станция және абоненттердің барлық жинағынан тіркелетін және қатынайтын сұранымдардың үлкен сандарын өңдеу керек. Бұл қызметтер цифрлық әдістемелердің көмегімен тез және оңай орындалады, бірақ аналогты әдістермен іске асыру үшін өте күрделі болуы мүмкін.

1 және 3-кестелер, барлық әлем бойынша пайдаланылатын аналогты және цифрлық ұялық жүйелердің үйлесімсіздігін бейнелейді. Екінші буынның цифрлық ұялық жүйелері үш стандартқа сәйкес: біреуі Еуропа және халықаралық пайдалану үшін – GSM (Group Special Mobile), сондай-ақ Global Mobile System сияқты белгілі; біреуі Солтүстік Америка үшін – IS-54, және біреуі Жапония үшін – JDC (Japanese Digital Cellular). Екінші буынның стандарттары баусыз телефоны өзіне СТ-2 (Cordless Telephone-2) және DECT (Digital European Cordless Telephone) қосады. Екінші буынның осы цифрлық жүйелерінің сипаттамаларының жинағы 3-кестеде келтірілген.

Егер Еуропада және Жапонияда жаңа ұялық жүйелер үшін, ескілерді жиі ұластыратын және жаңадан әкетілген солардың жиіліктік ауқымдары үшін жұмыс істейтін екінші буынның ұялық жүйелерінің стандарттары құрастырылған болса, онда солтүстік американдық стандарт жұмыстың екі режимін қарастырады. Ол өзіне бірінші буынның AMPS стандартын қосады және жаңа абоненттік жабдық үшін сөзді цифрлық таратудың мүмкіндігін қосады. Сонымен IS-54 – солтүстік американдық цифрлық ұялы стандарт (NADS) оны ауытырудың орнына, жұмыс істейтін технологияны жақсартады.

GSM жүйесі Еуропада 90-шы жылдардың басынан жұмыс істейді. NADC жүйесі, сондай-ақ 1992ж. бастап абоненттерге қызмет көрсетеді. Екінші буынның ақпараттық радиожелілері СТ-2 стандартының негізінде қазіргі уақытта Великобританияда қызмет етеді. 90-шы жылдардың аяғынан Еуропада DECT стандартының жүйесі әрекет етеді.

3-кесте. Арналарды бөлудің жиіліктік (АБЖКҚ) және уақытылы негізінде көпстанциялы қатынаумен (АБУКҚ) екінші буынның цифрлық ұялық жүйелердің сипаттамалары

Жүйенің атауы	Жиілік, МГц	Арнаның жиіліктерінің жолағының ені, кГц	Таратудың жылдамдығы, кбит/с	Модуляцияның түрі	Қатынаудың сұлбасы
IS-54(North American Digital Cellular. NADC)	824...849п-б 869...894б-п	30	48,6	$\pi/4$ -DQPSK	Тасымалдаушыға 3/6 арналары АБУКҚ
Japanese Digital Cellular (JDC)	810...915п-б	25	42	$\pi/4$ -DQPSK	АБУКҚ, 3/6
GSM	940...960б-п 890..., 915 п-б	200	270,8	GMSK	АБУКҚ, 8/16
CT-2	Баусымсыз телефон	100	72	Екіеселік FSK	АБЖКҚ
DECT	Баусымсыз телефон	1728	1152	GMSK	АБУКҚ, 12/24

1.2.3 Жылжымалы байланыстың ұялы, радио және дербес жүйелерінің үшінші және келесі буындары

Үшінші буынның ұялық жүйелері, арналардың уақытша бөліну негізіндегі көпстанциялық қатынаудың (АУБКҚ), арналарының кодалық бөліну негізіндегі көпстанциялық қатынаудың (АКБКҚ), сондай-ақ қақтығыстарды бақылау негізінде көпстанциялық қатынауы бар жүйелік архитектуралардың (ҚБКҚ) және таржолақтық цифрлық тасымалдаушысымен арналардың жиіліктік бөлу негізіндегі көпстанциялы қатынаудың (АЖБКҚ) жақсартылған әдісі қолданады. 2001ж. қазан айында Жапонияда тек мәліметтер мен сөзді емес, бейнелерді де таратуға мүмкіндік беретін үшінші буынның бірінші ұялық жүйесін іске асырды.

1.2.4 Ұялыққа қарағанда, жылжымалы байланыстың өте жақсы қызметтері

Байланыстың аналогтық және дамылатын цифрлық ұялық жүйелерімен қатар қазір жылжымалы байланыстың көптеген басқа қызметтері жұмыс істейді. Олардың пайдаланушылары: жалғаушы қызметтері мен такси, от сөндіруші қызметтерінің, полиция, дәрігерлік мекемелері және апаттық

қызметтерінің арнайы қызметшілері, сондай-ақ үлкенжүктік құрлық және теңіздің транспорттық құралдарының парктерінің операторлары жұмыс істейтін шағын компаниялары болып табылады.

1.2.5 Іздейтін шақыру (пейджинг)

Пейджинг өзінен барлық негізгі ұйымдастырылған жылжымалы радиоқызметтерден тұратын байланыстың қарапайым ойжүйесін білдіреді. Бұл екіжақты қосылуы болмайтын жылжымалы байланыстың шектелген түрі болып табылады. Пейджингтік жүйе қабылдайтын жаққа дабылдың сигналын, белгілі дауысты немесе әріптік-цифрлық хабарларды таратады. Бұл пейджингтік хабарды қабылдаушы, оған белгілі пунктпен телефон арқылы немесе басқа тәсілмен байланысу керек екенін білдіреді. Анда-санда қысқа нұсқаулар хабарланады.

Пейджингтік жүйені екі санатқа бөлуге болады: жеке (төңіректік) жүйелер және жалпы пайдалану (созылған) жүйелер. Жеке жүйе, мысалы, қандай да бір госпитальға қызмет көрсететін жүйе, деректер түрінде аздаған жүктемені таратады және аз қуатты бір немесе бірнеше таратқыштарды пайдаланады.

Кіретін хабарлар қолмен немесе мекемелік АТС операторы арқылы бағытталады, және тарату дереу іске асырылады. Басқа жағынан, жеке созылған пейджингтік жүйелер, деректерді тарататын қандай да бір желіден немесе жалпы пайдаланатын жалғауыш телефондық жүйелерінен шығатын хабарлары бар мәліметтердің үлкен жүктемесін жүргізе алады. Бұл хабарлар кезекке тұрып, содан кейін таратылады. Созылған аумақты жабу үшін үлкен немесе орта қуатты таратқыштардың үлкен санын қолдануға болады.

Бірінші пейджингтік жүйелер 1956ж. лондондық госпитальдардың біреуінен шыққан. Бірінші созылған пейджингтік жүйе 60-шы жылдардың басында АҚШ-та және Канадада құралған. Еуропада созылған пейджингтік жүйелер Голландияда, Бельгияда және Швецарияда 1964-1965 жж. енгізілген.

Ең ерте пейджингтік жүйелер, ғимараттың айналасымен орнатылған үндік жиіліктің тізбектерін қолданған. Кейіннен жүйені өзгертті және үндік жиіліктің модульденген сигналдарымен 35 кГц тасымалдаушысын пайдалана бастады. Өйткені созылған жабуда сұраныстар өсті, 35 кГц жиіліктік тасымалдаушысынан 80-нен 1000 МГц дейінгі ауқымдағы радиожиіліктерге ауысты.

Іздейтін шақыруды, ұялық жүйемен немесе басқа жылжымалы байланыспен немесе солармен үйлестіре қолдануға болады. Пайдаланушыда, ыңғайлы уақытта кіретін шақырулар туралы хабарлауға және шақыруға кейінірек жауап беруге мүмкіндігі бар. Содан басқа, пейджер тасылатын қабылдағышқа енгізілуі мүмкін. Қиыстырылған сервис, өзінің көліктерінен алыста болатын жүргізушілерімен түйіспені орнату үшін пайдаланылады.

1.2.6 Кәсіптік жылжымалы радиобайланыс

Кәсіптік жылжымалы радиобайланыстың жүйелері – PMR (Private Mobile Radio) немесе транзиттік жүйелері, әрекеттеу аумағына байланысты 0,5-тен 25Вт дейінгі тиімді сәулеленетін қуаты бар таратқыштардың ОВЧ және УВЧ ауқымдарының бөлек бөлшектерінде жұмыс істейді. АМ және ЖМ пайдаланылады, бірақ УВЧ ауқымында тек ЖМ ғана қолданылады.

PMR жүйесінде бекітілген бір станция, жылжымалы объектілердің кейбір сандарымен байланысты іске асырады. Егер әрекеттеу аумағы аз болса, онда ұялық жүйелерге қарағанда, жылжымалы объектілер арасында әдетте тура байланыс болып табылады. Созылған аумақты жабу үшін бірнеше негізгі станциялар қолданылады.

Созылмалы аумақты жабу, ұялық жүйелер үшін ұқсас, жиіліктерді қайта пайдаланудың сұлбасының көмегімен жеткізілмейді, ал барлық негізгі станцияларда болатын барлық арналарды пайдалануымен жеткізіледі.

Негізгі станцияның синхрондық жұмысы мүмкін болады (барлық негізгі станциялар нақты сол бір жиіліктерді қолданады), бірақ бұл арнайы құнды жабдықты талап етеді. Сонымен басқа, радиожабудың жиі сәйкес болатын аумақтарында, жайлы және жайсыз сипатының стационарлық интерференциялық құралымы пайда болады, сондықтан осындай аумақта қойылған көлікте қабылдау толық жоғалуы мүмкін. Осымен байланысты негізгі станциялардың квазисинхрондық режимі жиі пайдаланылады, яғни әр станцияда таратқыштарының жиіліктері 0,5-тен 40 кГц дейінгі намасына бір біріне қатысты ауытқиды. Дегенмен, жабылып қалатын аумақтарда соғудың сигналы есітіледі, оның деңгейі, жылжымалы байланыстың дыбыстық сигналының деңгейінен едәуір төмен болады. Енді жайлы және жайсыз сипатының интерференциялық құралымы, сондай-ақ қозғалмайды, ал радиожабудың жабылып қалатын аумақтарында орын ауыстырады және жылжымайтын көліктерде қабылданатын сигналдың деңгейінің тек кездейсоқ ауытқуы бақыланады.

1.2.7 Жерсеріктік жылжымалы байланыстар

Жылжымалы жерсеріктік байланыс, әлемдегі байланыстың әдеттегі құрлық жүйелері қызмет көрсетілмейтін жерлерінде, әсіресе алыс қашықтықта жүретін саяхатшылар үшін керек. Жерсеріктік жолдар, сенімсіз қысқатолқындық байланыспен қызмет көрсетілетін трансмұхиттік ауадағы және теңіздегі бағдарларда құтқаруды және навигацияны, ауадағы қозғалыспен басқаратын жағдайларды едәуір жақсартады.

Жылжымалы жерсеріктік байланыспен жүргізілетін тәжірибелер, 60 жылдары және 70 жылдың басында өткізілген, бірақ бірінші жылжымалы жерсеріктік қызметті қамтамасыз ету үшін Халықаралық теңіздегі жерсеріктік ұжыммен (ИНМАРСАТ) тек 1979 ж. бекітілген.

Аэронавтика жүйелері үшін жылжымалы жерсеріктік байланысты техникалық іске асыру, аэронавтика және космонавтика бойынша Ұлттық басқарудың АТС-6 спутнигін (НАСА) пайдалана отырып, 70-жылдардың

басында дәлелденген. Азаматтық авиацияның халықаралық ұжымы (ИКАО), радиобайланыс пен ауадағы навигацияның жүйелерінің мүмкіндіктерін зерттеу бойынша комиссия құраған. 90-шы жылдарының басында құрлық жылжымалы жерсеріктік байланыс үшін стандарттар, теңіздегі жүйелер үшін және аэронавтика жүйелері үшін жасалған стандарттарға қарағанда, анағұрлым аз дәрежеде құрастырылған.

Аэронавтика мүддесінде жылжымалы жерсеріктік байланыстың қызметтері, жолаушылар үшін телефон байланысын, ұшақтың кабинасында дауыс байланысын және ұшақтың экипажы үшін деректерді таратуды қамтамасыз етеді.

Аэронавтика үшін жерсеріктік байланыстың бүкіләлемдік жүйесінің дамуындағы жетекші ИНМАРСАТ болып табылады. ИНМАРСАТ теңіздегі байланыстың жүйесі үшін А Стандарты, телексті және телефон қызметтерін қамтамасыз етеді. А Стандарты бұл, сондай-ақ 56 кбит/с жылдамдықпен деректерді тарату қызметі болса да, негізінде, аналогты ЖМ жүйесі болып табылады. А Стандартының терминалдық жабдығының құны мен өлшемі өте үлкен, сондықтан ол тек үлкен кемелерде орнатылады. Кейінірек байланыстың телексті және радиохабарлайтын арналарды қамтамасыз ететін төмен жылдамдықты деректерді тарату қызметі (Стандарт С) енгізілді; кішкентай габариттері мен арзандатылған құндылығы, бұл аппаратураны кішігірім кемелерде орнатуға мүмкіндік береді. 90-шы жылдардың басында қосымша қызметтерді қарастыратын толық цифрлық жүйесі (Стандарт В) құрылды.

1989 ж. АҚШ Штаттарында және Еуропада, жолдағы көліктік құралдардың орналасуы туралы хабарларды тарату және екіжақты жылжымалы жерсеріктік байланыстың жүйесі, Qualcomm, Inc. компаниясының Omni Tracks жүйесі пайдалануға енгізілді. Бұл жүйеде спектрді тура кеңейту әдістері қолданылады. Сигнал 1 МГц енді жолақты алады. MOBILESAT Австралиялық жүйесі ауада, теңізде және жерде пайдаланушылар үшін деректердің жалғанатын дестелерін және мәліметтерді, сөздің жалғауыш арналарының қызметтерін қамтамасыз етеді. Жүйе, 5 кГц жолағының енімен арналарда 4,8 кбит/с жылдамдықпен цифрлық түрінде сөзді таратуды үйлестіреді.

Telesat Mobile, Inc. (TMI) және American Mobile Satellite Corporation (AMSC) компаниялары, Канадада және АҚШ Штаттарында жылжымалы жерсеріктік байланыстың қызметтерін қамтамасыз етуге рұқсат алды. 1995 ж. 5 кГц жолағының ені бар арналарда 4,8 кбит/с жылдамдықпен сөзді тарату үшін торкөзді кодалаумен 16-позициялық шаршы АМ (16-QAM) пайдаланатын әрекеттеуші жүйесі пайда болды.

1.3 Жылжымалы жерсеріктік қызметтер үшін жиіліктік ақымдары

1992ж. Бүкіләлемдік радиоконференцияда (ВАРК'92) электробайланыстың халықаралық одағының (ЭХО) эгидасының атында, жылжымалы жерсеріктік қолдануларды сүйемелдейтін қызметтерінің қосымша жиіліктік спектрін таратуға шешім берілді.

Бұл қызметтер технологияға байланысты, оларға спутниктерді құру және жіберу, компьютерлік қолданбалы программалық қамтамасыз ету және шалаөткізгіш элементтік базаны құру жатады. ВАРК92 шешімдері қабылданған нәтижелерінде, радиобайланыстың Регламентінің негізгі бөлігін құрайтын 1930-2690 МГц дейінгі жиіліктік таратудың кестесіне өзгертулер енгізілді. Бұл кестелер, барлық әлемде радиобайланыстың қызметтеріне лицензияны беру және жиіліктік енгізулердің процедураларын реттеу үшін қолданылады.

Төмен орбиталық серіктердің негізіндегі жылжымалы байланыс, деректерді, соларға ұқсайтын ұялардың және сөзді тарататын жылжымалы жүйелерінің, сондай-ақ дербес байланыстың жаңа пайда болған жүйелерінің (PCS) пайдаланушылары үшін экономикалық тиімді шешімі болып табылады. Мысалы, TRW компаниясының Odyssey жүйесі, 250 АҚШ доллары шегінде құны бағаланатын деректер мен сөздердің жылжымалы автомобильдік немесе тасымалдауға ыңғайлы абоненттік терминалдарымен Тынық мұхитты, Азияны және Еуропаны бастапқы қызмет көрсетуге мүмкіндігі болады. Бұл баға, құрлық қызметтер үшін ұялы, қарапайым цифрлы және жылжымалы тасымалдауға ыңғайлы терминалдардың көбісінің бағасымен әзірше нашар бақталасады.

1.4 Дербес байланыстың универсал цифрлық жүйелері

Қазіргі уақытта біз, өзара орналасқан субъектілердің тәуелсіз байланысатын, анықталған байланыстың түсінігінің негізгі белестеріне жеттік. Дербес байланыс жүйелерінің (PCS) және дербес байланыс желілерінің (PCN) дамылатын тұжырымы, абоненттерге: тұрғын үйде немесе оның сыртында, ауылдық немесе қалалық жерде, автомобильде, теңізде, қозғалмайтын жағдайда немесе егер олар жылдамдық экспресте сағатына жүз километр жылдамдықпен жылжыған кезде әр екі пункттері арасында болатын абоненттерге түрлі ақпаратты таратуға мүмкіндік береді. Қазір құралатын стандарттардың үйлесімі бойынша халықаралық топтың әрекетінің арқасында, әртүрлі елдерде әртүрлі PCS желілері бірегей әлемдік жүйеге қосыла алады. Жалпы пайдаланудың құрлық жылжымалы байланысының келешектік жүйесі (Future Public Land Mobile Telecommunications System, FPLMTS) деп аталатын әлемдік жүйенің дамуы, МСЭ тұрақты комиссиясымен – ВАРК үйлестіріледі. Шындық жаймалануы және осындай үлкен жүйенің жұмысы қазір іске асырылады. Сонымен ұялық және баусымсыз телефондық жүйелердің кең таралуы, осы мақсатқа жетудің негізгі кезеңі болып табылады. Жиілік спектрдің жарамды учаскелерінің керектігі көп жолдармен PCS дамуына шек қояды.

Үлкен PCS қамтамасыз үшін спектрдің қандай көлемі керек болатынын айтуға болмайды. Бұның жауабын беру, жүйеге пайдаланушының талабы мен ұсынылатын қызметтерінің пайдаланатын технологиясының типіне байланысты. Спектрдің мәселесін шешу, жиіліктердің ауқымдарын тиімдірек пайдалануға болатын альтернативаларды табумен қорытындылады.

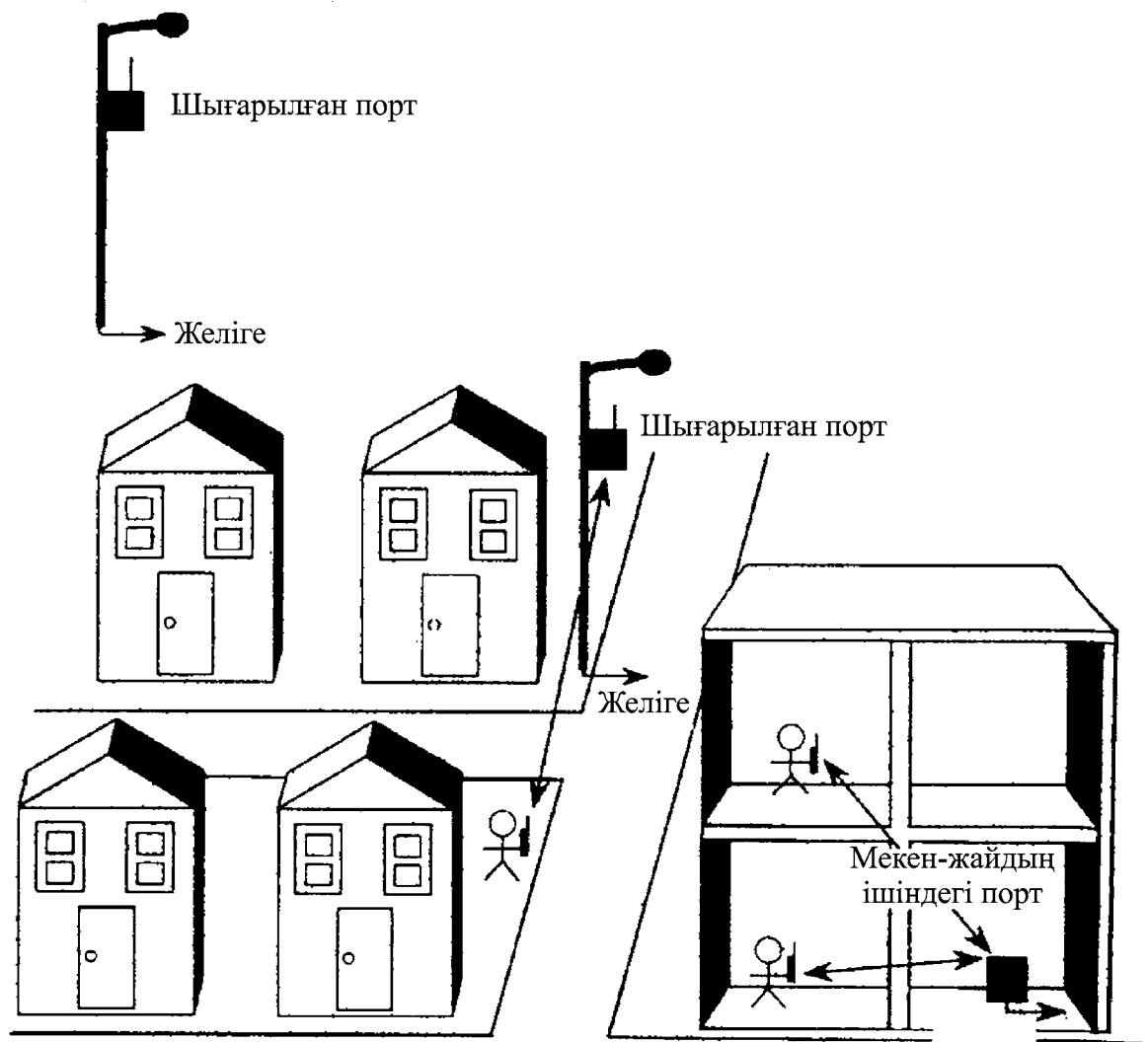
Жылжымалы байланыстың келешегі үшін жарамды технологиясы сапасында, спектрді кеңейту, жиіліктерді программалық қайта реттеу (slow frequency hopping spread-spectrum, SFH-SS) “ақырын” жолымен үйлестіре, арналарды уақытылы бөлумен көпстанциялық (көптік) қатынау (АУБКҚ) әдісі және спектрді тікше кеңейтумен көпстанциялық қатынау әдісі, сондай-ақ арналарды кодалық бөлу негізінде көпстанциялық қатынау (АКБКҚ) болып табылады.

Осы әдістердің тиімділігін, Алматы қаласында 50000 абоненттерге дейін қызмет көрсететін AMPS стандарттардың аналогты ұялық жүйесінің сыйымдылығын бейнелеуге болады, егер АКБКҚ немесе жақсартылған АУБКҚ әдісін (advanced TDMA), сондай-ақ спектрдің жаңа учаскелерін алмай пайдаланса, олардың саны осымен 1 млн. дейін өсуі мүмкін. Кейбір жоғарылатылған сыйымдылықты цифрлық PCS пайдалану үшін көпстанциялық қатынаудың келесі цифрлық әдістемелері қарастырылады [3]:

- уақытты дуплекстеумен АУБКҚ (TDMA-TDD);
- жиілікті дуплекстеумен АУБКҚ (TDMA-FDD);
- жұмыстық жиілікті ақырындап программалық қайта құруымен АУБКҚ (SFH-TDMA);
- АКБКҚ (CDMA).

Сонымен сымды желілердің цифрлық желілерімен қызметтердің аумақылауымен (ЦЖҚА) эволюциялық жақындау орны болса, онда басынан аяғына дейін цифрлық қосылудың арқасында кеңейтілген спектрдің қызметі, ұялық желілердің және PCS абоненттеріне жетілімді болу керек (3-сурет). Жаңа PCS абоненттері, laptop табының компьютерлерімен, портативті факсимильдік аппараттармен, телефонды қоса отырып және басқа ұқсас құрылғылармен, сондай-ақ қазіргі сымды желілерде пайдаланатындай тиімді пайдалану керек.

90-шы жылдарда 3-4 суретте көрсетілгендей, дербес байланысқа әртүрлі көзқарастар болады. жалпы PCS өзіне көптеген тұжырымдамаларды, өнімдерді және бірге өзара байланысқан, әрі өзара әрекеттесетін желілердің жүйесімен аумақылауын қорыту керек. Байланыстың бірнеше әртүрлі сымды желілері және баусымсыз немесе сымсыз шарттары мен өзінің спецификалық пайдаланулары үшін оңтайлы, әрі өзара байланысты болуы керек. Сымсыз және баусымсыз терминдер, баусымнан немесе сымды қосылулардан пайдаланушы бос екенін нұсқайды, ал бұл адам үшін мүмкіндігін ынталандырып немесе халықтың тығыздығымен және магистральдің бойымен осы аумақтарды қосатын факсимильдік хабарларды және компьютерлік деректерді қоса отырып, басқа ақпараттарды алуға мүмкіндік береді. Әлемдегі кейбір үлкен аудандарында халық аз болады, оларға құрлық жылжымалы ұялы радиобайланыстың жүйелерімен қызмет көрсету үнемді болады. Ұқсас аумақтар, келешекте жалпы өзара әрекеттесетін желіге аумақыланатын, жоғары мамандандырылған жылжымалы жерсеріктік жүйелерімен қолдану үшін өзара қосылып және қызмет көрсетілетін болады.

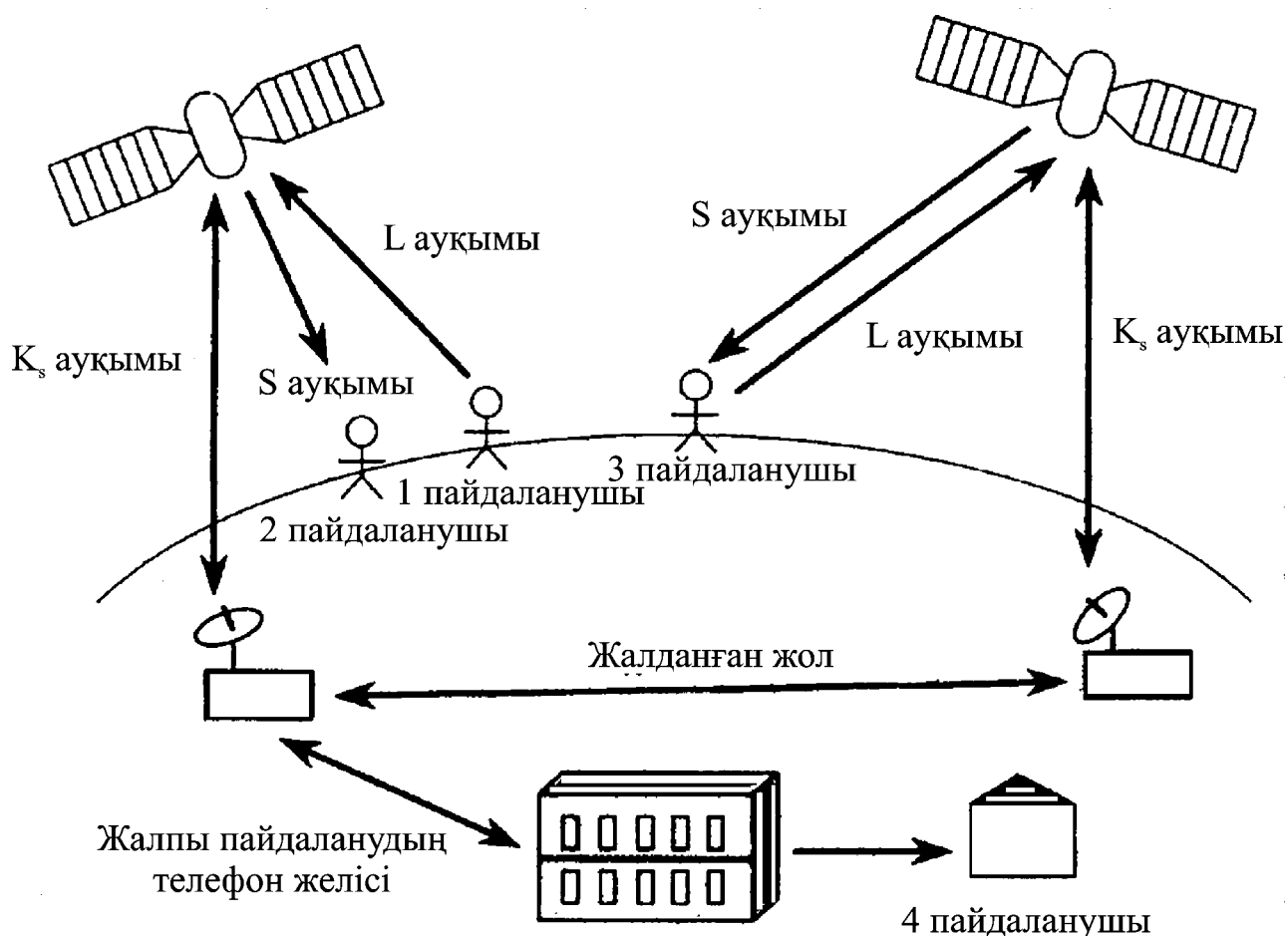


3-сурет. Көппайдаланушы радиопортпен сымсыз қатынау

4-суретте Odyssey деп аталатын, үлкен жерсеріктік жылжымалы PCS жұлдызы туралы TRW компаниясының ұсынысын бейнелейді. Дербес байланыстың бұл тұжырымы сауда орталықтарында, әуежайлардың шекараларында, автомобильдерде, ұшақтарда, жерсеріктерде, үлкен ғимараттардың ішінде және тұрғын жайлардың орындары бойынша өзара әрекеттесетін желіге сымсыз қатынауды ұсынады.

Осы тұжырым аумақыланған, өзара әрекеттесетін желінің барлық астыңғы желілері (подсети), жүйелері және осы жалпы байланыстың элементтері бір коммерциялық ұйымға жататынын немесе сонымен басқарылатынын ұйғармайды. Бірақ астыңғы желілердің тиімді өзара әрекеттесуі хаттамалардың және интерфейстердің стандарттауын талап етеді.

