

4-5 Дәрістер. GSM технологиясын ұйымдастырудың негізгі түрлері және қағидалары. GSM технологиясындағы каналдар және кадрлар құрамы.

GSM стандартында сөзді кодтау сызықты болжау(LPS - Linear Predictive Coding) әдісінің негізінде орындалады.Сызықты болжау әдісінің негізгі мәні сөз сигналының параметрі емес дауыстық трактқа эквивалентті кейбір фильтр параметрлері және осы фильтрдің қозу параметрлері жіберіледі. Сөз сапасы аналогті радиотелефонды жүйедегі сөз сапасынан артық болады.

Теория жүзінде кодексте сөз сигналының кідіру уақыты сегмент ұзақтығына тең, яғни 20 мс-ты құрайды. Кідірістің шынайы мәні каналды кодтау операциясы және қарастырылып отырған операциялардың физикалық орындалуын ескерген жағдайда 70-80 мс-ты құрайды.

Портативті абоненттік терминалда сөз белсенділігінің детекторы (VAD) аккумуляторлы батареядан қолданылаатын энергия мөлшерін азайтуда маңызды рөл атқарады. Бұл сонымен қатар бос каналдарды пассивті режимге ауыстыратын интерференционды шуылды азайтады. VAD-ты жүзеге асыру қолданылатын сөз кодекіне тәуелді болады. VAD-ты жобалау кезінде негізгі мәселе – активті және пассивті каналдар шарттарының арасындағы айырмашылықты сенімді қамтамасыздандыру. Егер канал бос болса, оны бұғаттауға болады, сөйлеушінің орташа сөйлеу белсенділігі 50%-дан аз болғандықтан, бұл аккумулятор батареясының энергиясын үнемдеуге алып келеді.

GSM стандартында жиілік аумағында өңдеуі бар VAD сұлбасы қабылданған. Оның жұмыс істеуі шуыл және сөздің спектральды сипаттамасының өзгеілігіне негізделген. Болмыстық шуыл(фонový шум) үлкен уақыт периодына қатысты тұрақты болады деп саналады, оның спектрі уақыт бойынша баяу өзгереді. . VAD болмыстық шуыл спектрінен кіріс әсердің спектральды ауытқын анықтайды.

Жайлы шуылды(комфортный шум) қалыптастыру белсенді сөз кідірісінде жүзеге асады және сөз декодерімен басқарылады. Белсенді сөз детекторы(VAD) таратқышта сөйлеушінің тоқтағанын анықтаған кезде таратқыш келесі бес сөз кадрына дейін қосулы болады. Оның ішінде бастапқы төрт сөз кадры кезінде болмыстық шуыл сипаттамасы күшейту коэффициенті мен LPS анализ фильтрінің коэффициентін орташалау арқылы бағаланады. Бұл орташаланған мәндер жайлы шуыл (SID кадр) туралы информацияға ие бесінші кадрға жіберіледі.

Сөз декодерінде жайлы шуыл SID кадрдың LPS анализы негізінде генерацияланады. Шуыл модуляциясының қоздыратын әсерін жою үшін жіберілетін жерде жайлы шуыл амплитудасы мен спектрі шынайы жайлы

шуылға сай келу керек. Қозғалмалы байланыс шарты кезінде болмыстық шуыл тұрақты өзгеруі мүмкін. Шуыл сипаттамасы жіберілетін бөліктен қабыданатын бөлікке әрбір сөз дыбысының соңында ғана емес, сонымен қоса сөз кідірісінде декелесі сөз кадрларында жайлы және шынайы шуыл арасында кенет келісілмеушілік болмайтындай жіберілу керек. Осы себепті SID кадрлар сөздік кідіріс кезінде әрбір 480 мс сайын жіберілу керек.

Жайлы шуыл сипаттамасының динамикалық өзгерісі үзік-үзік сөз тасымалының жүйесін қолдану кезіндегі сөз хабарламасын қалпына келтіру табиғатын қамтамасыз етеді.

Қозғалмалы байланыс кезінде сигналдардың тына қалу шартына сәйкес сөздік фрагменттер бұрмалауға ұшырауы мүмкін. Қалпына келтіру кезінде қозу әсерін жою үшін сөз кадрының экстраполяциясын жүзеге асыру керек.

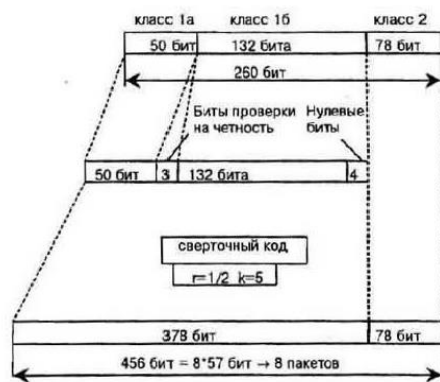
Бір сөздік кадр жоғалуы алдыңғы фрагментті қайталау арқылы едәуір компенсациялануы мүмкін екендігі орнатылды. Желіде үзілістің жалғасуы кезінде алдыңғы фрагмент ендігі кезекте қайталанбайды және сөз декодерінің шығысындағы сигнал қолданушыға канал бұзылуын көрсету үшін біртіндеп өшеді.

SID кадрында да дәл осылай болады. Егер SID кадры сөздік кідіріс кезінде жоғалса, онда алдыңғы SID кадр параметрлері бар жайлы шуыл қалыптасады. Егер тағы бір SID кадр жоғалса, жайлы шуыл өшеді.

Сандық тарату кезінде сөз экстраполяциясын қолдану, канал мен толық DTX процессі жиынтығында сигналдың тына қалуы кезінде біркелкі акустикалық ауысуларды қалыптастыру аналогты ұялы байланыс жүйесіне қарағанда байланыстың қолданушылық сапасын едәуір арттырады.

