

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

№ 1 (2021)

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/OGVZ5983>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алкасы – 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., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *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/LQOF4732>

***Қ. М. Сансызбай¹, А. А. Кисманова², Л. А. Соболева³**

¹Логистика және көлік академиясы, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.;

^{2,3}С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Нұр-Сұлтан қ.

ҚАЗАҚСТАН ТЕМІР ЖОЛ ЖЕЛІСІНДЕ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ РАДИОБЛОКИРОВКА ЖҮЙЕСІНДЕ МӘЛІМЕТТЕР ТАРАТУ КЕЗІНДЕ АҚПАРАТ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Бұл жұмыста радио арна бойынша мәліметтерді тарату қағидаттары, ақпарат қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсаттары, сондай-ақ радио арна бойынша ақпаратты беру кезіндегі қауіптер қарастырылады. Радио арнаның өткізу қабілеті туралы деректерді, пакеттердің өту уақытын, пакеттердің радио желісінде жоғалуы туралы деректерді эксперименттік анықтау үшін ақпараттық қауіпсіздік талаптарын ескере отырып, цифрлық радио байланыс арнасы бойынша пойызбен өзара әрекеттесу эксперименттері магистальді темір жол желісінде жүргізілді. Эксперименттік зерттеу көрсеткендей, стандартты сандық радио арна жүйесінде пакеттің кез-келген мөлшерінде жүйеге жүктеме артқан кезде пакеттердің өту уақыты артады. Эксперимент арқылы жүйенің берілу жылдамдығы 1,4 кбит/с дейінгі пакеттердің өту уақытының талаптарын қанағаттандыратыны дәлелденді. 1,6–2,0 кбит/с жүктемесінен бастап пакеттердің өту уақыты қолайсыз болады және сонымен бірге жоғалған пакеттердің пайызы артады. Эксперимент жүргізу кезінде радиоблокировка орталығы мен TETRA коммутация орталығының байланысы, радиоблокировка орталығын электрлік орталықтандыру жүйелерімен байланыстыру, локомотивтің борттық жабдықтарын жаңғырту, борттық және стационарлық жабдықтардың жұмыс алгоритмдерін тексеру мәселелері қаралды. TETRA стандартты сандық радио байланыс жүйесінің жұмыс сипаттамалары радиоблокировка жүйесінің тұрақты бұзылуына әкелетіні анықталды.

Кілтті сөздер: ақпараттық қауіпсіздік, сандық арна, пакеттердің өту уақыты, радио желі, TETRA стандарт.

Кіріспе

Магистральді желі телімдерінде жүк және жолаушы тасымалдаудың технологиялық үрдісінде көптеген мамандандырылған техникалық құралдар іске қосылған, бірақ әсіресе темір жол автоматика, телемеханика және телекоммуникация құралдары тасымалдау қауіпсіздігін қамтамасыз етеді және заманауи темір жол көлігіндегі инфрақұрылымның міндетті құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады.

Қазіргі уақытта «Қазақстан темір жолы «Ұлттық компаниясы» АҚ темір жол желісінде оның үздіксіз жұмыс істеу мақсатында мәліметтер қабылдау және тарату түрлі жүйелерінің көмегімен жауапты құпия ақпараттың елеулі көлемі жіберіледі. Жауапты ақпарат ретінде бұл жерде бұрмалануы жүйені функциялау алгоритмінің қауіпті бұрмалануы орын алатын жұмысқа қабілетсіз күйге әкелетін дискертті жүйеде қолданылатын ақпарат түсіндіріледі. Жауапты ақпарат тасушы командалар тасымалдаудың функционалдық қауіпсіздігіне тікелей әсер етеді. Сонымен қатар, пойыздар қозғалыс кестесі мен орналасқан жері жөніндегі логистикалық ақпарат жоғары коммерциялық құндылыққа ие. Пойыздар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету негізі темір жол автоматика және телемеханика жүйелері болып табылады [1].

Темір жол автоматика және телемеханика жүйелері теміржол көлігінің стационарлық жолдық және жылжымалы объектілерімен қозғалыс қауіпсіздігінің орнатылған деңгейінде бақылау және басқаруды қамтамасыз ететін техникалық құралдар жиынтығын құрайды, онда ақпарат тарату каналдарының рөлі мен талаптары айтарлықтай жоғарылайды. Шетелдік және отандық тәжірибе негізінде ақпарат тарату жүйелерінің даму үрдісі дәстүрлі құралдардан, мысалы рельс тізбектерінен басқа, жаңа жүйелерді, мысалы – сандық радиоканалдар пайдалану қажет екендігін көрсетеді. Бұл ретте сымсыз жүйелердің ақпарат қауіпсіздігі және кедергіден қорғау аспектілері маңызды фактор болып табылады [2].

