

АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, БАЙЛАНЫС, ЭНЕРГЕТИКА
БАЙЛАНЫС, ЭНЕРГЕТИКА, АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР
АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭНЕРГЕТИКА,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
AUTOMATION, TELEMCHANICS, COMMUNICATIONS, POWER ENGINEERING,
INFORMATION SYSTEMS

ӘОЖ 004.7

DOI 10.52167/1609-1817-2022-120-1-100-105

СЫМСЫЗ ЖЕЛІЛЕРДЕ ШУЫЛҒА ТӨЗІМДІЛІКТІ АРТТЫРУ

Мейрашева Ж. ■

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: zhaniyaa21@gmail.com

Аңдатпа. Мақалада сымсыз желілерде шуылға төзімділікті арттыру мәселелері қарастырылған. Шуылға төзімділікті арттыру әдістерінің жіктелуі келтірілген, атап айтқанда бөлу және кеңістіктік - уақыттық кодтау әдісі.

Түйінді сөздер: сымсыз желілер, шуылға қарсы тұру, тарату әдісі, кеңістіктік уақытты кодтау әдісі.

Кіріспе.

Сымсыз байланыс технологиялары ІТ-саласының неғұрлым серпінді дамып келе жатқан және тиімді бағыттарының бірі болып табылады. Сымсыз желілердің негізгі артықшылықтары: сәулет икемділігі, қол жетімділік, ұтқырлық. Алайда байланыс объектілерінің ұтқырлығы және тарату ортасының әртектілігі байланыс сапасын қамтамасыз етуде қосымша қиындықтар туғызады (ақпарат берудің жоғары сенімділігі). Осыған байланысты сымсыз жүйелерді жобалау кезіндегі кедергілерді барабар бағалау және олардың қабылдау/беру сапасына әсерін болжау өзекті мәселе болып табылады.

Сымсыз байланыс жүйелерінің қазіргі буыны жоғары сапаны сақтай отырып, әртүрлі ақпарат түрлерін жоғары жылдамдықта беруді қамтамасыз етеді. Сигналдың көп сәулелі таралуы кезінде жұмыс сапасын жақсарту немесе радио жүйесіндегі қателіктердің ықтималдығын азайту ең қиын міндет болып табылады. Энергия және жиілік тиімділігі саласындағы заманауи сымсыз байланыс жүйелеріне қойылатын талаптар байланыс жүйесінің шуылға төзімділігін арттыру үшін таратқыштың қуатын арттыруға және қолданылатын жиілік диапазонын кеңейтуге айтарлықтай шектеулер қояды. Осыған байланысты, бұл жұмыстың өзектілігі сигналды кодтаудың, жиілікті бөлудің және бірнеше таратушы және қабылдағыш Антенналарды қолдана отырып, кеңістіктік-уақыттық өңдеудің арнайы әдістерін қолдана отырып, шуылға қарсы тұрақтылықты арттырудың заманауи технологиялары мен әдістерін зерттеуге негізделген. Сымсыз желілердің салыстырмалы сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

1 кесте – Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee технологиясының сипаттамалары

Сымсыз байланыс технологиясы	жиілік диапазоны	өткізу қабілеті кбит/с	стека протокол олыны	үздіксіз батареяның қызмет	Мак.же лідегі торапта р саны	әрекет ету ауқымы, м	Қолдану саласы
------------------------------	------------------	------------------------	----------------------	----------------------------	------------------------------	----------------------	----------------

			мөлше рі, кбайт	ету мерзімі (күндер)			
Bluetooth	2,4- 2,483 ГГц	723.1	250 астам	1-10	7	10-100	Сымды қосылымды ауыстыру
Wi-Fi	2,4- 2,483 ГГц	11000	1000 астам	0,5-5	10	20-300	Мультимеди ялық ақпаратты беру
ZigBee	2,4- 2,483 ГГц	250	32-64	100-1000	65536	10-100	Қашықтан бақылау және басқару

Кедергі түрлері.

