

**AP19679505 «Тізбекті кодтардың көп шекті декодтау алгоритмдерін зерттеу мен дамыту және оларды жоғары жылдамдықты радиоарналар үшін бағдарламалық-аппараттық имплементациялау» - ғ. ж. Сайлауқызы Ж.**

***Зерттеулердің өзектілігі:***

«Цифрлы Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасының, «Ұлттық қауіпсіздік туралы» Қазақстан Республикасы Заңының және «Қазақстанның киберқауіпсіздігі» мемлекеттік тұжырымдамасының ақпараттық-коммуникациялық инфрақұрылымның ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету, ақпараттық ресурстар мен байланыс инфрақұрылымын қорғаудың тиімді жүйесін қолдау және дамыту жөніндегі міндеттерін іске асырумен байланысты. Ұлттық радиобайланыс жүйесін дамыту ұлттық және ақпараттық қауіпсіздіктің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады, өйткені ол арнаулы мемлекеттік органдардың, Қарулы Күштердің, құқықтық тәртіп органдарының, жедел медициналық көмектің, өрт сөндіру және іздестіру-құтқару командаларының қызметтері арасындағы өзара байланысты қамтамасыз етеді.

Қазіргі уақытта жоғары жылдамдықты сенімді радиобайланыс жүйелері қажетті спектрлік тиімділік пен деректердің жоғары сыйымдылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін арналарды ортогональды жиілікті бөлумен мультиплекстеу технологиясын қолдана отырып жүзеге асырылады. Бірақ ұзақ қашықтықтағы кең жолақты сымсыз байланыс кезінде көптеген қателер пайда болады, бұл қателерді тікелей түзету әдістерін қолдану қажеттілігіне әкеледі. Жобаның идеясы қатып қалған радиобайланыс желілерінде, сондай-ақ доплерлік ығысу және таңбааралық интерференция болған кезде пайдалану үшін тиімді қателерді түзету схемаларын әзірлеу және бағдарламалық-аппараттық іске асыру болып табылады.

***Жобаның мақсаты*** арнаның өткізу қабілеттілігіне жақын жұмыс істеуді қамтамасыз ететін қателерді түзету әдістері мен құралдарын, оларды ортогональды жиілікті арналарды бөлу және көп позициялық модуляция, кеңістіктік-уақыттық кодтау және алдын ала кодтау арқылы мультиплекстеу технологияларымен бірге жылдам өзгеретін цифрлық радиобайланыс жүйелерінде пайдалану кезінде зерттеу және әзірлеу болып табылады.

***Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер:***

*Есепті кезеңде қол жеткізілген нәтижелер:*

1. Жылжымалы радиобайланыс жүйелері үшін ақпаратты берудің цифрлық радиожүйелерінің ерекшеліктерін зерттеу бойынша жұмыстар жүргізілді, қатып қалулар, радио модемдер, бейне, аудио ақпаратты алу радиожүйелері болған кезде, ЭВК максималды мәнінің критерийі, кодерлер мен декодерлерді бағдарламалық және аппараттық іске асырудың жылдамдығы, күрделілігі бойынша шуға төзімді кодтау әдістерін таңдауда қолданылатын талаптар анықталды.

LDPC кодерін іске асырудың негізгі принциптері зерттелді. Математикалық модельдер мен алгоритмдерге негізделген биттерді инверттеу арқылы қатаң шешім алгоритмдерімен кодтау мен декодтауды бағдарламалық және аппараттық енгізу жүзеге асырылды. Модельдеу нәтижелері бойынша радиоарналар үшін Таннер графасын қолдана отырып, LDPC кодтарының қателерін түзету әсері талданды.

Осы эксперименттердің нәтижелері бойынша «Информатика және қолданбалы математика» VIII Халықаралық ғылыми конференциясының материалдарында бір жарияланым -1 (бір) мақала жарияланды (2023 жылғы 26-27 қазан, Қазақстан, Алматы).