Қазіргі уақытта жаңа экономикалық жағдайда темір жол көлігі жұмысының тиімділігін арттыру жаңа автоматтандырылған басқару жүйелерін енгізу және тасымалдау үрдісін басқару және оның жүзеге асырылуын бақылау үшін қажетті жедел және мерзімдік ақпаратпен қамтамасыз ету негіздері секілді сенімді және қауіпсіз жоғары сапалы байланысыз мүмкін емес.

Соңғы онжылдық телекоммуникациялық салада, соның ішінде теміржол көлігінде белсенді технологиялық дамуды көрсетті. Техникалық ерекшеліктерді өзекті ету үшін теміржол көлігінде инновацияларды іске асыру бойынша теориялық және тәжірибелік зерттеулер жүргізеді, бұл оларға жыл сайын ерекшеліктерін жаңартуға мүмкіндік береді.

Пойыздар қозғалысын басқару кезінде радиоблокировка жүйесінде негізгі канал радиоканал болып табылады. Радиоблокировка жүйесі аясында диспетчерлік қозғалысты басқару орталығы мен жылжымалы құрам арасында да, диспетчерлік орталық пен жол құрылғысының арасында да мәлімет алмасу үшін TETRA стандартының сандық радиобайланысы пайдаланылады [3].

Сандық радиоканалда ақпарат қорғау әдістері

Пойыздар қозғалысын реттеу жүйелерінің құрылғыларының техникалық мүмкіншіліктерін басшылыққа ала отырып, мыналарды анықтау қажет: оңтайлы телеграмма форматы, ашық канал арқылы жіберу кезінде мәліметтерді қорғау белгілі шараларының жинағы. Радиоканал арқылы ақпарат жіберу кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету құралы мыналар болып табылады: қауіпсіздікті қамтамасыз ету процедуралары және қауіпсіздік кодын пайдалану [4, 5]. Келесі белгілі қорғаныс құралдарын қолдану есебінен: хабардың реттік нөмірі, уақыт мөртабаны, уақытты бақылау, кері байланыс (түбіртек), жіберуші және қабылдаушы идентификаторы, ұқсастыру әдісі, қауіпсіздік коды, криптографиялық әдістер, қауіпсіздікпен байланысты келесі сипаттамаларға қол жеткізіледі: хабардың дұрыстығы, хабардың бүтіндігі, хабардың уақытылы болуы, хабардың тізбегі.

Еуропалық стандартқа сәйкес [5] қауіптер/қорғаныстар матрицасын құрамыз (1-кесте).

Кесте 1 – Сандық радиоканалдардағы қауіптер/қорғаныстар матрицасын

Қауіп түрі ¹⁾	Қорғаныс шаралары							
	Реттік нөмірі ²⁾	Уақыт мөртабаны	Уақытты бақылау ²⁾	Жіберуші және қабылдаушы идентификаторы ²⁾	Кері байланыс ²⁾	Ұқсастыру әдісі	Қауіпсіздік коды ²⁾	Криптографиялық әдістер
Қайталану	×	×						
Жоғалу	×			×	×	×		
Қосылу	×							
Жүру тәртібінің өзгеруі	×	×						
Бұрмалану							×	×
Кідіру		×	×					
Манипуляция					×	×		×

Ескертпе:
¹⁾ – [6] сәйкес, x – қолданылады,
²⁾ «автор әзірлеген борт және стационарлық құрылғылардың өзара әрекеттесу алгоритмінде қолданылған қорғаныс шаралары.

Жергілікті радиоканал ашық тарату жүйесі болып табылатындықтан, хабардың келесі нұсқалары мүмкін болады:

1) Мәліметтерді қорғау тарату кодының көмегімен жүзеге асырылады.

Тақырыбы	Пайдалы мәліметтер	Қосымша мәліметтер	Тарату коды
----------	--------------------	--------------------	-------------

Сурет 1 – Сандық радиоканалда ақпарат ұсыну құрылымы (1 нұсқа)

Бұл нұсқа ақпарат жіберу жүйесінде жауапсыз хаттама арқылы жіберілетін хабар құрылымын ұсынады. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін, жоғарыда айтылғандай, қауіпсіздікті қамтамасыз ету процедуралары мен қауіпсіздік коды қажет.