Жергілікті және интернет-трафиктің сымсыз желілерінің қарқынды дамуына қарамастан, жеке сымсыз желілер танымал болып қала береді. Бұл жағдайда желілік инфрақұрылымға қосылу және құрылғылар арасында деректерді беру үшін автомобиль өнеркәсібінде белсенді қолданылатын желілік кабельді пайдалану қажет емес; сымсыз пернетақталарда, тышқандарда, құлаққаптарда, динамиктерде; төтенше жағдайларда желілерді орналастыру және құтқару жұмыстарын ұйымдастыру кезінде (қажет болған жағдайда жабдықтың ең аз мөлшерімен деректерді беру жылдамдығы); "дала жағдайларында" жұмыс істеу кезінде (спутниктік байланыс болмаған кезде байланыс үшін); "Ақылды үй" үлгісіндегі жүйелерді құру кезінде. Барлық осы жағдайларда Bluetooth құрылғыларын қолдана отырып қосылу үрдісі мүмкіндігінше тез және ыңғайлы.

Осыған байланысты жаңа буынның барлық мобильді құрылғылары Wi-Fi (IEEE 802.11 стандарты) және Bluetooth (IEEE 802.15 стандарты) жабдықталған. Сонымен қатар, біз әдетте Wi-Fi пайдаланушыны Интернетке сымсыз қосу үшін қолданамыз, ал Bluetooth мультимедиялық аудио және бейне ағындарын стационарлық компьютерлерге де, мобильді құрылғыларға да беру үшін көп жолақты радиоарнада жұмыс істейді.

Сонымен қатар, қазіргі заманғы жабдықтар құрылғылардың максималды ұтқырлығы мен кіші өлшемдерін есептеу арқылы жасалынғанын ескеру қажет, сондықтан Wi-Fi және Bluetooth блоктары бір тақтаға орнатылады, бұл жұмыс жиіліктерінің диапазондарының жақындығына байланысты өзара кедергілерге әкеледі: IEEE 802.11 стандарттары үшін – 0,9; 2,4; 3,6 және 5 ГГц (IEEE 802.11 b) [1] және IEEE 802.15 – 2,4–2,4835 ГГц. Осылайша, Wi - Fi және Bluetooth желілерінің шуылға төзімділігін бағалау кезінде осы екі стандарттың арна кедергісін ескеру қажет.

Мультимедиялық трафикті сымсыз желілер арқылы беру әртүрлі кедергілерге көбірек бейім. Осылайша, желінің белгілі бір жерінде белгілі бір мультимедиялық ағынды қабылдауға және Желінің үздіксіз жұмысына кедергі келтіретін сымсыз клиенттердің мүмкіндіктерін анықтау өзекті мәселе болып табылады.

Кедергі пайдалы сигналға әсер ететін және оны қабылдауды қиындататын кез-келген әсерді білдіреді.

Нақты жүйеде сигнал кедергі болған кезде беріледі, бұл сигналды қабаттасатын және оны қабылдауды қиындататын кез-келген кездейсоқ әсерлерді білдіреді.

Жалпы жағдайда $n(t)$ кедергісінің әрекетін V операторының көмегімен сипаттауға болады, мысалы

$$u(t) = V[s(t), n(t)],$$

мұндағы $u(t)$ – қабылдағыштың кірісіндегі сигнал.
Жеке жағдайда

$$u(t) = s(t) + n(t),$$

мұндағы $n(t)$ $s(t)$ - ге тәуелді емес. Мұндай кедергі аддитивті деп аталады.

Егер V операторы туынды түрінде ұсынылса

$$u(t) = \mu(t)s(t),$$

мұндағы $\mu(t)$ кездейсоқ функция болса, онда кедергі мультипликативті деп аталады. Нақты байланыс желілерінде қосымша және мультипликативті кедергілер әрекет етеді. Бұл ретте

$$u(t) = \mu(t)s(t) + n(t).$$

Уақыт өзгеруінің сипатына байланысты ауытқу, импульстік (уақыт бойынша) және тар жолақты (жиілік бойынша) кедергілер бөлінеді.

Тербелмелі кедергі, әдетте, нөлдік математикалық күтуі бар гаусс стационарлық кездейсоқ үрдіс болып табылады. Көп жағдайда ол осындай кең жиілік диапазонында біркелкі спектрлік қуат тығыздығына ие, оны "ақ шу" деп санауға болады.

Импульстік кедергі – бұл сирек жүретін импульстардың кездейсоқ тізбегі, сондықтан қабылдағыштың ағымдағы импульске реакциясы келесі импульс пайда болған кезде сөніп қалады. Мұндай кедергілердің типтік мысалы - атмосфералық кедергі.

