

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 4 (2023)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания

№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/SMUR2431>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.
к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *д.т.н., профессор*
Алиферов А.И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Кошеков К.Т., *д.т.н., профессор*
Приходько Е.В., *к.т.н., профессор*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD*
Омарова А.Р., *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

<https://doi.org/10.48081/QWNM1398>

**А. Д. Адамова¹, *Ж. О. Оралбекова², М. Г. Жартыбаева³,
Н. Ұзаққызы⁴, Қ. Ж. Садвакасова⁵**

¹Astana IT University, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

^{2,3,4,5}Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Қазақстан Республикасы, Астана қ.

e-mail: oralbekova@bk.ru

АҚПАРАТТЫ КОДТАУ ӘДІСТЕРІ – LDPC МЕН БЛОКТЫҚ КОДТАРДЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРУ

Бұл ғылыми жұмысты кедергіге орнықты кодтарды зерттеуге бағытталған [1] жұмыстың жалғасы ретінде қарастыруға болады. Ұялы желілерде деректер мен дауысты жіберу үшін 3G, 4G мен 5G технологиялары мен сәйкесінше стандарттары қолданылады. Бұл стандарттарда арна кодтары ретінде LDPC және турбо-кодтары пайдаланылды. Бұл ұсынылған мақалада деректерді жіберу кезінде қателерді анықтау және түзету үшін қолданылатын блоктық кодтардың ең маңызды түрі Хэмминг, Рид-Соломон және LDPC кодтары зерттелді. MatLab ортасында әрбір кодтың Simulink-моделі тұрғызылды. Кодтың әрбір түрінің жұмыс істеуінің негізгі қағидалары, олардың қателерді табу қабілеті мен тәжірибелік қолдану салалары қарастырылды. Кодтардың параметрлері мен сипаттамаларын талдау олардың әр түрлі жағдайларда қателерді анықтау және түзету мүмкіндіктерін ескере отырып, жүргізілді. Зерттеу нәтижелері Хэмминг кодтары іске асырылуы оңай, болмашы қателерді анықтауда тиімді екенін растады. Рид-Соломон кодтары көп қателерді түзету мүмкіндігін көрсеткенімен, LDPC кодтары әр түрлі жағдайларда тамаша өнімділікті берді. Әдеби шолу мен нәтижелерді талқылау кедергіге орнықты кодтардың белгілі бір түрін таңдау сенімділік талаптарына, деректер сипаттамаларына және қолда бар ресурстарға байланысты екенін көрсетті.

Кілтті сөздер: кедергіге орнықты кодтау, қатені анықтау, қателерді түзету, ақпаратты қорғау, LDPC кодтары, блоктық кодтар, модель

Кіріспе

Қазіргі таңда арналарды кодтау қауіпсіздігі ең маңызды мәселелердің біріне айналды. Ақпарат қауіпсіздігін қамтамасыз ететін кедергіге орнықты кодтардың қатарына блоктық және LDPC кодтары жатады. Блоктық кодтар деп бастапқы деректердің бекітілген ұзындықтағы блоктарға бөлініп, осы блоктардың әрқайсысына белгілі бір қосымша таңбалар саны қосылатын ақпаратты кодтау әдісін айтады. Тексеру таңбалары деп аталатын бұл қосымша таңбалар деректерді жіберу немесе сақтау кезіндегі қателерді анықтауға және түзетуге көмектеседі. Бұл мақалада блоктық кодтардың екі негізгі түрін – Хэмминг пен Рид-Соломон кодтары және LDPC кодтарын зерттеуге назар аударылды, бұл кодтардың Simulink-моделі құрылып, салыстырмалы талдау жасалды.