Қызметтердің төлемақысын есептеу, жердегі қызметтің тарифтерімен сәйкес жүргізіледі. Жоғары сапалы сөздің, мәліметтердің, орналасуы туралы ақпаратты және қысқа хабарларды тарату бойынша қызметтер ұсынылады.



4-сурет. Жер төңірегінде ортабиіктік орбиталар бойынша (MEO) айналатын жерсеріктердің үркерлерін пайдалана отырып, үлкен дербес қызметпен (PCS) қамтамасыз етілетін жылжымалы байланыстың ұсынысы

Стандарттармен еркін іздеу, жабдықтың және байланыстың тұтынушылар үшін қызмет көрсетудің қолайлы болуына, әрі жалпы нарықты кеңейтуге мүмкіндік туғызады. Бұл тәжірибе арналарды орналастыру тәсілдерін, қуаттың аумалы деңгейлерін, спектрге қатынау тәсілдерін және басқа тұлғалық параметрлерін, PCS, сондай-ақ сигналдаудың хаттамаларын барлық деңгейлерде бірыңғайландыруға мүмкіндік береді.

1.5 Ұлттық және халықаралық стандарттау

Әдетте стандарттар көмектеседі:

- клиенттер үшін өнімнің және қызметтің үлкен әр түрлілігі;
- әртүрлі жеткізушілерден өнімді және қызметтердің өзара байланысқан жұмыстарының қабілетіне;
- ұлттық нарыққа PCS техникасының ең оңай шығаруына;
- өнімнің жақсартылған сапасына және құнының арзандауына келтіретін жеткізушілер арасындағы бақталасуына;
- жалпы алынған нормаларға сәйкес жаңаларды ендіру және іске асыруға;

- тұтынушыларға жеткізілетін қызметтер.

Сондай-ақ болады:

- халықаралық интерфейстік стандарты;

- желілік интерфейс пен порттың интерфейсі үшін, сондай-ақ желінің жұмысы үшін ұлттық стандарттары;

- барлық әлем бойынша пайдаланушылардың ілгері басуын жеңілдету үшін, құны үшін есептерді жазып шығаруға және желілер арасында ауысу бойынша халықаралық стандарттар және келісімдер;

- қатынаудың жаңа әдістері үшін стандартпен ұсынылған жүйелік архитектура.

PCS бөлек аспектілерімен араласатын стандарттардың аумағында әрекет ететін топтар саны әлемде өсіп жатыр. Осындай топтарға электр байланысының халықаралық одағы (ООН құралымдық бөлігі), радиобайланыс бойынша халықаралық консультативтік комитет (РХКК) және оның уақыттық жұмыстық тобы (Interim Working Party, IWP), электрондық өндірістің америка асоциациясы (Electronic Industries Association, EIA), телекоммуникациялық өндірістің Асоциациясы (Telecommunication Industry Association, TIA), телефония және телеграф бойынша Халықаралық консультативтік комитеті (ТТХКК), стандарттау бойынша Америка Ұлттық институтының стандарттары бойынша комитет (American National Standards Institute, ANSI) және электроника және электротехника инженерлерінің институтының баусымсыз қатынауы бойынша комитет (Institute Electrical and Electronics Engineers, IEEE) болып табылады.

Цифрлық баусымсыз ұлттық және халықаралық үлкен PCS үшін, бір стандарты болғаны жақсы, бірақ бұл жабдық нарық талаптарына қарама – қарсылық жасайды. Оның өсуі көптеген жаңа қосымшалардың пайда болуын және осы жаңа қосымшаларды қостауға бірнеше жаңа стандарттарын құруға және осы стандарттың біреуі, өндіріс масштабының есебінен үлкен үнемдерді шақырар еді, осындай жағдай инновациялық шешімдер мен қолданулардың пайда болуын баяулатады. Егер, қандай да бір стандарт қабылданса, жаңа стандарттардың өңделу процесі бірнеше жылға созылады.

1.6 Жедел әрекетті дербес компьютерлер және байланыс жүйелері

Жедел әрекетті компьютерлер – шағын, әрі портативті құрылғы. Олар офистік үстелдегі компьютерде қолданылады және компьютерлік индустрияның тез өсетін сегментін білдіреді.

Ләптоп табының (қыздырылған) компьютерлерге қарағанда жекеленген және аз өлшемді компьютерлері болады. Ноутбуктар, субноутбуктар, қолда (palmtops) және қалтада (handholds) ұстайтын компьютерлер, әрі органайзер, пейджер және ұялы телефонның қызметтерін қосатын дербес цифрлық секретари (personal digital assistants) – осының бәрі кеңінен таралған, жаңартылған компьютерлер болып пайдаланылады.

Талдаушылар, осы жаңа дербес компьютерлердің (РС) нарықта қатты өсуін жорамалдайды. Laptop табының компьютерлері портативті болса да, бірқатар ыңғайсыздықтарды туғызады. Олар негізінде столдың үстінде жұмыс істейді, ал жаңа компьютерлер жұмыс процесінде орын ауыстырып жүріп пайдалануға ыңғайлы болу үшін жобаланған. Клиенттермен кездесетін сауда бөлімінің жетекшілері, өндірістік жиналыстарды жобалайтын инженерлер, өрістердің және зертханалық өлшеулердің мәліметтерін тіркейтін зерттеушілері, госпитальда ауруларды айналып өтетін медбикелер мен дәрігерлер, бұзылған объектілерді тексеріп байқайтын, қорларды басқаратын қойма қызметшілері және грузовик жүргізушілері, сот мәжілісі уақытында деректерді қалпына келтіретін адвокаттар, осының бәрі жаңа дербес компьютерлерді пайдаланса, көп уақытын ұтар еді. Дербес компьютерлер, адам жүргенде және тұрғанда жұмыс істей береді. Пайдаланушы бір қолымен компьютерді ұстап жұмыс істеуге, екінші қолымен ұялы телефонды немесе блокнотты, папканы ұстауға болады. Бұны Laptop компьютерлерімен істеу мүмкін емес. Олармен жұмыс істейтін талаптарды қанағаттандыруға және ыңғайлы болу үшін дербес компьютерлер, жұмыста қарапайым, берік, жеңіл, әрі кішкентай болуы керек. Пайдаланушыларға жиі сымсыз желілер арқылы орта ЭВМ және қашықталған деректер базасына жылжымалы және иіліп қатынау өте қажет болады, жалпы пайдаланудың халықаралық, әрі ұлттық жалғанатын телефон желілеріне қосылатын жылжымалы радио желілері түрінде қажет.

Дербес компьютерлерді ыңғайлы жасау үшін бірқатар компьютерлік және аралас (компьютер – жылжымалы байланыс) технологиялары бар:

- сөзді тану және қаламмен енгізу клавиатураны ауыстыруға, әрі жұмыс істеуге ыңғайлы компьютерлерді жасауға әкеледі;

- радиобайланыс пайдаланушыларға елдің, қаланың, университеттік шағын қаланың, ғимараттың, бөлменің шектерінде немесе барлық әлем бойынша ақпаратпен алмасуға мүмкіндік береді;

- ақпараттың үлкен көлемдерін сақтау үшін кеңейтілген жинақты жадымен азғабаритті, қазіргі микропроцессорлары және қазіргі радиобайланыстың жүйелері мәліметтерді өңдеп, әрі тиімді тарата алады;

- қуатпен басқару үшін тиімді программаны қамтамасыз ету және қоректің элементтер өндірісінің жаңа технологиялары, компьютерлерге, жылжымалы ұялы немесе PCS батареяның бір зарядында уақыттың ұзақ кезеңінде жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

Стандарттаудың негізгі мақсаты – жадтың карталары мен жүйелерінің өндірушілеріне өнімдерді тудыруға мүмкіндік беру, олар соның негізіне жататын таныс емес технологиясымен жұмыс істейтін соңғы пайдаланушылар. Осы стандарттардың негізгі қосымша стандарттары, цифрлық фото және телекамералардың, электрон кітаптарының плеерларын, радиобайланыстың жабдықтарын қоса отырып, компьютерсіз және компьютерлік тұтынушылардың өнімдерінің типтері арасында РС-карталарымен бос алмасуға мүмкіндігін қамтамасыз ету жатады. Осы технологияға, өнімге және жүйелерге

талаптарын тиімді стандарттауын қамтамасыз ету үшін, өндірістің өкілдері 1989 ж. дербес компьютерлері үшін жадтың карталарының өндірушілерінің Халықаралық ассоциациясын құрды (Personal Computer Memory Card International Association, PCMCIA). Ассоциацияның мақсаттары PC және оны белсенді қолдау, және жадтың карталары үшін бүкіләлемдік стандарттарын орнату болып табылады.

Ұялы байланыстың өндірісі өзінің жалпыұлттық өзара әрекеттесетін мақсатын жалғастырғанда – аналогты ұялық жүйелерін жаңа цифрлық технологияға ауыстыруға, сонымен арналық сыйымдылықтың жетіксіздігін жеңілдетуге бағытталған қысым өсті. Белгіленген спектрде аналогты техниканы цифрлыққа ауыстыру негізгі мәселе болып табылды.

20-дан асқан үлкен ұялық нарықтары үшін ұялық байланыс жүйелерінің абоненттер санының бағалары, 1993ж. абоненттердің 24 миллионнан асатын жалпы санын көрсетеді. Қазір АҚШ тек үлкен ұялық операторлары 100 млн. асатын клиенттердің потенциалдық базасы болады. Еуропада 2001 ж. аяғында байланыстың аналогты және цифрлық ұялық жүйелерінің абоненттерінің жалпы саны 50 млн. жетті. Уақыттың осы кезеңінде ұялық бизнеске жылжымалы байланыстың жалпы еуропалық нарығының 90% жатады.

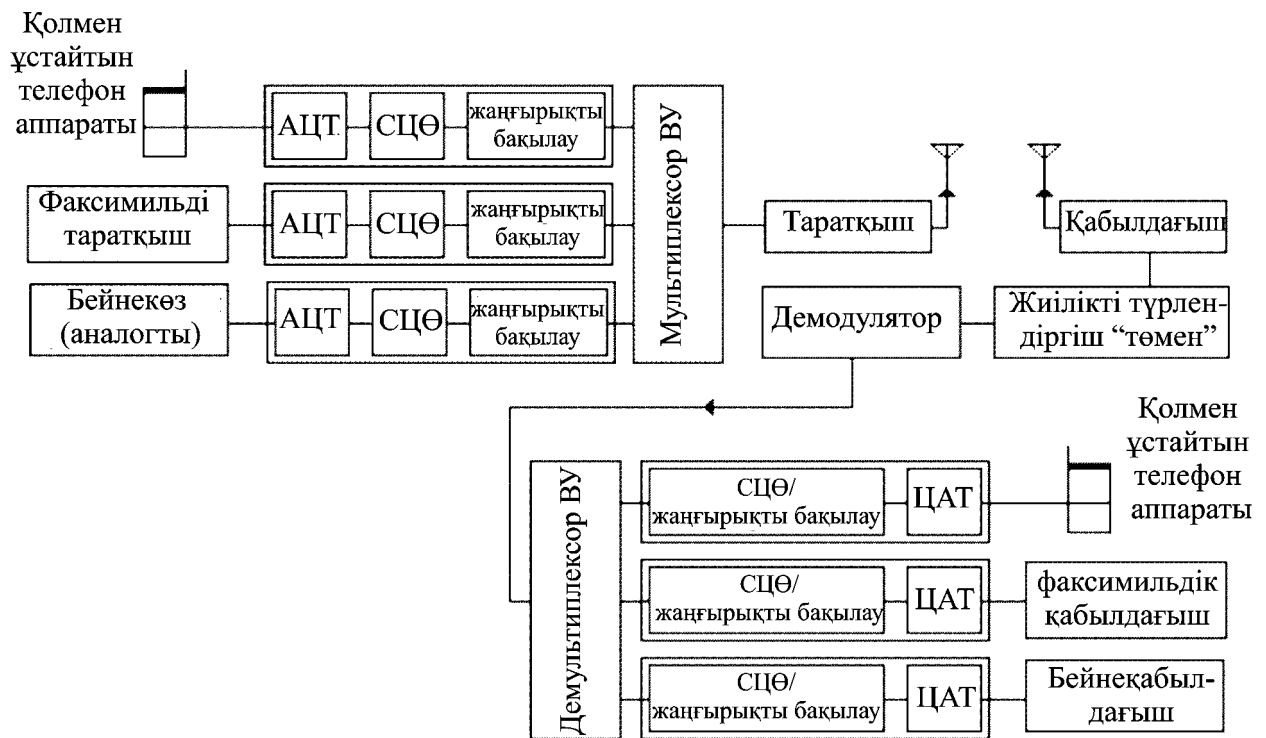
2 Жылжымалы объектілері бар байланыс жүйелеріндегі сөзді кодалау

2.1 Сымсыз жүйелердегі сигналдарды цифрлық өңдеу

Радио байланыстың әртүрлі жүйелерінде сөздің таржолақты сигналдарын (300 Гц-тен 3,4 кГц дейін) және факсимилеге, кеңжолақты дыбыс сигналдарын (10 Гц-тен 20 кГц дейін) және бейнелеу сигналдарын (тұрақты тоқтан 15 МГц дейін) дәлденген алгоритмдердің салыстырмалы кодалауын қолдану, шығындардан тиімді және үнемді болып талылады. Сигналдардың цифрлық өңдеуінің (СЦӨ) астыңғы жүйелерін аналогты цифрлық түрлендіруімен (АЦТ) және цифрлық-аналогты түрлендірумен (ЦАТ) орналастыру, сондай-ақ жаңғырықтың ішене жүйелерін бақылау 5-суретте бейнеленген.

Азқуатты СБИС пайда болуы портативті дербес телефон аппараттарында кодалаудың осы алгоритмдерін пайдалануға әкелді және цифрлық радиохабар таратуға жол салды [4]. Осы алгоритмдердің көбісін тағайындау – көздің аналогты сигналын цифрлық сигналға деректерді таратып немесе жадтау үшін оны өңдеп, аналогты-цифрлық түрлендіруі болып табылады. Деректерді ығыстыру (деректердің қысылуы), аналогты түрден цифрлыққа түрлендірілген сигналдың артықшылығын жою есебінен жеткізіледі. тасымалдаушының модульденетін жиіліктердің жолағында екілік сигналды сығыстыру аса жоғары жиілікке ауысып және таратылады. Қабылдағышта радио сигнал ПЧ-а ауысып цифрлық сигналға модульденетін жиіліктің жолағында демодульденеді. Осы цифрлық сигнал радио байланыстың жүйелерінен таратылатын қателерді өзіне енгізуі мүмкін. Цифрлық-аналогты түрлендірудің қосалқы жүйесімен

қосылатын сигналдың декодаланатын алгоритмі көздің аналогты сигналын қалпына келтіреді.



5-сурет. Радиобайланыстың бейнеленген желісінде сигналды цифрлық өңдеу (СЦӨ)

Әрі қарай түрлендірудің салыстырмалы қарапайым тәсілдері (көзді кодолау және декодалау) жиі пайдаланылатыны сипатталынады. Бұл – импульстік-кодалық модуляция (ИКМ), дифференциалдық импульстік-кодалық модуляция (ДИКМ) және дельта-модуляция (ДМ). Сондай-ақ жаңа вокодерлардың және кодектардың сызықтық айтуымен негізгі тұжырымның шолуы жүргізіледі. Сөзді өңдеу үшін СЦӨ әртүрлі тәсілдерін іске асырудың қиындықтары және тарату жылдамдықтарының сипаттамаларына қысқаша салыстыру беріледі. Сондай-ақ сымдық және радио жүйелердегі кідірістің, әрі жаңғыртпаның қосылған бақылауын, кідірісті бақылаудың негіздері талқыланады.

2.2 Дыбысты түрлендіру әдістері

Аналогты-цифрлық және цифрлық-аналогты түрлендірулердің негізгі әдістерінің санына кіреді:

- дельта-модуляция (ДМ);
- дифференциалдық импульстік-кодалық модуляция (ДИКМ);
- импульстік-кодалық модуляция (ИКМ).

Таратқышта орналасқан аналогты-цифрлық түрлендіргішті кодер (encoder, coder) ал қабылдағышта орналасқан цифрлық-аналогты түрлендіргішті декодер (decoder) деп атайды. Кодек сөзі “кодер/декодер” сөздерінің үйлесуінен құрылған. Түрлендірудің жоғарыда келтірілген негізгі әдістеріне, 4-кестеде келтірілген күрделі кодектер құрастырылған туралы қосымша ой айтуға болады.

2.2.1 Импульстік-кодалық модуляция

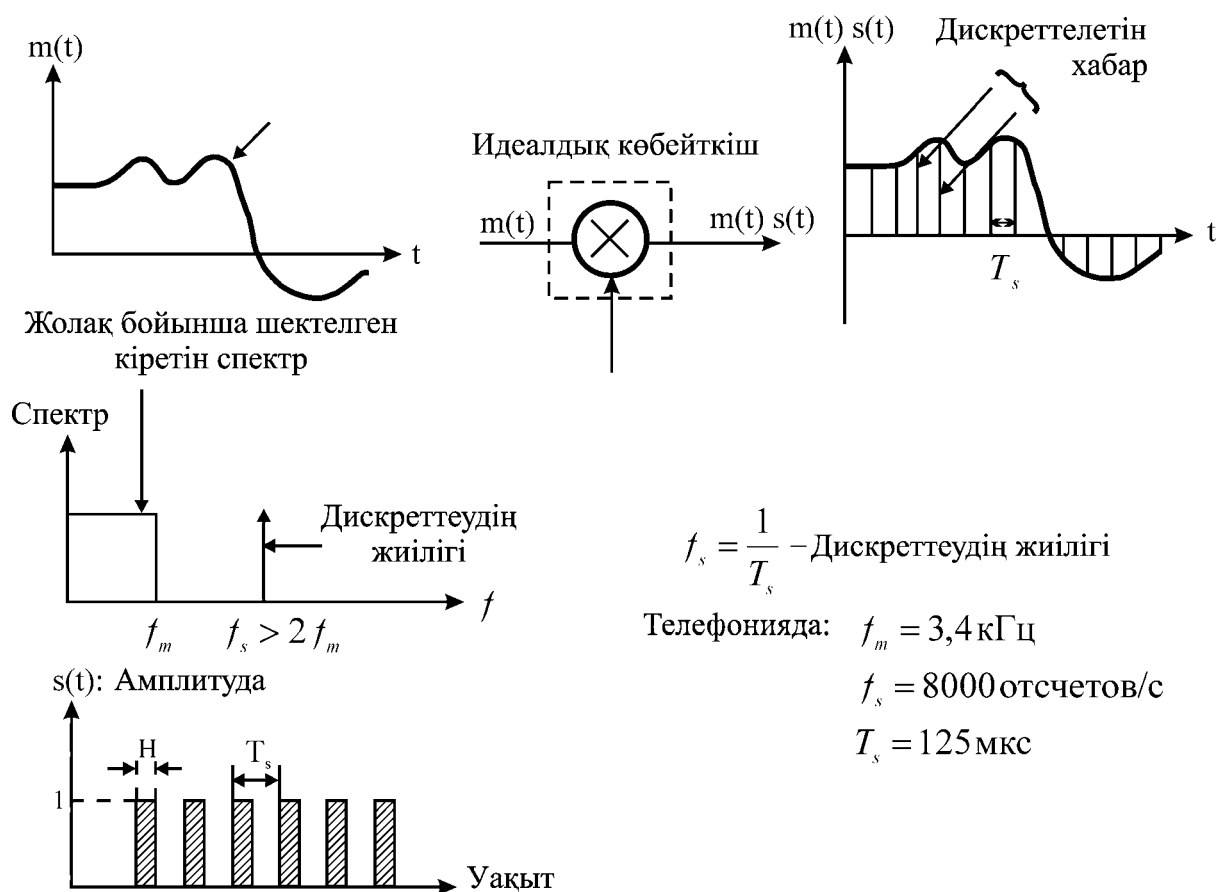
ИКМ-кодерлерімен орындалатын негізгі қызметтері 6-8 суреттерде бейнеленген. Олар өзіне дискреттеуді, кванттауды (сызықтық және логарифмикалық сығыстырумен) және кодалауды қосады. Дискреттеудің ықшамдалған теоремасы келесімен сипатталады.

Егер, ең жоғарғы жиіліктің спектралдық құрайтын $m(t)$ қызметі үшін f_m құраса, онда $f_s > 2f_m$ жиілікпен алынған есептемелері өзінен шығатын хабардың барлық ақпаратын ұстайды.

6-суретте телефония үшін дискреттеу теоремасын қалыпты қолдануы көрсетілген, сонда сөздік немесе факсимильдік сигнал 3,4 кГц жиілік жолағы бойынша шектелген және $f_s = 8000$ есеп/с жиілікпен дискреттеледі.

4-кесте. Жылжымалы байланыста пайдаланатын дыбысты түрлендіру әдістемелері

		Адаптивті ДМ
		Адаптивті ДИКМ (АДИКМ)
		Адаптивті ИКМ
		Үздіксіз ДМ
		Цифрлық тәсілмен басқарылатын ДМ
		Сызықтық (адаптивті емес) ДМ
		Сызықты болжауымен кодек (кодектер)
		Кодпен қозатын сызықтық болжауы бар кодалау
		Қалған сигналмен қозатын вокодерлер
		Субжолақты кодалауымен және векторлы кванттауы бар вокодер (вокодерлер)

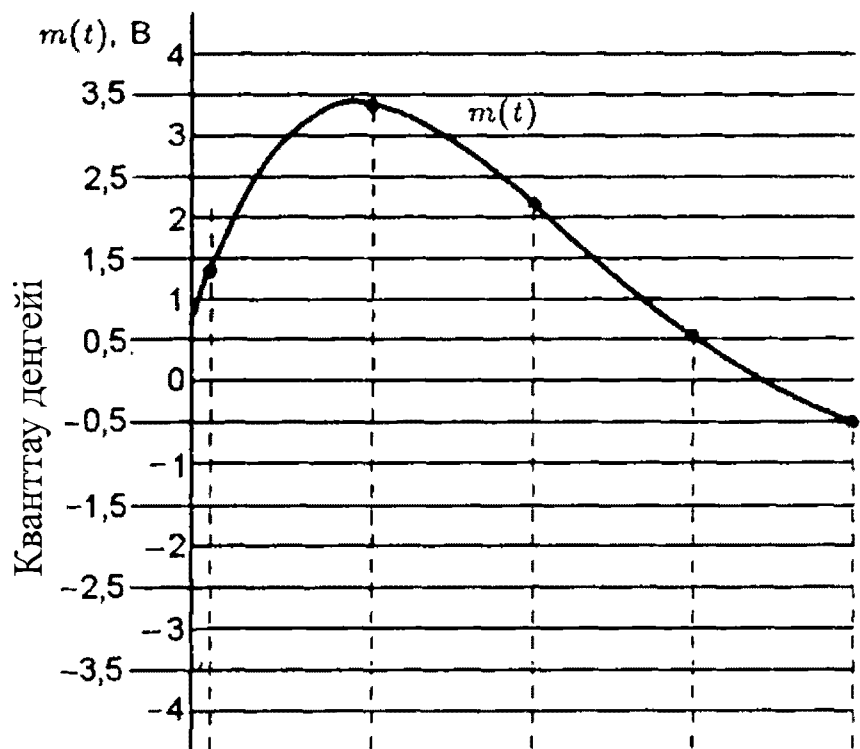


6-сурет. $m(t)$ сигналдың лездік дискреттеуі

Дискреттеліп шығатын $m(t)s(t)$ сигналында амплитудалық жағдайдың шексіз саны болады. Осы сигналды коддалау үшін амплитудалық деңгейлерді кванттауға тарту қажет.

Ықшамдау үшін 7-суретте кванттаудың тек сегіз деңгейі көрсетілген. Үздіксіз $m(t)$ сигналында есептемелердің келесі мәндері болады: 1,3; 3,4; 2,3; 0,6, ..., - 3,4 В. Квантталған сигнал, есептеменің берілген мәніне жақын кванттау деңгейінің мәнін қабылдайды. Кванттаудың сегіз деңгейі 3-битті кодалық санмен білінеді.

Хабарлаудың сигналы бірқалыпты дискреттеледі. Кванттаудың деңгейі көрсетіледі. Әр есептеме үшін квантталған мәні келтірілген және оның екінші реттік көрсетуі ұсынылған. Есептеменің амплитудалық мәнімен және кванттау деңгейі арасындағы айырымды квантталудың қатесі деп атайды. Бұл қате d адымның өлшеміне пропорционал, яғни кванттаудың тізбектес деңгейлері арасындағы айырым. Кванттаудың деңгейінің үлкен санында (d мәні аз болғанда) кванттаудың қатесі аз болады. Тәжірибеде алынған, "қалааралық байланыстың сапасымен" телефонияда сөзін тарату, және сигнал/шуылдың жеткілікті қатысына жету үшін кванттаудың $28 = 256$ деңгейін пайдалану қажет. Осы нәтиже кванттаудың есебіне 8 битті ақпаратты талап етеді.



Есептеменің мәні	1,3	3,4	2,3	0,6	-0,6
Кванттаудың жақын деңгейі	1,5	3,5	2,5	0,5	-0,5
Кодалық сан	5	7	6	4	3
Екінші реттік көрсету	101	111	110	100	011

7-сурет. ИКМ жүйелері үшін екілік кодалау және кванттау

Егер кванттау деңгейінің саны (>100) көп болса, онда кванттаудың қатесінде ықтималдықтың тығыздығының бірқалыпты қызметі болады деп есептейміз, оны [5] өрнекпен анықтаймыз

$$p(E) = \frac{1}{d}; \quad -\frac{d}{2} \leq E \leq \frac{d}{2}. \quad (1)$$

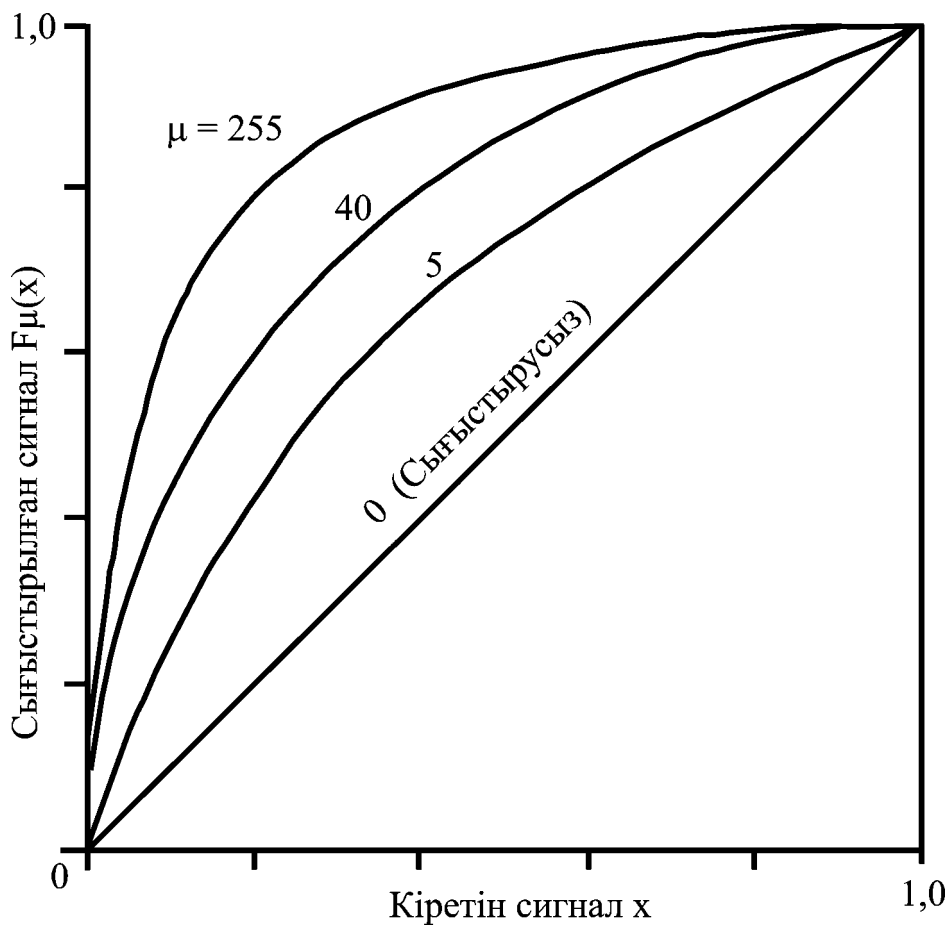
Егер $m(t)$ сигналы кванттауышты артық жүктемесе, қатені бір қалыпты тарату туралы болжау өте жақсы. Мысалы, 7-суретте көрсетілген кванттауыштың шығатын сигналы $|m(t)| > 5$ үшін 5 деңгейде қанығатын болады. Осындай асқын жүктеме кезінде кванттауыштың қатесі $m(t)$ қызметтің сызықтық өсуі болып табылады. Сызықтық облыста кванттауыштың қатесінің (rms) орташаршылық мәнінің жұмысы

$$\int_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} E^2 p(E) dE = \int_{-\frac{d}{2}}^{\frac{d}{2}} E^2 \frac{1}{d} dE = \frac{d^2}{12}. \quad (2)$$

Егер шығатын $m(t)$ сигналдың орташаршылық мәні M_{rms} тең болса, онда кванттауыштың сигнал/қате қатынасы келесі формуламен анықталады

$$\frac{S}{N} = \frac{M_{rms}^2}{\frac{d^2}{12}} = 12 \frac{M_{rms}^2}{d^2}. \quad (3)$$

Осы өрнектен біз, кванттаудың сигнал/қате қатынасы M_{rms} шығатын сигналдың орташаршылық мәніне байланысты болатынын қорытамыз, яғни қатты шығатын сигнал үшін S/N қатынасы көп болады. Бұл телефон жүйелерінде қаламайтын әсер, өйткені абоненттердің біреуі басқасына қарағанда, едәуір ақырын дауыспен сөйлеседі. Кванттаудың үлкен қатесімен (S/N_q төмен қатынасы кезде) салыстырмалы бұрмаланған өте нашар сигналды қабылдағанан кезде тыңдаушы ыңғайсыздықты байқайтын болады. Үлкен амплитудасы бар сигнал сияқты, аз амплитудалы сигналдағы шуылға деген қатынасты алу үшін, адымның әртүрлі мөлшерлері бар кванттауыш қажет болады. Ол үшін 7-суретте көрсетілген бірқалыпты адымы бар кванттауыштың, компрессор/компандер сияқты белгілі, сызықтық емес сипаттамасы бар кіріс/шығыс құрылғысы немесе компандау жүйесі алдында болуы керек. Сызықтық кванттауыштың алдында тұратын компандер, қатты сигналдарға қарағанда, ақырын сигналдарды көп күшейтеді.