Тар жолақты кедергілер – бұл қуаттың спектрлік тығыздығы сигнал жиілігінен әлдеқайда аз салыстырмалы түрде тар жиілік диапазонын алатын кедергілер. Көбінесе бұл шетелдік радиостанциялардың сигналдарынан, сондай-ақ әртүрлі мақсаттағы жоғары жиілікті генераторлардың (өнеркәсіптік, медициналық және т.б.) сәулеленуінен болады.

«Ақ шу» түріндегі аддитивті тербеліс кедергілері байланыс арналарындағы ең күшті кедергі түрінің моделі ретінде қолданылады. «Ақ шу» ықтималдығының таралу тығыздығы қалыпты заңға бағынады.

Шуылға төзімділікті арттыру әдістері. Шуылға төзімділікті жоғарылатудың заманауи әдісі-кеңістіктік дисперсияның, уақытша кодтаудың және сигналды өңдеудің қарапайымдылығының артықшылықтарын біріктіретін тарату әдісі.

Шуылға төзімділікті арттыру үшін осы әдістерді қарастырыңыз.

Белгілі болғандай, радиосигналды еркін кеңістікте таратудың идеализацияланған моделінде берілген сигналдың қуатының әлсіреуі бос кеңістіктегі шығындардың мөлшерімен анықталады:

$$L_s(d) = \left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right)^2 \quad (1)$$

мұндағы d -таратқыш пен қабылдағыш арасындағы қашықтық, ал λ - радио сигналының толқын ұзындығы. Бұл формула идеализацияланған радиобайланыс жүйесінің әрекетін дәл сипаттайды, бірақ нақты жүйелерді сипаттауға жарамайды.

Нақты радио жүйелерінде сигналдың таралуына әсер ететін үш негізгі механизм бар:

- шағылысу таралатын электромагниттік толқын тегіс бетке тап болған кезде пайда болады, оның мөлшері радиожілік сигналының толқын ұзындығынан әлдеқайда үлкен;

- дифракция таратқыш пен қабылдағыш арасындағы таралу жолы тығыз денемен бітелген кезде пайда болады, оның өлшемдері үлкен болады ст, бұл блоктайтын дененің артында пайда болатын қайталама толқындардың пайда болуына әкеледі;

- шашырау радиотолқын кез-келген тегіс емес бетке немесе өлшемдері реттелген бетке тап болған кезде пайда болады.

Радиосигналды таратудың барлық осы механизмдері, қабылдағыштың кіреберісінде көптеген кедергі келтіретін сигналдардың пайда болуына әкеледі.

Кіретін сигналдардың (сәулелердің) гетерогенді және кездейсоқ құрылымы әдебиетте әдетте қатып қалу деп аталатын құбылысты тудырады.

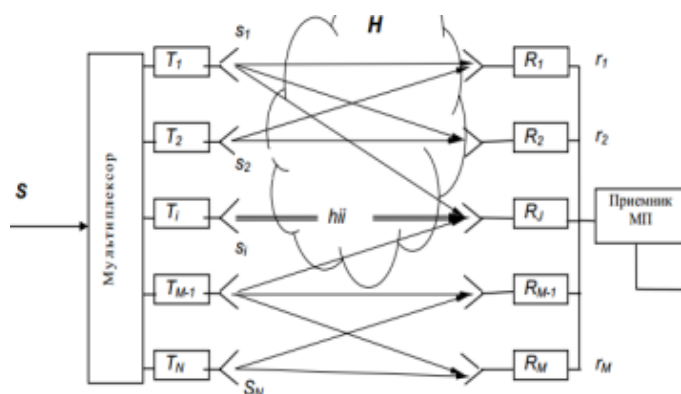
Сигналдың өшу кезіндегі кеңістікті бөлу әдісі.

Таратылған қабылдау идеясы 1927 жылы радиотелефонның қысқа толқындық байланысын ұйымдастыру үшін жүзеге асырылды. Алғаш рет байланыстың статистикалық теориясының әдістері 30-шы жылдардың соңында қолданылды. Бірақ кеңейтілген қабылдаудың статистикалық теориясының негізгі теориялық ережелерін жасау үшін тағы бірнеше жыл қажет болды [1].