GSM стандартында 20-миллисекундтық сөз сегментін кодтайтын 260 бит информация екі классқа бөлінеді: 1 класс – 182 бит қорғалатын шуылға тұрақты кодтау, 2 класс – қалған 78 бит қорғалмайтын шуылға тұрақты кодтау. Өз кезегінде 1 класстағы 182 бит ішінен қуаттырақ кодтауға ұшырайтын 50 аса маңызды бит(1а классы) бөлінеді және қалған 132 бит(1б). 1а классындағы биттер айқындылыққа тексеретін қосымша үш биттермен толықтырылады.

1а классына қысқа уақытты болжау фильтрінің параметрлері және ұзақ уақытты болжау фильтрінің параметрі туралы информацияның бір бөлігі жатады, ал 1б классына қозу сигналының параметрі туралы информацияның бір бөлігі және ұзақ уақытты болжау фильтр параметрі туралы информацияның қалған бөлігі, 2-классқа қозу сигналы параметрі туралы информацияның қаоған бөлігі жатады.



1 сурет. Каналдық кодер жұмысының диаграммасы

Каналдағы кездейсоқ қателерді түзейтін, код құратын кодер жұмысы үшін төрт нөлдік бит керек. Сосын 1 класстың 182 биті $r=1/2$ жылдамдығымен жоғары дәлдікті кодпен кодталады.

Кодер кірісінде информация ағыны 13кб/с-ке тең. Шығысында бұл шама 22,8 кб/с-ке тең.

Радиосигнал модуляциясы

GSM стандартында минимальды жиілік жылжуы(GMSK) бар спектральды-эффективті гаусстық жиіліктік манипуляция қолданылады. Манипуляция «гаусстық» деп аталады, себебі информациялық биттің модуляторға дейінгі тізбектілігі шағылған радиосигналдың жиілік жолағының азаюына алып келетін Гаусс сипаттамасына ие төменгі жолақты фильтр арқылы өтеді. Бұл әдіс өз алдына тасушы жиілік дискретті(биттік модуляцияланатын тізбектік T периодына бөлінетін уақыт интервалы арқылы) мән қабылдайтын жиіліктік манипуляцияны білдіреді.

$$f_H = f_0 - F/4 \text{ немесе } f_B = f_0 + F/4$$

Бұл жерде f_0 - қолданылатын жиілік диапазонындағы орталық жиілік;
 $F=1/T$ – биттік тізбек жиілігі.

Жиіліктерді тарату $\Delta f = f_B - f_H$ - бір биттегі T ұзақтық интервалында f_B және f_H жиілікпен тербелістің ортогональдігі қамтамасыз етілген жағдайда минимальді мүмкіндік. Сонымен қатар T уақыт ішінде f_B және f_H жиіліктер арасындағы тербеліс π -ге тең фаза өзгерісіне алып келеді.

Минимальді жылжуы бар жиіліктік манипуляция (MSK- Minimum Shift Keying) әдісінде модулятордың биттік импульсінің кіріс тізбектілігі екі тізбектілікке бөлінеді: жұп және тақ импульстан тұратын. Бір бит аралығындағы шығысында модуляцияланған сигнал қазіргі n және келесі $(n-1)$ -ші бит жағдайына байланысты анықталады.

$$S(t) = \pm \cos(\pi t / 2T) \cos \omega_0 t \pm \sin(\pi t / 2T) \sin \omega_0 t = \pm \cos(\omega_0 t \pm \pi t / 2T), \quad (6.2)$$

$$(n-1)T \leq t \leq nT$$

Бұл жерде $\omega_0 = 2\pi f_0$ -каналдың орталық жиілігі. (6.2)-де таңбаны таңдау 6.2 кестесінен анықталады.

Таблица 6.2

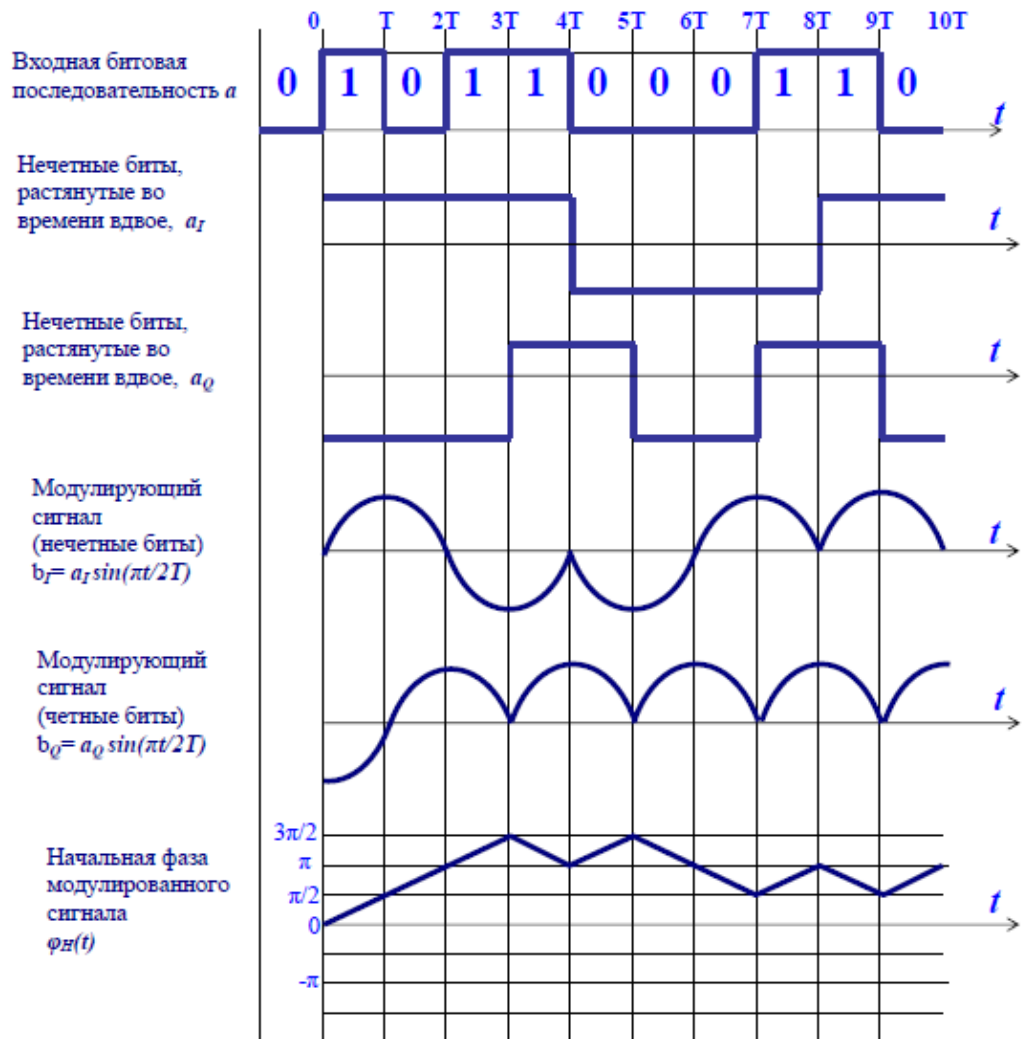
Биты входной последовательности модулятора		Выбор знака в (6.2)		Выбор знака в (6.2)		f
Нечетный	Четный	$\pm \cos(\pi t / 2T)$	$\pm \sin(\pi t / 2T)$	$\pm \cos$	$\pm \pi t / 2T$	
1	1	+	+	+	-	f_H
0	1	+	-	+	+	f_B
0	0	-	-	-	-	f_H
1	0	-	+	-	+	f_B