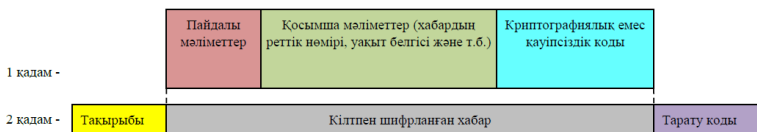
2) Мәліметтерді қорғау қауіпсіздік кодының көмегімен жүзеге асырылады.

Тақырыбы	Пайдалы мәліметтер	Қосымша мәліметтер (хабардың реттік нөмірі, уақыт белгісі және т.б.)	Қауіпсіздік коды	Тарату коды
----------	--------------------	--	------------------	-------------

Сурет 2 – Сандық радиоканалда ақпарат ұсыну құрылымы (2 нұсқа)

Қауіпсіздік кодының басты мақсаты мәліметтер бүтіндігін қамтамасыз ету, яғни мәліметтер аумағын кездейсоқ және әдейі бұрмаланулардан қорғау болып табылады. Бұл ретте мәселе бұрмаланудың алдын алуда емес, оларды анықтауда. Оның себебі электромагнит әсерлерінің салдарынан туындаған кедергілер де, тарату каналы компоненттерінің жүйелік немесе кездейсоқ істен шығулары, сондай-ақ саналы зиян келтіру болуы мүмкін.

3) Мәліметтерді қорғау қауіпсіздік кодының көмегімен жүзеге асырылады, ал кейін кілт көмегімен шифрланады, яғни мәліметтер ашық мәтін болып жіберілмейді. Кілт көмегімен шифрлау қасақана бұрмаланудан, ал код – кездейсоқ бұрмаланудан қорғауды қамтамасыз етеді (3 нұсқа).



Сурет 3 – Сандық радиоканалда ақпарат ұсыну құрылымы (3 нұсқа)

4) Кездейсоқ және қасақана бұрмаланулардан қорғау үшін түрлі кодтар қолдану. Алайда бұл нұсқаны пайдалану алдыңғы нұсқамен салыстырғанда хабардың артық бөлігінің ұзаруына әкеледі.

Тақырыбы	Пайдалы мәліметтер	Қосымша мәліметтер (хабардың реттік нөмірі, уақыт белгісі және т.б.)	Криптографиялық емес қауіпсіздік коды	Криптографиялық қауіпсіздік коды	Тарату коды
----------	--------------------	--	---------------------------------------	----------------------------------	-------------

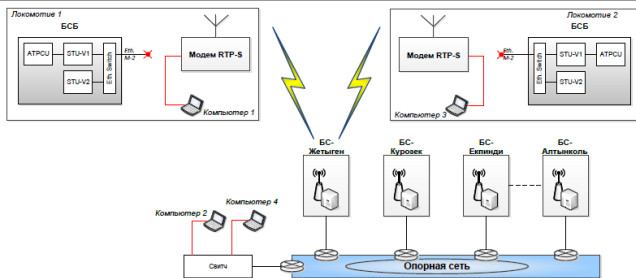
Сурет 4 – Сандық радиоканалда ақпарат ұсыну құрылымы (4 нұсқа)

Борт құрылғыларының шектелген ресурстарын ескере отырып хабар құрылымы ретінде «1 нұсқаны» таңдаймыз (сурет 1). МОСТ СМ1/ММ1 радиостанциясын пайдаланумен 160/460 МГц диапазонында жергілікті радиоканал арқылы жұмыс кезінде тарату коды сонымен бірге қауіпсіздік кодының функцияларын атқаратын болады. Желілік тораптарды (GSM-R/TETRA) пайдалануға көшу кезінде 2–4 нұсқа хабарларының құрылымын қолдану мүмкін болады.

Мәліметтер жіберу кезінде қорғаныс үшін ең кеңінен қолданылатын кодтар желілік кодтар класына жатады. Желілік кодтар белгілі бір санды, атап айтқанда d-1 (d Хэмминг қашықтығын құрайды) дара биттік қателіктерді сенімді анықтауды қамтамасыз етеді. Бұдан жоғары қателіктер тек белгілі бір ықтималдылықпен анықталады. Көптеген жағдайда қауіпсіздік кодына тәуелсіз дара биттік қателіктерді анықтау талабы ғана қойылмайды. Қолданылатын қауіпсіз емес тарату жүйесі (GSM, TETRA, DECT) мұндай қателіктерді анықтаудың өзіндік механизмдерін қамтып үлгерген. Қауіпсіздік коды кедергі әсері тарату жүйесі кодының мүмкіндігі жеткіліксіз болғанда немесе тарату жүйесі қателіктер арқылы жұмыс істеген жағдайда өзінің белсенділігін көрсетуі тиіс. Екі жағдайда да тек тәуелсіз дара биттік қателіктер орын алады деп есептеуге болмайды. Бақылау өрнегін есептеудің бұл әдісінде полиномдық арифметика қолданылады, яғни екілік сандар екілік коэффициенттері бар ресми полиномдармен көрсетіледі [7]. Бұл әдіс дара, екілік қателіктер, еркін тақ еселі қателіктер, сондай-ақ топтық түрдегі қателіктер, яғни бөлгіш ұзындығынан аспайтын топ ұзындығымен қатар келе жатқан биттердің кейбір санының бұрмалану түрінде көрінетін қателіктер табылатындығына кепілдік береді.