Қатып қалумен күресу үшін аралықты қолдану бірдей ақпаратты қабылдайтын, бірақ әртүрлі жолдармен келетін қабылдау кезінде бірнеше сигналдарды бөлісуден тұрады. Тарату барлық қолданылатын сигналдардың бір мезгілде өшу ықтималдығы олардың кез келгеніне қарағанда әлдеқайда аз болатындай етіп таңдалады.

Заманауи кең жолақты сымсыз байланыс жүйелеріндегі ақпаратты беру әдістері ММО технологиясын қолдануға негізделген. Жүйенің тарату бөлігінде M таратқыштары бар ($T_1 \dots T_M$) таратушы антенналар, ал N қабылдағыш бөлігінде қабылдағыштар мен қабылдағыш антенналар ($R_1 \dots R_N$). Қатып қалу радио сигналын беру үшін диффузиялық орта арқылы жүреді деп саналады.

1-суретте көрсеткілер кез-келген T_i таратқышының сигналы кез-келген қабылдағыштың кірісіне жетуі мүмкін екенін көрсетеді ($R_1 \dots R_N$), қатып қалған жүйенің жұмысы берілістегі мультиплексормен, қабылдаудағы демумультиплексормен және қабылдау жағындағы максималды ықтималдылық қабылдағышымен қамтамасыз етіледі.



1 сурет - ММО жүйесінің жалпы құрылымы

ММО жүйелері тиімділігінің жоғары көрсеткіштеріне қол жеткізу үшін қабылдау кезінде сигналдарды беру мен өңдеу арасында тиісті келісімді ұйымдастыру қажеттілігі туындады. Бұл кеңістік-уақытты кодтауды қолдану арқылы жүзеге асырылады, бұл шуылға төзімділік пен спектрлік тиімділік арасындағы ақылға қонымды ымыраға қол жеткізуге мүмкіндік береді [6].

Кеңістіктік-уақытша кодтау (КУК) кодтардың екі класын қолданады – ортогональды және ортогональды емес. Бұл әдістердің арасындағы айырмашылық

кеңістік-уақыт матрицасының ортогоналдылық жағдайын қанағаттандыру болып табылады. Кодтардың екі түрі де қазіргі байланыс жүйелерінде қолданылады. Ортогональды және ортогональды емес кодтарды салыстыра отырып, ортогональды емес кеңістік-уақыттық кодтаумен жүйелердегі спектрлік тиімділікті арттыру бағасы қабылдаушы. Тарапта өңдеу үрдістерінің күрделенуі болып табылады, өйткені бұл жағдайда максималды ықтималдылық критерийі бойынша оңтайлы және сызықтық есептеу күрделілігі бар алгоритм жоқ. Ортогональды кодтарды пайдалану кезінде берілетін сигналдардың жеткілікті бөлінуі әрдайым қамтамасыз етілмейді, бұл байланыс жүйесінің энергия тиімділігінің төмендеуіне әкеледі.

Wi-Max желілері үшін IEEE 802.16e, Wi-Fi желілері үшін IEEE 802.11n, кең жолақты сымсыз жүйелер үшін радио интерфейстерді реттейтін LTE желілері үшін 3GPP R.8 заманауи стандарттарында екі сыныптың да, ортогональды және ортогональды емес кеңістіктік уақыт кодтары ұсынылады [2].

MIMO технологиясын және кеңістіктік-уақытты кодтауды қолдану кезінде келесі артықшылықтарды атап өтуге болады:

- көп сәулелі арналарда энергия тиімділігін спектрлік тиімділікке айырбастау мүмкіндігі;
- кеңістіктік уақытты кодтау әдістерін жоғары спектрлік тиімділікті қамтамасыз ететін жоғары жылдамдықты сандық модуляция сигналдарымен біріктіру мүмкіндігі;
- кері канал арқылы берілетін сигналдардың құрылымын адаптивті реттеуді енгізу кезінде кеңістіктік-уақыттық кодталған жүйелердің шуылға қарсы иммунитетін одан әрі арттыру мүмкіндігі [4].

Әрі қарай, Аламоути MIMO сигналдарын бөлудің жаңа тәсілін ұсынды. Бұл сұлба автордың атымен аталған және ортогональды кеңістік-уақыт блогын кодтау класына жатады (КУБК) [4].

Аламоути бойынша кодтау принципі - берілетін таңбалар тізбегі жұпқа бөлінеді.