8-сурет. Логарифмитикалық сығыстырудың сипаттамасы

Жапонияда және Солтүстік Америкада цифрлық ИКМ желілерінде қолданылатын сығыстырудың сипаттамалары 8-суретте көрсетілген. Кодалаудың ± 1 нөрміленген ауқымы үшін μ -заңына сәйкес болатын кодектердің сипаттамасы [6] өрнекпен анықталады

$$F_{\mu}(x) = \sin(x) \frac{\ln(1 + \mu|x|)}{\ln(1 + \mu)}, \quad -1 \leq x \leq 1. \quad (4)$$

x аз мәні үшін $F_{\mu}(x)$ сипаттамасы сызықтық қызметке, ал үлкен мәні – логарифмитикалық қызметке жақындайды.

Жапонияда және Солтүстік Америкада цифрлық желілер үшін μ -заңы жарамды болып танылады, Еуропада (СЕРТ) сығыстырудың (компрессия) стандарттық заңымен танылатын A -заңы келесі түрде анықталады

$$F_A(x) = \sin(x) \frac{1 + \ln A|x|}{1 + \ln A}, \quad \frac{1}{A} \leq |x| \leq 1; \quad (5)$$

$$F_A(x) = \sin(x) \frac{A|x|}{1 + \ln A}, \quad 0 \leq |x| \leq \frac{1}{A}.$$

$F_A(x)$ сипаттамасы – логарифмитикалық қызметі $|x| > 1/A$ кезінде нақты және сызықтық қызметі $|x| < 1/A$ кезінде нақты болады деп атап өтейік. Қорытындысында A -заңы, нашар сигналдар үшін S/D жаман сипаттамаларының есебінен $1/A \leq x \leq 1$ ауқымындағы μ -заңына қарағанда, сигнал/бұрмалану (S/D) қатынасының бірнеше қалыпты сипаттамасын береді.

μ -заңы да және A -заңы да кең динамикалық ауқымдағы S/D салыстырмалы тұрақты қатынасын қолдаудың талаптарын қанағаттандырады. Егер мүмкін болатын абоненттердің сөздерінің дауыстық деңгейі үшін S/D қатынасын көбейту мақсаты болып табылса, онда гиперболық қызметінде негізделген сығыстыру заңы пайдаланылуы мүмкін. Осы заңдар, ақырындап немесе қатты сөйлейтін абоненттердің аз саны үшін сипаттаманың нашарлау есебінен, сөйлесушілердің көбісіне S/D қатынасын қамтамасыз етеді. Бірақ қазір тек μ -заңы және A -заңы, жылжымалы объектілері бар байланыстың цифрлық жүйелерінде жалпы қолдануды табады.

Үндік жиіліктердің жолағында модульденген деректердің басқа сигналы немесе телефонияның жүйелеріндегі сөздің сигналы және факсимиле, $f_m = 3,4$ кГц жоғарғы жиілікпен шектеледі. Осы аналогты сигналды деректер ағымының цифрлық ИКМ түрлендіру үшін секундына $f_s = 8000$ есебінің жиілігімен дискреттеуді пайдаланады. Әр есеп кванттаудың 256 деңгейлерінің біреуінде бекітіледі. Кванттау деңгейлерінің осындай саны үшін 8 ақпараттық биттер ($2^8 = 256$) талап етіледі. Сонымен, есебіне 8 битті талап ететін және секундына 8000 есептемелердің жиілігімен дискреттелген үндік жиіліктің бір арнасында 64 кбит/с тарату жылдамдығы болады.

Түсті теледидардың хабар беретін сапасының аналогты сигналдарында 5 МГц шамасында бейнежиіліктердің жолағының ені болады. осы бейнесигналдарды кодалаудың қарапайым ИКМ үшін секундасына $f_s = 10$ млн. есептемелердің дискреттеудің жиілігі пайдаланылады және есебіне 9 битті

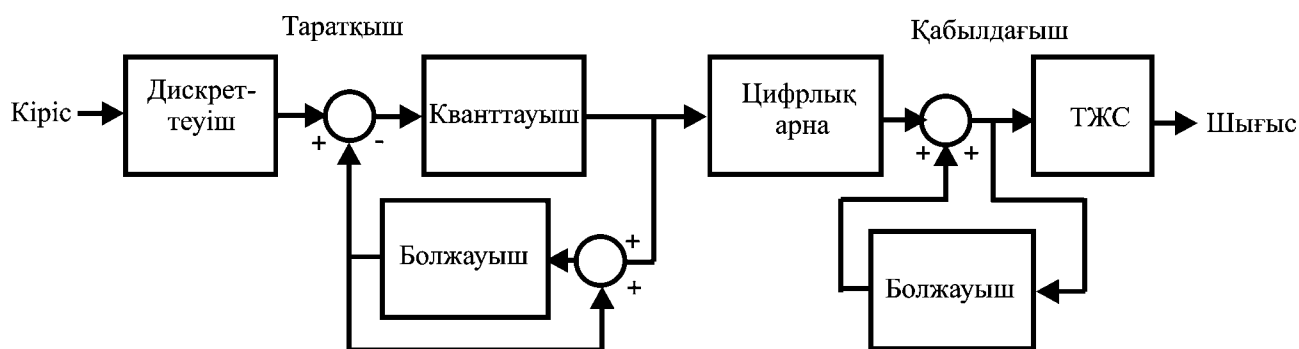
кодалаудың сұлбасы қолданылады. Сонымен қорытындылатын таратудың жылдамдығы 90 Мбит/с құрайды. Теледидарлық бейнелеудің көбісі қатты корреляцияланған және бұл таратудың жылдамдығын азайту үшін пайдаланылуы мүмкін. Көршілес элементтері үшін олардың параметрлерінің мәніне тіреліп, бейнелеудің әр элементінің жарықтығын және түсін айтуға болады. Хабарлық сапалы цифрлық түсті теледидарлама үшін техниканың болжауын пайдалана отырып, ЦОС әдістері 10-нан 45 Мбит/с дейін таратудың жылдамдығын талап етеді. Бейнеконференцияны радиотарату үшін 20-дан 200 кбит/с дейін жылдамдықты бейнелеудің сығыстырылған сигналдары пайдаланылады.

2.2.2 ДИКМ: Дифференциалдық импульстік-кодалық модуляция

Дифференциалдық импульстік-кодалық модуляция (ДИКМ) – бұл статистикалық артықшылықты жойып және сонымен таратудың жылдамдығын төмендету үшін кіретін сигналдың көршілес есептері арасында пайдаланатын корреляцияның болжауы бар кодалаудың сұлбасы. ИКМ жасалынатын есептемелердің мәндерін кодалап және кванттаудың орнына ДИКМ-да алдыңғы есептерде негізделген келесі есептің мәнін бағалау жүргізіледі. Бұл баға есептің нақты мәнінен алынады. Осы сигналдардың айырымы болжаудың қатесі болып табылады, ол квантталады, кодаланады және декодерға таратылады. Негізінде, осы әдістеде таратудың алдында сигналдағы артықшылықты жоюға талап қойылады. Декодер кері операцияны орындайды; ол болжаудың квантталған қателерінен бастапқы сигналды қалпына келтіреді.

9-суретте ДИКМ жүйесінің құрылымдық сұлбасы көрсетілген. Мұнда $\{s_i\}$ – кіретін есептердің мәнінің тізбектілігі; $\{s_i^*\}$ – болжанған тізбектілік, ал $\{e_i\} = \{s_i - s_i^*\}$ (6)

болжаудың қателерінің тізбектілігі, ол квантталады, кодаланады және таратылады.



9-сурет. Дифференциалдық ИКМ жүйесінің құрылымдық сұлбасы

Кванттау деңгейлерінің саны N үлкен ($N \geq 8$ жеткілікті үлкен болып саналады) және сызықтық болжау пайдаланылса, онда $\{s_i^*\}$ әр мәні келесі түрде өрнектелуі мүмкін

$$S_i^* = a_1 S_{i-1} + a_2 S_{i-2} + a_3 S_{i-3} + \dots \quad (7)$$

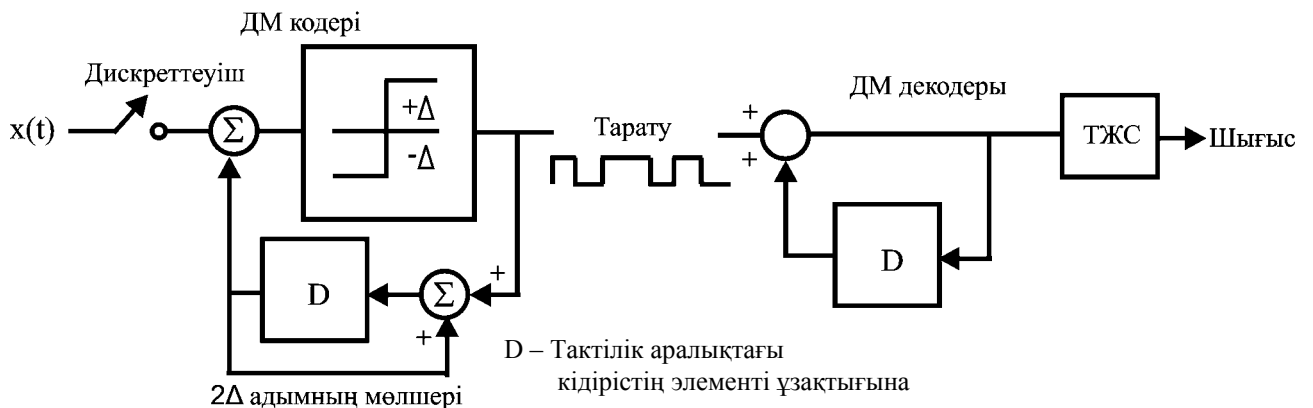
мұнда a_i – болжау (болжауыштың) құрылғысының коэффициенттері.

Егер кванттауыш немесе болжауышы бар кванттауыш кодаланатын сигналға бейімделсе, онда сигнал/шуылдың едәуір жақсартылған қатынасын алуға болады. Егер, кіретін сигналдың кең әртүрлілігі кезінде адымның оптимал мөлшеріне жақындағы құрылса, онда бейімделген кванттаумен коддердің динамикалық ауқымын кеңейтуге болады.

Кванттауыштың бейімделуінің жиі пайдаланылатын екі әдістеріне, буындық немесе ақырын әрекеттелетін бейімделу және тез әрекеттейтін бейімделу немесе тек бір есепті жадтайтын лездік компандау жатады.

2.2.3 Дельта-модуляция

ДИКМ-да корреляцияда пайдалану, көршілес есептердің корреляциясын көбейту үшін сигналдың артық дискреттелуінің мүмкіндігі туралы ойға әкеледі және осының есебінен кванттаудың қарапайым стратегиясын іске асыру жатады. Дельта-модуляция (ДМ), дифференциялық ИКМ бірразрядты болжамы болып табылады. ДМ коддер тұрақты көлбеуі бар сызықтық сегменттердің серияларымен уақыттың кіретін қызметін жуықтайды. Сондықтан аналогты-цифрлық түрлендіргіш (10-сурет) деп саналады. Адымның мәні осыны 2Δ құрайды.



10-сурет. Сызықтық дельта-модулятор (ДМ)

Әр есептің кезеңіне кіретін сигнал арасында және сатылы жуықтама уақытында оның соңында айырым анықталады. Осы айрым белгісінің есебімен сатылы жуықтамаға кіретін сигналдың бағытына қарай адымның мәнін өсімшесін алады. Сонымен, $y(t)$ сатылы сигнал-кіретін сигналдың артынан жүреді. $X(t)$ және $y(t)$ арасындағы әр салыстырманың мәні, декодерға импульстер түрінде таратылады, олар $y(t)$ қалпына келтіреді, содан кейін шығатын сигналды алу үшін ТЖС арқылы $y(t)$ сүзеді. Кванттаудың шуылы келесі айырыммен анықталады

$$n(t) = x(t) - y(t). \quad (8)$$

Сигналдың үлкен және тез өзгеретін құламалары үшін тіктіктің артық жүктеуінің бұрамалауының облысының орны болады (11 және 12-суреттер).

Көп өндіруші-фирмалармен жетілген цифрлық алгоритмдерді пайдаланатын интегралдық орындауда бейімделген дельта-модуляторлар шығарылады. Бейімделген ДМ осындай жоғары сапалы кодектердің бағасы (көп партия сатып алған кезде) шамалы 1 долл. құрайды.

2.2.4 Вокодер және сызықтық болжауымен кодалау

Жақсы сапалы, сондай-ақ “қалааралық телефон байланысының сапасы” ретінде белгілі телефония үшін ИКМ жүйелері, $f_b = 64$ кбит/с тарату жылдамдығын талап етеді. Бейімделген ДИКМ және ИКМ тарату жылдамдығы 12-ден 32 кбит/с дейін ауқымда жататын мәнге дейін азайтылуы мүмкін. Егер телефония сапасымен, “қалааралық байланыстың” немесе соған жақын сапасына тең сөзді кодалауды сақтау мүмкін болса, сонда сигналдың кодалауының істелген әдістемелерін қолдану керек.

Сөздің кодалау/декодалаудың жақсы жұмыс істейтін жүйелеріне блоктық кодерлар жатады [7]. Қарапайым ИКМ, бейімделген ДИКМ және ДМ жүйелерінде пайдаланылатын кодерлерде, скалярлы кванттауыштары болады. Скалярлы кванттауыштар, ағымға кіретін есептемелерде және N кейін шығатын есептемелерде (қарапайым ИКМ жүйелерінде $N=0$) негізделген жалғыз шығатын есепті береді. Блокты кодерлер, ағымға кіретін есептемелерде және N кейін шығатын есептемелерде шығатын есептемелердің векторын құрайды. Блоктық кодалаудың құрылғылары бейнелеудің қолданатын тәсілдерімен (mapping techniques) сәйкес жиі сұрыпталады, осындай сұрыптамаға векторлық кванттауыштар, әртүрлі ортогонал түрлендірушілері бар кодерлер және субжолалық кодерлер сияқты арналандырылған кодерлер жатады. Әрі қарай олар өзінің алгоритмдік құралымдарымен: кодалық сөздіктерімен, ағаш тәрізді және торлы кодалауыштарды, дискреттік Фурье түрлендіруін, дискреттік косинустық түрлендіруін, дискреттік Уолш-Адамар түрлендіруін, дискреттік Карунен-Лоэва түрлендіруін және шаршылық айналы сүзгілер блогын қоса отырып сипатталады. Сызықтық болжауы бар (LPC) кодалаудың перспективті әдістемелердің және жиі қолданатын вокодерлердің негізгі тұжырымдамасын қарастырамыз.

Вокодерлер сөздің құру процесін модульдейді. Базалық үлгісі өзіне келесі элементтерді қосады:

а) дауыс байланыстарымен модульденетін ауаның қысымы үшін тәрізді, қоздыру сигналдары;

б) адамның сөздік трактісін сипаттайтын сүзгі (ауыз және мұрын қуыстары).

Сөзді жаңғырту үшін “сөздік күре жолды” модельдейтін сүзгі, ауыз және тілдің қозғалатын жылдамдығын еліктеу үшін салыстырмалы ақырын жылдамдықпен (әдетте секундына 50 рет) жаңартылады. Арналық вокодерлер, жапсарланатындармен 12-32 жолақтық сүзгілерден тұратын блоктар арқылы сөздік күре жолдың сүзгісін модельдейді. Әр сүзгінің тарату коэффициенті басқалардан тәуелсіз бапталады. Сызықтық болжауы бар вокодерлер сөздік күре жолдың сүзгісін, жалғыз сызықтық полюстік сүзгісі арқылы модельдейді.

Кішігірім тәртіптердің полюстік сүзгілері (6 және 12 арасындағы аралық), сөздік күре жолды тарататын қызметтерін модельдеу үшін оңтайлы болады. Шын мәнінде, олар резонанстық жиіліктерді (яғни формант) 3-тен 6 дейін ($p/2$) модельдеуге мүмкіндік береді, олар адамның сөзінде жиіліктің қызықтыратын жолағында (0-ден 5 кГц дейін) сипатталады. Оның үстіне уақыттың анықталған кезеңінде сөздік күре жолды сипаттайтын p нақты параметрлері, сөздік сигналдың $R(k)$ автокорреляциялық қызметтерінің $p+1$ біріншісінен сызықтық болжаудың әдісімен тиімді белгіленуі мүмкін және тез алгоритмдер арқылы немесе векторлық кванттауды (VQ) пайдалана отырып модельденген болады. VQ қолданған кезде сүзетін уақытта өзгеретін кезеңдік сипаттау үшін 400-ден 500 битке дейін талап етіледі.

Сөздің нақты сегментін тарату үшін сөздік күре жолдың нақты сүзгісі қызмет етсе, онда сөздің осы сегментінің инверсиялық сүзгілеуімен, 14-суретте көрсетілгендей қозу алынуы мүмкін. Анықтама бойынша қандай да бір сүзгінің, оның инверстік аналогына тізбектеліп қосылуы, сигналдың “таза” кідірісін енгізуіне тең болады (яғни жалпы импульстік жауабы, өзінен кешіктірілген бірінші реттік импульсті білдіреді).



14-сурет. Инверстік сигналмен алынған қоздырудың сигналы

Полюстік сүзгі үшін инверстік сүзгіні алу, әсіресе оңай, сол үшін полюсі жоқ сүзгіні ала отырып, оның сипаттамасында полюстер орнында тек нөлдер болады. Сөзді инверстік сүзгіленгенде алынған сигналды (яғни анық қозу) қалдық деп атайды (residual). Қалдықта едәуір артықшылық болады, ол бірнеше кодаланатын сұлбаларды құрастыруға әкелді. Қалдық сигнал 15 [8] -суретте көрсетілген.

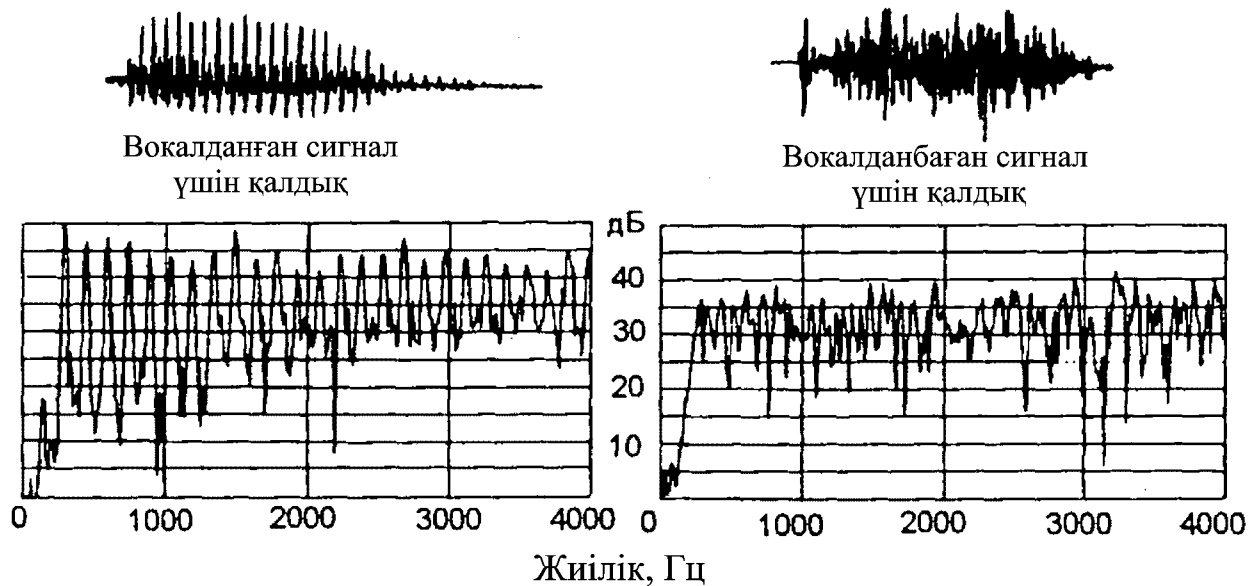
Вокалданған сигнал кезінде спектр, өзінің кезеңдік жіңішке құралымын сақтайды.

Вокалданған дыбыстар үшін қалдықтар, негізгі үннің жиілігімен кезеңдік импульстердің бар болуымен, ал вокалданбаған дыбыстар – ақ шуылмен сипатталады. Екі түрінде де бірқалыпты спектрі болады, бірақ вокалданған дыбыс жағдайында кезеңдік жіңішке құралымымен болады.

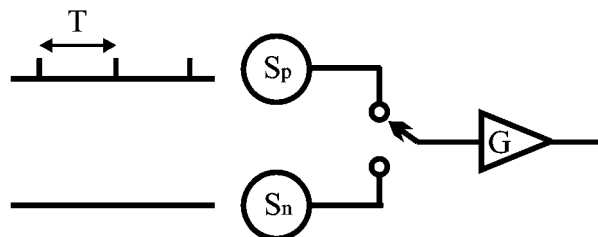
Сызықтық болжауымен және импульстік қоздыруы бар вокодерлерде (pulse excited linear predictive, PELP), 2400 бит/с жылдамдығы болатын LPC-10 стандарттық кодекі сияқты қалдық таратылмайды, ал жасанды дуалдық көздің көмегімен синтезделеді (16-сурет), ол келесімен басқарылады:

а) “сөз/сөз емес” ауыстырып қосқышы, көздердің қайсысы – кезеңдік импульстердің көзі немесе ақ шуыл көзі қосылатынын анықтайды;

- б) кезеңдік импульстер көзі кезінде негізгі үннің кезеңінің параметрімен, есептемелер санында анықталған импульстер арасындағы қашықтық беріледі;
 в) G күшейткіштің коэффициентімен басқарылатын қозудың жалпы қуаты.

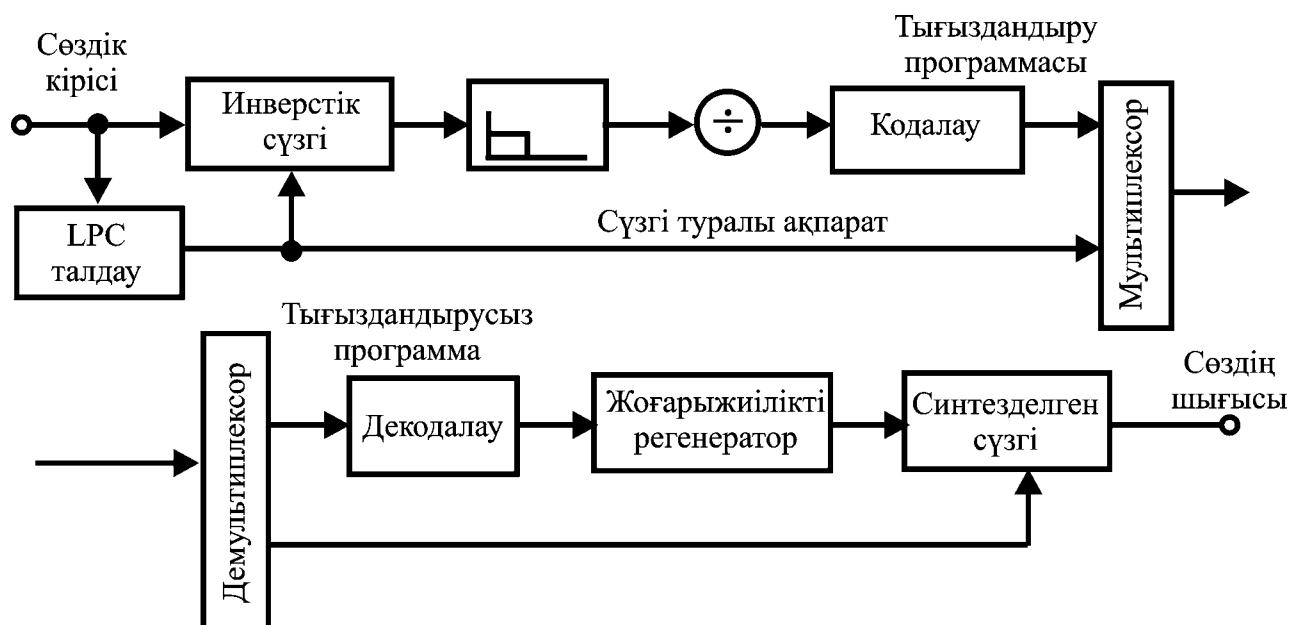


15-сурет. Салыстырмалы бірқалыпты спектрі бар вокалданған және вокалданбаған қалдық сигналдары



16-сурет. Сызықтық болжауымен (PELP) және импульстік қозуы бар вокодерлердегі қозудың механизмі

Сызықтық болжауымен және қалдықтың қозуы бар вокодерлердегі (residual excited linear predictive, RELP) белгіленген қалдық үнемді кодаланып таратылады. RELP вокодерлерінде сөздік күре жолдың сүзгісі, қалдықты кодаланған кезде генерациялайтын кванттаудың әр ақ шуылы үшін шуылды құрастырудың механизмі сияқты әрекет етеді. Тәжірибелер қатарында көрсетілген, байланыстың жақсы сапасын алу үшін қалдықтың спектрінің тек бөліктерін (0-ден 1000 Гц дейін) тарату жеткілікті болады. Осы процедура 17-суретте жайылады. Жоғарыжиілікті бөлікті регенерациялаған кезде қалдықтың спектрінің кезеңділігі пайдаланылады. Спектрдің болмаған бөлігі белгілі бөлікті көшірумен алынуы мүмкін. Осындай көшіруді спектрдің фолдингсімен немесе оны жиілік бойынша тасымалдаумен орындауға болады.



17-сурет. Сызықтық болжауымен (PELP) және қалдықтың қозуы бар вокодердің құрылымдық сұлбасы

Сызықтық болжауы бар кодалаудың талдауы шығыстағы сөздің спектрін анықтайды, сонымен қатар пайдаланылатын инверстірлік сүзгіні анықтайды. Содан кейін қалдық ТЖС сүзіледі, уақытылы облыста кодаланатын және жарып шығады. Сүзгі туралы қалдық пен ақпарат уақыт бойынша тығыздалады.

Түйіткіл әдістемесін қолдану (perturbation technique), спектрді көшіргенде енгізілетін, қаламайтын жүйелілікті бірнеше дәрежеде жойып, субъективті қорытындыларды елеулі жақсартады.

2400 бит/с жылдамдығымен жұмыс істейтін сызықтық болжауымен және жиіліктің негізгі жолағында қалған сигналмен қозатын вокодерлерде (baseboard RELP, BBRELP), LPC-10 істеп тұрған стандарттың сапасымен салыстыратын сапасы болады және реңк шуылдарына ең жақсы бөгеуілге тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Осы бөгеуілге орнықтылығы, модульденген жиіліктердің жолағында уақытты облысында қалған сигналды кодалаған кезде векторлық кванттаудың тиімді сұлбаларын қолданудың арқасында жеткізіледі.

2.2.5 Сөзді өндеудің әдістемелерінің сипаттамаларын салыстыру

Кодектарда пайдаланылатын әртүрлі әдістемелердің сипаттамаларын толық және қатал салыстырулары нәзік және күрделі мәселе болып табылады. Сөздің сапасы – субъективті түсінігі болады, бірнеше жүздеген тыңдаушылардың пікірлерінің статистикалық көрсеткіштерін талап етеді. Сөздік сапасымен қабылдап/тарату және кодектерге бөлшекті талаптар, халықаралық ұйымдармен қатар стандартталған. 5-кестеде сөзді өндеу үшін бірнеше кодектердің негізгі сипаттамаларының теңеулері берілген.

5-кесте. Кодектерде қолданылатын сөзді өңдеудің әртүрлі әдістемелердің сипаттамаларын салыстыру

Кодектің типі	Таратудың қажетті жылдамдығы, кбит/с	Биттегі қатенің табалдырықтық ықтималдығы (BER)	Субъективті сапа	Салыстырмалы күрделілік; қуатты тұтыну
ИКМ	64	10^{-4}	Қалааралық байланыс	Қарапайым; төмен
АДИКМ	10...40	$10^{-3} \dots 10^{-4}$	Қалааралық байланыс сияқты	Сол
Бейімделген ДМ	10...40	10^{-2}	Сол	Сол
Вокодер	1...15	10^{-2}	Жақсы	Күрделі; жоғары
LPC	1...15	10^{-2}	Сол	Сол

Ең негізгі параметрлерге келесілер жатады:

а) биттік жылдамдық – бұл таратудың қажетті жылдамдықтарының ауқымы. Аса төмен битті жылдамдығы бар жүйелер үшін жиіліктің аз жолағы талап етіледі; осы себеп бойынша олар қуат пен спектрді жоғары тиімді пайдалануды қамтамасыз етеді, сонымен, жоғарылатылған жылдамдығы бар радиобаланыстың ұялық жүйелеріне әкеледі;

б) биттегі қатенің табалдырықтық ықтималдығы (BER немесе Pe). Табалдырықтық BER аса жоғары мәні жүйенің аса робасті құрылымына келтіреді. Мысалы, бейімделген дельта-модуляцияның кодекі жоғары BER (BER = 10⁻²) жібереді, ал ИКМ жүйесі төмен BER (BER = 10⁻⁴) талап етеді. BER аса жоғары жіберілетін мәні (робасттілігі), желінің сыйымдылығын үлкейтуге және тасымалдаушы/бөгеуіл қатысына аса төмен талаптарына әкеледі;

в) сапасы, баға мен өлшеулердердің субъективті нәтижесі болып табылады. “Қалааралық байланыстың сапасы” (toll grade), халықаралық, АҚШ және телефон байланысының сымдық жүйелерінің сапасына жатады. “Жақсы” деген термин, шуылдың төмен деңгейімен және өте жақсы талғамшылдығымен жарамды сапасына жатады. “Жақсы” сапалы жүйедегі дыбыс, қалааралық байланыстың сапасы бар жүйеге қарағанда, табиғи болуы мүмкін;

г) қуаттың күрделілігі немесе тұтынуы, БИС іске асырылған қарапайым ИКМ қатысы бойынша анықталады. Қуатты тұтыну және перспективті LPC кодектері немесе вокодерлері үшін сигналды өңдеудің кідірісі, ИКМ кодектеріне қарағанда бірнеше рет жоғары болады.