Хэмминг кодын пайдаланудың мысалы ретінде оны кванттық нүктедегі ұяшықты автоматтарға қолдануды келтіруге болады [2]. Кванттық нүктедегі ұяшықты автоматтар – өте төмен энергияны тұтынатын және қосып-ауыстырудың жылдам жылдамдығы мен жоғары дәрежелі интеграциясы бар цифрлық сұлбаларды жобалаудың болашағы бар технологиялардың бірі болып табылады. Авторлармен ұсынылған Хэмминг коды сұлбаның ұяшықтар саны, аумағы және тактілік кідірісі бойынша өнімділігін айтарлықтай жақсартатынын көрсетті. Сонымен бірге Хэмминг коды кескінді аутентификация әдісінде де қолданылды [3]. Тепе-теңдікті тексеру биттері Хэмминг коды әдісі арқылы пикселдерден жасалып, алынған биттер басқа пикселдерге ендірілді.

Қазіргі таңда үштік оптикалық компьютерлер эксперименттік және теориялық зерттеулер кезеңінде тұр деуге болады. Үштік оптикалық компьютер байланыстарында арнаның істен шығуы байланыс жүйесінің жиі қайта іске қосылуына және деректерді тым жиі қайта жіберуіне себеп болуы мүмкін. Бұл өз кезегінде ресурстардың ысырап болуына әкеледі. Бұл мәселені шешу үшін [4] жұмыста қателіктер тексеру мен оны түзету коды ретінде Хэмминг коды пайдаланылды. Қатені түзету модулі жоқ үштік оптикалық компьютермен салыстырғанда Хэмминг кодының қатені түзету модулі кездейсоқ сәтсіздіктерге қарсы үштік оптикалық компьютер арнасының беріктігін жақсартып алады. Бұл байланыс шығындарын және жұмсалған ресурстарды айтарлықтай азайтуға болатындығын көрсетті.

Рид-Соломон кодтары кодтаудың қарапайымдылығына, жақсы құрылымына және классикалық жағдайда тізімді декодтау мүмкіндігіне байланысты қазіргі уақытта зерттеушілердің қызығушылығын тудырды. Бұл қызығушылық байланыс жүйелеріндегі позициялық ақпараттың жоғалуынан туындаған уақыт қателерін моделдеу үшін пайдаланылатын кірістіру және

жою параметрімен бірге басқа метрикалық параметрлерге де таралуынан пайда болды [5].

Дэниел Блейхенбахер, Аггелос Киаиас пен Моти Юнг шуылы бар арналар арқылы араласқан Рид-Соломон кодтарын декодтау мәселесін қарастырды [6]. Олар екілік симметриялық арнаның табиғи ықтималдық жалғасы болып табылатын екілік емес симметриялық арнада қателерді бір уақытта түзетуге қол жеткізетін аралық Рид-Соломон кодтарын декодтау алгоритмін ойлап тапты.

Жаңа бесінші буын (5G) радио желілерін коммерциялық пайдаланудың кең ауқымымен сымсыз тарату тиімдірек, сенімдірек және жылдамырақ болып келеді. Сонымен қатар, 5G желілерінде және одан тыс жерлерде жоғары сапалы сигнал жіберу жаңа мүмкіндіктермен қоса қиындықтарға да тап болды. Арналарды кодтау ақпараттың сенімді берілуін және қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ететін негізгі технология болып табылады. Дегенмен, кейде LDPC биттік аралас кодталған модуляциясы салыстырмалы түрде жоғары қателердің кесірінен әрқашан жоғары сапалы, төмен кідіріспен сымсыз таратуға кепілдік бере алмауына байланысты, [7] жұмыстың авторлары генетикалық алгоритмге негізделген LDPC кодтарын қолдануды ұсынды. Олар базалық матрицадағы нөлдік емес элементтердің санын, сәйкес позицияларды және жылжу мәндерін реттеу арқылы биттік аралас кодталған модуляциясының кодталған тізбектерінің қате сипаттамаларына сәйкес генетикалық алгоритмнің көмегімен LDPC кодтарын оңтайландырды. Бұдан басқа орын ауыстыру матрицаларына негізделген LDPC кодтары соңғы жылдары көптеген зерттеушілердің қызығушылығын тудырды [8–10]. Мұндай кодтармен жұмыс істеудің маңызды сәті байланыстырылған графтарда қысқа ұзындық циклдарын болдырмауға тырысу, яғни мүмкіндігінше үлкен шеңберді қамту болып табылады.