Лездік жиілік f_B немесе f_H екі мәннің біреуін қабылдайды, бір бит аралығындағы тұрақты мән. Бастапқы фазадағы таңбаның өзгеруі ($\pm \pi t / 2T$ (6.2)-дегі өрнек) f_H -тан f_B -ға және керісінше ауысуды білдіреді. (6.2) өрнектегі толық белгісін өзгерту бастапқы фазаны π -ге өзгертуге эквивалентті, бұл жиілік өзгергенде фазаның үзіліссіздігін сақтауға мүмкіндік береді.

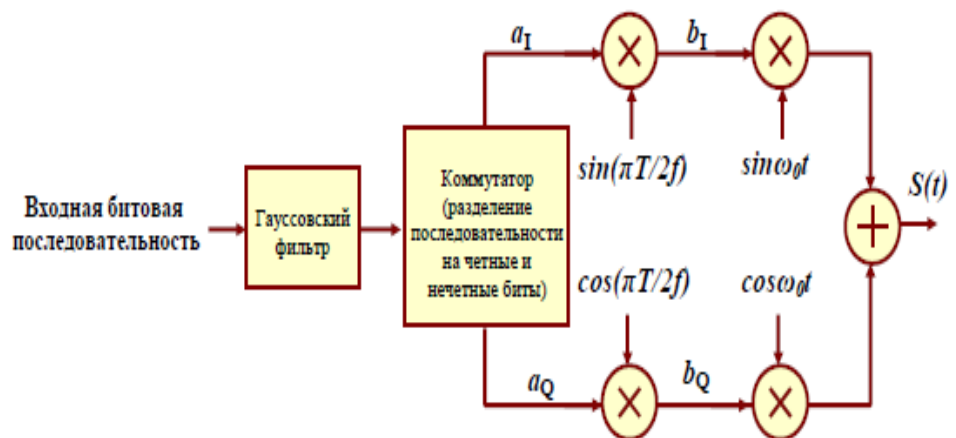
MSK сигналды құру әдісі 6.15 суретте көрсетілген.

GMSK радиосигналын құру бір бит информация интервалында тасушы фазасы 90° -қа өзгеруі арқылы жүзеге асады. Бұл берілген модуляция типінде анықталатын ең аз деңгейдегі мүмкін болатын фаза өзгерісі.

Гаусс фильтрін қолдану жиілікті дискретті өзгерту кезінде «тегіс көшуді» алуға мүмкіндік береді. GSM стандартында фильтр жолағы минус 3дБ деңгейі бойынша $B=0,3F$ -ке тең деп таңдалатын GMSK модуляция қолданылады. Бұл жерде F - тізбектей биттік модуляциялайтын жиілік. GSM стандартында $F=279,833$ кГц, гаусстық фильтр жолағы $B=81,3$ кГц. Гаусстық фильтрді қолдану негізгі жапырақтың тарылуына және сигнал спектрінің бүйір жапырақтарының модулятордың шығысында төмендеуіне алып келеді. Бұл арқылы көрші жиілік каналдарының бөгеуіл деңгейі төмендейді. Модулятордың құрылымдық сұлбасы 2-суретте көрсетілген.

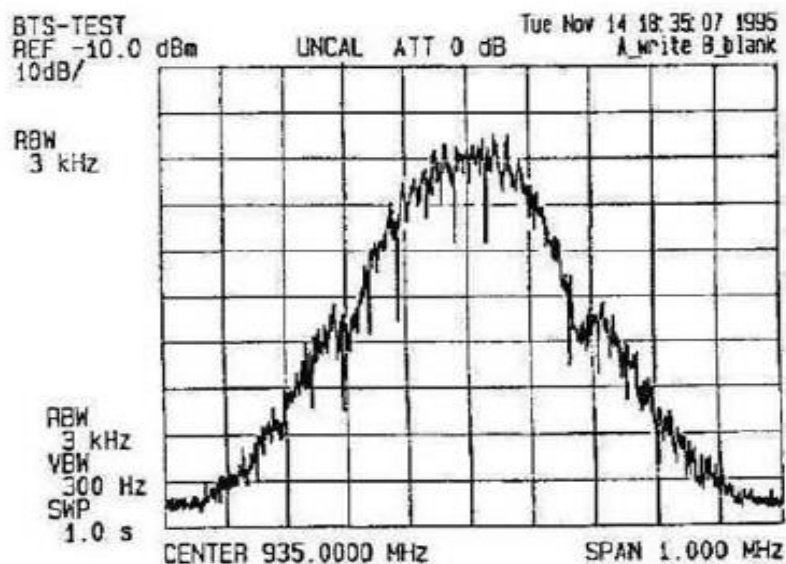


2-сурет. MSK әдісінде сигналдардың уақыттық диаграммасы



3-сурет. GMSK модуляторының құрылымдық схемасы

4-суретте шынайы сигнал спектрі көрсетілген.