Перспективті кодектердің принциптік артықшылығы, едәуір аса төмен биттік жылдамдық кезінде қалааралық байланыс немесе жақсы сапасына жетуі мүмкін. Төмендетілген биттік жылдамдықты жүйелер, радиосигналдың қуатына аса төмен талаптарына немесе сыйымдылықты үлкейтуге әкеледі.

2.2.6 Кідіріс пен жаңғырықты бақылау

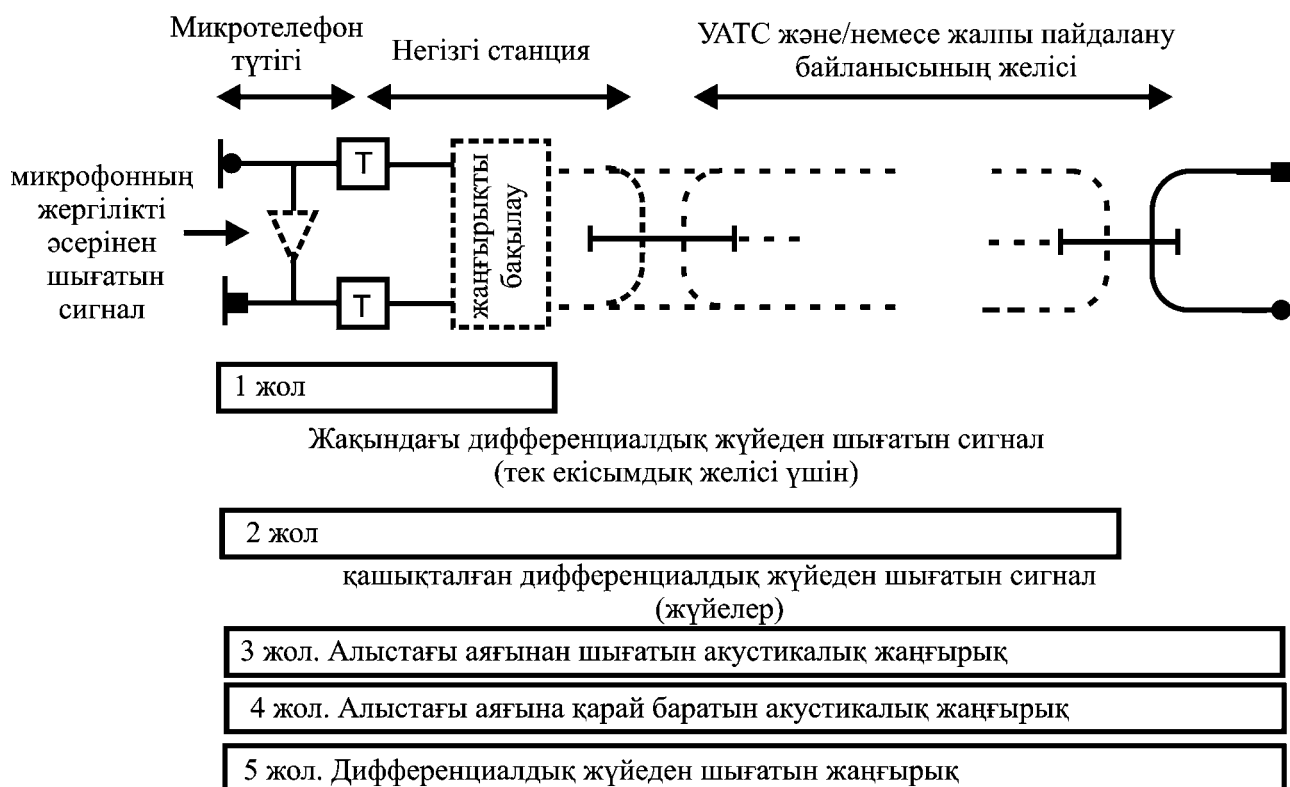
Деректерді немесе сөзді тарататын жаңғырық-сигналдарының, барлық телефон желілерінде орны болады. Жаңғырық-сигналдың кідірісі көп болған сайын көп кедергі жасайды, сондықтан соның әсері жетік болуы үшін көп назар аудару керек.

Қалааралық жолдың сымдық желілерінің сұлбасында таратылатын сигнал әр жерде импеданстардың үйлесімсіздігі кездестіргенде, осы сигналдың бөлігі жаңғырық сияқты беріледі. Телефондық және факсимиль аппараттары, әрі деректерді таратудың құрылғылары, орталық телефон станциясында орналасқан дифференциалдық жүйеге екісымдық желімен қосылады. Телефон станциясы жаққа тарату және телефон станциясы жақтан қабылдау үшін тек екісымдық желілер қолданылады, олар жергілікті телефон торабының жалғауыш жабдықтың және сымның едәуір үнемдеуіне әкеледі.

Қашықтық байланыстың жүйелерінде жаңғырықтың деңгейін (жаңғырық-сигналды өтеуді немесе басуды пайдалана отырып) бақылау қажет болады.

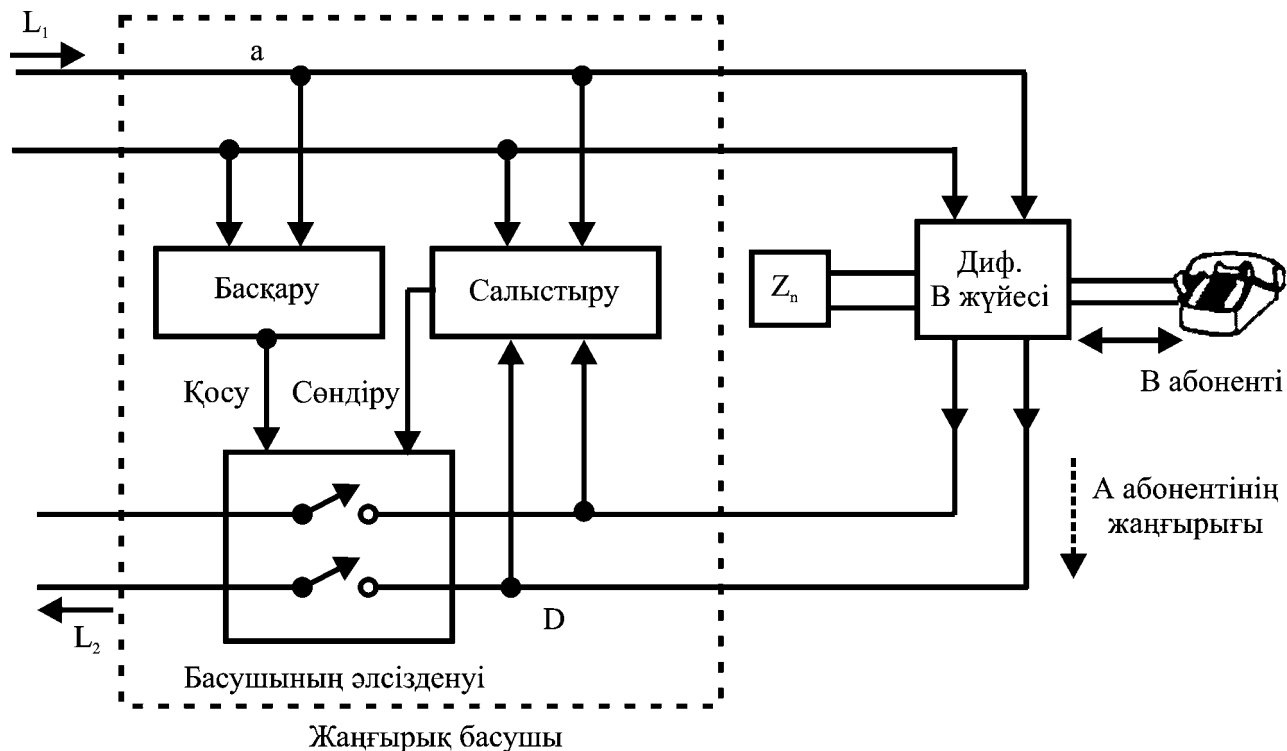
Сымсыз жүйелер, жалпы пайдаланудың сыммен жалғанатын телефон желілерімен (ЖПЖТЖ) немесе қызметтерді аумақылайтын цифрлық желілерімен (ҚАЦЖ) жиі қосылады.

Осы желілерде енгізілетін жаңғырық пен кідіріс, сондай-ақ негізгі станцияларды және жедел әрекетті құрал-жабдықтарды қосатын сымсыз желілердің элементтерінде бақылау қажет. Сымсыз телефон желілеріндегі жаңғырықтың жолдары мен кідірістің учаскелері 18-суретте бейнеленген.

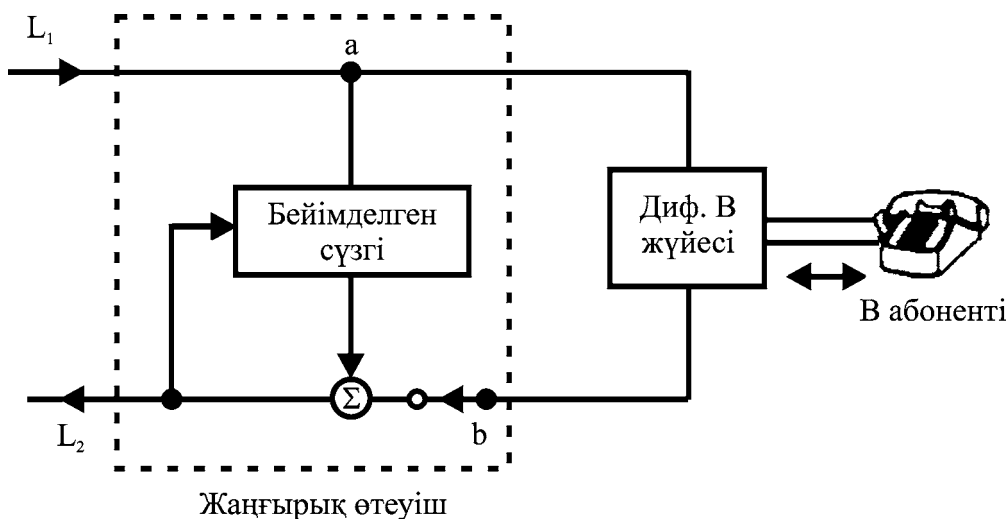


18-сурет. Жылжымалы байланыстағы кідірістің учаскелері және жаңғырықтың жолдары

Жалғыз жол бойынша (жаңғырықсыз) сигналды өңдеп, таратқан кезде 100 мс дейінгі кідіріс телефонмен сөйлескенде бөгеуілдің субъективті әсеріне әкелмейді. Аса ұзақ кідірістер пайдаланушыға білінетін болады және жағымсыз болады. Соған мысалы – 260 – жерсеріктік жол бойынша бір бағытта таратудың миллисекундтық кідірісі.



19-сурет. Жаңғырық басушының сұлбасы



20-сурет. Жаңғырық өтеуіштің сұлбасы

Кідірткен жаңғырық-сигналдары, кідірістің өзіне қарағанда, қабылданатын сөзді қатты нашарлатады. Қатты жаңғырық-сигнал кезінде

солардың біреуінің кідірісі, бірнеше миллисекундқа жағымсыз әсерлерді шақырады.

Жаңғырықты бақылау, жаңғырықты өтегіштерді және жаңғырықты басушыларды пайдалана отырып, жүргізіледі. Жаңғырық басушылар, жаңғырық-сигналды әлсіздендіріп өшудің кері жолына енгізеді. Ауысып отырып, көзге жаңғырықтың қайта келуін болдырмайды.

Біруақытта сөйлескен кезде сөздің сапасы осымен нашарлайды, яғни екі абонент бір уақытта сөйлескен кезде уақыттың аралығында. Жаңғырықты басудың ықшамдалған құрылымдық сұлбасы 19-суретте көрсетілген.

Жаңғырықты өтеуіштің негізгі тағайындауы – жаңғырықтың жасанды көшірмесін құру және дифференциалдық жүйесі арқылы қайталап шығатын жаңғырық-сигналдан оны алып тастау жатады, ол 20-суретте көрсетілген.

2.3 Америка және еуропалық сөздік кодектер

Әрі қарай біз, америка және еуропалық сымсыз жүйелердің қатарында қолданылатын стандартты сөздік кодектерінің шолуын келтіреміз. Қазіргі бөлшекті талаптар, ресми өзгерулерінің шығарымдары келтірілген. 90-шы жылдардың кодектері үшін стандартты алгоритмдер өзіне қарапайым АДИ КМ, сызықтық болжауымен және кодты қоздырумен жақсартылған кодалауды, сондай-ақ сызықтық болжауымен және векторлық қосындыны қоздырумен кодалауды қосады. Сөздік кодектердің жалғанатын зерттеулері құнының әрі қарай азайтуға, биттерді таратудың жылдамдығы мен қуатты тұтынуға себеп болады. Осы себеп бойынша сымсыз қолданулар үшін кодектердің келесі буындары, ЦОС аса жеткілікті әдістерін пайдаланады және аз битті жылдамдықтармен жұмыс істейді.

2.3.1 VSELP: IS-54 АҚШ стандартының цифрлық ұялық жүйесінің сөздік кодекі

АҚШ телекоммуникация өндірісінің (ТИА) Ассоциациясы АҚШ электрондық өндірісінің (ЕИА) Ассоциациясымен бірлесіп, сызықтық болжауымен кодалаудың әдісіне (LPC) негізделген солтүстік америкалық цифрлық ұялық жүйелері үшін сөзді кодалаудың алгоритмін анықтады. Бұл ЕИА спецификациясы, арналарды уақытпен бөлумен көпстанциялық қатынаудың (АУБКҚ) IS-54 ұялық жүйесі ретінде белгілі [9].

Сөзді кодалаудың берілген алгоритмі, сөздік кодектердің алгоритмдер табының тұлғасы болып табылады, ол өзіне сызықтық болжауымен және кодты қоздыруымен (Code Excited Linear Predictive Coding, CELP) кодалау алгоритмін, стохастикалық кодалауды немесе векторлық қоздыруы бар кодалауды қосады. Осы әдістемелерде қоздыру сигналының векторын (қалдықты) кванттау үшін кодтық сөздіктер пайдаланылады.

ТИА және ЕИА ерекшеленген IS-54 стандарты үшін қабылданған сөздің кодалаудың ерекше алгоритмі CELP нұсқасы болып табылады және сызықтық

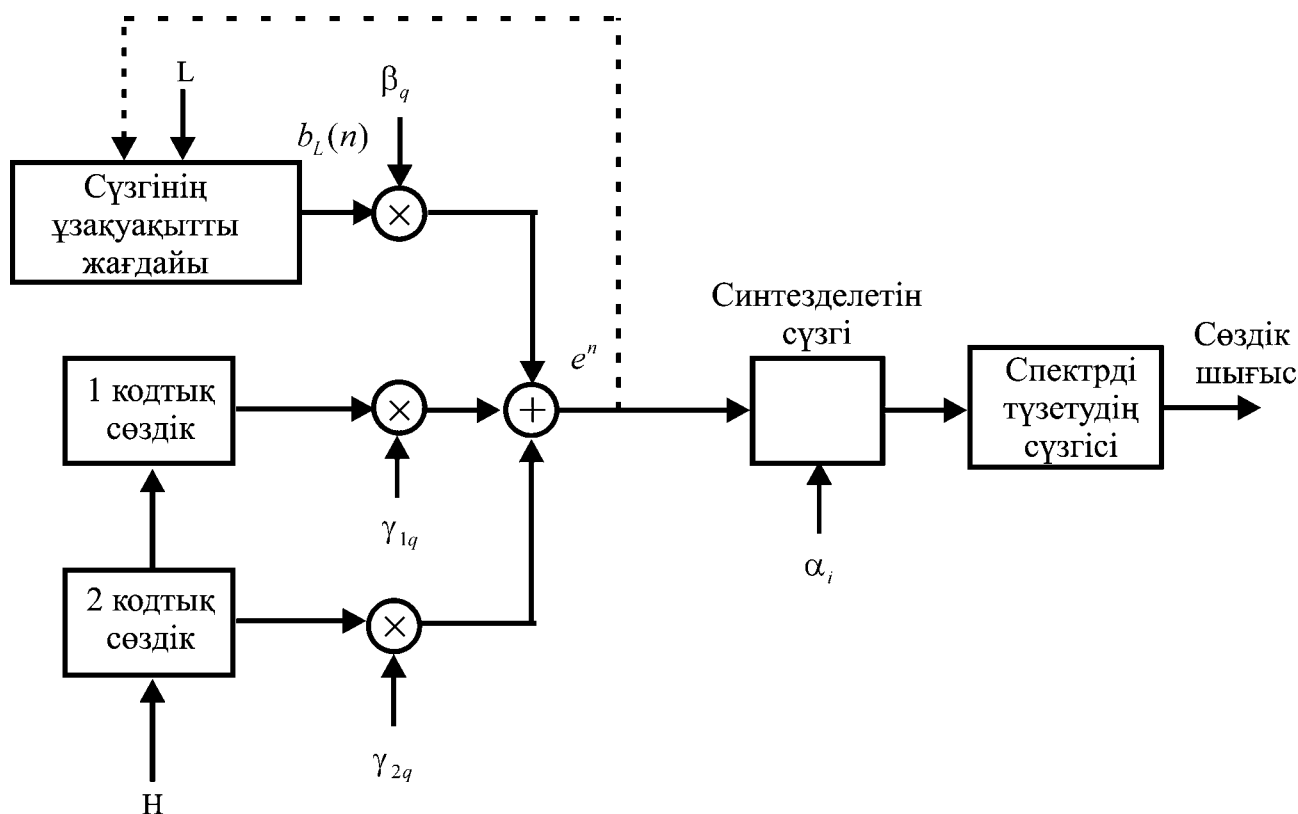
болжауымен және векторлық қосындыны қоздырумен кодалау деп аталады – VSELP (Vector Sum Excited Linear Predictive Coding).

VSELP алгоритмінде кодалық сөздік пайдаланылады; кодалық сөздіктің анықталған құрылымы болады, оның шекарасында, сөздіктегі іздеу процесі едәуір қысқартуға мүмкін болу үшін кейбір санамаларды жүргізуді талап етеді.

Сөздің цифрлық декодерінің құрылымдық сұлбасында (21-сурет), сөздік кодермен кодаланып және анықтауға қажет болатын әртүрлі параметрлер көрсетілген.

Сөздік декодер қоздырудың VSELP екі кодалық сөздігін пайдаланады. Осы екі кодтық сөздіктердің әрқайсысында таратудың өзіндік коэффициенті болады. Қоздырудың екі сигналы кодтық сөздіктерден таратудың сәйкес болатын коэффициенттеріне көбейтіледі және біріккен кодтық сөздіктерді қоздыруын құру үшін қосылады. Осы кодектің таратудың жылдамдығы $f_b = 7.95$. Негізгі параметрлер 6-кестеде енгізілген.

IS-54 стандартының EIA техникалық талаптарына сәйкес болатын, сөздік VSELP дербес қоректенуімен толық функционалды аяқталған сөздік сигналдың қателерін түзететін кодер/декодер СБИС түрінде іске асырылады, ол 22-суретте, AT&T компаниясының VSELP сигналдарын цифрлық өңдеудің құрылымында көрсетілген.



21-сурет. Цифрлық ұялы стандарт сөзінің декодері

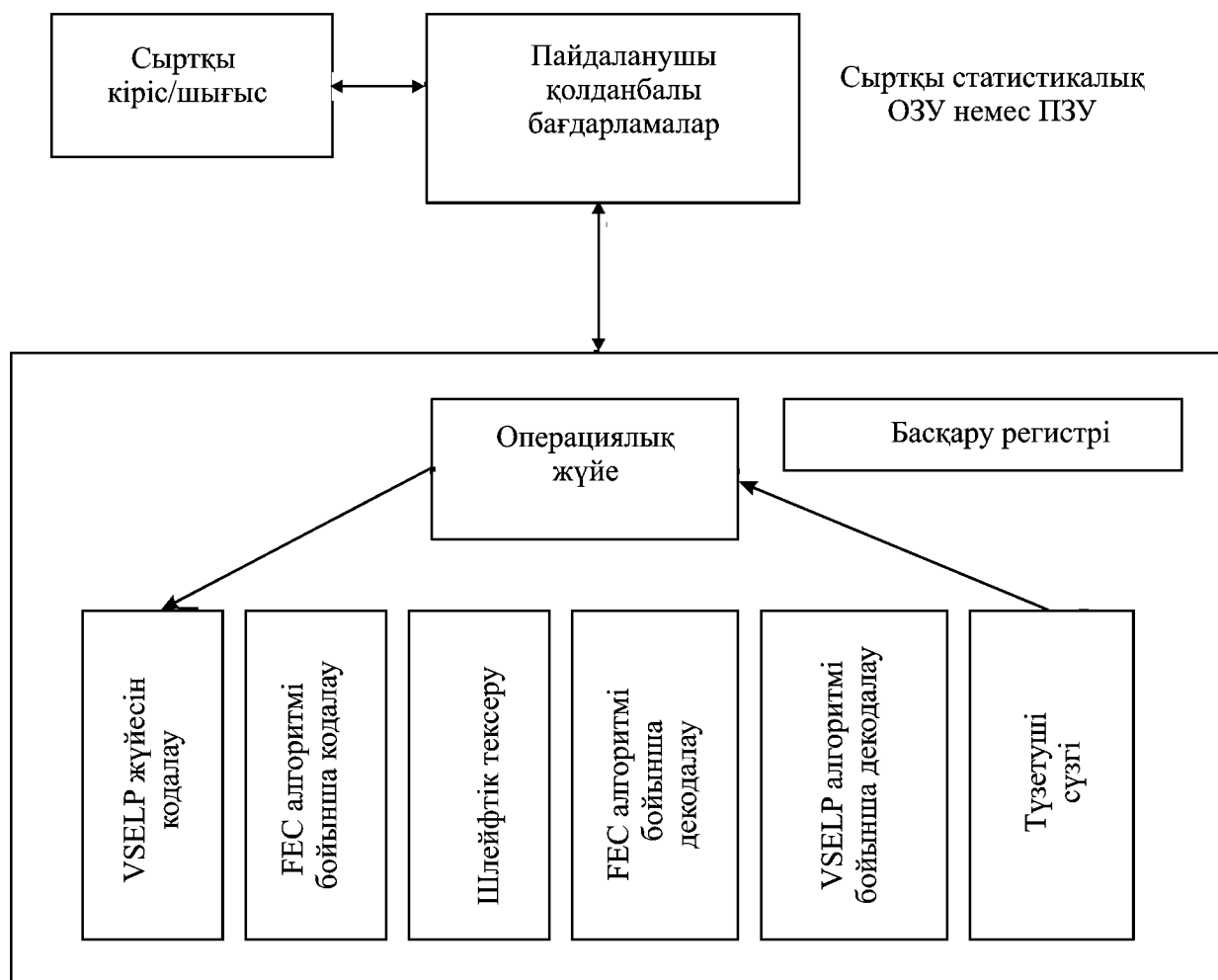
6-кесте. Сөздік VSELP коддерінің негізгі параметрлері

Параметр	Параметрлердің мәні
Дискреттеудің жиілігі	8 кГц
Кадрдың ұзындығы (N)	160 санама (20мс)
Субкадрдың ұзындығы (Nf)	40 санама (5мс)
Қысқа мерзімді болжағыштың тәртібі (Np)	10
Ұзақ мерзімді болжауыш үшін шықпаларының саны	1
1 кодтық сөздегі биттер саны (базистік вектордың саны) (M1)	7
2 кодтық сөздегі биттер саны (базистік векторлардың саны) (M2)	7
Сөздік кадрға (20 мс) сәйкес болатын уақыт аралығында 159 бит таратылады, олар келесі түрде таратылады:	
Әр 20-миллисекундтік сөздік кадр үшін таратылатын параметрлердің коды:	
Кадрдың энергиясы (Ro)	5 бит
Шағылыстың бірінші коэффициенті	6 бит
Сүзгінің қысқамерзімді коэффициенттері (α_i)	әр кадрға 38 бит
Кадрдың энергиясы (Ro)	әр кадрға 5 бит
Кідіріс (L)	бір субкадрға 7 бит (әр кадрға 28 бит)
Кодтық сөздер (I,H)	әр субкадрға (7+7) бит (кадрға 56 бит)
Күшейту коэффициенттері ($\beta, \gamma_1, \gamma_2$)	әр субкадрға 8 бит (кадрға 32 бит)

Сөздік кодектің VSELP алгоритмін іске асыру, 20 МГц тактілік жиілікпен жұмыс істеген кезде 5В кернеулі көзден 60 мА кем тоқты тұтынады. Портативті қолдану үшін тұтынатын қуат минимизацияланған кезде DSP-1616 аппараттық платформасы тиімді болуы мүмкін: тұтынатын соның қуаты секундына миллион операциясына 14 мвт кем емес құрайды (MIPS).

DSP-1616 VSELP компаниясының AT&T өңдеуді өндіру бойынша қоры болады. Қателерді түзетумен сөздік VSELP коддер/декодердің жұмысы үшін DSP-1616 микропроцессорында жеткілікті 40 MIPS-тың 22,5 MIPS пайдаланылады. Осы қосымша өндіріс, соңғы қолдану үшін кең мүмкіндіктерді қамтамасыз етеді.

Пайдаланушы бағдарлама үшін VSELP құрылғысында, қосымша 3К тұрақты жады (ROM) және 1К жұмыстық жедел жады (temporary RAM) болады. осы перспективті VSELP процессорының сипаттамасы мен қасиеттері 7-кестеде келтірілген.



22-сурет. VSELP компаниясының AT&T DSP-1616 сигналдық процессорында қорланатын бағдарламалық қамтамасыз етудің құрылымы

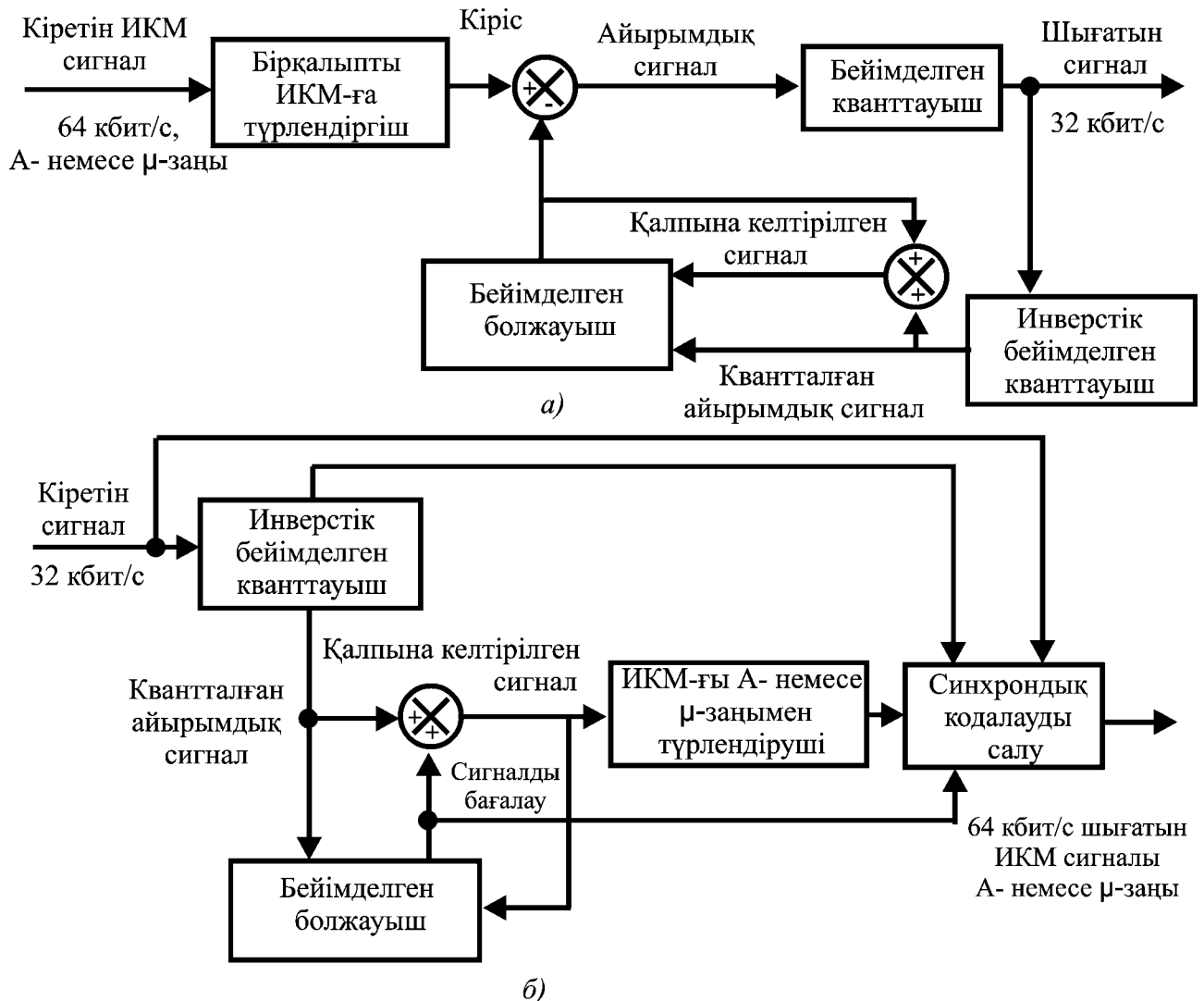
7-кесте. DSP-1616 процессорының сипаттамалары

DSP-1616 сигналдық процессордың сипаттамалары мен бейнеленген қасиеттері (·)	
- Разрядтау бойынша операциялардың архитектурасын кеңейтумен цифрлық ұялық жүйелері үшін тиімделген	Тұтынатын қуаты5В кезде 60 мА.
- 12 Кx16 ПЗУ (қорғау опциясымен); 3К пайдаланушы бағдарлама үшін жеткілікті	VSELP өңдеу (сығыстырудың қателерін табуы, қателерді түзетуді және кіріс/шығыс басқарылатын бағдарламаны қоса отырып)
- 2 кx16 екіпортты ОЗУ; >1К жұмыстық жедел жады пайдаланушы бағдарлама үшін жеткілікті22,5 MIPS
- 40 MIPS дейін өңдеуді өндіру, команданы орындау уақыты 33 нс және 25 нс	Пайдаланатын бағдарлама үшін өңдеуді қосымша өндіру17 MIPS
- Аз қуатты 0,9 мкм КМОП технологиясы, орта тұтынуы 14 мВт/MIPS	тактілік кезеңмен 25 нс немесе17 MIPS
- Қуатты төмендетілген тұтынумен күтудің режимімен толық статистикалық құрылмасы	тактілік кезеңмен 33 нс. Сегменттелген қатынас с/қ (12 дБ аспай асып түсетін ең аз талабы, синхрондаудың үзілуін тестілеу үшін DTIA анықталған IS-54)

- Мультиплексорлық байланыстың мүмкіндігімен 20 Мбит бойынша екі тізбектелген порттары34дБ.
- IEEE P1149 JTAG стандартын толық қолдау	Пайдаланушыға жететін тұрақты жад3К сөздер.
- DSP-16 және DSP-16A/C шығатын объектілі-кодалық үйлесімдігі	Пайдаланушыға жеткілікті жұмыс істейтін жедел жад1040сөздер

2.3.2 АДИКМ: СТ-2 және DECT еуропалық жүйелері үшін кодектер

Бірдей интерфейсті қарастыратын DECT (Digital European Cordless Telecommunications) байланыс цифрының еуропалық баусымсыз жүйесінің және СТ-2 екінші буынының баусымсыз телефонының стандарттары үшін сөзді кодалаудың алгоритмі ретінде, ағымды 32 кбит/с жылдамдықпен құрайтын бейімделген дифференциалдық ИКМ (ДИКМ) алгоритмі анықталған [10]. Осы кодектердің негізгі функционалдық сұлбасы 23 және 24-суреттерде келтірілген.