Бұл мақаланың мақсаты: деректерді жіберу сенімділігін қамтамасыз ету үшін Хэмминг, Рид-Соломон және LDPC кодтарының тиімділігін талдау және салыстыру болып табылады.

Аталған блоктық және LDPC кодтарының Simulink-моделдерін тұрғызу және нәтижелерді талдау арқылы әрбір кодтың артықшылықтары мен шектеулері және сонымен бірге әрқайсысы үшін ең жақсы пайдалану жағдайлары анықталды.

LDPC мен блоктық кодтарды зерттеу заманауи ақпараттық жүйелерде деректерді сенімді жіберуді қамтамасыз ету үшін оларды қалай тиімді пайдалануға болатынын жақсы түсінуге мүмкіндік берді.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу үшін блоктық кодтардың үш негізгі түрі таңдалды: Хэмминг пен Рид-Соломон кодтары және LDPC (Low-Density Parity-Check) кодтары.

Осы кодтардың әрқайсысының қателерді түзету және деректерді жіберу сенімділігі контекстінде бірегей сипаттамалары мен қолданбалары бар.

Хэмминг кодтары қарапайым блоктық кодтардың бірі болып табылады. Хэмминг кодында әрбір тексеру биті ақпараттың белгілі бір бит жиынын тексереді. Тексеру биттерінің комбинациялары қателердің бар-жоғын көрсете алатындай және тіпті оларды түзетуге мүмкіндік беретіндей етіп таңдалады. Осылайша, деректерді жіберу кезінде қате орын алса, Хэмминг коды қатенің орнын табуға және бастапқы деректерді қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Хэмминг кодтары көбінесе компьютердің жедел жадындағы және кейбір байланыс жүйелеріндегі қателерді түзету үшін қолданылады [2, 10].

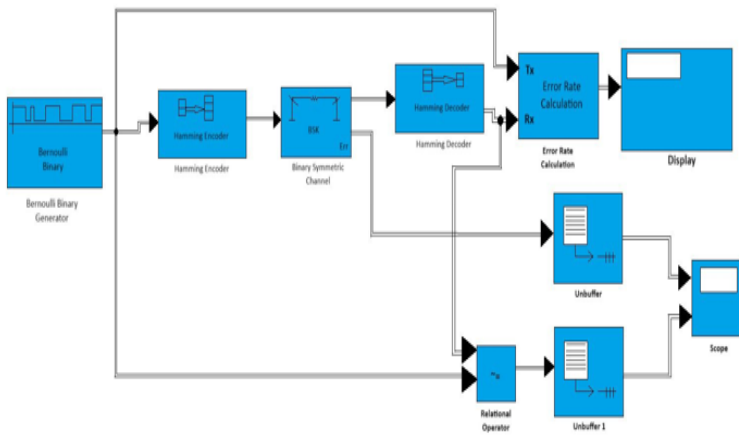
Рид-Соломон кодтары Хэмминг кодтарына қарағанда деректерге көбірек түзету биттерін қосу арқылы күрделірек жүзеге асырылады және қателердің көп санын анықтап, түзете алады. Олар қателерді сенімдірек түзетуді қамтамасыз етеді. Сол себептен Рид-Соломон кодтары қуаттырақ және көптеген салаларда қолданысқа ие. Рид-Соломон кодтары цифрлық коммуникацияда, тасымалдаушыларда деректерді сақтауда, цифрлық бейнежазбаларда және деректерді жіберу мен сақтаудың жоғары сенімділігін қамтамасыз ету үшін қажет басқа салаларда кеңінен қолданылады [5].