2. Көпөлшемді ықтималдық функцияларын қолдана отырып және Таннер коды графасын қолдана отырып, өзін-өзі реттейтін кодтардың қателерді көбейтуге бейімділігіне талдау жасалды; алынған нәтижелер шуыл деңгейінде көп шекті декодерлерде қолдану

үшін кодтарды құру және таңдау кезінде пайдаланылды, радиоарнаның өткізу қабілеті оннан бірнеше дБ-ге аз.

Декодтау қателіктерінің таралуының әсерін азайту әдісі ұсынылған, ол әртүрлі ақпараттық таңбалар үшін басқару қателері жиынтығының қиылысуының төмен дәрежесі бар өзін-өзі реттейтін кодтарды құруға негізделген. Код параметрлерін қолмен және автоматты түрде түзетумен, байланыс арнасында қателерді енгізумен және қайталанатын шекті декодтау параметрлерін оңтайландырумен конволюциялық кодерлерді модельдеудің түпнұсқа бағдарламасы қолданылды. Модельдеу нәтижелері барлық шекті элементтер үшін шекті мәндер мен салмақ коэффициенттерін оңтайландыру қателердің таралу әсерін және қателерді түзету тиімділігін төмендететінін көрсетті.

Зерттеу нәтижелері бойынша 7th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies (2023 ж. 23-25 қараша, Түркия, Стамбул) басылымына қабылданды.

3. Қатып қалумен байланыс арналары үшін конволюциялық кодтарды көп шекті декодтау алгоритмдерінің тиімділігі бойынша зерттеулер жүргізілді. Көп шекті декодер (MPD) жұмысының параметрлерін, декодердің жеке функционалды түйіндерінің жаңа алгоритмдерін, сондай-ақ көп шекті декодерлер болып табылатын каскадтау схемаларын оңтайландыру арқылы қателерді түзету схемасын өзгерту ұсынылды және негізделген.

Символдық өзін-өзі орфографиялық кодтардың көп шекті декодтау параметрлерін оңтайландыру алгоритмі ұсынылған, бұл декодтау функциясын азайту кезінде артық нұсқалардың санын бірнеше есе азайтуға және декодтау қатесінің ықтималдығын 2 реттен артық азайтуға мүмкіндік береді.

Гаусс каналындағы кодтау параметрлерінің өзгеруі бар екі MPD-ден тұратын жаңа каскадты кодтау схемасы зерттелді. Ықтималдықтар көп шекті декодердің тиімді жұмысы саласындағы декодтау қателігінің ықтималдығы және осы біріктіру схемаларын бағдарламалық қамтамасыз етудің тиімділігі бағаланады.

Осы эксперименттердің нәтижелері бойынша Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған отандық басылымда -1 (бір) бір жарияланым жарияланды.

4. Арналардың ортогоналды жиілік бөлінуімен және көп позициялық модуляциямен мультиплекстеуді қолдана отырып, цифрлық радио жүйелерде МПД қолданудың теориялық және имитациялық модельдеуі жүргізілді. Қатып қалған жағдайда радиоарналардағы шу деңгейіне декодтау қатесінің ықтималдығына тәуелділік түрінде конволюциялық кодтар үшін MPD теориялық бағалары мен эксперименттік сипаттамалары алынды. Символаралық интерференция болған кезде радиоарналардағы конволюциялық кодтар үшін оңтайландырылған МПД жұмысының эксперименттік сипаттамалары зерттелді.

Осы эксперименттердің нәтижелері бойынша материалдарда бір жарияланым -1 (бір) мақала жарияланды (XXVI Халықаралық Конференция «Digital Signal Processing and Its Applications — DSPA-2024») (26-30 наурыз 2024 ж., Москва, Россия) с.33-38.