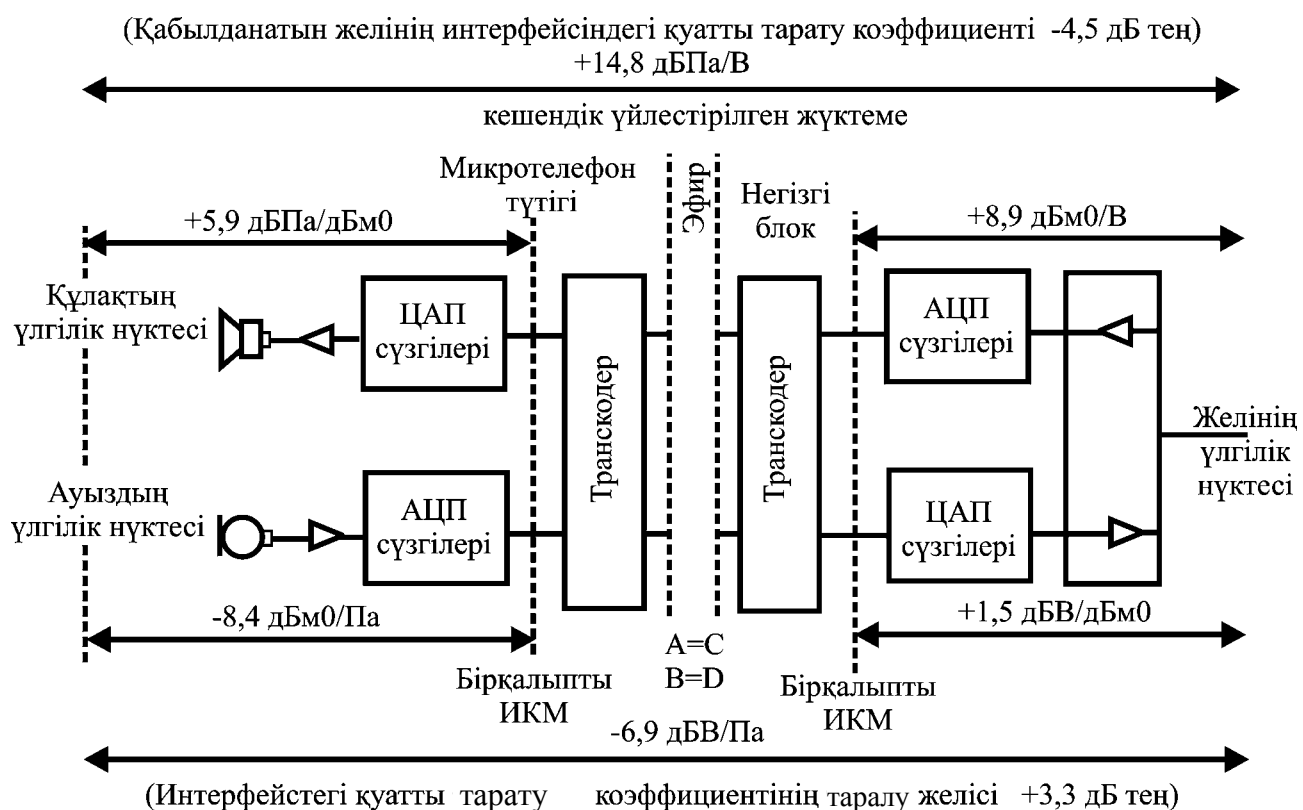
23-сурет. АДИКМ (а) кодері және (б) декодері

Осындай стандартталған кодердің кірісіне, А-заңы бойынша немесе μ -заңы бойынша кодаланған стандарттық ИКМ 64 кбит/с цифрлық ағымы түседі.

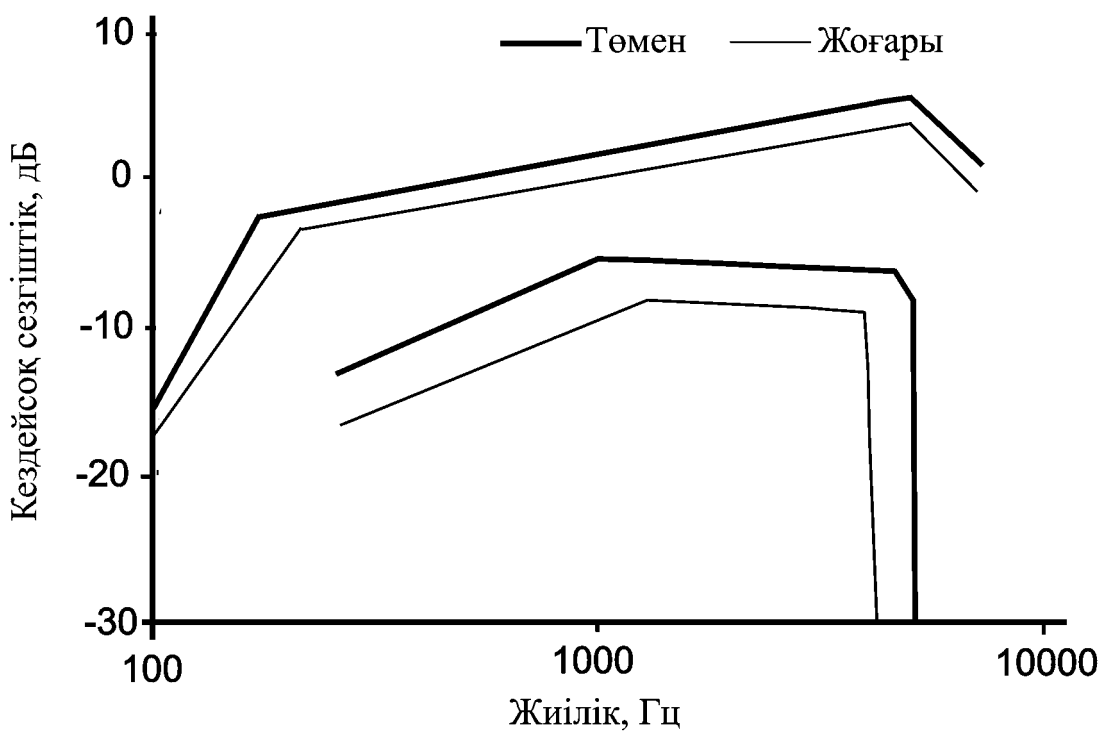
Бәрінен бұрын осы сигнал бірқалыпты кванттаумен ИКМ-ға түрленеді. Бірқалыпты ИКМ деректердің ағымы АДИКМ 32 кбит/с сигналға түрленеді. Декодерда сигналдың кері өңдеуі орындалады және μ -заңы бойынша (солтүстік америка талаптарына сәйкес) немесе А-заңы бойынша (еуропалық және басқа халықаралық талаптарға сәйкес) кодаланған, 64 кбит/с ағымның шығатын ИКМ генерацияланады.

Кодалаудың бөлшектік алгоритмдері, 32 кбит/с АДИКМ үшін МККТТ G.721 Ұсынысына сәйкес болуы керек. G.721 Ұсынысы бойынша кодектер, қалааралық байланыстың сапасымен сөзді таратуды және 2-топ, әрі 3-топтың факсимильдік (телефаксті) тарату үшін үндік жиілікті арнамен пайдалануды қолдайды. 3-топ үшін таратудың жылдамдығы 4,8 кбит/с мәнімен шектелген.

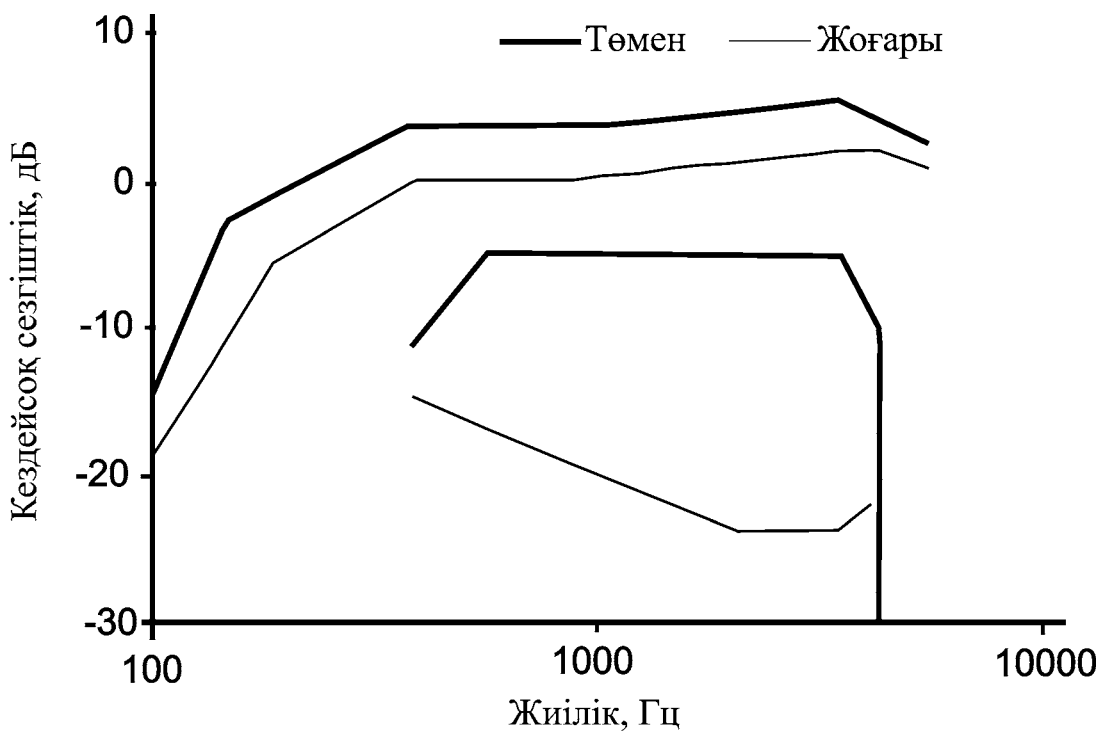
Сөзді өңдеудің сұлбасында және СТ-2 жоғарыдеңгейлі таратудың жобасында, сызықтық интерфейстердің тарату коэффициенттері, желінің нөлдік ұзындығы үшін берілген (24-сурет). Компандаудың әр қызметі АЦП сүзгілерінің функционалдық блоктарында орындалады. АДИКМ транскодердің, ЦАП (24-сурет) және АЦА жүйелерінің жиіліктік сипаттамалары 25 және 26-суреттерде анықталған. Негізгі блокпен және микротелефон түтігі арасында жиіліктік пердені теңдей бөлу үшін, жолақтың көбірек бөлігі микротелефон түтігіне жіберіледі, сонымен микротелефон түтігінің түрлендіргіштерінің аз құндылығының талаптарын шағыстырады.



24-сурет. Сөзді өңдеудің сұлбасы және СТ-2 жоғары деңгейлі таратудың жобасы



25-сурет. Баусымсыз телефонның СТ-2 екінші буынның стандартындағы микротелефон түтігі үшін таратудың жиіліктік перделері



26-сурет. СТ-2 микротелефон түтігі үшін қабылдаудың жиіліктік перделері

СТ-2 сөздік күре жолдың сипаттамаларына қойылатын талаптар, жоғарыдеңгейлі таратудың (24-сурет) жобалары үшін таратып және қабылдаған кезде дыбыстың номинал дауысының, ең көп жергілікті құбылыстың, клиптеу

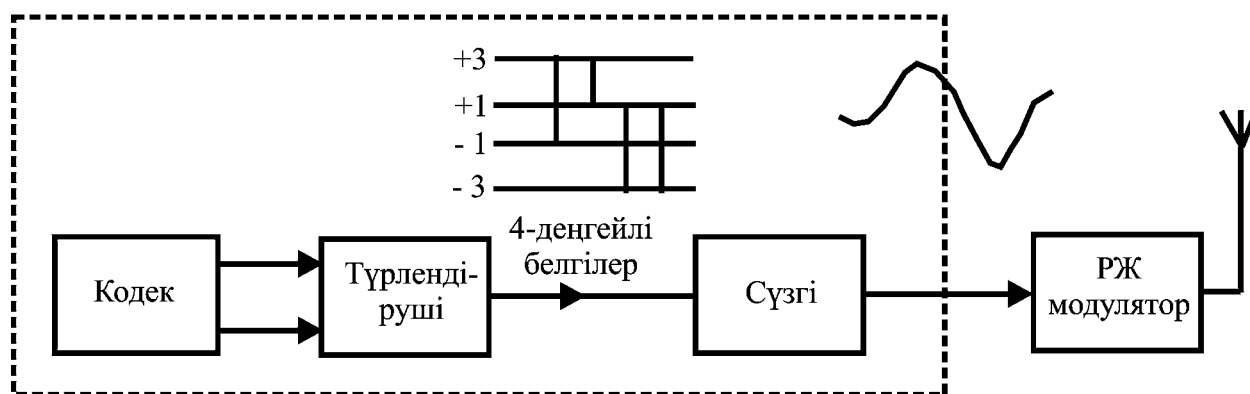
(clipping) құбылысынан шығатын сызықтық емес бұрмаланулардың, жаңғырық-сигналдардың пайда болуымен байланысқан басқа бұрмаланулардың, шуылдың, кідіріс пен шығынның сипаттамаларын өзіне қосады. Қосынды бұрмалануларға деген сигналдың қатынасы 35 дБ аспауы керек.

2.4 Цифрлық транкингтік жүйелеріндегі коддалау

Цифрлық транкингтік жүйелеріндегі коддалаудың процестерін DigiStar жүйесінің мысалысында қарастырамыз, олар цифрлық транкингтік жүйелері үшін тән қызметтердің толық жинағын: ішкі шақырулардың сан алуан түрлерін, жалпы пайдаланудың телефон желісіне қатынауды (ЖПТФ), деректерді таратуды, мәртебелі шақырулар, координаттарды таратуды ұсынады. Топтық шақыру тек бір топпен ғана емес, барлық ұжым бойынша, сондай-ақ топтардың таңдап алынған жинағы үшін де жүргізіледі. Жүйенің басқару пультімен басқаратын администратордың супертопқа бірнеше абоненттер мен топтарды жедел қосуға мүмкіндігі бар. Осымен қажеттілік әдетте, тек ерекше жағдайларда, әртүрлі ведомстволық бұйымдардың бөлімшелерінің өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін кезде пайда болады. осындай жағдайда абоненттердің қарапайым топтық шақырулары, супертопқа кіретін барлық топтарға автоматты таратылады [11].

2.4.1 Радиоинтерфейс

DWC фирмасы радиоинтерфейстің өзіндік хаттамасын құрастырды, оны жақындап қарастырғанда, TETRAPOL, APCO 25 [12] – жиіліктік бөлуі бар көпстанциялық қатынауын пайдаланатын ашық радиохаттамалардың стандарттарымен ұқсас болды. Радиоарнадағы деректерді таратудың жылдамдығы 9600 бит/с құрастырады, модуляцияның түрі – төртпозициялы жиіліктік манипуляция. Модуляция күре жолының құрылымдық сұлбасы 27-суретте көрсетілген.



27-сурет. Радиоарнаның DigiStar жүйесінің модуляциясының күре жолы

Радиоарнада таратуға дайындалған деректердің ағымында көршілес биттер қос-қостан және төртдеңгейлі сигналдың құрастырушысын түзеді. Осы

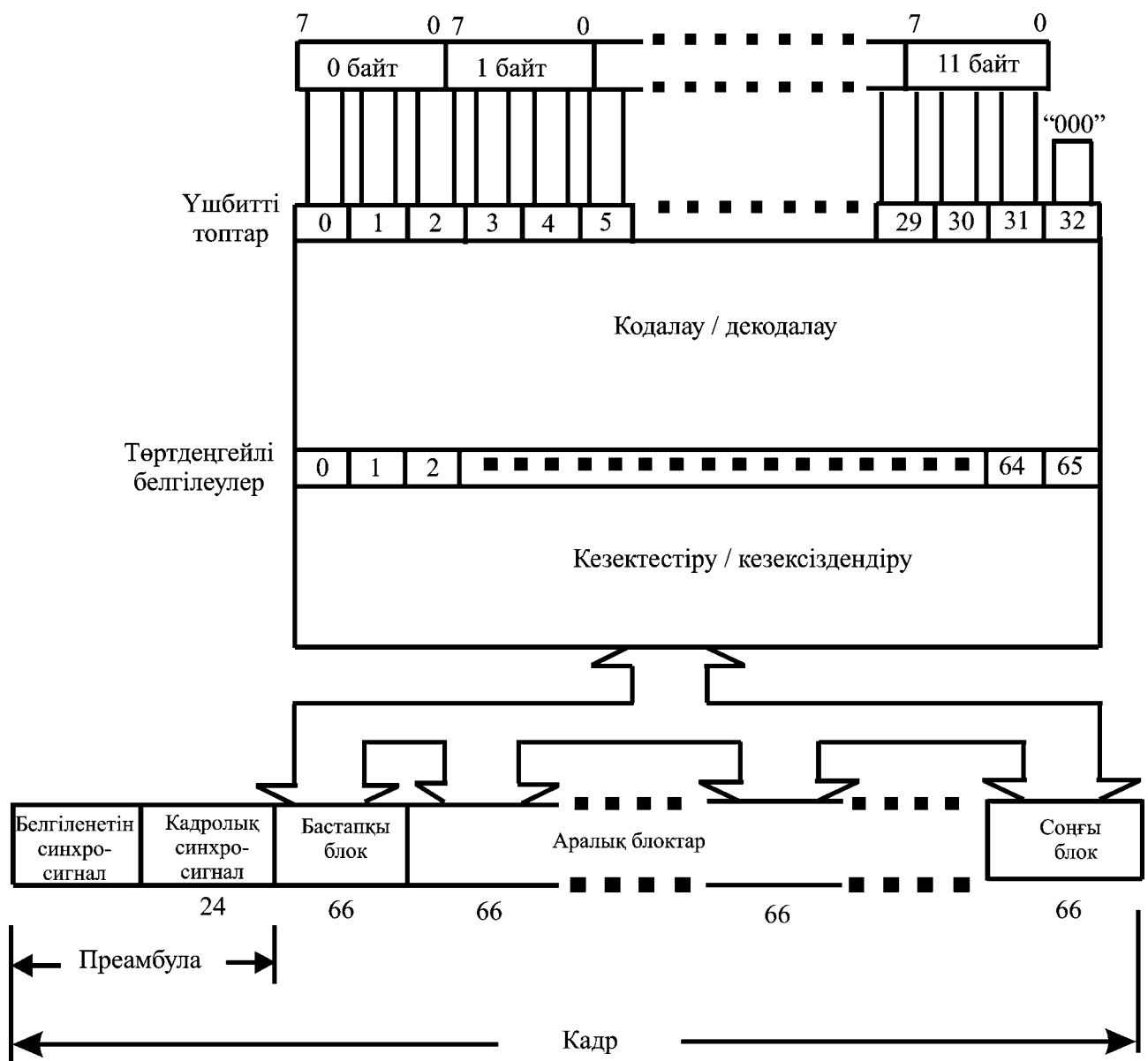
сигнал сүзгілеуге ұрынады және жиіліктік модуляторға түседі. Сонымен, радиоарнадағы белгілерінің жиі ауысуы 4800 симв/с құрайды.

Жүйедегі ақпараттың әр түрі (сөз, деректер, координаттар және т.б.) дестелер түрінде таратылады. Радиоарнада таратуға дестелерді даярлау, келесі блокаралық кезектесуімен торлы кодалауда қорытындыланады (28, 29 - суреттер). Бұл ақпаратты, сигнал/шуылдың төмен қатынасы және терең тынған жағдайларда таратуды қамтамасыз етеді.

29-суреттен, үйірткілі кодектің шығысынан шығатын деректердің ағымы, кезектестіру матрицаның жолында тізбектеліп жазылады. Матрицадан радиоарнаға тарату алдындағы санап-оқу бағаналары бойынша жүргізіледі, сондықтан шығатын орналасу тәртібі

A1, A2, A3, H9, H10

түрге түрленеді H1, G1, F1, E1 ...H2, G2, ...B10, A10.

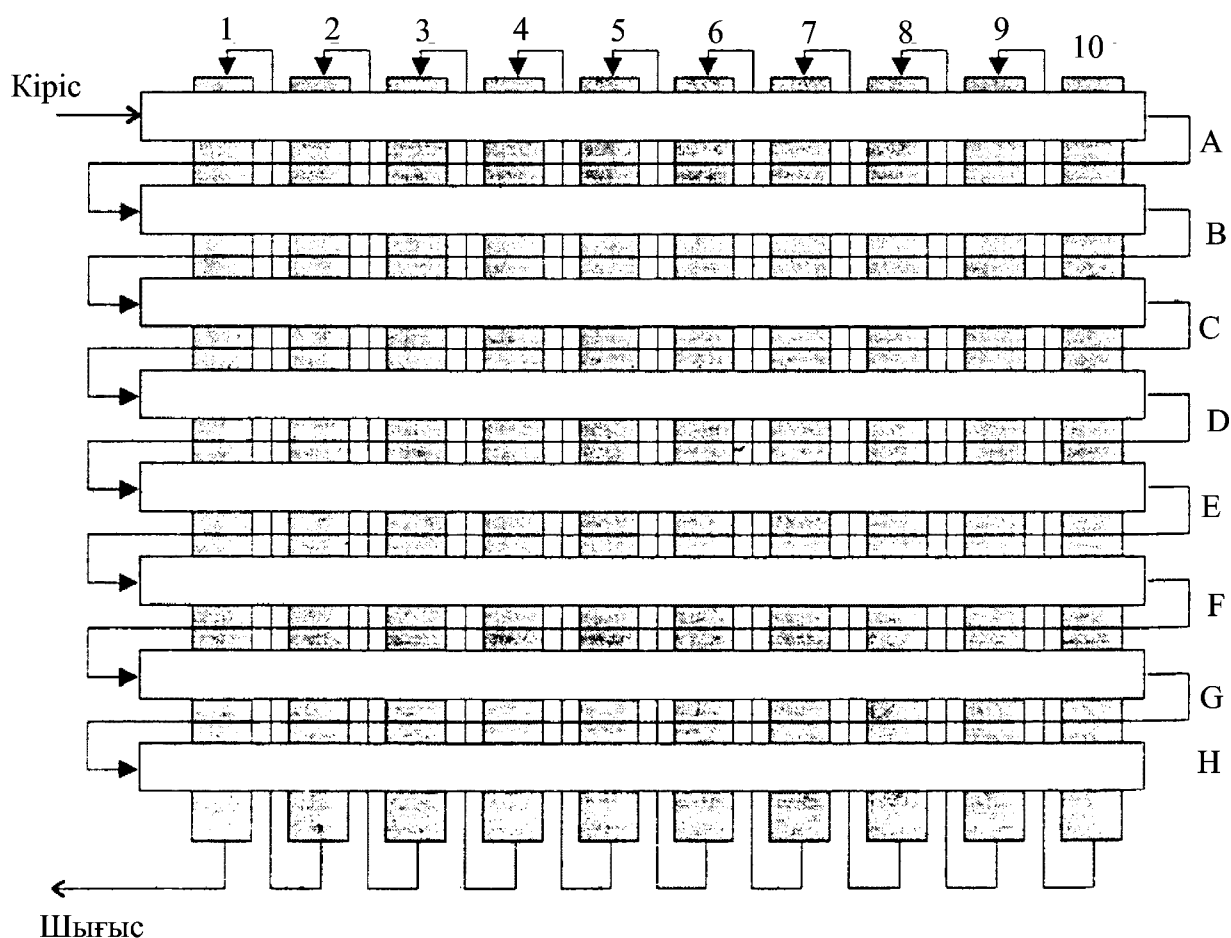


28-сурет. DigiStar жүйесіндегі радиоарнаның деректерінің ағымын өңдеудің және кадрдың құрылымы

Қабылдаған кезде кері тәртібінде кезексіздендіру жүргізіледі.

Басқару арнасында негізгі станция таратуды үздіксіз жүргізеді. Осы арнада мерзіммен келесі ақпарат: жүйенің анықтауышы, қызмет көрсететін аумақтың анықтауышы, абоненттер бойынша арналарды тағайындау, радиошақырудың қызметін мәтінмен хабарлау, GPS дифференциалдық түзетулері және басқа мәліметтер таратылады. Басқару арнасындағы ақпараттық жылдамдық 5760 бит/с.

Трафиктің арналарында – сөзді тарату (4800 бит/с) және сигналдау (960 бит/с) – екі логикалық арналары орналасқан. Сигналдаудың арнасында абоненттік радиостанцияның анықтауышы, пайдаланушының аты, координаттар және басқа қосымша ақпарат таратылады.



29-сурет. Біріктірудің блокаралық сұлбасы

2.4.2 Цифрлық сөзді тарату

Жүйеде сөздің тек цифрлық таратылуы пайдаланылады. ARCO 25 стандарты сияқты, аналогты ЖМ-арналардың қолдауы қарастырылмаған [13]. Сөзді 64 Кбит/с цифрлық ағымға түрлендіру, А- немесе Т- заңы бойынша салыстырумен стандарттық сұлба бойынша жүргізіледі. Сөзді цифрлық сығыстырып және қалпына келтіру үшін секундына 30 млн. операцияны

өндіретін арнайы сигналдық процессоры пайдаланылады. DWC фирмалық алгоритмін пайдалана отырып, сығыстыру болады, сөздік ағымның сығыстыру жылдамдығы 4800 бит/с құрайды. Алгоритм сызықтық болжаудың әдістемесін іске асырады. Жүйедегі сөздік кадрдың ұзақтығы 60 мс құрайды. DWC фирмасымен сығыстырудың алгоритмі талқыланбаған, ол ақпаратты алдынан қағып алудан қорғаныс тосқауылдарының бірі болып табылады. Қажетті жағдайда цифрлық сөздің сығыстырылған ағымы, радиобайланыстың үлкен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін шифрланған.

Жүйенің негізгі станциясында сөз қалпына келмейді, ал сығыстырылған (және, мүмкін, шифрланған) түрде қайта таратылады. Бұл БС тікелей қайта таратқышқа қарапайым қосу жолымен радиосөйлесулердің алдынан қағып алудың мүмкіндігін болдырмайды.

Жүйе дестелік жалғау технологиясын пайдаланады, қайта таратудың кідірісі сөздік кадрдың ұзақтығынан (60 мс) және байланысты арнамен ұсыну уақытынан қабатталады. Жүйенің арналарының біреуі бос болған кезде, байланыстың арнасын ұсынған уақыты, қосылуды орнату уақытына тең болады. Соңғысы 0,2 с құрайды және 0,3 с аспайды, қалай біраумақты үшін, солай көпаумақты кескіндер үшін болады. Блоктанған жағдайда шақыру ретпен орнатылады және арна тек осы кезек өткеннен кейін ұсынылады. Егер жүйенің абоненттері жартылайдүплексті режимде жұмыс істеп және топтық шақыруларды іске асырғанда, шақырудың орта ұзақтығы 5 с құрайды. Сонымен, қатты жүктелген жүйеде қайта таратудың ұзақ кідірістері болуы мүмкін. Сонымен қатар, жүйенің пайдаланушылары “жасыл түсті” күткенде жағымсыз ашуландыратын тыныстардан құтылған болады. Бұл пайдаланушы “тарату” бастырмасын басқаннан кейін лезде басталатын сөзді буферлеумен қамтамасыз етіледі. Буфердің мөлшері сөзді 25 с дейін жазуға мүмкіндік береді, радиостанция соңы туралы пайдаланушыға үндік сигналмен хабар береді. Эфирге деген фразаны тарату, трафиктің арнасын ұсыну бойынша лезде автоматты басталады.

2.4.3 Көпаумақтық кескіннің жұмысы

Жүйеде орталандырылған аумақаралық жалғау пайдаланылады. Әр көпаумақтық желінің міндетті элементі жалғауыш болып табылады, ол DWC фирмасының терминологиясы бойынша Network Router (желілік маршруттағыш) деп аталады, негізгі станциялар арасындағы дестелердің жалғауына деген бағытқа толық жауап береді [14].