LDPC кодтары қателерді түзету үшін графтарға қолдануға болатын әдістерді пайдаланатын кодтардың заманауи классына жатады. Рид-Соломон кодтары секілді LDPC кодтары да қателерді анықтауға және түзетуге қабілетті, бірақ олардың өнімділігі көбінесе код параметрлері мен граф конфигурациясына байланысты. Сонымен бірге екеуі әр түрлі стандарттар үшін пайдаланылады. Телекоммуникация байланысында бұл кодтар турбо-кодтармен бірдей дәрежелі орын алған [1]. LDPC кодтері мен декодерін жүзеге асыру күрделілігіне байланысты өткен ғасырдың 90-жылдары ғана ақпараттық технологиялардың дамуының арқасында қолданыс тапты [10].

Нәтижелер және талқылау

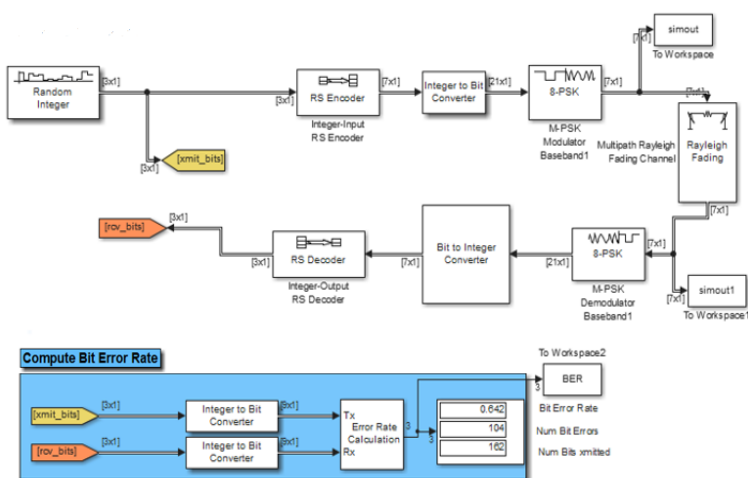
MatLab пакетінде Хэмминг, Рид-Соломон және LDPC кодтарының моделі құрастырылды. Бұл кодтардың Simulink-моделін тұрғызу әрбір кодтың жұмыс істеу қағидасы мен тиімділігін салыстыруға мүмкіндік берді.

1-суретте берілген Хэмминг кодының Simulink-моделі бұл кодтың қарапайым блоктық кодқа жататынын көрсетеді. Ол бір биттік қателерді ғана түзете алады.



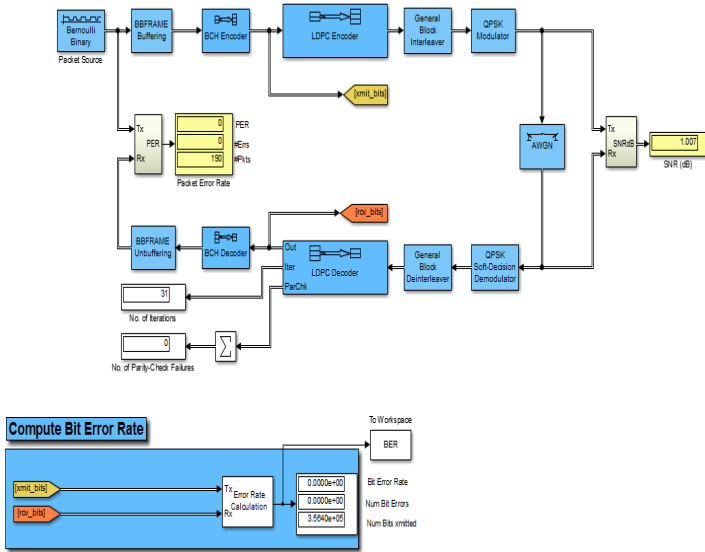
Сурет 1 – Хэмминг кодының Simulink-моделі

Рид-Соломон коды әр түрлі позициялардағы бірнеше қателерді бір уақытта анықтап, түзете алады. 2-суретте Рид-Соломон кодының Simulink-моделі берілген.



Сурет 2 – Рид-Соломон кодының Simulink-моделі

LDPC кодтары да бірнеше қателерді анықтауға және түзетуге қабілетті, бірақ Рид-Соломон кодына қарағанда олар күрделірек құрылымға ие болуы мүмкін. Сол себептен LDPC кодтары декодтау үшін көбірек өңдеу қуатын қажет етеді. 3-суретте LDPC кодының Simulink-моделі келтірілген.