4-сурет. GSM стандартында шынайы сигнал спектрі

Жаңа заманғы ұялы қозғалмалы байланыс жүйесі байланыс қауіпсіздігі, яғни құпиялылық және аутентификация кепілдендірілген жағдайда барлық потенциалды қолданушыны қабылдауға мүмкіндігі жетерлік. Құпиялылық санкционирленген қабылдаушыдан басқа қабылдаушыға байланыс каналынан информация табу мүмкіндігін шығарып тастау керек. Аутентификация проблемасы санкционирленген қолданушыдан басқа біреуге кедергі жасау, каналды өзгерту, яғни қабылдаушы дәл қазіргі кезде хабарламаны санкционирленген қолданушыдан қабылдап отырғанына сенімді болу керек. Қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі әдісі – шифрлеу. Осыған қатысты жаңа концепция – шифрлеуді хабарлама аутентификация әдісі ретінде қолдану.

Шифрлеу арқылы хабарлама аутентификациясы текстке идентификация деп аталатын кодты қосу арқылы жүзеге асады (яғни жіберуші мен қабылдаушы білетін немесе жіберілу уақытында бөліп ала алатындай сөздер деректерінің жіберілуінен белгіленген немесе тәуелді). Қабылдаушы хабарламаның мағынасын ашады, салыстыру арқылы қабылданған деректер санкционирленген жіберуші деректерімен сәйкес келетініне көз жеткізеді.

Шифрлеу жүйесіне келесі негізгі шарттар қойылады:

- 1) Бастапқы текстпен шифрленген текст арасындағы сызықты емес байланыс;
- 2) Уақыт бойынша шифрлеу параметрінің өзгеруі.

Егер шифрлеу алгоритмі бірінші шартқа сай болса, онда кілтті білмей-ақ санкционирленген емес ену фактін анықтауды болдырмау үшін идентификация кодын өзгерту мүмкіндігін алып тастайды. Екінші шарт хабарлама жадысында жазылған және қабылданған «анықтаушы» көмегімен қайта қосу арқылыжүйе жұмысын бұзу мүмкіндігін алып тастайды.

Бұл шарттарды қамтамассыздандырудың бір жолы –таратушы синхронды жүйесін қолдану, бірақ бұл үшін көп жағдайда қабылдауға келмейтін циклдік және тактілік синхронизация жүйесі керек.

Екіншісі жолы –шифрленген деректер уақыттық белгімен біркелкі байланысты болатындай информациялық тізбектілікке уақыттық белгіні қосу. Шифрлеу алгоритмі екі классқа бөлінеді:

- классикалық алгоритмдер;
- ашық кілтті алгоритмдер;

Классикалық алгоритмдер шифрлеу-дешифрлеу үшін бір кілтті қолданады. Ашық кілтті бар алгоритм екі кілтті қолданады: бірінші – шифрленбеген текстен шифрленгенге ауысу; екінші – керісінше шифрленгеннен шифрленбегенге ауысу. Сонымен қатар бір кілтті білу екінші кілтті анықтауды орындамау керек. Бұл алгоритмдерде кілттердің біреуі, әдетте шифрлеуге қолданылатын кілтті ортақ деп қарастыруға болады, және шифрді шешуге қолданылатын кілт қана құпия болуы керек. Бұл ерекшелік протокол қиындығын төмендетуге және байланыс желісінде құрылым интеграциясын шифрлеуге өте пайдалы.

GSM стандартында «қауіпсіздік» термині санкционирленбеген жүйені қолдануды алып тастайды және қозғалмалы абоненттер келіссөздерінің құпиялылығын қамтамассыз етеді. Төменде келтірілген қауіпсіздік механизмдері GSM стандартында анықталған:

- аутентификация;
- деректер тасымалының құпиялылығы;
- абонент құпиялылығы;
- абоненттер қосылуының бағытталу құпиялылығы.

Басқару сигналдарын және қолданушы деректерін қорғау тек радиоканал арқылы жүзеге асады.

Байланыс жүйесі ресурсын санкционирленбеген қолдануды жою үшін аутентификация механизмдері енгізіледі және анықталады – абоненттің шынайылығын растайды. Әрбір қозғалмалы абонент байланыс жүйесін қолдану мезетінде абонент(SIM-карта) шынайылығының стандартты модулін алады. Бұл төмендегілерден тұрады:

- қозғалмалы абоненттің (IMSI) бүкіләлемдік идентификациялық номері;
- өзінің жеке аутентификация кілті (Ki);
- аутентификация алгоритмі (A3).

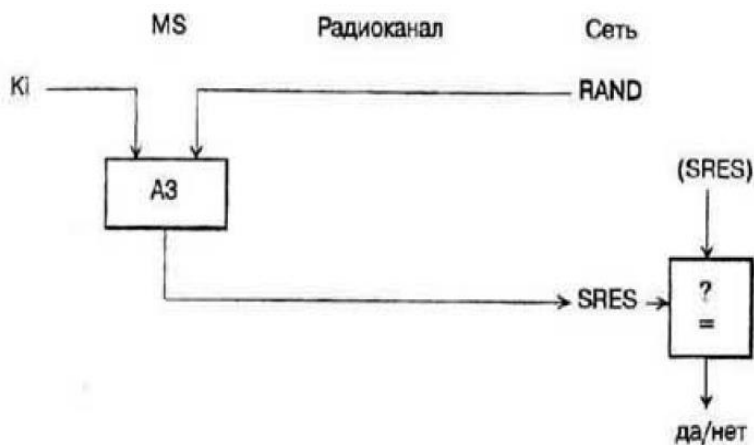
SIM-ға салынған информация көмегімен қозғалмалы станция мен желі арасында өзара ауысу нәтижесінде аутентификацияның толық циклі жүзеге асады және желіге абонент енуі рұқсат етіледі.