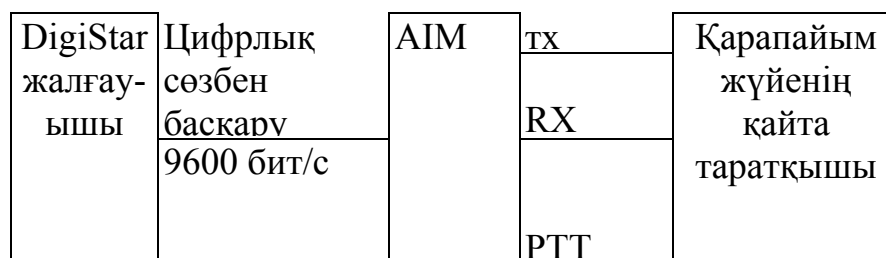
Негізгі станциялар, деректерді таратудың тізбектелген жолдары бойынша орталық жалғауыш портына қосылады. Бір жалғауышта 255 портқа дейін болуы мүмкін. Жүйеде барлығы, қайта таратқыштардың 260000 дейін қызмет көрсететін 255 дейін жалғауыштары жұмыс істеуі мүмкін.

Жалғауыштың порттарына, тек негізгі станция ғана емес, басқа да жалғауыштар және аналогты интерфейстің модульдері (АІМ – Analog Interface Module) де қосылуы мүмкін. Деректерді таратудың сыртқы желілері, Ethernet интерфейсі бойынша немесе тізбектелген порт арқылы жалғауышқа қосылуы

мүмкін. Сонымен, жүйенің орталық жалғауышы, дестелердің жалғауышымен сыртқы желілердің интерфейсінің қызметін орындайды.

Аналогты интерфейснің модульдері ТФОП-ен (соның ішінде Direct ID қағидасы бойынша), диспетчерлік байланыстың қарапайым радиожүйелерімен, ISDN желісімен, E1 және T1 арналарымен, диспетчерлік консольдрімен, сондай-ақ төртсымды сұлба E+M бойынша кез келген құрылғыларымен өзара әрекеттеуін қамтамасыз етеді. АІМ бір модулі сырттағы құрылғының бір қосылуын ғана қамтамасыз етеді және жалғауыштың бөлек портына қосылады. “АІМ-жалғауыш” желісіндегі деректерді таратудың жылдамдығы 9600 бит/с құрайды.

DigiStar жүйесі, топтық деңгейде диспетчерлік байланыстың қарапайым жүйелерімен өзара әрекеттесуі мүмкін. Қарапайым жүйенің арнасы жүйенің қандай да бір тобымен бірлесуі мүмкін және сонда осы арнадағы және топта кез келген шақырулар өзара қайта таралады. DigiStar жүйесінің және қарапайым жүйенің қосылу сұлбасы 30-суретте көрсетілген.



30-сурет. Радиобайланыстың қарапайым жүйесімен DigiStar жүйесінің түйіндесуі

DigiStar жүйесінің кез-келген негізгі станциясы өзінің құрамында, басқару құрылғысының қызметі сияқты төңіректік жалғауыштың қызметін орындайтын контроллері болады. Сыртқы трафик контроллермен сүзіледі және RS-232C типті бөлек тізбектелген портқа жіберіледі. Сол порт бойынша басқа аумақтардан қабылдау графигі іске асырылады. Осы арнадағы деректерді таратудың жылдамдығы қайта таратқыштардың сандарын көбейтуімен өседі.

Орталық коммутатордың тағы да бір қызметі – автоматты роумингті [15] қамтамасыз ету болып табылады. Бұл үшін абоненттердің жекеленген анықтауыштары ID пайдаланылады. Коммутатор қызмет көрсету аумақтары бойынша абоненттерді таратуды әрдайым іздеп отырады. Жүйеде трансмақтық топтық шақырулар қолданылады. Осы шақырулар белсенді топтың пайдаланушылары тіркелген аумақтарда жүргізіледі.

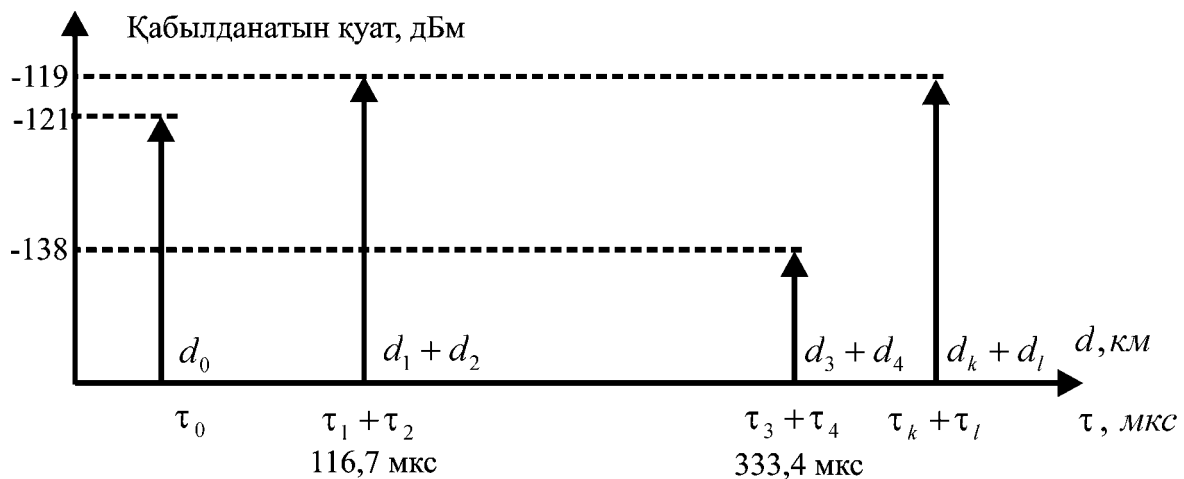
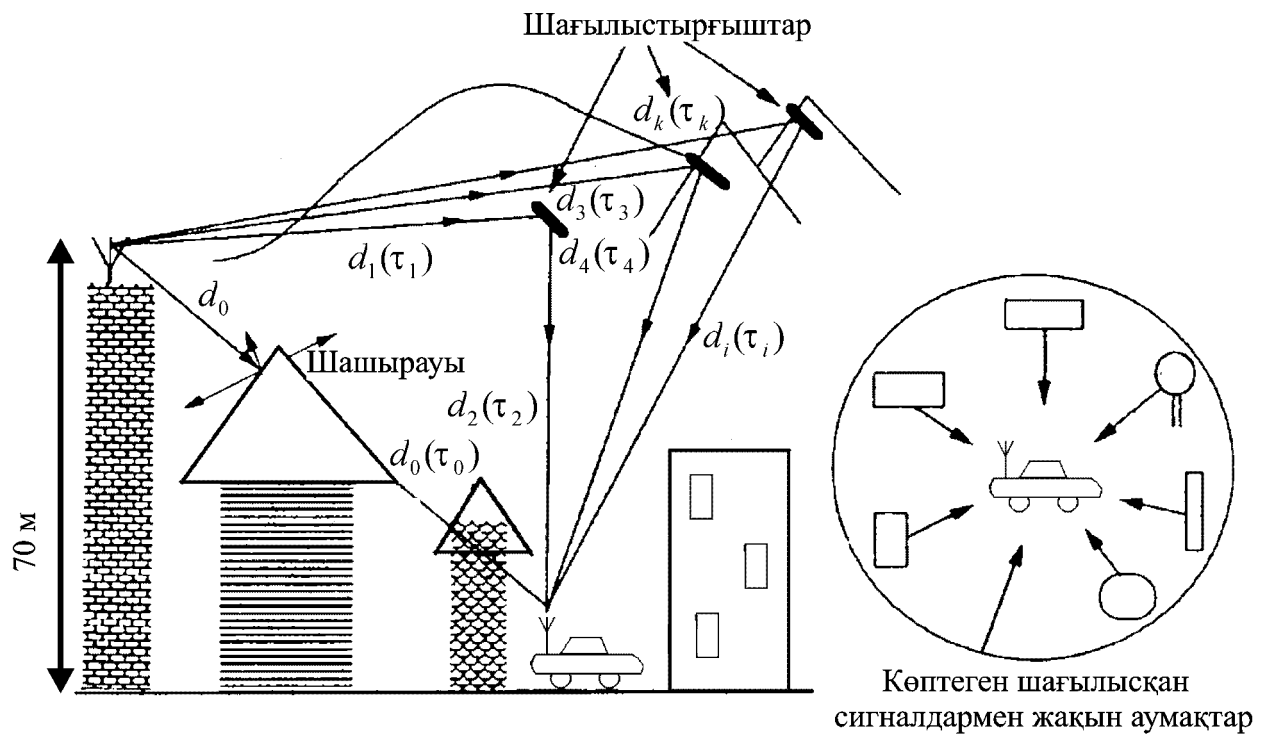
3 Жылжымалы объектілер байланысының ұялық жүйелерінің теориялық және техникалық тұжырымдамалары

3.1 Кіріспе

Бұл тарауда радиотолқындарды қолданып ұялық жүйелерге, байланыстың дербес жүйелеріне (PCS) және жалпы пайдаланудың радиобайланысының құрлық жылжымалы жүйелеріне (PLMR) таратудың үлгілері мен қағидалары сипатталынады. Қалыпты ұялық және түзу емес көрілімнің (NLOS) PCS жүйелері үшін кездейсоқ көпсәулелік таратудың арнажолы негізгі үш факторлармен – көпсәулеліден тыну, экрандау және арнажолдағы шығындармен сипатталынады. Тарауда доплерлік шашыраудың (уақытты селективті тыну) және уақытты шашыраудың (жиіліктік селективті тыну) нақты мәндері мен себептері талқыланады. Таратудың бірнеше математикалық үлгілердің және үлгілеудің сәйкес болатын құрал-жабдықтарының (аппараттық және бағдарламалық) тұлғалық қасиеттері сипатталған. Ұялық жүйелердің негізгі инженерлік тұжырымдамалары және желіні тиімдеудің, әрі радиотолқындарды таратудың қасиеттерін есептейтін жобалаудың қағидалары айрықша белгіленген. Сенімді қабылдаудың аумағының ең көп созымдылығын есептеу үшін соңғы формулалар келтірілген.

3.2 Жылжымалы байланыс кезінде радиотолқындарды тарату

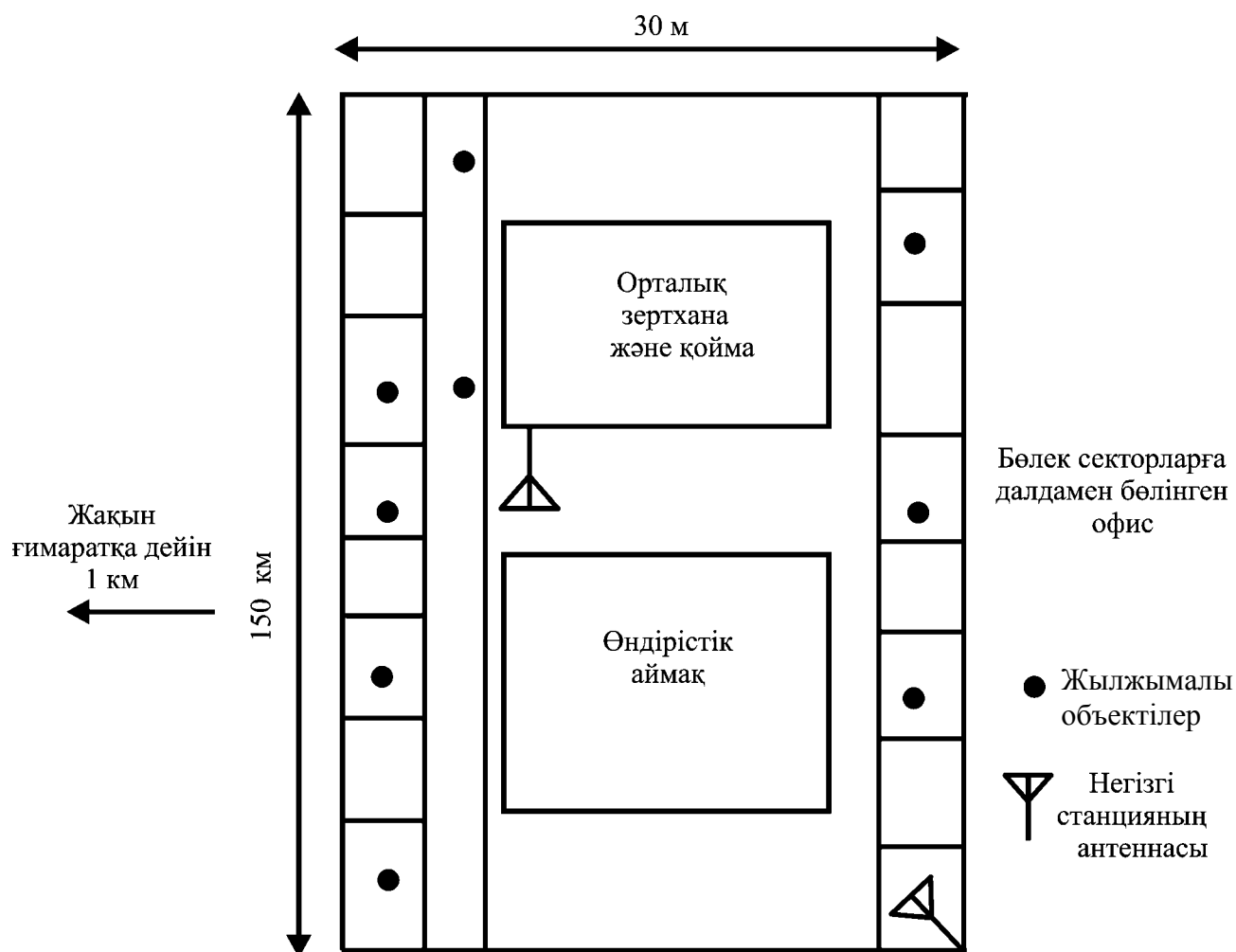
Жылжымалы байланыстың құрлық жүйелерінің типтік үлгісі, мысалы PCS, немесе ұялық жүйенің тарату жолдары, өзіне негізгі станцияның жоғарыда көтерілген антеннаны (немесе бірнеше антенна) және түзу көрілімнің (LOS) желісі бойынша таратудың салыстырмалы қысқа учаскесін қосады. Сондай-ақ аса шағылысқан көптеген арнажолдары (яғни түзу емес көрілімнің – NLOS) және жылжымалы немесе тасымалданатын радиостанцияның қабылдап-таратқышында немесе автомобильдерде орнатылған бір немесе бірнеше жылжымалы антенналар болады. Көп жағдайларда, табиғи және жасанды кедергілерден жасалатын жылжымалы радиостанцияның антенналары және қатынау нүктесі немесе негізгі станцияның антенналары арасында түзу көрілімнің шектеріндегі радиотолқындарды таратудың толық емес учаскесінің орны болады (31 және 32 суреттер). Осындай жағдайларда радиотаратудың арнажолы, таратудың арнажолы кездейсоқ өзгереді сияқты үлгіленуі мүмкін. Бейнеленген мысалда (31-сурет) негізгі станцияның антеннасы 70 м биіктікте яғни ең биік ғимараттың шатырында орналасқан. Бос кеңістікте (does) таралған түзу LOS арнажолы негізгі станция мен бірінші ғимарат арасында өтеді. Соның әсерінен түзу арнажолда (do) өшу енгізіледі. Өрде алыста орналасқандар сигналдарды шағыстырады. Қабылдаған кезде шағылысқан кідіріскен сигналдарда, түзу арнажолдың бәсеңді сигналдарының қуатымен салыстыратын қуаты болады.



31-сурет. Түзу (LOS) және түзу емес (NLOS) көріністердің радиобайланысының құрлық жылжымалы жүйелері үшін радиотолқындардың таралатын ортасы

Көп жағдайларда радиотолқындардың таралуы бір жолдан асатын болады, сондықтан осы жағдайды көпсәулелі таралу деп атайды. Таралудың арнажолы жылжымалы объектінің, негізгі жабдықты орнын ауыстырғанда және /немесе қоршаған орта мен заттар қозғалған кезде өзгереді. 32-суретте негізгі станцияның антеннасының биіктігі (қатынау нүктесі) шамалы 3 м; жұмыс істейтін үстелде орналасқан жылжымалы станцияның антеннасының биіктігі 1м. Офистің орны жиі далдамен бөлінген. Орталық зертхана, қойма және өндірістік аумақ, қабырғамен және кейбір жерлерде металданған беттермен оқшауланған. Аздаған, жайлап орын аустырулар, көпсәулелік таратылымның жағдайының уақытын өзгертуге және қабылданатын сигналдың параметрлерін өзгертуге әкеледі. Мысалы, ұялы жүйенің абоненті, жақындағы

жандандырылған шапшаң автостраданың автотұрағында болатын автомобильде болады.

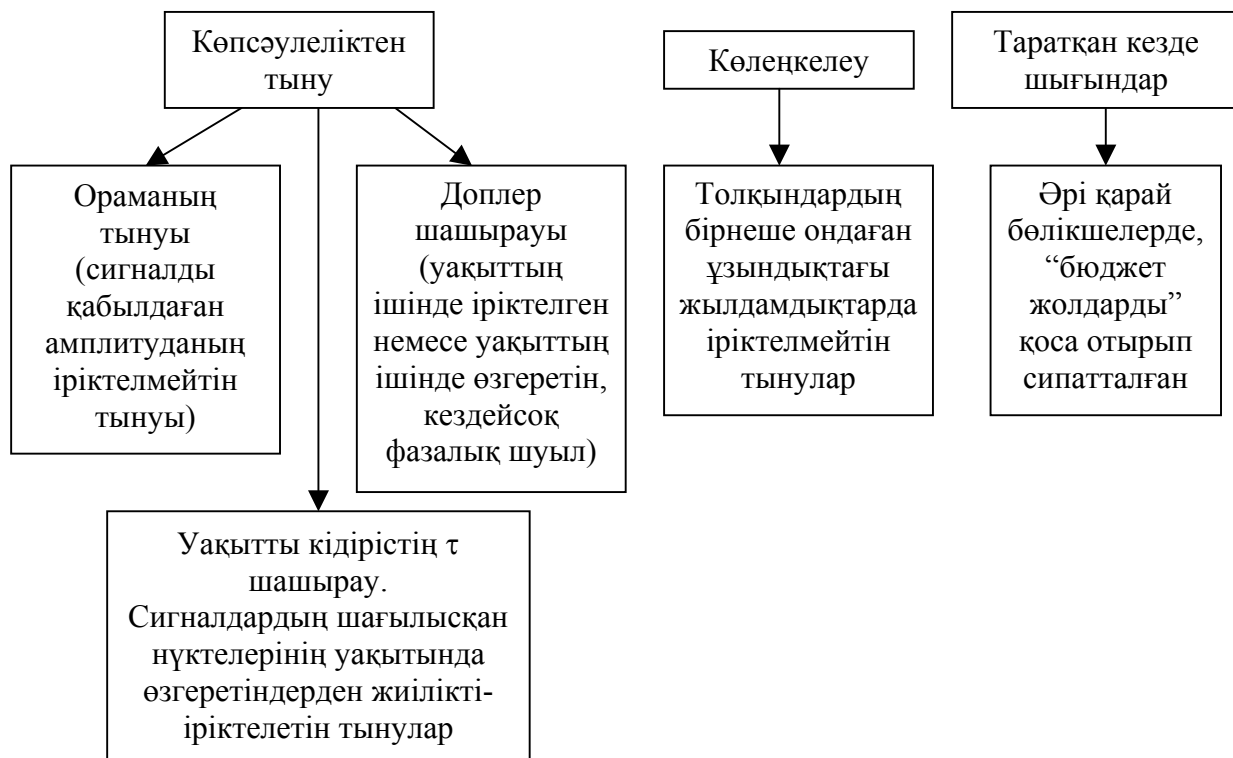


32-сурет. $r=1$ радиусты жабуымен микроұяшықтар үшін немесе $1\text{ м} \leq r \leq 50\text{ м}$ жабуымен наноұяшықтар үшін арналған тұрғынжайдың ішінде таратудың ортасы

Дегенмен абонент біршама жылжымай тұрса да, қоршаған ортаның бөлігі 100 км/с жылдамдықпен жылжиды. Автострадағы автомобильдер радиосигналдардың “шағылыстырғыштары” болып табылады. Егер қабылдаған немесе таратқан кезде осы абонент жылжып отырса (мысалы 100 км/с), онда шағылысқан сигналдардың параметрлері кездейсоқ үлкен жылдамдықпен өзгереді. Сигналдың деңгейінің өзгерген жылдамдығы доплер шашырауы деп жиі сипатталынады.

Осындай жағдайлардағы радиотолқындардың таралуы үш жиі өзіндік құбылыстармен сипатталынады, олар көпсәулелік таралудан тыну, көлеңкелеу (немесе экрандау) және таратқан кезде шығындар сияқты белгілі болады. Көпсәулеліктен тынуы ораманың тынуы арқылы (амплитуданың өзгерген жиілігінен байланыспайтын), доплер шашырауы (уақыттың ішінде іріктелген немесе уақыттың ішінде өзгертін, кездейсоқ фазалық шуыл) және уақытты

шашырау (шағылысқан сигналдардың тарататын арнажолдың ұзындығының уақытында өзгертіндер, сигналдардың өздерін уақытты өзгеруін шақырады) сипатталынады. Уақыттық шашырау жиілікті-іріктелетін тынулардың пайда болуына келтіреді. Көрсетілген құбылыстар 33-суретте түсіндіріледі және әрі қарай қарастырылады.



33-сурет. Көпсәулеліктерден болатын тынулардың құбылыстары, таратқан кездегі шығындар мен көлеңкелер

3.2.1 Ораманың тынуы

Ораманың тынуының негізгі қасиеттерін бейнелеу үшін 34-суретке қарайық. Негізгі станция ФМ-мен $s(t)$ сигналын және тұрақты орамамен таратады

$$S_T(t) = Ae^{j[\omega t + \psi_s(t)]}, \quad (9)$$

мұнда A – константа;

ω - бұрыштық радиожиілік (РЖ)

$\psi_s(t)$ – фазаны немесе жиілікті модульдейтін ақпараттың сигнал-тасымалдатқышы, сондай-ақ жиіліктерді модульдейтін жолақтың сигналы ретінде белгілі.

Уақытында өзгертетін “тарататын ортаны” $p(t)$ былай ұсынуға болады

$$p(t) = r(t)e^{j\psi_r(t)}, \quad (10)$$

мұнда $r(t)$ – уақытында өзгертетін орама;

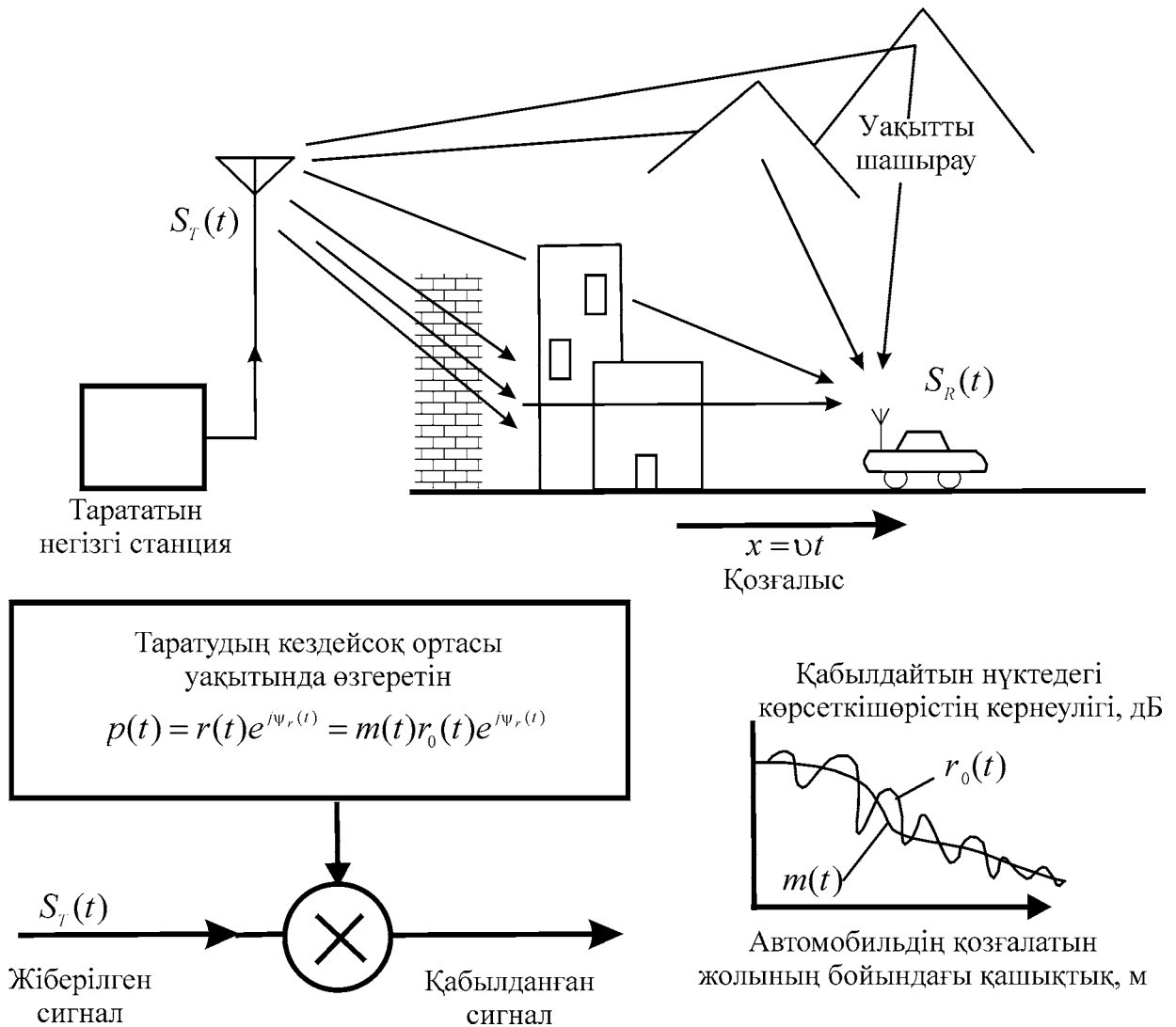
$\psi_r(t)$ – тарататын ортаның уақытында өзгертетін кездейсоқ фаза.

Таратудың кездейсоқ ортасының $r(t)$ орамасы ұзақмерзімді, немесе орташаландырылған, тынудың құраушысы $m(t)$ және көпсәулеліктен болатын

тез тынулармен серттелген қыскамерзімді құраушы, болып бөлінуі мүмкін, олар мына формулада көрсетілген

$$r(t) = m(t)r_0(t), \quad (11)$$

мұнда $r_0(t)$ – 1 тең орта мәні болады.



34-сурет. Тынудың құбылысы – тынулары бар арнадағы ораманың уақытында өзгертін суреттемесі.

Егер негізгі станция да және жылжымалы объектілерде қозғалмаса, бірақ қоршаған орта орын ауыстырады (ал бұл тәжірибеде әрдайым солай болады, яғни ең аздаған немесе ақырындап орын ауыстырулар, NLOS жүйесінде шағылыстырдың уақытында өзгеруіне әкеледі), онда (11) өрнекпен пайдалануға болады, мұнда t – кездейсоқ айнымалы. Егер жылжымалы объект v м/с немесе км/с жылдамдықпен қозғалса, онда негізгі станция мен жылжымалы объекті арасындағы тарату арнажолының ұзындығы

$$x = vt \quad (12)$$

тең болады.

Осы жағдайда бізге (11) өрнекті былай жазуға болады

$$r(x) = m(x) r_0(x) \quad (13)$$

Тұрақты орамасымен $sT(t)$ берілген сигнал тарату ортасының $p(t)$ уақытымен өзгертін кездейсоқ “берілетін функциясына” көбейтіледі. Сонымен бізде тынудың мультипликативтік үлгісі бар. Біз аддитивті үлгілерді пайдаланамыз, мысалы, тұрақты арналар үшін аддитивті ақ гауссов шуылдың үлгісі, олар геотұрақты жерсеріктіктердің жүйесінде немесе коаксиал кәбіл жүйелерінде кездеседі.

Егер қабылдағыш, таратқыш немесе қоршаған орта мәнсіз орын ауыстырса, әсерлі орын ауыстырулары толқынның бірнеше жүздеген ұзындығын асырады. Мысалы, 2 ГГц ауқымды радиобайланыстың жүйелерінде толқынның ұзындығы

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{2 \cdot 10^9 \text{ Гц}} = 15 \text{ см.}$$

Сонымен, егер қабылдағыш тек 1,5 см қашықтықта орын ауыстырса, ол толқынның ұзындығына $1,5 / 15 = 0,1$ ауытқиды. Қашықтыққа орын ауыстыру, бірнеше жүздеген толқынның ұзындығынан ораманың кездейсоқ ауытқуына келтіруі мүмкін. Осы жағдай 34-суретте бейнеленген.

Қабылданған кездейсоқ ауытқыған орамада, келудің кездейсоқ бағытымен түсетін жазық толқындардың саны әжептеуір үлкен болса және солардың ішінде тура көріністің (LOS) арнажолының басымды құраушысы жоқ болса, релеев үлестірілуі болады. Релеев үлестірілуі, жылжымалы байланыстың, құрлық жылжымалы сыртқы (тұрғын жайлардың сырты) және ішкі (ғимараттың іші) радиобайланысты қолданатынын қоса отырып, құрлық жүйелерінің арналары үшін таратудың қызметін жиі пайдалануы болып табылады. Көптеген тәжірибелік қорытындылар, релеев үлестірілуі нақты математикалық үлгі болып табылатынын көрсетеді. 20 дБ тынулар немесе орта-шаршылық мәнімен салыстырғанда сигналдың терең орамасы, шамалы 1% уақытта; 40 дБ немесе одан аса – тек 0,01% уақытта болады. пайда болудың ықтималдығы, ұзақтығы және ораманың тыну дәрежесі, жылжымалы радиобайланыстың цифрлықты сияқты, солай аналогты жүйелерінің сипаттамаларына едәуір әсер етеді.