Сурет 3 – LDPC кодының Simulink-моделі

Қарастыралған әрбір кодтың тиімділігін салыстыру:

1 Қатені түзету мүмкіндігі: Рид-Соломон және LDPC кодтары қателерді анықтау және түзету мүмкіндіктерінде Хэмминг кодтарынан айтарлықтай жоғары. Әсіресе Рид-Соломон кодтары бірнеше қателерді өңдеу кезінде жақсы өнімділікке ие.

2 Қолданылуы: Хэмминг кодтары қателердің шектеулі саны бар деректердің шағын блоктары үшін қолайлы болуы мүмкін. Дегенмен, маңыздырақ міндеттер үшін, әсіресе қазіргі заманғы байланыс және деректерді сақтау жүйелерінде, Рид-Соломон және LDPC кодтары ұтымдырақ.

3 Іске асырудың күрделілігі: Хэмминг кодтары ең оңай орындғанымен олардың қателерді түзету мүмкіндіктері шектеулі. Рид-Соломон кодтары және әсіресе LDPC кодтарын жүзеге асыру қиынырақ, бірақ олар жақсы өнімділікті қамтамасыз етеді.

4. Түрлі шарттардағы өнімділік: LDPC кодтары күрделі және қиғаш қате үлестірімдері болған жағдайда да тұрақты жоғары өнімділікті көрсетті. Бұл оларды әр түрлі жағдайларда қателерді сенімді түзетуді қажет ететін жүйелер үшін қолданған жөн екендігін растайды.

Жалпы, Хэмминг, Рид-Соломон және LDPC кодтары арасындағы таңдау нақты қолданбаға, өнімділік пен сенімділік талаптарына және қол жетімді есептеу ресурстарына байланысты болмақ.

Қорытынды

Рид-Соломон, Хэмминг және LDPC кодтары бойынша зерттеулер қателерді түзету және деректер сенімділігі контекстінде олардың мүмкіндіктері және тиімділігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Осы кодтардың әрқайсысында әр түрлі сценарийлерде оңтайлы пайдалануға болатын бірегей сипаттамаларды атап өтуге болады: Хэмминг кодтары олардың қарапайымдылығына байланысты деректердің шағын көлемі мен қателердің төмен ықтималдығы үшін жақсы таңдау болып табылады. Қателерді түзетудің жоғары дәрежесі бар Рид-Соломон кодтары күрделірек жағдайларды сәтті жеңе алады және байланыс пен деректерді сақтау жүйелерінде сенімділікті қамтамасыз етеді. LDPC кодтары тамаша өнімділік пен қателерді түзетудің жоғары қабілетін қамтамасыз етеді, заманауи ақпараттық жүйелер үшін болашағы бар таңдау болып табылады.

Белгілі бір кодты таңдау қажетті сенімділік деңгейіне, жіберілетін деректердің сипаттамаларына, қолжетімді есептеу ресурстарына және басқа факторларға байланысты болмақ. Осы зерттеудің нәтижелері блоктық және LDPC кодтарды таңдау туралы дұрыс шешім қабылдауда септігін тигізеді деп ойлаймыз.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Адамова, А. Д., Оралбекова, Ж. О., Жартыбаева, М. Г., Ұзаққызы, Н.** Ақпаратты кедергіге орнықты кодтау әдісі – турбо-кодтарды зерттеу [Мәтін] // Торайғыров университетінің Хабаршысы. – 2023. – №3. – Б.11–20.

2 **Huang, J., Xie, G., Kuang, R., Deng, F., Zhang, Y.** QCA-based Hamming code circuit for nano communication network // *Microprocessors and Microsystems*. – 2021. – Vol. 84. – P. 104237. – <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2021.104237>.

3 **Chan, C.-S.**, An image authentication method by applying Hamming code on rearranged bits // *Pattern Recognition Letters*. – 2011. – Vol. 32. Issue 14. – P. 1679-1690. – <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2011.07.023>.