Эксперименттік сынақ нәтижелері

Радиоблоктау жүйесін тәжірибеде қолдану Алматы магистральді желі бөлімшесінің Жетіген – Алтынкөл телімінде қарастырылған. Тәжірибелік қолдану кезінде радиоблокировка орталығы мен TETRA коммутациялау орталығының байланысы, радиоблокировка орталығын [8] электрлік орталықтандыру жүйелерімен байланыстыру, локомотивтің борт құрылғысын жаңғырту, борт және стационарлық құрылғының жұмыс алгоритмдерін тексеру сұрақтары қарастырылды. Ұсынылған сұлбаға сәйкес жүргізілген эксперименттік сынақ.



Сурет 5 – Тәжірибелер жүргізу сұлбасы

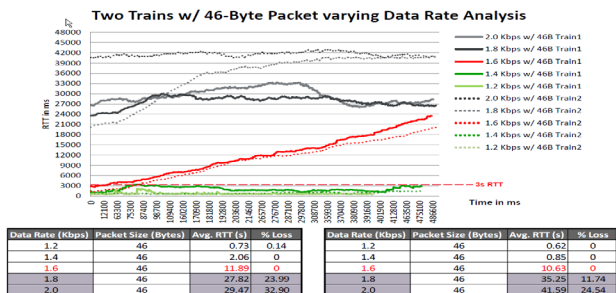
1 және 3 компьютерлер сәйкесінше 1 және 2 локомотивте RTP-S радиомодемiне қосылады, 2 және 4 компьютерлер Жетiген бекетiнiң ЭО постында свитч арқылы TETRA тiреуiш желiсiне қосылады.

Барлық компьютерде де түрлi жылдамдықта ұзындығы әр түрлi UDP топтарын жiберудi жүзеге асыратын бағдарламалық қамтамасыз ету орнатылған (2 және 4 компьютерде «қабылдағыш», 1 және 3 компьютерде «таратқыш»). Топтар санын арттыру немесе азайту арқылы радиоканалға жүктеменi өзгерту орындалады.

Топтар алмасу 1 және 2, 3 және 4 компьютерлер арасында жұп бойынша жүргiзiледi.

Тәжірибе жүргізу кезінде барлық 4 компьютерде UDP топтарын жіберуді және қабылдауды қамтамасыз ететін мамандандырылған бағдарламалық қамтамасыз ету қосылады. Тәжірибеге қатысатын локомотивтер қозғалмай тұрады, басқа жабдықталған локомотивтердің радиоблокировка бойынша қозғалысы жүзеге асырылмайды.

Каналдың өткізу қабілеттілігі мәліметтерін, пакеттердің өту уақытын, TETRA радиожелісінде топтардың жоғалуы жөнінде мәліметтерді құрайтын өлшеу нәтижелері 6-суретте ұсынылған.



Сурет 6 – Өлшемі 46 байт пакеттің өту уақыты

6-суретте көрініп тұрғандай, өлшемі 46 байт пакеттер үшін тәжірибе мыналарды көрсетті:

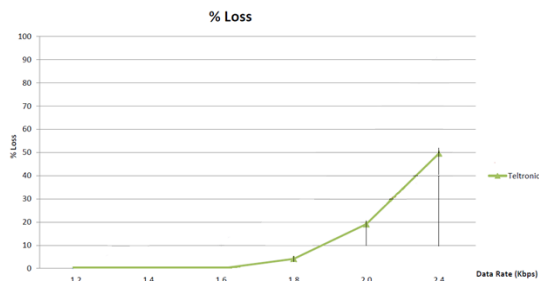
– 1,2–1,4 кбит/с жылдамдықта пакеттерді тарату уақыты екі локомотивте де орнатылған модемдер үшін барлық тест кезінде 1-ден 3 секундқа дейін қалыптасады;

– 1,6 кбит/с жылдамдықта уақыт 21 секундқа жетеді, бұл ретте уақыт өте келе тәжірибенің басталу мезетінен өту уақыты артады. Бұл заңдылық локомотивтерде орнатылған екі модемге де тән;

– 1,8 кбит/с жылдамдықта пакеттерді тарату уақыты бірінші локомотивте 30 секундқа, екінші локомотивте – 40 секундқа жетті;

– 2,0 кбит/с жылдамдықта пакеттерді тарату уақыты бірінші локомотивте 33 секундқа, екінші локомотивте – 42 секундқа жетті.