Абонент шынайылығын желі арқылы тексеру процедурасыкелесі жолмен жүзеге асады. Қозғалмалы станцияға желі кездейсоқ (RAND) номерді жібереді. RAND, Ki, A3 алгоритмдерін қолдана отырып қозғалмалы станция жауап беру (SRES) мағынасын анықтайды:

$$SRES = K_i [RAND]$$

Қозғалмалы станция желіге қабылданған SRES мәні мен желі арқылы есептелген SRES мәнін салыстырып қарайтын SRES-тің есептелген мәнін жібереді. Егер екі мән сәйкес келсе, қозғалмалы станция хабарлама тасымалын орындайды. Болмаған жағдайда байланыс үзіледі және қозғалмалы станция индикаторы танудың болмағанын көрсету керек.

Құпиялылыққа байланысты SRES-ті есептеу SIM-нің төңірегінде орындалады. Құпия емес информация (Ki сияқты) SIM модулінде өңдеуге ұшырамайды. Аутентификация процедурасы 6-суретте көрсетілген.



6-сурет. Аутентификация алгоритмі

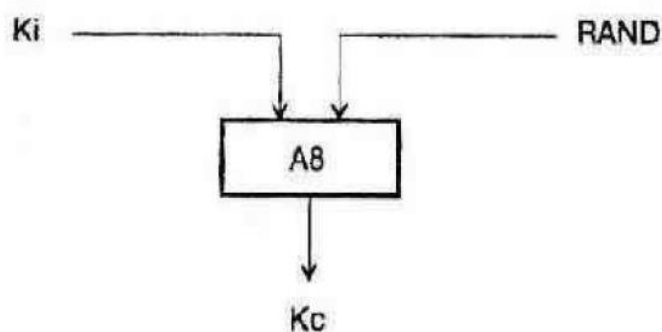
Деректерді жіберу құпиялылығы

Радиоканал арқылы жіберілетін информация құпиялылығын қамтамасыз ету үшін келесі қорғаныс механизмі енгізіледі. Барлық конфиденциалды хабарламалар информацияны қорғау режимінде жіберілуі керек. Кілтті шифрлеудің (A8) қалыптастыру алгоритмі SIM модулінде сақталады. Кездейсоқ номерді (RAND) қабылдағаннан кейін қозғалмалы

станция RAND, K_i , A8 алгоритмін қолдану арқылы SRES жауап беруінен басқа шифрлеу кілтін (K_c) де есептейді (7-сурет):

$$K_c = K_i[RAND].$$

Шифрлеу кілті K_c радиоканал арқылы жіберілмейді. Қозғалмалы станция сияқты желі де басқа қозғалмалы абоненттер қолданылатын шифрлеу кілтін анықтайды. Құпиялылыққа байланысты K_c -ны есептеу SIM-де жүзеге асады.



7-сурет. Шифрлеу кілтін қалыптастыру алгоритмі

RAND кездейсоқ санынан басқа желі қозғалмалы станцияға шифрлеу кілтінің сандық тізбектілігін жібереді. Бұл сан K_c -ның нақты мәнімен байланысты және дұрыс емес кілтті қалыптастыруға жол бермейді. Сан қозғалмалы станцияда сақталады және желі арқылы жіберілетін әрбір бірінші хабарламада болады. Егер дұрыс шифрлеу кілтін қолданған кезде алдын ала тану орындалса немесе егер k тануға өту керек болса, онда кейбір желілер қазіргі шифрлеу кілтінің сандық тізбектілігі бар екендігі туралы шешім қабылдайды. Кейбір жағдайларда жорамал қамтамасыздандырылмайды.

Радиоканал арқылы жіберілетін хабарламаны шығару үшін ұстап қалу жолы арқылы абонентті анықтау (идентификацияны), әрбір байланыс жүйе абоненттіне «уақытша төлқұжат» беріледі – орналасқан зона (LA) шегінде ғана қолданылатын қолданушының уақыттық халықаралық идентификационды номері (TMSI). Басқа орналасу зонасында оған жаңа TMSI беріледі. Егер абонентке уақыттық номер берілмеген жағдайда (мысалы қозғалмалы станцияны бірінші қосқан жағдайда), онда идентификация халықаралық идентификация номерімен (IMSI) жүргізіледі. Аутентификация процедурасы біткен кезде және TMSI уақыттық идентификациялық номерін шифрлеу режимі басталғанда қозғалмалы станцияға шифрленген түрде жіберіледі. Бұл TMSI барлық келесі жүйелерге енуде қолданылады. Егер қозғалмалы станция жаңа орналасу облысына көшсе, онда оның TMSI-і зонаның идентификация номерімен (LAI) бірге жіберілуі керек.

GSM стандартында орындалатын қарастырылған қауіпсіздік механизмімен сәйкес келесі информация құпия болып есептеледі:

- RAND – қозғалмалы абонент аутентификациясы үшін қолданылатын кездейсоқ сан;
- жауап беру мәні – қабылданған кездейсоқ санға қозғалмалы станция жауабы;
- жауап беру мәнін анықтауда және шифрлік кілтте қолданылатын қолданушының жеке аутентификация кілті;
- хабарламаны шифрлеу/дешифрлеу, басқару сигналдарында және радиоканалда қолданушы деректерінде қолданылатын шифрлеу кілті;
- Кі кілтін қолдану арқылы кездейсоқ саннан жауап беру мәнін есептеуге қолданылатын аутентификация алгоритмі;
- Кі кілтін қолдану арқылы кездейсоқ саннан Кс кілтін есептеу үшін қолданылатын шифрлеу кілтін құрастыру алгоритмі;
- хабарламаны шифрлеу/дешифрлеу, басқару сигналдары және Кс кілтін қолданған қолданушы деректері алгоритмі;
- тарататын және қабылдайтын бөліктерде әр түрлі кілтті қолданбау үшін Кс нақты санын көрсететін кілттік тізбектілікті шифрлеу номері;
- қолданушының халықаралық уақыттық идентификациялық номері.

Барлық қауіпсіздік аспектілеріне жауап беретін негізгі объект аутентификация орталығы(AUC) болып табылады. Бұл орталық жеке объект болуы мүмкін немесе қандай да бір құрылғы құрамына кіруі мүмкін, мысалы, орнын анықтау регистрінде(HLR).