5. Бірнеше таратушы және бірнеше қабылдағыш антенналары бар жүйелерде МПД қолдану әдістемесі, МПД пайдалана отырып радиоарнаны бағалау әдістері әзірленді. Бірнеше таратушы және қабылдаушы антенналары бар жүйелерде МПД қолдану әдістері зерттелді. Қатып қалған жағдайда радиоарналардағы шу деңгейіне декодтау қатесінің ықтималдығына тәуелділік түрінде конволюциялық кодтар үшін көп шекті декодердің эксперименттік сипаттамалары енгізілді.

Осы эксперименттердің нәтижелері бойынша ЭЕМ бағдарламасына авторлық құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы куәлік алынды және бір жарияланым жарияланды: 2024 жылғы 21 мамырдағы №46161 авторлық құқықпен қорғалатын құқықтардың мемлекеттік тізіліміне мәліметтерді енгізу туралы куәлік.

Материалдардағы 1 мақала (XVI Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндірістің интеграциясы (2024 жылғы 13-14 маусым, Қарағанды, Қазақстан).

6. МПД-дан деректерді берудің цифрлық радиожүйелерінің энергетикалық тиімділігін жақсарту үшін бірлескен итеративті демодуляция/ декодтау әдістері әзірленді.

Зерттеу нәтижелері бойынша мақала дайындалды, ҒЖБССҚК ұсынған отандық басылымда рецензияланды.

*Күтілетін нәтижелер*

7. Гетерогенді OpenCL жүйелерін параллельді бағдарламалаудың ашық стандартына негізделген есептеу процесін параллельдеу арқылы үлкен жылдамдыққа ие радиобайланыс жүйелеріне арналған көп шекті декодерлердің бағдарламалық нұсқаларын әзірлеу.

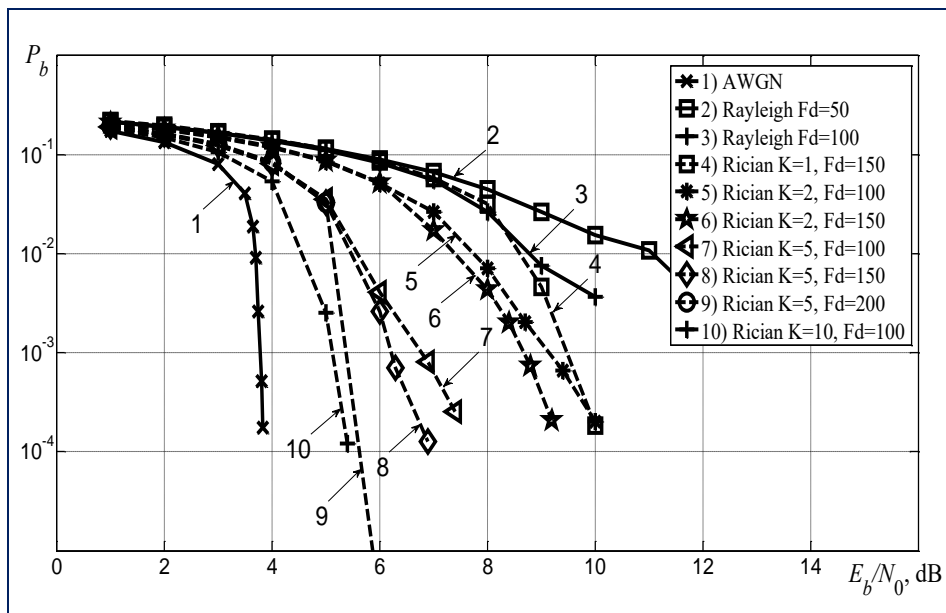
8. Қайта конфигурацияланатын жүйелер үшін OpenCL компиляторын пайдалану негізінде бағдарламаланатын логикалық интегралды схемаларда (plis) ендірілген жүйе ретінде жоғары жылдамдықты көп шекті декодерлерді енгізу мүмкіндіктерін зерттеу.