Радиожеліде пакеттердің жоғалу пайызы 7 суретте ұсынылған.



Сурет 7 – Радиожеліде пакеттердің жоғалу пайызы

7 суретте көрініп тұрғандай, тарату жылдамдығы мен пакеттерді жеткізу уақытының артуымен олардың жоғалу пайызы да өседі (2,4 кбит/с жылдамдықта 50 %-ға дейін) [8].

Осылайша, сандық радиобайланыс жүйесіне қойылатын талаптарға сәйкес қажетті өткізу қабілеттілігі 4,8 кбит/с кем болмауы тиіс, бір жаққа топтар тарату уақыты 0,5 сек, екі жаққа да сәйкесінше 1 сек. артық болмауы қажет.

Жүргізілген тәжірибелер пакеттердің кез-келген өлшемінде TETRA стандартының сандық радиобайланыс жүйесінде жүктеме артқан кезде пакеттердің өту уақыты жоғарылайтындығын көрсетеді. 1,4 кбит/с дейін тарату жылдамдығы үшін жүйе пакеттердің өту уақыты талаптарын қанағаттандырады. 1,6–2,0 кбит/с жүктемеден бастап пакеттердің өту уақыты қолайсыз үлкен болады да, 30–40 секундқа жетеді, бұл қойылатын талаптарға сай келмейді. Бұнымен бір уақытта жоғалған пакеттер пайызы өседі (50 %-ға дейін), бұл ретте бірнеше қатар пакеттердің жоғалуы байқалады.

TETRA желісін жобалау кезінде теміржол үшін анықтау қажет негізгі параметр қажетті радиожабанын қамтамасыз ету үшін пайдаланылатын базалық бекеттер саны болып табылады. Қуатты таратқыштары бар базалық бекеттердің қатысты шағын санын ашу жөнінде шешім қабылдануы мүмкін. Осылайша теміржол желісі тек бірнеше ірі радио-ұяшықтармен жабылатын болады. Балама ретінде, бірдей теміржол желісі қуаты аз таратқыштары бар базалық бекеттердің көп санымен жабылуы мүмкін. Осылайша, жабу көптеген салыстырмалы шағын радио-ұяшықтармен жүзеге асырылатын болады.

Базалық бекеттерді ашудың таңдалған стратегиясы өткізу қабілеттілігіне, трафиктің ұяшыққа қатысты жүктемесіне, кедергілер мен тарату жиілігіне әсер етеді, яғни жабу тәсілі радиоблокировка мәліметтер тарату өнімділігіне әсер етуі мүмкін.

Теміржол байланыс желісі радиоблокировка жабдықталған пойыздар жұмыс істейтін темір жолдың барлық аумағында қабылданатын сигнал қуаты тұрғысынан жеткілікті жабуды қамтамасыз етуі қажет.

Радиоблокировка радиожабаны талаптарына сәйкес төменгі байланыс желісінің қабылданатын сигналының минималды рұқсат етілген қуаты – 92 дБм құрайды. Мұндай қуаттың минималды талабы ($P_{\min} = -92$ дБм) осында ұсынылған талдауда қолданылды.

Алайда TETRA-де қабылдағыш сезімталдылығы жолақ ені, түрлендіру және қабылдағыш шу коэффициенті секілді көптеген факторларға байланысты екендігін айта кеткен жөн. Мысалы, жолақ ені 5 МГц, қуаты – 92 дБм түрленуі 16QAM және кодталуы 1/2 канал сигналды қабылдауға жеткілікті деп болжауға болады. Одан да сенімді түрлендіру жағдайында, мысалы, QPSK, тіпті қабылдау қуаты – 100 дБм сигнал қол жеткізілген өткізу қабілеттілігі есебінен пайдаланылуы мүмкін. Артынша, TETRA желісінде, тіпті егер мақсатты мәнге – 92 дБм қол жетпесе, қосылу сонда да мүмкін болады.