AUC келесі мәселелерді шеше алады:

- Кі қолданушының жеке аутентификация кілтін және оған сәйкес абоненттердің халықаралық идентификациялық номерін(IMSI) қалыптастыру;
- әрбір IMSI-ге сәйкес RAND/SRES/Кс жиынтығын қалыптастыру және HLR-ге керек кезде осы группаларды ашу.

Егер қозғалмалы станция жаңа VLR-мен бірге жаңа орналасу зонасына өтсе, жаңа VLR осы қозғалмалы станция туралы құпия информацияны қабылдап алу керек. Бұл келесі екі әдіс арқылы жүзеге асуы мүмкін:

- қозғалмалы станция өзінің халықаралық номері IMSI бойынша идентификациясы процедурасын жүргізеді. Соның

өзінде VLR/IMSI деректеріне тиесілі RAND/SRES/Kc деректер жиынтығын орнын анықтау регистрінен HLR сұрайды;

- қозғалмалы станция LAI орналасу зонамен аталатын TMSI бұрынғы уақыттық номерді қолдану арқылы аутентификация процедурасын орындайды. Жаңа VLR халықаралық IMSI номерін жіберу үшін бұрынғы VLR-ды және TMSI/LAI-ге тиесілі RAND/SRES/Kc жиынынан қалғанын сұрайды.

Егер қозғалмалы абонент VLR-да ұзақ периодқа қалып қойса, онда құпиялылық түсінігінен VLR аутентификациясы бар енудің кейбір мөлшерінен кейін HLR-дан RAND/SRES/Kc жаңа жиынтығын талап етеді.

Аутентификацияны тексеру VLR-да орындалады. VLR коммутациялық ортаға(MSC) RAND-ты жібереді және қажетті SRES жауап беруді тандайды. Оң аутентификациядан кейін TMSI/IMSI-ға орнатылады. TMSI және қолданылатын шифрлеу кілті Kc коммутация орталығына жіберіледі(MSC).

GSM стандартында шифрлеу режимін енгізу қозғалмалы станцияларға ерекше талаптар қояды. Жеке жағдайда абоненттің халықаралық идентификация номерімен IMSI байланысты K_i қолданушының жеке аутентификация кілті жоғары дәрежелі қорғауды талап етеді. Ол сонымен қатар аутентификациясы процедурасында қолданылады.

Абонент шынайылығының модулі SIM белгілі абонент туралы толық информация көлемін қамтиды. SIM электронды схемада біріктірілген карточка түрінде жүзеге асады. SIM-ді енгізу қозғалмалы станцияны универсальды қалыпқа келтіреді. Себебі кез келген абонент өзінің жеке SIM-картасын қолдану арқылы кез келген қозғалмалы станция арқылы GSM желісіне енуді қамтамасыз етеді.

SIM-ді санкционирленбей қолдануқолданушыға байланыс жүйесінде жұмыс істеуге рұқсат алған кезде және оның индивидуальді абоненттік құрылғысын тіркеген кезде берілетін индивидуальді идентификация номерін(PIN)SIM-ге енгізу арқылы шығарылады.

Деректерді бастапқы тарату жылдамдығы 9,6 кб/с болған. Бұл электронды почтаны ұйымдастыру мен SMS жіберуге жеткілікті болған. Тарату жылдамдығын арттырудағы ең бірінші қадам – HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) –9,6 кб/с-тан екі каналды интервалын қолдану арқылы 19,2 кб/с жылдамдығымен және 9,6 кб/с-тан төрт каналды интервалын қолдану арқылы 28,8 кб/с жылдамдықпен деректерді тарату. HSCSD-ді енгізу негізінде программалық құрал және ауысу протокол модификациясын талап етеді.

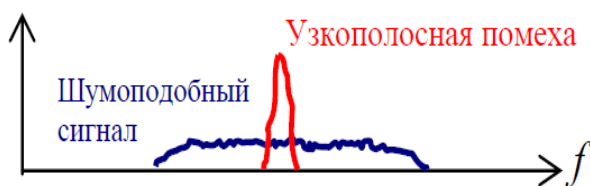
GPRS(General Packed Radio Service) жүйесі IP-протоколы бойынша пакетті режимде тасымалдау жылдамдығын 115,2 кб/с-қа арттыру арқылы деректерді өтпелі жіберуді қамтамасыздандырады. GPRS-ті ендіру желі құрылымына кем дегенде екі түйін қосуды талап етеді(20-сурет): сервистік түйінді(SGSN-Serving GPRS Support Node) және шлюздік түйінді(GGSN-Gateway GPRS Support Node).

EDGE(Enhanced Data rate for Global Evolution) - глобалды эволюция үшін деректерді жіберу жылдамдығын арттыру технологиясы. 8-позициялы фазалық манипуляциялық 8-PSK спектральді эффективті әдіс қолданылады. Төменгі мобильді шарттарда деректерді жіберу жылдамдығы 384 кб/с-қа дейін, ал жоғары мобильді шарттарда 128 кб/с-қа дейін артады. Сигналдың жолақ ені 200 кГц-ке тең болып қалады. Жаңа технологиялар туралы толығырақ мәліметті Интернеттен білуге болады.

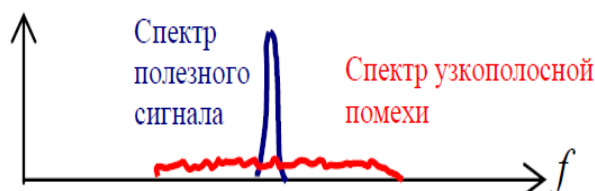
Шуыл тәріздес сигналдары бар байланыс жүйесі жеткілікті ұзақ тарихқа ие, бірақ коммерциялық мақсатта бұл технологияны жақында қолдана бастады. Шуыл тәріздес немесе жиілік жолғы созылған бұл сигналдар жіберелітен сигнал спектрі информациялық сигнал спектрінен әлдеқайда көп болғандықтан осылай аталады. Спектрді мәжбүрлі түрде кеңейтеді.