9. Сынақ бағдарламаларын, тестілеу әдістерін дайындау және радиобайланыс жүйелері үшін МПД оңтайландырылған әдістерін техникалық іске асырудың (бағдарламалық және аппараттық) өнімділік параметрлерін эксперименталды түрде зерттеу.

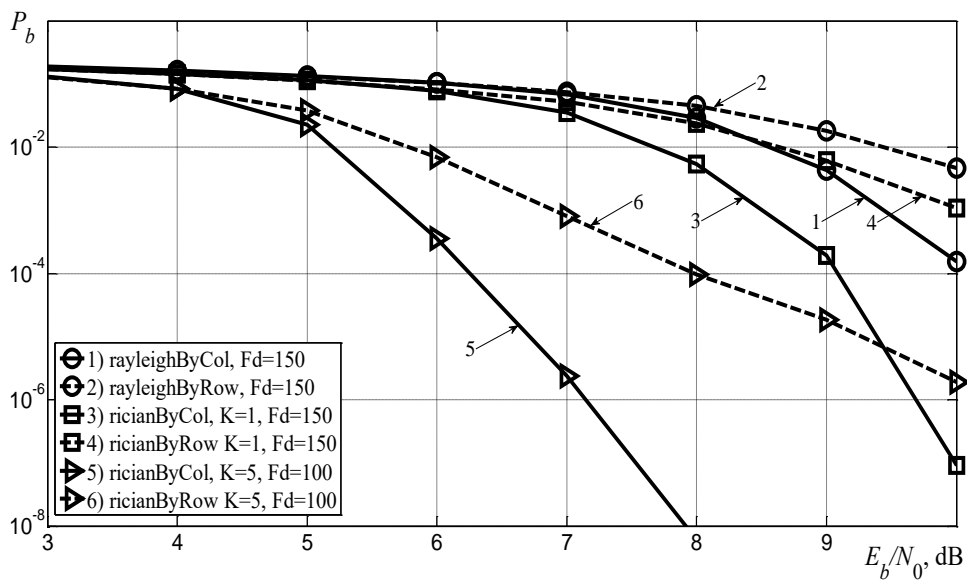
10. Жобаның нәтижелерін оқу процесіне енгізу үшін әзірленген бағдарламалық және аппараттық шешімдердің бағдарламалық және конструкторлық құжаттамасын, бағдарламалық өнімдерге патент және/немесе мемлекеттік тіркеу куәліктерін алуға өтінімдерді, оқу құралын дайындау.



**1-сурет – Бұхара инженерлік-технологиялық институтының әріптестерімен бірлескен ғылыми зерттеулерді дамыту мүмкіндіктерін талқылау, Бұхара, Өзбекстан, 2023 ж.**



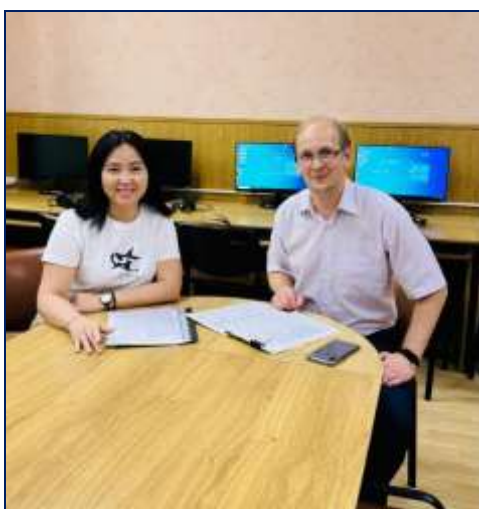
2-сурет – Қатып қалған арнадағы МПД сипаттамалары



3-сурет – Биттерді сериялық және параллель беру кезінде қатып қалған арнадағы МПД сипаттамалары