4 **Song, K., Wang, Z., Zhu, J., Yan, L.** Research and application of error correction theory for ternary optical computer based on Hamming code // *Optik*. – 2022. – Vol. 267. – P. 169647. – <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169647>.

5 **Liu, S., Tjuawinata, I.** On 2-dimensional insertion-deletion Reed-Solomon codes with optimal asymptotic error-correcting capability // *Finite Fields and Their Applications*. – 2021. – Vol. 73. – P. 101841. – <https://doi.org/10.1016/j.ffa.2021.101841>.

6 **Bleichenbacher, D., Kiayias, A., Yung, M.** Decoding interleaved Reed-Solomon codes over noisy channels // *Theoretical Computer Science*. – 2007. – Vol. 379. Issue 3. – P. 348–360. – <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2007.02.043>.

7 **Zhang, Y., Jiang, M.** Genetic optimization of 5G-NR LDPC codes for lowering the error floor of BICM systems // *Physical Communication*. – 2023. – Vol. 58. – P. 102009. – <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2023.102009>.

8 **Lieb, J., Tinani, S.** A Number Theoretic Approach to Cycles in LDPC Codes // *IFAC-PapersOnLine*. – 2022. – Vol. 55. Issue 30. – P. 67–72. – <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.11.030>.

9 **Yi, H.** Improving security of 5G networks with multiplicative masking method for LDPC codes // *Computers and Electrical Engineering*. – 2021. – Vol. 95. – P. 107384. – <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107384>.

10 **Золотарёв, В. В., Зубарев, Ю. Б., Овечкин, Г. В.** Многопороговые декодеры и оптимизационная теория кодирования [Мәтін]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 239 с.

REFERENCES

1 **Adamova, A. D., Oralbekova, Zh. O., Zhartybaeva, M. G., Uzakkyzy, N.** Aqparatty kedergige ornıyqy kodtau adisi – turbo-kodtardy zertteu [Research of the method of noise-resistant coding of information – turbo codes] [Text] // *Torajghyrov universitetining Habarshysy* [Herald of Toraygyrov University]. – 2023. – № 3. – P. 11–20.

2 **Huang, J., Xie, G., Kuang, R., Deng, F., Zhang, Y.** QCA-based Hamming code circuit for nano communication network // *Microprocessors and Microsystems*. – 2021. – Vol. 84. – P. 104237. – <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2021.104237>.

3 **Chan, C.-S.,** An image authentication method by applying Hamming code on rearranged bits // *Pattern Recognition Letters*. – 2011. – Vol. 32, Issue 14. – P. 1679–1690. – <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2011.07.023>.

4 **Song, K., Wang, Z., Zhu, J., Yan, L.** Research and application of error correction theory for ternary optical computer based on Hamming code // *Optik*. – 2022. – Vol. 267. – P. 169647. – <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169647>.

5 **Liu, S., Tjuawinata, I.** On 2-dimensional insertion-deletion Reed-Solomon codes with optimal asymptotic error-correcting capability // Finite Fields and Their Applications. – 2021. – Vol. 73. – P. 101841. – <https://doi.org/10.1016/j.ffa.2021.101841>.

6 **Bleichenbacher, D., Kiayias, A., Yung, M.** Decoding interleaved Reed-Solomon codes over noisy channels // Theoretical Computer Science. – 2007. – Vol. 379, Issue 3. – P. 348–360. – <https://doi.org/10.1016/j.tcs.2007.02.043>.

7 **Zhang, Y., Jiang, M.** Genetic optimization of 5G-NR LDPC codes for lowering the error floor of BICM systems // Physical Communication. – 2023. – Vol. 58. – P. 102009. – <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2023.102009>.

8 **Lieb, J., Tinani, S.** A Number Theoretic Approach to Cycles in LDPC Codes // IFAC-PapersOnLine. – 2022. – Vol. 55, Issue 30. – P. 67–72. – <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2022.11.030>.