Кеңжолақты сигналда бөгеуіл көлемі айтарлықтай аз, әсіресе қысқажолақты сигналда. Қысқажолақты бөгеуіл қандай да бір қысқа жиілік диапазонына ғана қатысты кеңжолақты сигналды «күртуға» қабілетті және пайдалы информация шағылған сигнал спектрінің бұзылмаған бөлігі көмегімен қалпына келуі мүмкін. Бұл федингке қатысты болады – жеткілікті қысқа жиілік диапазонында ғана суммалық интенсивтіліктің төмендеуіне алып келетін әр түрлі сигнал жолымен өтетін интерференциялар. Пайдалы информацияны сигналдың бұзылмаған бөлігі арқылы қалпына келтіруге болады. Әрине сигнал біршама нашарлайды, бірақ бұл модуляцияның қарапайым әдісін қолдану кезіндегі байланыс сапасының жоғалтуларымен сәйкес емес.

Бейнелеу бұл төменде келтірілген суреттер. 6.20-суретте қысқажолақты бөгеуілмен шуыл тәріздес сигнал спектрі көрсетілген. Жіберілетін информация жіберілетін сигналдың барлық жолағы бойынша орнатылған. Қайта өзгеруден кейін – пайдалы сигнал спектрінің сығылуы, оның деңгейі бірден ұлғаяды, ал бөгеуіл спектрі керісінше төмендейді(6.21-сурет).

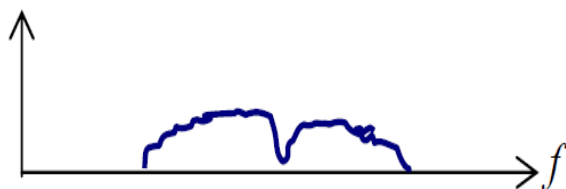


8-сурет. Шуыл тәріздес сигнал спектрі(көк түсті) және қысқажолақты бөгеуіл(қызыл түсті)



9-сурет. Қабылдағыштағы қайт құрудан кейінгі шуыл тәріздес сигнал спектрі(көк түсті) және қысқажолақты бөгеуіл(қызыл түсті)

Егер фазаға қарсы сәулелерді суммалау есебінен суммаланған сигнал деңгейі төмендесе, аналогиялық эффект байқалады(6.22-сурет). Фазаға қарсы суммалау жеткілікті қысқа жиілік жолағында орындалады. Басқа жиіліктерде фаза әсері де басқа болады.



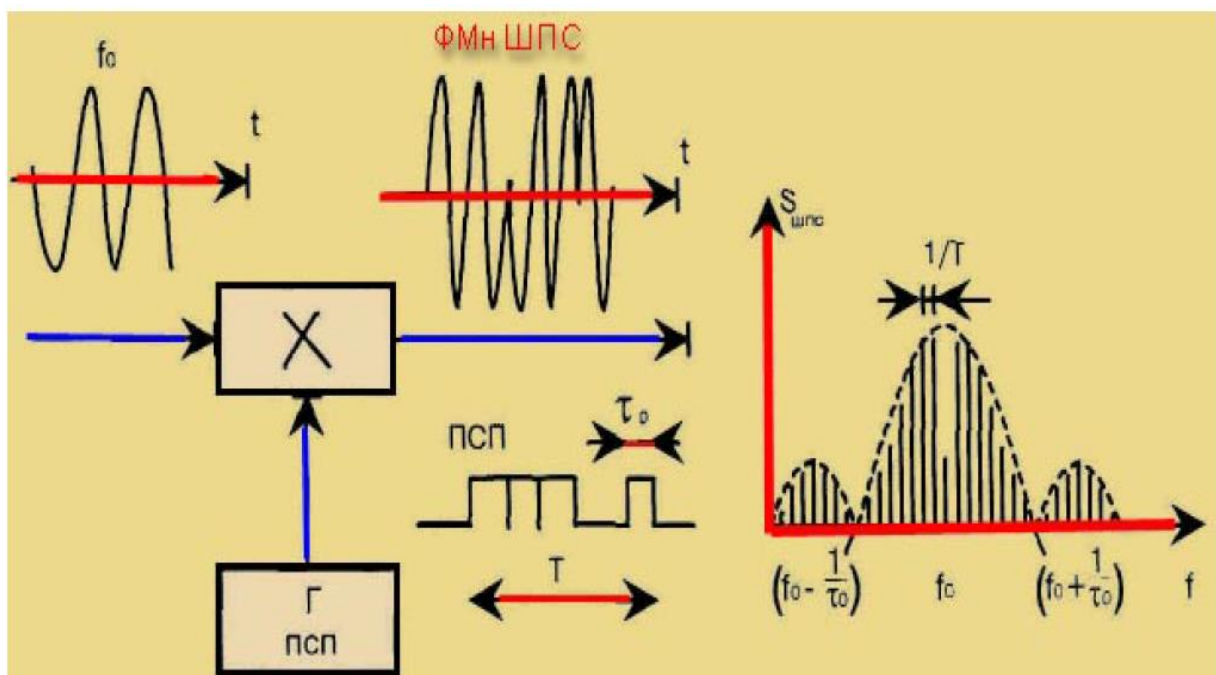
10-сурет. Федингке шартталған қабылданған сигналдың деформирленген спектрі

Байланыс сапасын арттырудан басқа, CDMA-дің федингкеорнықтылығы қорек көзі ресурсынбарынша үнемдеуге және мобильді телефондардың экологиялық параметрін жақсартуға алып келеді. Басқа желілерде мобильді телефондар базалық станциядан орнықты байланысқа қарағанда әдетте жоғарырақ қуатта жұмыс істейді. Бұл фединг аяқ астынан пайда болған жағдайда байланыс жоғалуын тудырмайды(тек оның сапасы төмендеуі мүмкін).CDMA-да бұндай резерв керек емес, сондықтан телефон жіберілетін сигналдың аз ғана қуатымен жұмыс істей алады.