**4-сурет – XXVI International Conference «Digital Signal Processing and Its Applications — DSPA-2024») 26-30 нурыз 2024 ж. Мәскеу, Ресей**



**5-сурет – Жоба жетекшісі  
Сайлауқызы Ж.,  
Овечкин Геннадий Владимирович,  
техника ғылымдарының докторы,  
РГРТУ «Есептеу және қолданбалы  
математика» кафедрасының  
профессоры**



**6-сурет – Жоба жетекшісі  
Сайлауқызы Ж.,  
РГРТУ Халықаралық коммуникация  
орталығының ұжымымен**

### ***Жарияланымдар тізімі***

1. Сайлауқызы Ж. Тізбекті кодтардың көп шекті декодтау параметрлерін оңтайландыру алгоритмін әзірлеу // Труды университета. – 2023. – № 3(92). – С. 474–480. [https:// DOI 10.52209/1609-1825\\_2023\\_3\\_474](https://doi.org/10.52209/1609-1825_2023_3_474)

<http://tu.kstu.kz/publication/publication/download/634>

2. Сайлауқызы Ж., Сатыбалдина Д., Аманов А.Н., Жакина М.М. Радиоарналар үшін таннер графын қолдану арқылы LDPC кодтарының қателерді түзету әсерін талдау // Международная научная конференция «Информатика и прикладная математика») 26-27 октябрь 2023г., Казахстан, Алматы. С.274-280.

[https://conf.iict.kz/wp-content/uploads/2023/10/collection\\_CSAM\\_VIII\\_2023\\_1.pdf](https://conf.iict.kz/wp-content/uploads/2023/10/collection_CSAM_VIII_2023_1.pdf)

3. Zhuldyz Sailau kyzy, Dina Satybalдина, Gulmira Danenova, Makhabbat Kokkoz, Nurlan Tashatov, Design of Majority Decoded Codes and Decoding Algorithm Based on Error Propagation Analysis//7th International Symposium on Innovative Approaches in Smart Technologies (23-25 қараша 2023 ж., Түркия, Стамбул).

[http://www.isassymposium.org/isas2023/ISAS2023\\_Symposium\\_Information.pdf](http://www.isassymposium.org/isas2023/ISAS2023_Symposium_Information.pdf)

4. Сайлауқызы Ж., Хасенова З.Т., Жакина М.М., Аманов А.Н., «Построение имитационной модели цифровой радиосистемы передачи данных с помехоустойчивым кодированием // (XXVI International Conference «Digital Signal Processing and Its Applications — DSPA-2024») (26-30 наурыз 2024 г., Москва, Россия) с.33-38.

[http://dspa-conf.org/storage/Proceedings/DSPA2024\\_RNTORES\\_proceedings.pdf](http://dspa-conf.org/storage/Proceedings/DSPA2024_RNTORES_proceedings.pdf)

5. Сайлауқызы Ж., Құтжан С.Д., Қуаныш А.Қ., «ААГШ каналдары үшін Рид-Соломон кодының жүзеге асыру принциптерін зерттеу»// Қ.И. Сатпаевтың 125 жылдығына арналған, «Қазақстан-2050» Стратегиясын жүзеге асырудағы жастар ғылымының үлесі» атты Республикалық студенттік ғылыми конференциясы (11-12 сәуір 2024 ж., Қазақстан, Қарағанды).

[https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2024/06/SBORNIK-Stud.Konf.-1-CHAST\\_.pdf](https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2024/06/SBORNIK-Stud.Konf.-1-CHAST_.pdf)

6. Сайлауқызы Ж., Ибрагимов У.М., Шуға төзімді кодтарды қолдану арқылы радиоарнаны бағалау әдістері мен критерийлері//Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция «XVI Сағынов оқулары. Білім, ғылым және өндіріс интеграциясы» (13-14 маусым 2024 ж., Қазақстан, Қарағанды). <https://www.kstu.kz/wp-content/uploads/2024/07/2-chast.pdf>

7. Свидетельство о внесении сведений в государственный реестр прав на программу для ЭВМ, охраняемые авторским правом №46161 от «21» мая 2024 года.