TETRA ұяшықтарының диапазоны базалық бекет тарату қуатының функциясы секілді. Радиожабанын жоспарлау мақсаты үшін тарату қуаты мен ұяшық диапазоны арасында байланыс табылуы қажет.

P_t – бұл базалық бекет таратқышы шығысындағы қуат. Кеңістік арқылы радиосигналдың таралу шамасына қарай ол бос кеңістіктік жоғалуы, кескін және т.б. секілді түрлі физикалық құбылыстар салдарынан әлсірейді. Бұл әсер сигнал жолының жоғалуы деп аталады. Жолдың жоғалуы әсерінен, қабылдағыш таратқыштар неғұрлым қашық болса, соғұрлым қабылданатын сигналдың қуаты төмен болады. Артынша, радиоэлемент сигналдың қажетті деңгейі болатын әрекет етудің шектелген радиусына ие болады.

Жабуды жоспарлау үшін базалық бекет (P_r) қабылданатын сигнал қуатын (P_r) тарату қуатының функциясы ретінде және базалық бекет (d) қашықтықты

табу қажет. Бұл ұяшықтар диапазонын (P_r) қабылданатын сигнал $P_{\min} = -92$ дБм мөнге жақындайтын (d) қашықтық ретінде бағалауға мүмкіндік береді.

Жолдың жоғалуынан басқа, антеннаның күшеюі, кабельдегі жоғалулар және интерференциялық қосымша секілді сигнал қабылдауға әсер ететін басқа да маңызды факторларды ескерген жөн. Сондықтан дБм шкаласында (P_r) қабылданатын қуат келесі формуламен өрнектелген көптеген салымдардың қосындысын құрайды:

$$P_r = P_t + G_{\text{enb}} - L_{\text{enb}} + G_{\text{ue}} - L_{\text{ue}} - L, \quad \text{дБм} \quad (1)$$

мұндағы: P_t – базалық бекеттің тарату қуаты; G_{enb} – базалық бекет таратқыш антеннасының күшеюі; L_{enb} – таратқышта фидер кабелінің жоғалуы; G_{ue} – UE-қабылдағыш антеннасының күшеюі; L_{ue} – қабылдағышта қуаттың жоғалу қосындысы, мысалы, кіруге кеткен жоғалулар әсерінен; M – кедергілер мен өшуге арналған алаң; L – сигнал жолының жоғалуы.

Сигнал жолының жоғалуы түрлі тарату модельдерінің көмегімен бағалануы мүмкін. Бұл жұмыста 3GPP стандартына сәйкес анықталған түрде COST231 Hata түрлендірілген моделі пайдаланылған. COST231 Hata моделі қоршаған ортаға (қалалық, қала маңындағы) байланысты түрлі факторларды құрайды. Модель ретінде «Қала маңындағы макрожолдың жоғалуы» жолдың жоғалу моделі таңдалған. Бұл модельде (L) сигналы жолының жоғалуы келесі формуламен өрнектеледі:

$$L = (44,9 - 6,55 \cdot \log_{10}(h_{\text{enb}})) \cdot \log_{10}\left(\frac{d}{1000}\right) + 45,5 + (35,46 - 1,1 \cdot h_{\text{ue}}) \cdot \log_{10}(f_c) - 13,82 \cdot \log_{10}(h_{\text{ue}}) + 0,7 \cdot h_{\text{ue}} + C, \quad \text{дБ} \quad (2)$$

мұндағы d – eNodeB және UE арасындағы қашықтық (м); h_{enb} – eNodeB антеннасының биіктігі (м); h_{ue} – UE антеннасының биіктігі (м); f_c – тасымалдаушы жиілік (МГц); C – тұрақты коэффициент, қала ішінде 3 дБ және қала маңында 0 дБ тең.

Ұяшықтар диапазоны олардың арасындағы қашықтық ретінде бағаланады, онда $P_r = P_{\min}$. d_r табу үшін L жолдың жоғалуы (1) теңдеуде (1) жолдың жоғалуымен ауыстырылады, ол келесі түрде өрнектеледі:

$$P_{\min} = P_t + G_{\text{enb}} - L_{\text{enb}} + G_{\text{ue}} - L_{\text{ue}} - M - L = P_t + G_{\text{enb}} - L_{\text{enb}} + G_{\text{ue}} - L_{\text{ue}} - M - (44,9 - 6,55 \cdot \log_{10}(h_{\text{enb}})) \cdot \log_{10}\left(\frac{d}{1000}\right) - 45,5 - (35,46 - 1,1 \cdot h_{\text{ue}}) \cdot \log_{10}(f_c) + 13,82 \cdot \log_{10}(h_{\text{ue}}) - 0,7 \cdot h_{\text{ue}} - C, \quad \text{дБм}$$