Жіберілетін сандық хабарламалардың жиілік спектрінің кеңеюі әр түрлі әдістермен және олардың комбинациясымен жүзеге асуы мүмкін. Негізгілерін атап өтейік:

- жиілік спектрінің түзу кеңеюі арқылы(DSSS-CDMA-Direct Sequence Spread Spectrum);
- жиілік спектрінің көпканалды кеңеюі бойынша(MC-CDMA – Multi Carrier CDMA);
- тасушы жиіліктің қарғымалы өзгеруі бойынша(FHSS-CDMA – Frequency Hopping Spread Spectrum).

Бірінші әдісте қысқажолақты сигнал (f_0 -сурет) T қайталау периодымен әрбір τ_0 ұзақтыққа N бит тізбектілігін қосатын псевдо кездейсоқ тізбектілікке(ПСП) көбейтеді. Бұл жағдайда ШПС база сандық түрде ПСП элементтерінің N санына тең.



11-сурет. Псевдокездейсоқ тізбектілік көмегімен спектрді түзу кеңейту

Осылайша тасушы фазаны өзгерту үшін биттердің жылдам ағыны қолданылады. Жолақ жіберу жылдамдығын арттыру есебінен жасанды кеңейтіледі(жіберілетін бит көлемін арттыру). Бұл әрбір информациялық битті чип деп аталатын он немесе одан да көп бит қорабына ауыстыру арқылы жүзеге асады. Осыған байланысты жиілік жолағы да пропорциональді кеңейтіледі. Бұндай биттік тізбектілік шуыл тәріздес немесе PN(Pseudo Noise) деп аталады. Осы екілік тізбектілік нольдер және бірлер сан мәндері жуықтай тең болатындай арнайы генерацияланады. Информациялық ағынның әрбір нольдік биттері PN-кодпен, ал бірлік биттер инверттелген PN-кодпен алмастырылады. Бұл модуляция разрядты инверсиясы бар модуляция деп аталады. Осылайша алмастыру нәтижесінде PN-сигнал алынады. Корреляторда локальді PN-кодпен сәкес келетін инверттелмейтін PN-код «0»

бит информациясын генерациялайды. Сол уақытта «1»-ге сәйкес келетін тізбектілік осы информациялық битке PN-код инверттелгендіктен толық декорреляцияға алып келеді. Осылайша коррелятор инверттелген PN-тізбектілікке бірлер ағынын және инверттелмеген жағдайда соңында жіберілген информацияның қайта қалпына келуін білдіретін нольдер ағынын туғызады. Кейде қорытқы биттік ағынды жіберу үшін 180 градустық екілік фазалық модуляция(манипуляция)(binary phase-shift keying – BPSK) деп аталатын фазалық ауытқу қолданылады. Тасымал көбінесе квадратура-фазалық модуляция көмегімен жүзеге асады, яғни бір уақытта төрт әртүрлі тасушы жиілік фазаларының ауытқуы кодталған екі биттен(0-ден 4-ке дейінгі сандар) жіберіледі. Бір PN-коды бар таратқыш басқа PN-кодты қолданатын таратқыш сияқты дәл сондай спектральды құраушыларды жасай алмайды.

Қабылданған сигнал және псевдокездейсоқ шуылдың(ПСП) осындай қорек көзін ұлғайту пайдалы сигнал спектрін қысады және бір уақытта болмыстық шуыл спектрін және басқа қорек көздерінің интерференциондық шуылдарын кеңейтеді. Қабылдағыштың шығысындағы сигнал/шуыл қатынасындағы қорытқы ұтыстар - кең жолақты жолақ ені және базалық сигнал қатынас функциясы болып табылады. Спектр кеңеюі қаншалықты көп болса, ұтыс саны да артады. Уақыттық аумақта бұл функция - радиоканалда сандық ағын тасымалының жылдамдығының базалық информациялық сигнал тасымалының жылдамдығына қатынасы. IS-95 стандартында қатынас 128 рет құрайды немесе 21 дБ. Бұл жүйе қабылдағыштың шығысындағы сигналды өңдеу бөгеуілі деңгейінен сигнал деңгейінің 3 дБ ғана артық болуын талап ететіндіктен пайдалы сигнал деңгейінен 18 дБ-ге артық интерференциондық бөгеуілдер деңгейінде жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Реальды жағдайда бөгеуіл деңгейі айтарлықтай аз.

Сигнал таралудың көпсәулелі сипатының әсерінен радиотрактта таралуы кезінде тына қалуға ұшырайды. Жиіліктік аумақта бұл құбылысты өзгертін режекция жолағының енімен режектрлі фильтр әсері ретінде көрсетуге болады(әдетте 300 кГц-тен артық емес). AMPS стандартында бұл он каналды басумен сәйкес, ал CDMA жүйесінде сигнал спектрінің 25%-ке жуығы басылады, бұл қабылдағышта сигналды қайта қалпына келтіруге аса қиындық туғызмайды.

DSSS-құрылғыларының өте пайдалы қасиеті шағылатын сигнал қуатының деңгейінің төмендігіне байланысты олар іс жүзінде қарапайым радиоқұрылғыларға(үлкен қуатты қысқажолақтыға) бөгеуіл тудырмайды, себебі бұл соңғылар мүмкін болатын шегінде шумды кең жолақты сигнал ретінде қабылдайды. Бір жағынан қарапайым құрылғылар кең жолақтыға кедергі жасамайды, өйткені олардың көп қуатты сигналдары әрқайсысы тек

өздерінің тар каналында «шулайды» және кеңжолақты сигналды толығымен өшіре алмайды.

Нәтижесінде кеңжолақты технологияны қолдану бірдей радиоспектр аумағын екі рет қолдануға мүмкіндік береді деп айтуға болады – қарапайым таржолақты құрылғылар және кеңжолақты, мысалы, AMPS/D-AMPS және IS-95 желілері.

Кеңжолақты сигналдарды байланыс жүйесінде қолдану артықшылықтары:

- Бөгеуілден қорғанушылық.
- Басқа құрылғыларда бөгеуіл пайда болмайды.
- Тасымалдың құпиялылығы.
- Жаппай өндіру кезінде үнемділік.
- Бірдей спектр аумағын қайта қолдану мүмкіншілігі.