[https://drive.google.com/file/d/1\\_ct5ugaIEN98MwONUfWZhyuN7gFpN8DQ/view?usp=s\\_haring](https://drive.google.com/file/d/1_ct5ugaIEN98MwONUfWZhyuN7gFpN8DQ/view?usp=s_haring)

### ***Зерттеушілер тобы:***

1. Сайлауқызы Жұлдыз – ғылыми жетекші, PhD, «Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ» КеАҚ доцентінің м.а., АТҚ каф.

ORCID: 0000-0001-7605-7634;

Scopus Author ID: 57440117200

2. Даненова Гульмира Тулендиевна – аға ғылыми қызметкер, т.ғ.к., «Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ» КеАҚ доценті, АТҚ каф.

Хирш индексі -1;

ORCID: 0000-0003-3301-7282;

Scopus Author ID: 57140638000.

3. Хасенова Зарина Төлеубековна - аға ғылыми қызметкер, PhD, Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ Компьютерлік ғылымдар мектебінің деканы.

Хирш индексі =2 (Scopus);

Хирш индексі =1 (WoS);

Scopus Author ID = 57205141835

4. Коккоз Махаббат Мейрамқызы - аға ғылыми қызметкер, п.ғ.к., «Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ» КеАҚ доценті, АТҚ каф.

Хирш индексі -3;

Researcher ID: P-6669-2017;

Scopus Author ID: 56646533000;

ORCID: 0000-0002-6232-1868

5. Сатыбалдина Дина Жагыпаровна - аға ғылыми қызметкер, ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ ақпараттық қауіпсіздік каф-ның қауымдастырылған профессоры.

ResearcherID: P-1120-2014;

Scopus Author ID: 57193740669;

ORCID: 0000-0003-0291-4685.

6. Ташатов Нурлан Наркенович – ғылыми қызметкер, ф.-м.ғ.к., Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ ақпараттық қауіпсіздік каф-ның доценті.

1. ResearcherID: P-1134-2014;

Scopus Author ID: 55946377700;

ORCID: 0000-0002-3271-2163.

7. Эгамбердиев Эльдор Улугбекович - ғылыми қызметкер, «Adal Damu» ЖШС директоры.

ResearcherID: K-5417-2013;

ORCID: 0000-0001-5289-6580;

Scopus Author ID: 57196402736.

8. Жакина Мадина Мауленқызы – кіші ғылыми қызметкер, «Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ» КеАҚ доценті, АТҚ каф-ы ВТМ-23-1 тобының магистранты.

9. Аманов Айдос Нурланович - кіші ғылыми қызметкер, «Әбілқас Сағынов атындағы ҚарТУ» КеАҚ доценті, АТҚ каф-ы ВТМ-23-1 тобының магистранты.

***Ықтимал пайдаланушыларға арналған ақпарат:***

Радиоарналар үшін қателерді түзету құралдарын құру жөніндегі осы жобаны іске асыру жаңа буынның сымсыз желілерін дамытуды қолдауды және айнымалы параметрлері бар радиоарналарда хабарламаларды берудің жоғары сенімділігін қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін адаптивті телекоммуникациялық жүйелерді құру әдістерін қолдануды құрайды

***Қолданылу саласы:***

Алынған ғылыми нәтижелердің қолданылуы және/немесе коммерциялануы – күтілетін ғылыми нәтижелер Қазақстан Республикасының ұлттық қауіпсіздігі мен қорғанысын қамтамасыз ететін ұйымдардың радиобайланыс жүйелерінің жабдықтарын жаңғырту, ақпарат берудің дұрыстығын арттыру үшін пайдаланылуы мүмкін.

*Ақпаратты жаңарту күні: 05.07.2024 ж.*