Жоғарыда келтірілген теңдеуді түрлендіре отырып, d_r ұяшықтар диапазонын анықтауға болады:

$$d_r = 10^{\left(3 + \frac{x}{44,9 - 6,55 \log_{10}(h_{\text{ant}})}\right)}, \text{ м} \quad (3)$$

мұндағы:

$$x = P_r + G_{\text{ant}} - L_{\text{ant}} + G_{\text{rec}} - L_{\text{rec}} - M - P_{\text{min}} - 45,5 - (35,46 - 1,1 \cdot h_{\text{rec}}) \cdot \log_{10}(f_c) + 13,82 \cdot \log_{10}(h_{\text{rec}}) - 0,7 \cdot h_{\text{rec}} - C \quad (4)$$

Бұл теңдеу радиохабарын ашуды жоспарлау үшін пайдаланылатын негізгі құрал болып табылады.

Қорытынды

Эксперименттік жолмен алынған нәтижелер еліміздің магистральды темір жол желісінде ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін радиоблокировка жүйесін қолдану кезінде цифрлық радиобайланыс жүйесінің пайдалану сипаттамаларын одан әрі анықтауға мүмкіндік береді.

Пайдаланған деректер тізімі

1 **Сансызбай, К. М.** Метод взаимодействия по радиоканалу, обеспечивающий информационную безопасность движения поездов [Текст]: Сансызбай К. М., Куандыков А. А. Программа XLIV Международной научно-практической конференции КазАТК им. М. Тынышпаева «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», – Алматы : 2020. – С. 56–59.

2 **Бахтиярова, Е. А.** Сравнительный анализ микропроцессорной централизации стрелок и сигналов [Текст]: Бахтиярова, Е. А., Сансызбай К. М. Вестник Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева Серия «Технические науки и технологии». – Астана, 2018, – № 2 (123). – С. 30–36.

3 **Сансызбай, Қ. М.** Еліміздің темір жол желілерінде ұлттық «Kazakhstan Train Control Systems» жүйесін енгізу арқылы пойыздар қозғалысының ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету [Текст]: Сансызбай Қ. М., Куандыков А. А. «Интеллектуалдық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар – «Қазақстан-2050» стратегиясы аясында үшінші индустриалды революцияны жүзеге асырудың құралы»: V Халықаралық ғылыми практикалық конференция баяндамалар жинағы. – Астана, 2018. – Б. 460–463.

4 EN 50159-1 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety-related communication in transmission systems [Текст].

5 EN 50159-2 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling [Текст].

6 **Зорин, В. И.** Локомотивные устройства обеспечения безопасности движения [Текст]: Зорин В. И., Алабушев И. И., Титов В. П. ЦПИИТЭИ. Серия «Сигнализация и связь» – М., 2004. – С. 39–60.

7 **Гью, Б.** Система передачи данных с защитой от опасных отказов [Текст]: Гью Б. Alsthom Review. – 1987. – № 7. – С. 51–62.

8 **Sansyzbay, K. M.** Radio communication channel interaction method, maintaining train performance information security [Текст]: Sansyzbay K. M., Kuandykov A. A., Bakhtiyarova Ye. A., Vlasenko S. V., Mamyrbayev O. Zh. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – Islamabad, 2020. – Vol.98. № 06. – P. 957–969.

References

1 **Sansyzbay, K. M.** A method of interaction over a radio channel that ensures the information security of train traffic [Sansyzbay K. M., Kuandykov A. A. Program of the XLIV International Scientific and Practical Conference KazATK named after M. Tynyshpayeva «Innovative technologies in transport: education, science, practice»] [Text]. Almaty. – 2020. – P. 56–59.

2 **Bakhtiyarova, E. A.** Comparative analysis of microprocessor centralization of arrows and signals / [Bakhtiyarova, E. A., Sansyzbay K. M. Bulletin of the Eurasian National University named after L. N. Gumilyov Series «Engineering Science and Technology»] [Text]. – Astana, 2018, – № 2 (123). – P. 30–36.

3 **Sansyzbay, K. M.** Ensuring information security of train traffic through the introduction of the national system «Kazakhstan Train Control Systems» on the country's railway networks / [Sansyzbay K. M., Kuandykov A. A. «Intellectyaldyq apparattyq jáne kommunikatsiyalyq tehnologiyalar – «Qazaqstan-2050» strategiysy aiaasynda úshinshi indýstrialdy revolúsiyany júzege asyrydyń quraly»: V Halyqaralyq ғылыми praktikalyq konferentsia baıaandamalar jınaǵy] [Text]. – Astana, 2018. – P. 460–463.