3.2.2 Допплер шашырауы: фазаның кездейсоқ өзгеруі және когеренттіктің уақыты

Кездейсоқ тынулардың салдарының уақытындағы ораманың өзгеруі үшін фазаның кездейсоқ өзгеруі ілеседі. Осы фазалық өзгерістер кездейсоқ жиіліктік модуляциядан (ЖМ) шуылдың пайда болуын шақырады [16]. Модульденетін жиіліктердің жолағында кездейсоқ ЖМ шуылының спектрінің ені, екі еселенген максимал доплер шашырауына немесе екі еселенген максимал доплер жиілігіне шамалап тең болады.

Максимал доплер жиілігі

$$f_d = v/\lambda \quad (14)$$

және

$$\lambda = c/f. \quad (15)$$

Сонымен,

$$f_d = \frac{v}{\lambda} = \frac{v}{c/f} = \frac{vf}{c}, \quad (16)$$

мұнда $c=3 \cdot 10^8$ м/с – жарықты тарататын жылдамдығы;

v – жылдамдықты есептей отырып, жылжымалы объектінің орын ауыстыру жылдамдығы, м/с;

λ - радиосигналдың толқынының ұзындығы, м;

f – радиожиилік, Гц.

Есеп. 850 МГц жиілігіндегі жылжымалы радиобайланыстың жүйесі үшін Допплер әсерінен модульденетін жиіліктің жолағындағы кездейсоқ ЖМ шуылының спектрінің ені және ең көп доплер шашырауы қандай, егер:

а) қоршаған орта шамалы қозғалмайды, ал таратқыштың қозғалатын жылдамдығы 80 км/сағ құраса?

б) ғимараттың ішінде орнатылған PCS жүйелерінің қабылдағышы және таратқышы қозғалмағанда, бірақ қабылдағыштың қасында 3 км/са адам өтіп бара жатса?

Есептің шешімі:

а) $v = 80$ км/сағ кезде максимал доплер шашырауының мәнін (16) формуладан алуға болады:

$$f_d = \frac{vf}{c} = \frac{80 \cdot 10^3}{3600} \cdot \frac{850 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^8} = 63 \text{ Гц.}$$

Модульденетін жиіліктің жолағындағы кездейсоқ ЖМ шақырылған шуылдың спектрінің ені, ең көп доплер шашырауының екі еселенген мәніне тең, яғни 126 Гц;

б) $v=3$ км/сағ кезде $f_d = 63 \cdot (3 / 80) = 2,36$ Гц.

Допплер шашырауы, көпсәулелік таралуы бар арна арқылы жалғыз синусоидалдық тасымалдаушысы таратылған кезде қабылданған тасымалдаушының спектрінің ені сияқты анықталады. Егер тасымалдаушы f_0 жиілігінде таратылса, онда біз f_d доплер шашырауынан $f_0 - f_d$ және $f_0 + f_d$ жиіліктері арасындағы сектралдық компонентерімен сигналдың “жағылған” спектрін қабылдаймыз.

Тыну уақытында іріктелген бұл әсерді, радиотолқындардың көпсәулелік таралуынан шығатын кездейсоқ тынулары бар арнаның уақытты декорелляциясының әсері сияқты түсіндіруге болады.

Когеренттеу C_T уақыты әдетте, ораманың коррелляциясының мәнінің коэффициенті 0,9 кем емес шегінде уақыттың аралығы ретінде қабылданады. Бұл параметр ең көп доплер жиілігіне кері пропорционал және былай анықталады:

$$C_T = \frac{1}{f_d}. \quad (17)$$

3.2.3 Уақыттық шашырау: Тұлғалық себеп және жалпы ұғым

Уақыттық шашыраудың тұлғалық себебі τ 31-сурет бейнелейді. Түзу көрілімнің (LOS) d_0 шегіндегі, t_0 таратудың уақыты болатын таралымның арнажолындағы сигнал, биік ғимараттармен қатты әлсіреген. LOS арнажолындағы әлсіреген сигналдың қуаты – 121 дБм тең. Жылжымалы объект, сондай-ақ d_1+d_2 арнажолын, d_3+d_4 арнажолын, d_k+d_l арнажолын және көптеген басқа (31-суретте көрсетілмеген) арнажолдарды өтетін аса шағылысқан сигналдарды қабылдайды. Егер d_1+d_2 жалпы созымдылығы бар арнажолдан қабылданған сигналдың қуаты – 119 дБм тең болса, онда бізде түзу арнажолдан (LOS әлсізденген арнажолдан) және аса шағылысқан LOS арнажолынан қабылданатын сигналдарға тең суреті болады. Осы бейнеленген мысалда, егер $d_1+d_2 = 36$ км және $d_0 = 1$ км, арнажолдағы кідіріс немесе уақыттық шашыраудың орны тең болады

$$\tau = \frac{d_1 - d_2 - d_0}{c} = \frac{36\text{км} - 1\text{км}}{3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} = 116,7 \text{ мкс.}$$

Нақты жүйелердің жиі пайдаланатын техникалық сипаттамаларының санына, уақыттық шашыраудың орташааршылық мәні, сондай-ақ уақыттық шашыраудың ең көп мәні жатады.

Уақыттық шашыраудың әсері жиілікті-іріктелген тынулардың бар болуында пайда болады. Осы әсер, демодульденген сигналдың формасының қатты бұрмалануына әкелуі және радиобайланыстың жоғарыжылдамдық цифрлық жүйелерінің осындай сипаттамаларына, битке (BER) қателердің ықтималдығы сияқты шек қоюы мүмкін.

Когеренттіктің S_v жолағының ені – бұл ораманың мәнінің корреляциясының коэффициенті 0,9 кем емес шегіндегі жиіліктердің айырымы. Осы параметр уақыттық шашыраудың орташааршылық мәніне (τ_{rms}) кері пропорционал ол былай анықталады

$$C_B = \frac{1}{\tau_{rms}}. \quad (18)$$

3.2.4 Көлеңкелеу және таратқан кездегі шығындар

Арнажолдағы тынуды ұзақмерзімдік немесе орташа тынулар және қысқамерзімді немесе көпсәулеліктен болатын тез тынуларға бөлуге болады. көпсәулеліктен тез тынулар, толқынның бірнеше жүздеген ұзындықты аралықтағы орташалалаумен жойылғаннан кейін іріктелмеген көлеңкелер әлі қалады. Көлеңкенің себебі, құрлық жылжымалы жүйелердің радиосигналдарын тарататын арнажолдың бойындағы жергілікті рельефтің негізгі қасиеттері болып табылады. Осы құбылыс релеев тынулардың параметрлерінің орта мәндерін өзгертуге әкеледі. Дегенмен, көлеңке үшін таратумен, нақты қалалық аудандарда тәжірибелік деректерге сәйкес қолайлы математикалық үлгісі жоқ,

5-тен 12 дБ дейінгі дисперсиясымен логқалыпты тарату қабылданған. Таратқан кездегі шығындар – лог-қалыпты көлеңкенің орта мәні, оны аумақ бойынша орта деп атаймыз (area average).

3.3 Жылжымалы объектілер үшін антеннаны күшейтудің негіздері

Түзу (LOS) және түзу емес (NLOS) көрілімнің арнажолында радиотолқындарды таратқан кезде энергетикалық шығындардың есептерінің мәндерін түсінуге жеңілдету үшін қабылданған сигналдың қуатын және жолдың бюджетін, жылжымалы объектілер үшін бағытталған және жалпы бағытталған антеннаны күшейтудің негізі деп түсінеміз.

Таратудың жолы тарататын антеннамен радиожиіліктік (РЖ) қуаттың күшейткіші (ҚК) болатын радиотаратқышты қосады. Қабылдағышта антенна кіретін азшуылды күшейткішпен (АШК) қосылады. Күшейтілген қабылданған сигнал жиіліктің түрлендірушісіне төмен түсіп және демодульденеді (35-сурет). Автомобильдегі және портативті қабылдап-таратқышта қабылдап және тарату үшін сол бір антенна қолданылады. Тарататын қуаттың РЖ күшейткіші таратқыш антенна қоздырады, ол электромагниттік толқындарды сәулелендіреді.

Изотроп антенна – бұл шығындары жоқ мүлтіксіз антенна, ол қуатты барлық бағыттарда бірқалыпты сәулелендіреді. Жылжымалы байланыста жалпы бағытталған антенна жиі қолданылады. Осы қабылдап – тарататын антенналар мүлтіксіз изотроптық антенналардың жақындары болып табылады. Таратқыш антенна ретінде олар барлық бағыттарда бірқалыпты сәулелендіреді, ал қабылдағыш ретінде – барлық бағыттардан сигналдарды бірегей жақсы қабылдайды. Осы антенналардың күшейту коэффициенті шамалы бірге тең: $G = 1$, немесе 0 дБ.

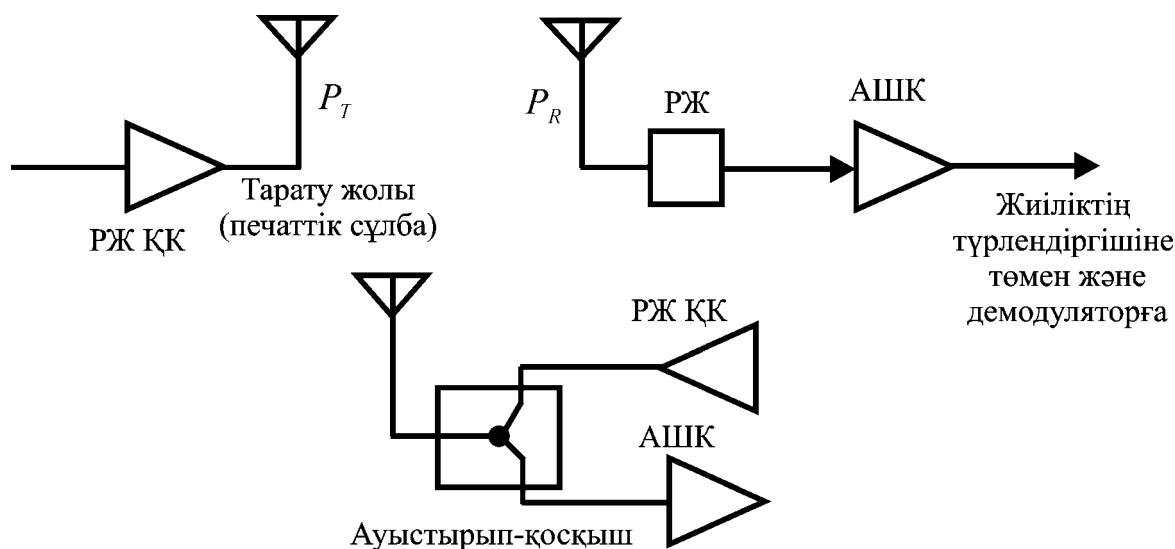
Тарататын РЖ күшейткіш 35, 36-суреттерде көрсетілгендей, изотроптық таратқыш антеннаға P_t Вт қуатын береді. Сәулеленетін қуаттың ρ , Вт/м² тығыздығы немесе τ қашықтықта антеннадан өлшенетін электромагниттік энергияның шығатын ағымы [17] формуламен анықталады

$$\rho = \frac{P_t}{4\pi r^2}. \quad (19)$$

Бағытталған антенна, сәулеленетін қуатты белгілі бағытта шоғырландырады. Осындай антеннаның бағыттылығын былай анықтайды

$$D = \frac{\text{Ең көп сәулеленетін бағытқа қарай} \\ \text{г қашықтықтағы қуаттың тығыздығы}}{\text{г қашықтықтағы қуаттың орта тығыздылығы}}. \quad (20)$$

Антеннаның бағыттылығының осындай анықтамасымен пайдалану үшін, антеннамен сәулеленетін қуатты білу қажет. Бұл қуаттың, антеннаның өзінің шығындарынан қабылдағыш пен таратқыштың сәйкес болатын нүктелеріндегі қуаттан айырмашылығы болуы қажет.



35-сурет. Қабылдағыш-таратқыштың элементтері: қуатты тарататын радиожіліктік күшейткіші (ҚК), таратқыш антенна, қабылдағыш антенна, РЖ секция және аз шуылды күшейткіш (АШК); ауыстырып-қосқыш алшақтатылған қабылдаудың режімі немесе резервледі қамтамасыз ету үшін қызмет етеді



36-сурет. Антеннаның эквиваленттік сұлбасы

Жалпы бағытталған таратқыш антеннадан A тиімді апертурасы бар қабылдағыш антенна және r қашықтықта P_R , P_T қуатын қабылдайды, ол мына өрнекпен анықталады

$$P_R = \rho A = \frac{P_T A}{4\pi r^2}. \quad (21)$$

G антеннаның күшейткіш коэффициенті антеннаның апертурасымен және радиосигналдың λ , м толқынның ұзындығымен байланысқан

$$G = 4\pi A / \lambda^2, \quad (22)$$

мұнда

$$\lambda = c / f. \quad (23)$$

Мүлтіксіз жалпы бағытталған антеннаның $G = 1$; сондықтан (22)

$$A = \lambda^2 / 4\pi. \quad (24)$$

3.4 Радиотолқындарды таратудың сипаттамалары

3.4.1 Бос кеңістікте таратқан кездегі шығындар үшін формула

(19)-(24) формулалардан, бір-бірінен r метр қашықтықта орналасқан күшейткіштің ($G=1$) бірегей коэффициентімен жалпы бағытталған қабылдағыш және таратқыш антенналар үшін, бос кеңістікте таратудың шығындарын есептеу үшін (немесе таратқан кездегі шығындар үшін) формула алуға болады. Бұл формуланың түрі

$$\frac{P_R}{P_T} = \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 = \left(\frac{c}{4\pi r f} \right)^2. \quad (25)$$

Таратқыш антеннаның күшейту коэффициентімен бір-бірінен r метрге алшақтатылған екі антенналар үшін

$$G_T = 4\pi A / \lambda^2 \quad (26)$$

және қабылдағыш антеннаның күшейту коэффициентімен

$$G_R = 4\pi A / \lambda^2, \quad (27)$$

бос кеңістікте таратқан кездегі шығындар үшін формула келесі түрде болады:

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2. \quad (28)$$

(28) формуладан біз (L_f , дБ) таратқан кездегі шығындар үшін өрнекті аламыз

$$\begin{aligned} L_f &= 10 \lg \frac{P_R}{P_T} = 10 \lg G_T + 10 \lg G_R + 10 \lg \left(\frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 = \\ &= 10 \lg G_T + 10 \lg G_R + 20 \lg \left(\frac{c/f}{4\pi r} \right), \end{aligned} \quad (29)$$

$$L_f [\text{дБ}] = 10 \lg G_T + 10 \lg G_R - 20 \lg f - 20 \lg r + 147.56 \text{ дБ}. \quad (30)$$

Күшейту коэффициенті бар, 1 тең болатын (яғни мүлтіксіз жалпы бағытталған антенналар үшін) қабылдағыш және таратқыш изотроптық антенналар үшін және түзу көрілімнің (LOS) шегінде кедергілер жоқ болған кезде, таратудың негізгі шығындарын мына формула бойынша есептеуге болады

$$L_B [\text{дБ}] = +27,56 - 20 \lg f [\text{МГц}] - 20 \lg r [\text{м}] \quad (31)$$

немесе мына формула бойынша

$$L_B [\text{дБ}] = -32,44 - 20 \lg f [\text{МГц}] - 20 \lg r [\text{км}]. \quad (32)$$

Осы қатынастардан, түзу көрілімнің (LOS) шектерінде таратқан кездегі негізгі шығындар үшін әр қашықтық екі еселенген кезде және радиожиіліктің әр мәні екі еселенген кезде қабылданатын қуат 6 дБ-ға азаяды (жіберілген қуатқа қарағанда).

(19) формуладан көрініп тұр, сәулеленетін қуаттың өлшеу бірлігі метрге ватт квадратта ($\text{Вт}/\text{м}^2$) болып табылады. Әдетте қабылданатын және тартылатын қуаттар ваттарда (Вт) немесе 1 мВт салыстырмалы децибелдерде (дБмВт немесе дБм), сонда таратқан кездегі шығындар сияқты – децибелдерде (дБ) өрнектеледі. Осы жиі падаланатын бірліктер үшін санаманың коэффициенттері мен қатынастарын анықтаймыз.

Бір немесе екі дірілдеткіш қабылдайтын антенна жиі пайдаланылады. Бағытталған кернеу V , В/м, E өрісінің кернеулігімен байланысқан сонымен

$$V = \frac{E\lambda}{\pi} \quad (33)$$

R_L жүктеменің толық кедергісіне келтірілген P_R , $\text{Вт}/\text{м}^2$ ең көп қуат, үйлестірілген шығысы бар жүйеге тең

$$P_R = \frac{V^2}{4R_L} \quad (34)$$

Антеннамен эквиваленттік бағытталған кернеу V тең. Z_a антеннаның шығатын толық кедергісі жүктеменің толық кедергісіне Z_L тең, ал $R_L - Z_L$ жүктеменің белсенді кедергісіне тең, ол 36-суретте көрсетілген. Сонымен қабылданатын қуат квадратта метрге ватта өрнектелуі мүмкін.

Жоғарыда келтірілген өрнектерден алуға болады

$$P_R = \frac{V^2}{4R_L} = \frac{(E\lambda/\pi)^2}{4R_L} = \frac{E^2\lambda^2}{4\pi^2 R_L} \quad (35)$$

1 Вт децибелдерге салыстырмалы P_R қуатты анықтайық

$$P_R[\text{дБВт}] = 10\lg E^2[B^2] + 10\lg\left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2[\text{дБ}] + 10\lg\frac{1}{4R_L}R_L\left[\frac{1}{\text{Ом}}\right]$$

$R_L = 50$ Ом жүктеменің стандарттық кедергісі үшін бізде $10\lg[1/(4\cdot R_L)] = -23$ дБ болады; сонымен

$$P_R[\text{дБВт}] = 10\lg E^2[\text{мкВ}^2] - 10\lg(10^6)^2 + 10\lg(\lambda/\pi)^2 - 23 \text{ дБ.}$$

1 мВт қуаттың децибелге салыстырмалы өрнектелген P_R қуат үшін формуланың мынандай түрі бар

$$P_R[\text{дБм}] = E[\text{дБмкВ}] - 113 \text{ дБм} + 10\lg(\lambda/\pi)^2 \quad (36)$$

Немесе, f радиожилікке $\lambda = c/f$ қатынасының көмегімен өткенде, аламыз

$$P_R[\text{дБм}] = E[\text{дБмкВ}] - 113 \text{ дБм} + 10\lg(3\cdot 10^8/f\pi)^2;$$

$$P_R[\text{дБм}] = E[\text{дБмкВ}] + 46,6 \text{ дБм} - 20\lg f [\text{Гц}];$$

$$P_R[\text{дБм}] = E[\text{дБмкВ}] + 46,6 \text{ дБм} - 120 \text{ дБ} - 20\lg f [\text{МГц}];$$

$$P_R[\text{дБм}] = E[\text{дБмкВ}] - 73,4 - 20\lg f [\text{МГц}]. \quad (37)$$

Есеп. $f = 1,9$ ГГц радиожилікте жұмыс істейтін сымсыз байланыстың жүйелері үшін 1 мкВ салыстырмалы децибелдерде өрнектелген

өрістің қабылдаған кездегі өлшенген кернеулігі және 1 мВт салыстырмалы децибелдерде өрнектелген қабылданатын қуат арасындағы қатынасты табайық.

Есептің шешімі: (37) формуладан бізде болады

$$\begin{aligned} P_R [\text{дБм}] &= E [\text{дБмкВ}] - 73,4 - 20 \lg f [\text{МГц}] = \\ &= E [\text{дБмкВ}] - 73,4 - 65,57 = E [\text{дБмкВ}] - 139 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (38)$$

3.4.2 Түзу емес көрілімнің (NLOS) және түзу көрілімнің (LOS) жүйелері үшін таратқан кездегі шығындар

Жылжымалы байланыстың құрлық ұялық жүйелерінің және PCS жүйелерінің көбісі, 31 және 32-суреттерде көрсетілгендей, түзу көрілім жоқ болған кезде (NLOS) радиотолқындарды таратқан жағдайда жұмыс істейді. (32) шығады, түзу көрілімнің (LOS) шектерінде жұмыс істеген кезде қабылданатын қуат, антенналар арасында r қашықтықты өсіру шарасы бойынша $1/r^2$ заңы бойынша қабылданатын қуат азаяды. Басқа сөзбен айтқанда, таратқан кездегі орта шығындар қашықтықтың n дәрежесіне пропорционал өседі. Радиотолқындарды тарататын арнажолда кедергілер жоқ болған кезде түзу көрілімнің жүйелері үшін n дәреженің көрсеткіші $2(n=2)$ тең болады.

Тәжірибелік мәліметтердің негізінде, түзу көрілім жоқ болған кезде радиотолқындарды таратқанда шығындарды бағалау үшін инженерлердің көбісі жалпы үлгіні құрастырды және жиі қолданады. Осы үлгі келесі өрнекпен [18] сипатталады

$$L(d) \sim L_b(d/d_0)^{-n} \quad (39)$$

және (L) таратқан кезде орта шығындар қашықтықтың кейбір дәрежелеріне пропорционал өседі. Формуладағы \sim белгісі – пропорционал дегенді білдіреді, сондай-ақ келесі белгілеулер пайдаланған:

$n - 3,5 \leq n \leq 5$ дәреженің көрсеткіші;

d – қабылдағыш және таратқыш антенналар арасындағы қашықтық;

d_0 – үлгілік қашықтық немесе бірінші кедергіге дейінгі (бос кеңістіктегі таратудың учаскелері) арнажолдың кесіндісінің ұзындығы;

$L_b - d_{0, m}$ үшін LOS арнажолда таратқан кезде шығындар ((31) және (32) формулалар);

L – NLOS және LOS учаскелерінен тұратын қиыстырылған арнажолдың қос шығындары (таратқан кездегі шығындар).

n дәреженің көрсеткіші, қашықтықтың өсуімен таратқан кезде шығындар қаншалықты тез өсетінін көрсетеді.

d_0 үлгілік қашықтық, соның шегінде, яғни антенна және d_0 нүктесі арасындағы бос кеңістікте радиосигналды (кедергісіз) тарататын орны болатынын білдіреді. Тәжірибеде ғимараттың ішіндегі d_0 мәні (бос кеңістікте тарататын орны болатын арнажолдың кесіндісінің ұзындығы) әдетте, 1-3 м ауқымда болады.

Децибелдерде белгіленген $L(d)$ таратқан кездегі, (39) өрнекпен сипатталатын толық орта шығындар, таратқан кезде қосымша шығындар және таратқыштан $L(d_0)$ үлгілік қашықтықтағы нүктеге дейінгі таратқан кездегі шығындар сияқты анықталады. Сонымен

$$L(d) = L(d_0) - 10n \lg(d/d_0). \quad (40)$$

Тәжірибелік қорытындыларда (37-сурет) түзу көрілім (NLOS) жоқ болған кезде жылжымалы байланыстың толық ұялық жүйелері үшін ғимараттың сыртында $3,5 \leq n \leq 5$, ал ғимараттың ішіндегі байланыс үшін $2 \leq n \leq 4$ [19] көрсетеді.

38-сурет, 900 және 1,75 ГГц жиіліктерде таратқан кезде орта шығындарға жанасатын қосымша тәжірибелік қорытындыларды бейнелейді.

Есеп. 2,4...2,48 ГГц жиіліктік ауқымда жұмыс істейтін жылжымалы радиобайланыстың жүйесіндегі $d = 22\text{м}$ және $d = 3\text{м}$ үшін толық орта шығындарды есептейік. $n = 3,5$ тең дәрежелі көрсеткішті салайық. Бірінші үш метрді тура көрілімнің (LOS) арнажолын, арықарай NLOS арнажолы бойынша таратуды білдіреді.

Есептің шешімі. $d = 3\text{м}$ қашықтықтағы бос кеңістікте шығындарды тарату үшін (31) қолданамыз

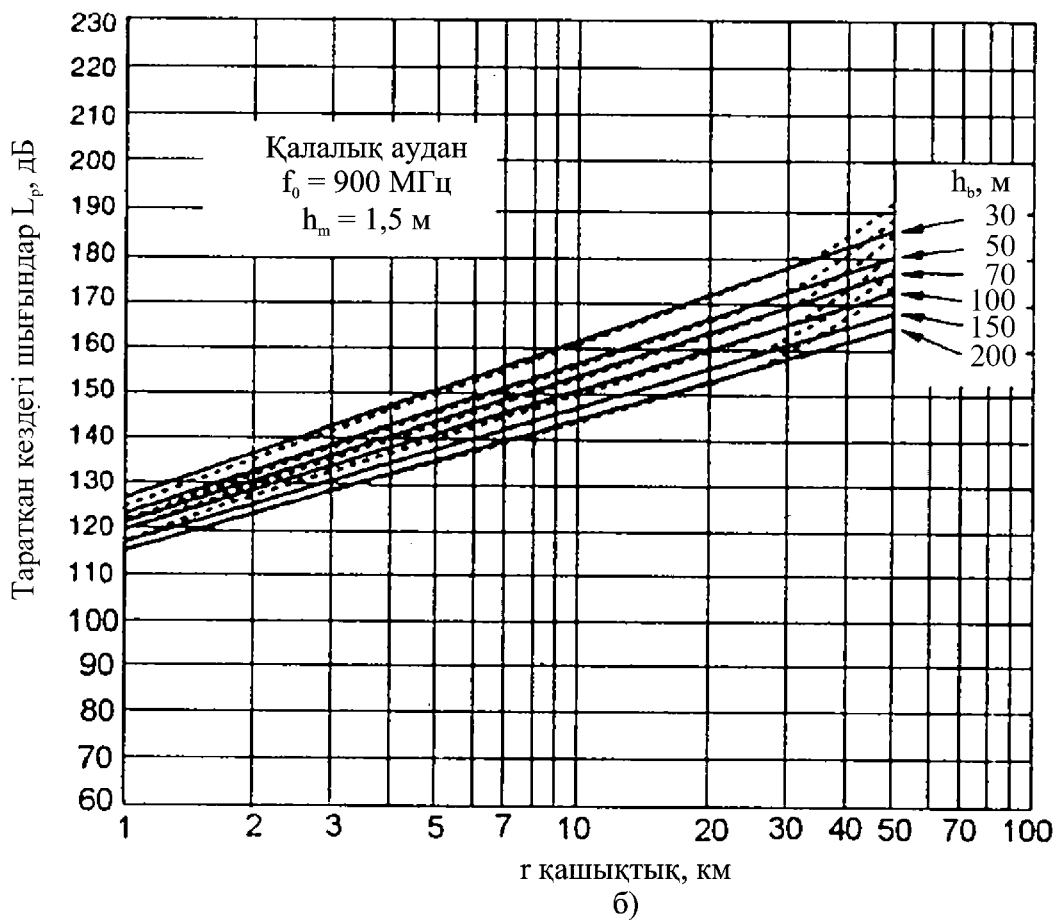
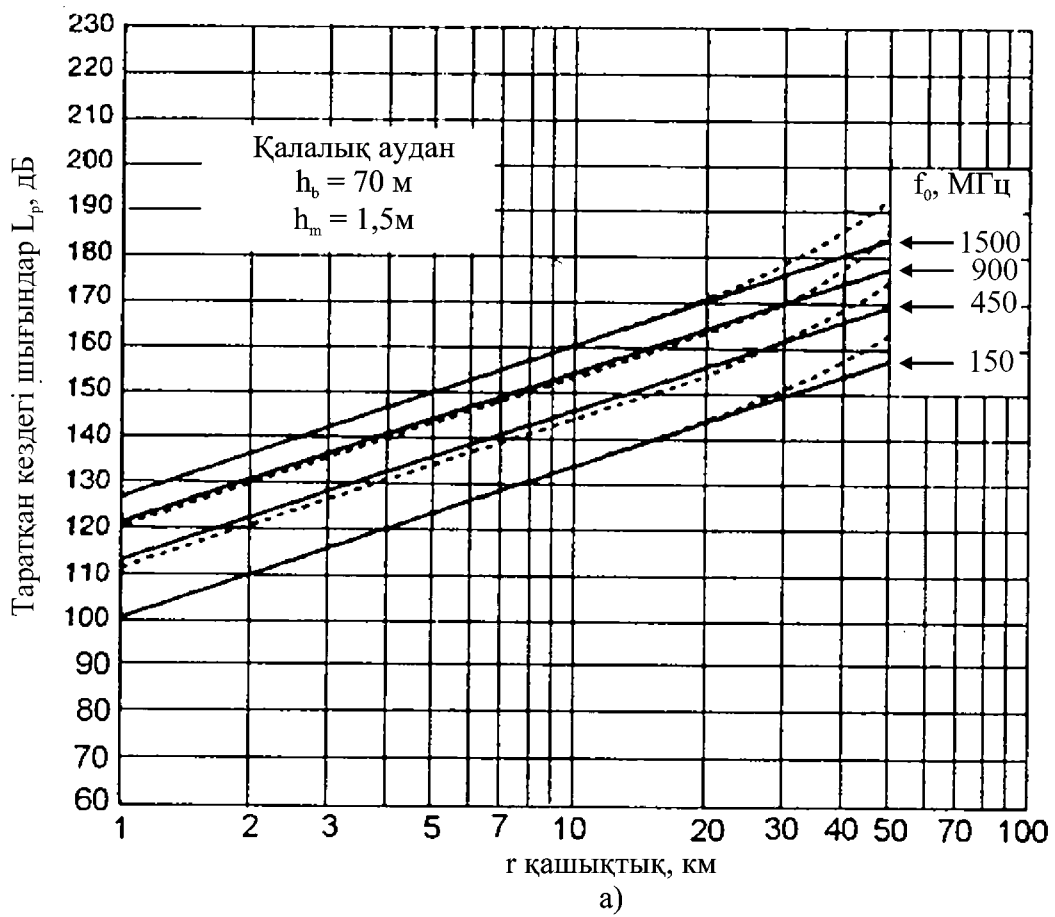
$$\begin{aligned} L_B(d_0) &= +27,56 - 20 \lg 2480 \text{ МГц} - 20 \lg 3\text{м} = \\ &= +27,56 - 67,89 - 9,54 = -49,87\text{дБ} \approx -50\text{дБ}. \end{aligned}$$

Қосымша қашықтық $d = 22\text{м} - 3\text{м} = 19\text{м}$.