Аралық берілісі бар Аламоути тізбегі қателік коэффициентін төмендетуі, берілу жылдамдығын немесе сымсыз байланыс жүйелерінің арнасының сыйымдылығын арттыруы мүмкін. Тозуға сезімталдықтың төмендеуі берілу жылдамдығын арттыру үшін көп позициялы модуляция әдістерін қолдануға мүмкіндік береді. Сұлбаны сымсыз жүйенің қамту аймағын ұлғайту үшін де қолдануға болады [4].

Қорытынды.

Шуылға төзімділікті арттыру әдістерін қарастыра отырып, әдістердің бірқатар артықшылықтарын тұжырымдай аламыз.

Тарату әдісі. Әр түрлі әдістерді қолдану радио сигналдарының шуылға қарсы иммунитетін арттыратын көп сөйлейтіндіктен қатып қалудың әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

КУК артықшылықтары:

- кеңістіктік-уақыттық кодтау сигналдары кең жолақты сигналдардан айырмашылығы, шуылға қарсы бірдей қорғаныс жағдайында жиілік диапазонын айтарлықтай кеңейтуді қажет етпейді. Сымсыз байланыс жүйесінің операторлары үшін бұл артықшылық сымсыз қызметтерге сұраныстың артуы, спектрдің жетіспеушілігі және сымсыз байланыс жүйелеріне бөлінетін жиілік диапазондарының қымбаттауы жағдайында өте маңызды;

- КУК әдістерінің әмбебаптығы мен икемділігі-көп сәулелі арналарда жиілік тиімділігіне энергия тиімділігін алмасу үшін ең жақсы мүмкіндіктер;

- жоғары жиілікті тиімділікті қамтамасыз ететін жоғары жылдамдықты сандық модуляция сигналдарымен бірге КУК әдістерін біріктіру мүмкіндігі;

- берілетін сигналдардың деңгейін адаптивті реттеуді енгізумен КУК бар жүйелердің кедергіден қорғалуын одан әрі арттыру мүмкіндігі (кері арна бойынша таратушы тарапты басқару жолымен көп сөйлеушілік жағдайларына бейімделу);

- көп пайдаланушы желілеріндегі сигнал құрылымына кеңістік-уақыт құрылымдарын енгізу мүмкіндігі.

КУК әдістерін қолдану:

- IEEE (IEEE 802.11 және IEEE 802.16)сериялы стандарттарға КУК әдістерін қосу;

-КУК - МІМО жүйелері үшін мамандандырылған интегралдық микросұлбаларды әзірлеу және шығару және оларды кейіннен нақты жабдыққа енгізу.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Андронов, И.С. Передача дискретных сообщений по параллельным каналам / И.С. Андронов,Л.М. Финк. - М.: Советское радио, 1971. – 408 с.

[2] Банкет, В.Л. Сигнально-кодовые конструкции в телекоммуникационных системах/ В.Л. Банкет.- Одесса: Феникс, 2009. –180 с.

[3] Вишнеvский, В.М. Энциклопедия Wi MAX: Путь к 4G/ В.М.Вишнеvский, С.Л.Портной, И.В.Шахнович. – М.: Техносфера, 2009.– 472 с.

[4] Alamouti, S.M. A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications/ S. M. Alamouti// IEEE J. Select. Areas Communication. – 1998.– Vol. 16, №8.– 1998.– P. 1451 - 1458.

[5] IEEE802.16, part 11, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: High Speed Physical Layer in the 5GHz Band, P802.1 la/D7.0, July 1999.

[6] Бакулин М.Г., Варукина Л.А., Крейнделин В.Б. Технология МІМО: принципы и алгоритмы. Научное издание, 2014. – 242 с.

Мейрашева Жания, магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан, zhaniyaa21@gmail.com

ПОВЫШЕНИЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы повышения помехоустойчивости в беспроводных сетях. Приведена классификация методов повышения помехоустойчивости, а именно метод разнесения и пространственно - временного кодирования.

Ключевые слова: беспроводные сети, помехоустойчивость, метод разнесения, метод пространственно - временного кодирования.

Meyrasheva Zhania, Master's student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, zhaniyaa21@gmail.com.

IMPROVING NOISE IMMUNITY IN WIRELESS NETWORKS

Annotation. The article discusses the issues of increasing noise immunity in wireless networks. The classification of methods for increasing noise immunity is given, namely, the method of separation and space-time coding.

Keywords: wireless networks, noise immunity, diversity method, space-time coding.