4 EN 50159-1 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety-related communication in transmission systems [Text].

5 EN 50159-2 Railway applications – Communication, signalling and processing systems – Safety related electronic systems for signalling [Text].

6 **Zorin, V. I.** Locomotive safety devices, traffic / [Zorin V. I., Alabushev I. I., Titov V. P. SEITEI. Series «Alarm and communication»] [Text] – M., 2004. – P. 39–60.

7 **Guo, B.** Data transmission system with protection against dangerous failures / Guo, B. Alsthom Review [Text]. – 1987. – № 7. – P. 51–62.

8 **Sansyzbay, K. M.** Radio communication channel interaction method, maintaining train performance information security [Текст]: Sansyzbay K. M., Kuandykov A. A., Bakhtiyarova Ye. A., Vlasenko S. V., Mamyrbayev O. Zh. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. – Islamabad, 2020. – Vol.98. № 06. – P. 957–969.

К. М. Сансызбай¹, А. А. Кисманова², Л. А. Соболева³

Обеспечение безопасности информации при передаче данных в действующей системе радиоблокировки на сети железных дорог Казахстана

¹Академия логистики и транспорта,
Республика Казахстан, г. Алматы;

^{2,3}Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
Республика Казахстан, г. Нур-Султан.

Материал поступил в редакцию 19.03.21.

К. М. Sansyzbay¹, А. А. Kismanova², L. A. Soboleva³

Ensuring the security of information when transferring data in the existing radio blocking system on the railway network of Kazakhstan

¹Academy of Logistics and Transport,
Republic of Kazakhstan, Almaty;

^{2,3}S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 19.03.21.

В данной работе рассматриваются принципы передачи данных по радиоканалу, цели обеспечения безопасности информации, а также угрозы при передаче информации по радиоканалу. Для экспериментального определения данных о пропускной способности канала, времени прохождения пакетов, данных о потере пакетов в радиосети проведены эксперименты взаимодействия с поездом по цифровому каналу связи с учетом требований по информационной безопасности. Проведенные эксперименты показывают, что при любом размере пакета в системе цифровой радиосвязи стандарта при увеличении нагрузки на систему увеличивается время прохождения пакетов. С помощью эксперимента было доказано, что система удовлетворяет требованиям для времени прохождения пакетов для скорости передачи до 1,4 кбит/с. Начиная с нагрузки 1,6–2,0 кбит/с время прохождения пакетов становится неприемлемо большим и одновременно с этим, растет процент потерянных пакетов. При проведении эксперимента рассмотрены вопросы связи центра радиоблокировки и центра коммутации TETRA, увязки центра радиоблокировки с системами электрической централизации, модернизации бортового оборудования локомотива, проверки алгоритмов работы бортового и стационарного оборудования. Установлено, что эксплуатационные характеристики системы

цифровой радиосвязи стандарта TETRA приводят к регулярным сбоям системы радиоблокировки.

Ключевые слова: информационная безопасность, цифровой канал, время прохождения пакетов, радиосеть, стандарт TETR.

The work herein considers the principles of radio communication channel data transfer, aims of information security maintenance, as well as threats when transmitting information over a radio channel. For experimental determination of the data on channel capacity, batches transit time, data on batches loss in radio net there have been carried out the experiments of interaction with a train along the digital communication channel with account of requirements to information security. The experiments show that for any packet size in the digital radio communication system of the standard, the time of packet transmission increases with an increase in the load on the system. It has been experimentally proven that the system meets the requirements for packet transit time for transmission rates up to 1.4 kbit/s. Starting with a load of 1.6–2.0 kbit/s, the packet transit time becomes unacceptably long and at the same time, the percentage of lost packets increases. In the experiment, the questions of when the radio interlocking center and center switching TETRA, link centre radio interlocking systems of electric centralization, modernization of avionics locomotive, testing the algorithms on-Board and stationary equipment. It is established that the operational characteristics of the digital radio communication system of the TETRA standard lead to regular failures of the radio blocking system.

Keywords: information security, digital channel, batches transit time, radio network, TETRA standard.

Теруге 19.03.2021 ж. жіберілді. Басуға 29.03.2021 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

17,4 Мб RAM

Шартты баспа табағы 21,0. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3746

Сдано в набор 19.03.2021 г. Подписано в печать 29.03.2021 г.

Электронное издание

17,4 Мб RAM

Усл. печ. л. 21,0. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Шукурбаева

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3746

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik.tou.edu.kz