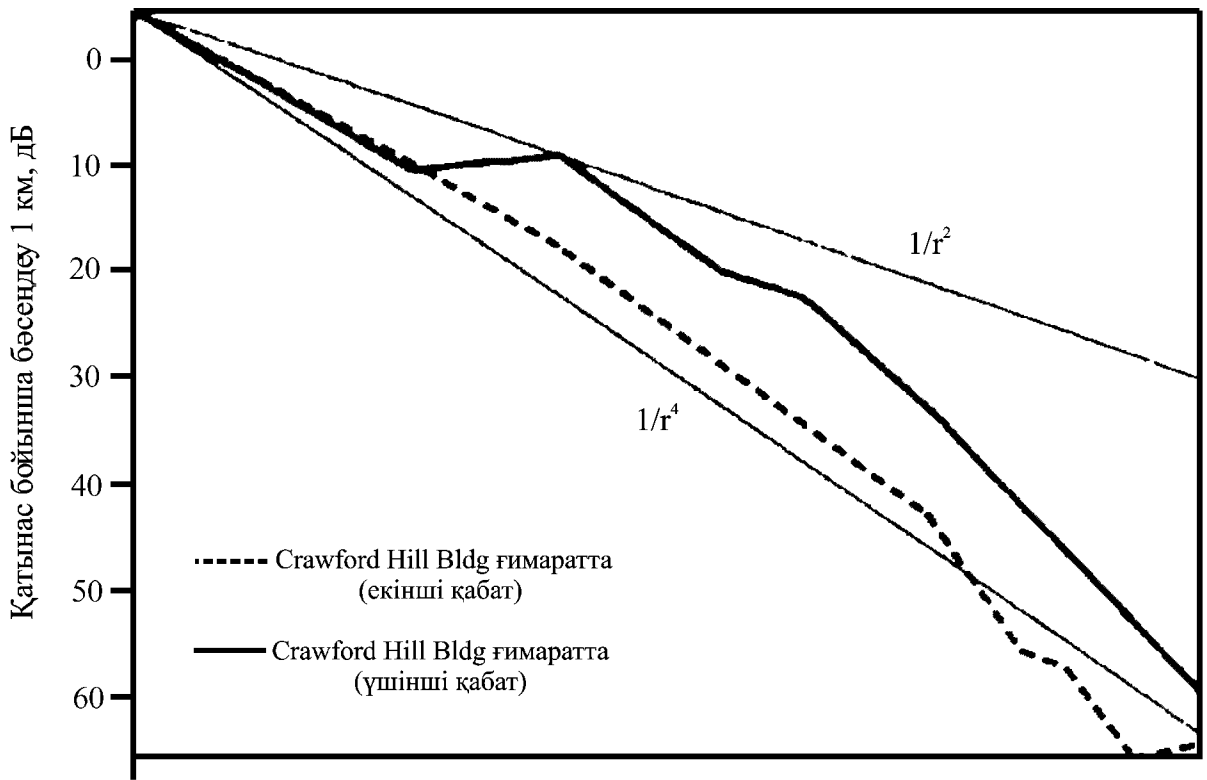
Бұл $n = 3,5$ бірге тура емес көрілімнің (NLOS) таратудың арнажолы (40) аламыз

$$L(d) = -50 \text{ дБ} - 10 \cdot 3,5 \cdot \lg(19/3) \approx -78 \text{ дБ}.$$

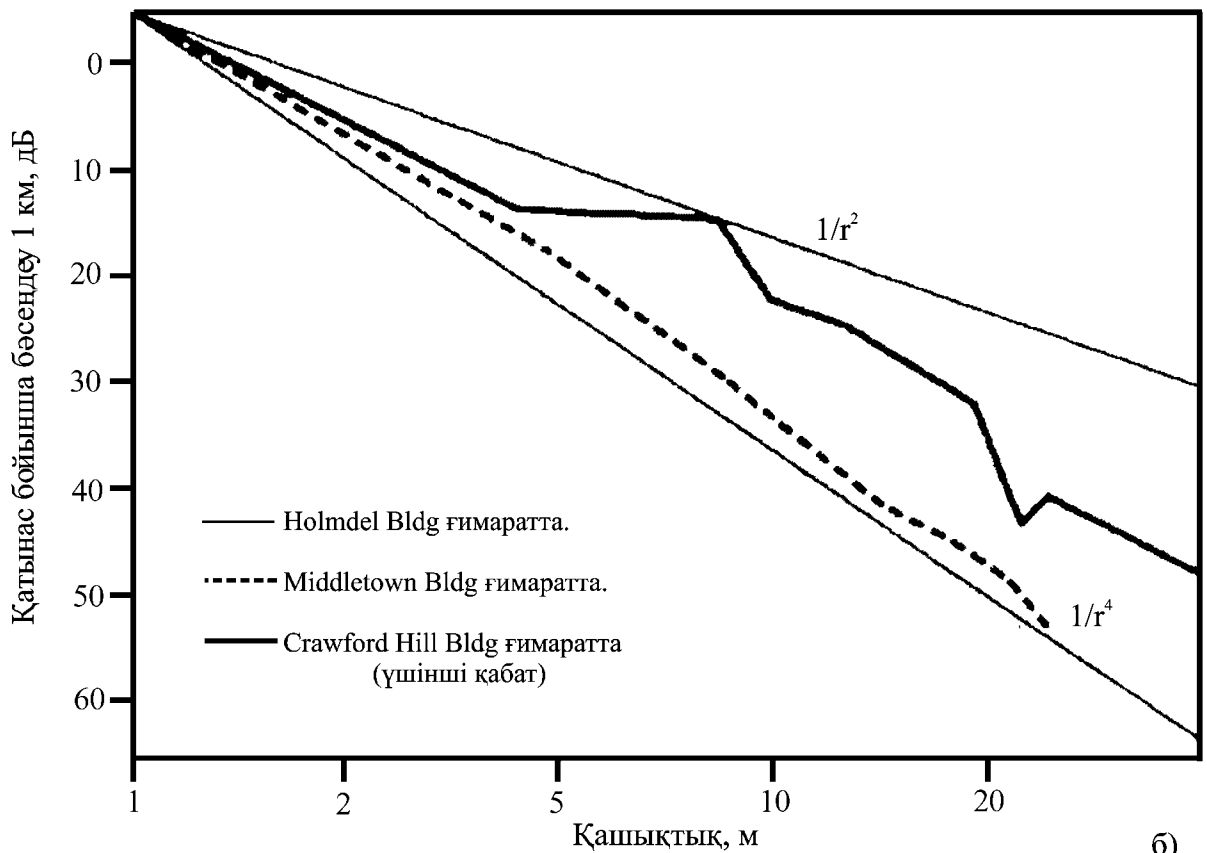
$f = 2,48$ ГГц жиілікте жұмыс істейтін жүйе үшін $d = 22$ м ұзындықты қиыстырылған LOS және NLOS арнажолда толық орта шығындар -78 дБ құрайды.



37-сурет. Таратқан кездегі шығындар



a)



б)

38-сурет. 1-ден 30 м дейінгі радиус әрекетіндегі жылжымалы PCS үшін 900 МГц (а) және 1,8 ГГц (б) жиіліктерде таратудан

шығатын бәсеңдеуді өлшеу

3.4.2.1 Қызмет көрсетудің ең үлкен аумағы (d_{\max})

Түзу көрілімнің шектерінде бос кеңістікте радиотолқындарды таратқан кезде қызмет көрсететін ең үлкен қашықтық немесе байланыстың ұзындық үшін формула (28) қатынастан шығады

$$\frac{P_R}{P_T} = G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2. \quad (41)$$

Осы жағдайда бізде

$$P_R = P_{\min},$$

ол өзінен битке қатенің ықтималдығының “табалдырықтық” немесе жарамды мәніне әкелетін тасымалдаушының ең кіші қуатын білдіреді. Сөздік байланыс үшін “қолайлы немесе табалдырықтық сипаттамалары” ретінде, алдын-ала өңдеусіз және кодалаусыз таратқан кезде $BER = 3 \cdot 10^{-2}$ жиі қабылданады. (41) формуладан біз, радиобайланыстың тура көрілімдік (LOS) жүйесі үшін қорытамыз

$$d_{\max} = \sqrt{\frac{P_T G_T G_R}{P_{R\min}}} \frac{\lambda}{4\pi} = \sqrt{\frac{P_T G_T G_R}{P_{R\min}}} \frac{1}{f} \frac{1}{4\pi}, \quad (42)$$

мұнда d_{\max} – метрлер болып белгіленген.

Тура көрілім (NLOS) жоқ болған кезде таратудың жалпы жағдайлары үшін, үлгілік қашықтық болатынын немесе “тұйық” дистанция болатынын ұйғарайық, ол үшін таратқыштың антеннасы және жақындағы кедергілер арасында бос кеңістіктегі таралым тән болады. 31-суретте көрсетілгендей, радиотолқындар тура көрілімнің (LOS) жағдайларында d_0 бастапқы учаскесін өтеді, әрі қарай радиотолқындар шашырайды және NLOS жағдайларында таралады.

Қиыстырылған LOS және NLOS арнажолдары үшін байланыстық ұзақтығы немесе ең үлкен қашықтығын мына теңдіктен аламыз

$$P_R = P_T G_T G_R L_{TOT}, \quad (43)$$

мұнда L_{TOT} – қиыстырылған LOS және NLOS арнажолдары үшін таратқан кездегі шығындар

$$L_{TOT} = L_{d0} L_{NLOS}, \quad (44)$$

L_{TOT} шығындардың екі құраушысы болады: тура көрілімнің учаскесінде (L_{d0} немесе L_{docb}) және NLOS учаскесінде (L_{NLOS}). Түзу көрілімнің учаскесіндегі шығындар, радиотолқындар LOS жағдайында тек L_{d0} қашықтықта таратылатынын, ал d қашықтықтың қалған бөліктері NLOS жағдайларында таратылатынын белгілейді. Әдетте $d - d_0 \approx d$, d қарағанда, d_0 көп есе кіші. Алдыңғы формулалардан аламыз

$$L_{TOT}(d) = \left(\frac{\lambda}{4\pi d_0} \right)^2 \times \left(\frac{d_0}{d} \right)^n. \quad (45)$$

Осы формула (39) формуламен тәжірибелік сәйкес екенін белгілейік. Мұнда белгілеулер, байланыстың ұзындығы үшін ыңғайлы формуланы алу үшін кішкене өзгертілген.

Байланыстың қашықтығы үшін өрнек (d_{\max} ең үлкен қашықтық) келесі түрде алынады

$$P_R = P_T G_T G_R L_d; \quad (46)$$

$$L_d = L(d_0)L(NLOS) = \left(\frac{\lambda}{4\pi d_0}\right)^2 \left(\frac{d_0}{d}\right)^n; \quad (47)$$

$$P_R = P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d_0}\right)^2 \left(\frac{d_0}{d}\right)^n; \quad (48)$$

$$d^n = \left[\frac{P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d_0}\right)^2}{P_R} \right] d_0^n; \quad (49)$$

$$d = \left[\frac{P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{4\pi d_0}\right)^2}{P_R} \right]^{1/n} d_0. \quad (50)$$

3.4.2.2 Жүйенің (Gs) күшейту коэффициентін анықтау

Жүйенің күшейту коэффициенті, жүйенің сипаттамаларын бағалау үшін пайдалы көрсеткіш болып табылады, ол радиобайланыстың жүйелерін жобалаушылар үшін қызығушылықты білдіретін көп параметрлерді қосады. Тек аппаратураға қолданатын жүйенің күшейту коэффициентінің қарапайым түрінде – бұл қабылдағыштың табалдырықтық сезімділігі мен таратқыштың шығатын қуаты арасындағы айырым болып табылады. Қабылдағыштың табалдырықтық сезімділігі – бұл битте (BER) қателердің ықтималдылығының ең көп мәні сияқты, сипаттамалардың жеткілікті деңгейіне жету үшін ең аз қабылданатын қажетті қуат. Жүйенің күшейту коэффициенті, ең болмаса, шығындардың аппаратураға сыртқы қатынасы бойынша және күшейту коэффициентінің қосындысына тең болуы керек. Математикалық келесі түрде өрнектеледі

$$G_s = P_T - C_{\min} \geq F_M + |L_P| + |L_F| + |L_B| - G_T - G_R, \quad (51)$$

мұнда G_s – жүйенің күшейту коэффициенті, дБ;

P_T – антенналық тармақтаушыдағы шығындарды және антенналық қосылудың басқа шығындарын есептей отырып, таратқыштың шығатын қуаты, дБ;

$C_{\min} = R_{\min}$ – қабылдағыштың көрсеткішінің ең аз мәні үшін тасымалдаушының қабылданатын қуаты, дБ.

Әдетте C_{\min} , дБмВт, BER ең көп мәні үшін анықталады. Табалдырықтық ретінде бірнеше стандарттарға сәйкес жылжымалы байланыстың телефон байланысының желілері үшін $BER = 3 \cdot 10^{-2}$ қабылданады. Осындай жүйелерде мәліметтерді таратқыш арналары үшін табалдырықтық ретінде $BER = 10^{-6}$ болуы мүмкін. C_{\min} –ді сондай-ақ табалдырықтық сезімділік деп атайды; $P_{R_{\min}} = C_{\min}$ жоғарыда анықталғандай; L_p – түзу немесе бос кеңістіктердің шектеріндегі изотроптық сәуле шығарғыш арасында таратқан кездегі шығындар

$$L_p = -92,4 - 20 \lg d - 20 \lg f, \quad (52)$$

мұнда d – арнажолдың ұзындығы, км;

f – тасымалдаушы жиілік, ГГц;

L_f – антенналық фидердегі шығындар;

L_v – тармақталудан болатын шығындар, яғни қабылдағыш және таратқыш бір жолға қосылған кезде, айналым мен сүзгінің толық шығындары;

G_T, G_R – изотроптық сәуле шығарғышқа қатынасы бойынша қабылдағыш пен таратқыштың антенналарының күшейту коэффициенті (дегенмен, антеннаның күшейту коэффициенті, дайындаушылардың каталогтарында хабарланатын, ауқымның орталық жиілігіне сәйкес болатын қарапайым мәндері үшін жиіліктен байланысты болады);

F_m – байланыстың сенімділік көрсеткішін қамтамасыз ету үшін талап ететін, алшақтаусыз жүйеде радиожолдағы тынуға деген қор, дБ.

(52) өрнек (31) және (32) ұқсас, бірақ бұл жерде радиожилік гигагерцтермен анықталады.

3.4.2.3 Таратқан кездегі шығындар үшін эмпирикалық формула

Таратқан кезде орта шығындарды болжау үшін жан-жақты табиғи өлшеулерден негізделген эмпирикалық үлгілер қолданылады. Арнажол негізгі станцияның антеннасынан жылжымалы объектінің антеннасына дейін өтеді. Таратқан кездіге шығындар үшін болатын тәжірибелік қисықтар, қабылданатын сигналдың қуатының деңгейін өлшеумен (радиожиліктік тасымалдаушы) және таратылған қуатын алумен алынады. Мысалы, егер бізде 1 тең күшейту коэффициенті бар жалпы бағытталған антенна болса, таратылатын қуат +30 тең дБм болады және кейбір жерлерді тасымалдаушының қабылданатын қуаты $P_R = -105$ дБм, онда таратқан кездегі шығындар

$$L_p = P_T - P_R = +30 \text{ дБм} - (-105 \text{ дБм}) = 135 \text{ дБм}. \quad (53)$$

Сондықтан P_T және P_R сол бір бірлікпен өрнектелген болса, онда L_p децибелде өрнектелуі мүмкін.

Окомурамен (Okamura) орындалған көптеген өлшеулер, жылжымалы объекті мен негізгі станцияның антенналарының күшейту коэффициенті 1 тең болатын изотроптық жағдайда (мүлтіксіз жалпыбағытталған), L_p таратқан кездегі орта шығындар үшін, дБ, эмпирикалық формуланы алуға мүмкіндік

береді. Бұл формула, сондай-ақ Окомураның болжау әдістемесі сияқты белгілі, оның келесі түрі [20]

$$L_p = \begin{cases} A+B \lg(r) & \text{қалалық аумақ үшін,} \\ A+B \lg(r) - C & \text{қала маңындағы аумақ үшін,} \\ A+B \lg(r) - D & \text{ашық жер үшін,} \end{cases} \quad (54)$$

мұнда r – жылжымалы және негізгі станцияларының антенналары арасындағы қашықтық, км.

Тасымалдаушының радиожилігі f_0 , МГц, негізгі станцияның антеннасының биіктігі h_b , м, және жылжымалы станцияның антеннасының биіктігі h_m , м; A, B, C және D шамалары келесі түрге сәйкес өрнектеледі

$$A = A(f_0, h_b, h_m) = 69,55 + 26,16 \cdot \log(f_0) - 13,82 \cdot \log(h_b) - a(h_m),$$

$$B = B(h_b) = 44,9 - 6,55 \cdot \log(h_b),$$

$$C = C(f_0) = 2 \cdot \left[\log\left(\frac{f_0}{28}\right) \right]^2 + 5,4, \quad (55)$$

$$D = D(f_0) = 4,78 \cdot [\log(f_0)]^2 - 19,33 \cdot \log(f_0) + 40,94,$$

мұнда $a(h_m) = [1,1 \cdot \lg(f_0) - 0,7] \cdot h_m - [1,56 \cdot \lg(f_0) - 0,8]$ – шағын қалалар үшін;

$a(h_m) = 3,2[\lg(11,75 \cdot h_m)]^2 - 4,97$ - үлкен қалалар үшін.

(55) формуласымен пайдалануға болады, егер келесі жағдайлар орындалса:

- f_0 : 150-ден 1500 дейін МГц;
- h_b : 30-дан 200 м; ауқымның кеңеюі мүмкін (1,5-тен 400 м дейін);
- h_m : 1-ден 10 м дейін;
- r : 1-ден 20 км дейін; ауқымның кеңеюі мүмкін (2 м-ден 80 км дейін).

37-суретте қалалық аумақта L_p , дБ таратқан кездегі шығындар көрсетілген, сонымен тасымалдаушының жиілігі f_0 және негізгі станцияның антеннасының биіктігі h_b айнымалы параметрлер болып табылады. Тұтас сызықтармен ұсынылған қорытындылар, эмпирикалық формула арқылы, ал үзікті сызықпен Окомураның болжау әдісімен алынған. Осы сандық қорытындылар, 1-ден 20 км дейінгі қашықтықтың ауқымында тек 1 дБ шамасын құрайтын ең үлкен қателерді көрсетеді. АТ&Т мәліметтердің негізінде алынған, қызмет көрсетудің шағын аумақтарымен (1-ден 30 м дейінгі ауқымда) PCS үшін радиотолқындарды таратқан кездегі сөнудің тәжірибелік өлшеулердің қорытындылары 38-суретте бейнеленген. Тәжірибелік деректердің есептемелерін (54) және (55) бойынша салыстыруы, сондай-ақ осы формулалар 3 м дейінгі қашықтықта жұмыс істейтін жүйелер үшін қолданылуы мүмкін екенін көрсетеді.

3.5 Көпсәулелік таралумен зерттелген тынулары бар радиосигналдардың үлгісі

Түзу және түзу емес көрілімнің жылжымалы байланыстың арнажолдарында радиотолқындарды таратудың тұлғалық ой-тұжырымы берілген және жоғарыда негізгі түсініктемелері сипатталған. Мұнда қозғалатын қабылдағыш және қалыптасқан негізгі станциялар арасында таратудың көптеген кездейсоқ арнажолдары бойынша модульденбеген синусоидалдық тасымалдаушының таратуының математикалық үлгісі келтірілген. Осындай теориялық үлгі, тынатын тасымалдаушының орамасын (сигналдың деңгейіне) таратуды, сигналдың қалдықтарының жиіліктерін және тынудың ұзақтығын келесі рет талдау үшін пайдалы. Осы параметрлер және олардың ойлары, байланыстың жүйелері (қатынау мен қателерді түзеудің әдістемелерін таңдау сияқты) және жолдарын жобалайтын кейбір аспектілерді қарастырған кезде талап етіледі. Мысалы, тынудың ұзақтығы мен қалдықтардың жиілігі, сөздегі қателердің ықтималдығы (WER) және биттегі қателердің ықтималдығы (BER) арасындағы байланысты орнатуға мүмкіндік береді.

Жылжымалы объектінің v қозғалысының жылдамдығы, λ тасымалдаушының толқынының ұзындығына f_0 тасымалдаушының орталық жиілігін өндіруімен салыстырғанда едәуір аз болады, яғни $v \ll f_0 \cdot \lambda$, қабылданатын тынылған $c(t)$ тасымалдаушы былай көрсетілуі мүмкін

$$c(t) = \sum_{n=1}^N c_n(t) = \operatorname{Re} \left[\sum_{n=1}^N z_n(t) e^{j2\pi f_0 t} \right], \quad (56)$$

мұнда $c_n(t)$ – түзгі толқын,

$\operatorname{Re}[*]$ – нағыз бөлігі $[\cdot]$,

$Z_n(f)$ – жылжымалы объектінің қозғалысынан таралған арнажолдардың параметрлерін кездейсоқ өзгертулерімен пайда болған $c(t)$ модульдейтін жинақты кездейсоқ функция.

Орталық шектелген теоремаға сәйкес N едәуір үлкен болса және барлық $|z_n(t)|$ тең болған жағдайда $e(f)$ функциясы таржолақты Гауссов процесі сияқты ұсынылуы мүмкін

$$c(t) = \operatorname{Re} \left[\bar{z}(t) e^{j2\pi f_0 t} \right], \quad (57)$$

мұнда $z(t)$ – жинақталған қалыптасқан Гауссов төменжиілікті кездейсоқ процесі, онда келесі қасиеттер болады

$$\langle \bar{z}(t) \rangle = 0,$$

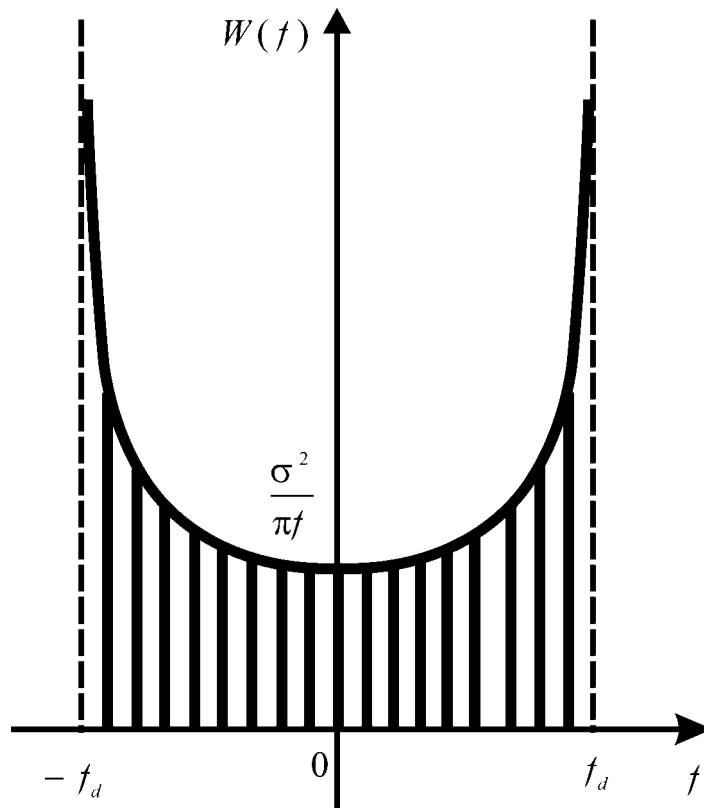
$$\frac{1}{2} \langle \bar{z}(t) z^*(t - \tau) \rangle = \psi_z(\tau), \quad (58)$$

$$\frac{1}{2} \langle z(t) z(t - \tau) \rangle = 0.$$

Осы өрнектерде $\langle \cdot \rangle$ - ансамбль бойынша орта; $(\bullet)^*$ - кешенді-түйіндес шама (\bullet) ; $\psi_z(\tau)$ – $z(t)$ автокорреляциялық функция, ол келесі өрнекпен анықталады

$$\psi_z(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} W_z(f) e^{j2\pi f\tau} df, \quad (59)$$

мұнда $W_z(f) - z^*(t)$ процестің спектралдық тығыздығы.



39-сурет. Берілген синусоидалдық тербелістің (модульденбеген тасымалдаушы) теориялық спектралдық тығыздығы

Әдетте қарастырылатын жылжымалы объектінің радиожүйесінде жатық жазықтықта бағытталудың барбағытты диаграммалы антеннасы болады, ал әр элементарлық толқынның келуінің бұрышында бірқалыпты таралуы болады. берілген модульденбеген тасымалдаушының спектралдық тығыздығы 39-суретте көрсетілген.

Сонымен, $\psi_z(\tau)$ үшін біз аламыз

$$\psi_z(\tau) = \sigma^2 J_0(2\pi f_D \tau), \quad (60)$$

мұнда $J_0(\bullet)$ – нөлдік реттегі бірінші нәсілдің Бессел функциясы,

$f_D = v/\lambda$ - ең көп доплер жиілігі.

Жылжымалы радиобайланыстың құрлық жүйелері үшін жоғарыда алынған негізін құрайтын, тыныстағы сигналдардың спектралдық тығыздылығының бірнеше түрлерінің орны болады.

Алынған арақатынастардан көпсәулеліктерден болатын тыныстар, $W_z(f)$ және $\psi_z(\tau)$ функцияларымен сипатталатын мультипликативті кешенді қалыптасқан Гауссов процесі сияқты қарастырылуы мүмкін. Бұл іргелі қасиет

жылжымалы объектілерімен байланыс жүйелерін жобалаған кезде тыныстардың ұқсатқыштарын өңдеген кезде қолданылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Пышкин И.М. и др. Системы подвижной радиосвязи. – М.: Радио и связь, 1986. – 328 с.
2. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: Эко-Трендз Ко, 1997. – 238 с.
3. Феер К. Беспроводная цифровая связь / Пер. с англ.; Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Радио и связь, 2000. – 520 с.
4. Ламекин В.Ф. Сотовая связь. – Ростов на Дону: Феникс, 1997. – 172 с.
5. Диксон Р.К. Широкополостные системы / Пер. с англ.; Под ред. В.И. Журавлева. – М.: Связь, 1979. – 302 с.
6. Mehrotra A. Cellular Radio: Analog and Digital Systems // Artech House Inc., 1994. – 460 p.
7. Жельников В. Криптография от папируса до компьютера. – М.: АБФ, 1997. – 336 с.
8. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки. – М.: Мир, 1986. – 576 с.
9. Mehrotra A. Cellular Radio Performance Engineering // // Artech House, 1994. – 536 p.
10. Кларк Дж. Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи. – М.: Радио и связь, 1987. – 391 с.
11. Тамаркин В.М., Громов В.Б., Сергеев С.И. Системы и стандарты транкинговой связи. – М.: ИТЦМК, 1998. – 198 с.
12. Материалы сервера <http://www.tetramou.com>.
13. Материалы сервера <http://www.apcointl.org>.
14. Материалы сервера <http://www.uniden.com>
15. Тамаркин В.М., Невдяев Л.М., Сергеев С.И. Транкинговые системы связи // Сети и системы связи. – 1996. – №9.
16. Токбаева Г.А., Сабдыкеева Г.Г., Коньшин С.В. Влияние отраженных сигналов на перемещающихся сотовых абонентов // Сб. трудов 4-ой Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых специалистов стран СНГ «Техника и технология связи», 2002. – с. 245 - 247.
17. Фрэнз И., Голубев А., Белянко Е. Вам нужна радиосвязь? – М.: МЦНТИ, 1997. – 183 с.
18. Тамаркин В.М., Невдяев Л.М., Сергеев С.И. Современные системы связи. – М.: ЦНТИ. – Информсвязь, 1994. – 118 с.

19. Андрианов В. Соколов А. Средства мобильной связи. – СПб.: ВНУ-Санкт-Петербург, 1998. – 256 с.

20. Громаков Ю.А. Стандарты и системы подвижной радиосвязи. – М.: МЦНТИ, 1997. – 221 с.

Мазмұны

1 Жылжымалы байланыс эволюциясы және қазіргі жағдайы.....	3
1.1 Алғашқы коммерциялық фаза.....	3
1.2 Байланыстың ұялы, жылжымалы және дербес жүйелері.....	4
1.3 Жылжымалы жерсеріктік қызметтер үшін жиіліктік ақымдары.....	14
1.4 Дербес байланыстың универсал цифрлық жүйелері.....	15
1.5 Ұлттық және халықаралық стандарттау.....	18
1.6 Жедел әрекетті дербес компьютерлер және байланыстың жүйелері.....	19
2 Жылжымалы объектілері бар байланыс жүйелеріндегі сөзді кодалау.....	21
2.1 Сымсыз жүйелердегі сигналдарды цифрлық өңдеу	21
2.2 Дыбысты түрлендіру әдістері.....	22
2.3 Америка және еуропалық сөздік кодектер.....	38
2.4 Цифрлық транкингік жүйелеріндегі кодалау.....	45
3 Жылжымалы объектілері байланысының ұялық жүйелерінің теориялық және техникалық тұжырымдамалары.....	50
3.1 Кіріспе.....	50
3.2 Жылжымалы байланыс кезінде радиотолқындарды тарату.....	50
3.3 Жылжымалы объектілер үшін антеннаны күшейтудің негіздері.....	58
3.4 Радиотолқындарды таратудың сипаттамалары.....	60
3.5 Көпсәулелік таралумен зерттелген тынулары бар радиосигналдардың үлгісі.....	69
Әдебиеттер тізімі.....	72

Гульбану Габдулловна Сабдыкеева

Сергей Владимирович Коньшин

Жылжымалы объектілері бар байланыс жүйелерінің
теориялық негіздері

Оқу құралы

Редакторы Ж.А.Байбураева
2005ж. жиынтық жоспары реті 12

Теруге берілген күні _____

Пішімі 60x84 1/16

Типография қағазы №2

Оқу-баспа. таб. – 4,6. Таралымы 100 дана. Тапсырыс ____ . Бағасы 148 тг.

Басуға ____ . ____ . 2005 ж. қол қойылды.

Алматы энергетика және байланыс институтының
көшірмелі-көбейткіш бюросы,
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126.