9 **Yi, H.** Improving security of 5G networks with multiplicative masking method for LDPC codes // Computers and Electrical Engineering. – 2021. – Vol. 95. – P. 107384. – <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107384>.

10 **Zolotaryov, V. V., Zubarev, Yu. B., Ovechkin, G. V.** Многopороговая декодирование и оптимизационная теория кодирования [Multithreshold Decoders and Optimization Coding Theory] [Text] – Moscow : Goryachaya liniya – Telekom [Hotline – Telecom], 2012. – 239 p.

Басып шығаруға 28.11.23 қабылданды.

*А. Д. Адамова¹, Ж. О. Оралбекова², М. Г. Жартыбаева³,
Н. Узаккызы⁴, К. Ж. Садвакасова⁵*

¹Astana IT University, Республика Казахстан, г. Астана;

^{2,3,4,5}Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева,

Республика Казахстан, г. Астана.

Принято к изданию 28.11.23.

ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КОДИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ – LDPC И БЛОЧНЫХ КОДОВ

Данная научная работа является продолжением работы [1], посвящена исследованию методов помехоустойчивого кодирования. Мобильные сети для передачи голоса и данных используют 3G, 4G и 5G технологии и соответствующие стандарты. Для этих стандартов в качестве кодов каналов связи применяются LDPC и турбо-коды. В представленной статье рассматриваются наиболее

важные типы блочных кодов - коды Хэмминга, Рида-Соломона и LDPC коды, используемые для обнаружения и исправления ошибок при передаче данных. Построены Simulink-модели данных кодов в среде MatLab. Рассмотрены основные принципы работы каждого типа кода, их способность выявлять ошибки, а также области их практического применения. Анализ параметров и характеристик кодов проводился с учетом их способности обнаруживать и исправлять ошибки в различных ситуациях. Результаты исследования подтвердили, что коды Хэмминга просты в реализации и эффективны при обнаружении мелких ошибок. В то время как коды Рида-Соломона продемонстрировали высокую способность исправления ошибок, LDPC коды показали отличную производительность в различных ситуациях. Литературный обзор и обсуждение результатов показали, что выбор того или иного метода помехоустойчивого кодирования зависит от требований к надежности, характеристик данных и имеющихся ресурсов.

Ключевые слова: помехоустойчивое кодирование, обнаружение ошибок, коррекция ошибок, защита информации, LDPC коды, блочные коды, модель.

*A. D. Adamova¹, Zh. O. Oralbekova², M. G. Zhartybayeva³,
N. Uzakkyzy⁴, K. Zh. Sadvakassova⁵*

¹Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana;

^{2,3,4,5}L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Republic of Kazakhstan, Astana.

Accepted for publication on 28.11.23

RESEARCH AND COMPARISON OF INFORMATION CODING METHODS - LDPC AND BLOCK CODES

This scientific work is a continuation of work [1] and is devoted to the study of noise-resistant coding methods. Mobile networks for voice and data transmission use 3G, 4G, and 5G technologies and related standards. For these standards, LDPC and turbo codes are used as communication channel codes. This article discusses the most important types of block codes – Hamming, Reed-Solomon, and LDPC codes, used to detect and correct errors in data transmission. Simulink models of these codes were built in the MatLab environment. The basic principles of operation of each type of code, their ability to detect errors, as well as areas of their

practical application, are considered. The analysis of the parameters and characteristics of the codes was carried out taking into account their ability to detect and correct errors in various situations. The results of the study confirmed that Hamming codes are easy to implement and effective in detecting small errors. While Reed-Solomon codes have demonstrated high error correction capabilities, LDPC codes have demonstrated excellent performance in a variety of situations. A literature review and discussion of the results showed that the choice of a particular error-correcting coding method depends on reliability requirements, data characteristics, and available resources.

Keywords: interference-resistant coding, error detecting, error correction, information security, LDPC codes, block codes, model.

Теруге 28.11.2023 ж. жіберілді. Басуға 29.12.2023 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс №4175

Сдано в набор 28.11.2023 г. Подписано в печать 29.12.2023 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржикова

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Заказ № 4175

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz