







DOI 10.51885/1561-4212_2025_4_236
FTAXP 27.31.19

ШАЛҒАЙ ӨҢІРЛЕРДЕ АВТОМОБИЛЬДІК БАЙЛАНЫС КЕШЕНІН ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО КОМПЛЕКСА СВЯЗИ В ОТДАЛЁННЫХ РЕГИОНАХ

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING A VEHICLE-MOUNTED COMMUNICATION COMPLEX IN REMOTE REGIONS

А.М. Темірболат ^{1*}, А.Д. Мухамеджанова ¹, Қ.С. Чежимбаева ¹,
Ж.Д. Манбетова ²

¹«Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КеАҚ, Алматы қ.,
Қазақстан

²«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана қ., Қазақстан

*Жауапты автор: Аманжол Темірболат, E-mail: am.temirbolat@aues.kz

Түйінді сөздер:

автомобильдік байланыс
кешені (АКС), шалғай
өңірлер, геостационарлық
жерсерік, VSAT, байланыс
кідірісі (ping).

ТҮЙІНДЕМЕ

Шалғай және оқшау өңірлерде тұрақты әрі сапалы байланыс қызметтерін қамтамасыз ету цифрлық теңдікті дамыту мен әлеуметтік-экономикалық өсуді қолдау үшін маңызды міндет болып табылады. Осы зерттеудің мақсаты – мобильді жерсеріктік байланыс жүйесінің техникалық мүмкіндіктері мен тиімділігін нақты пайдалану жағдайында бағалау. Әдістемелік тұрғыда желі кідірісі, деректерді беру жылдамдығы, сигнал-шум қатынасы және байланыс тұрақтылығы тәжірибелік өлшеулер арқылы талданды. Нәтижелер жүйенің орташа 7,5 Мбит/с жүктеу, 0,5 Мбит/с жіберу жылдамдығын және шамамен 750 мс кідірісті қамтамасыз ететінін көрсетті. Практикалық маңызы – төтенше жағдайларда, экспедицияларда және шалғай қауымдастықтарда кеңжолақты байланысты қолдану мүмкіндігінде көрініс тапты. Теориялық тұрғыда бұл зерттеу мобильді жүйелерді жетілдіруге негіз бола алады. Болашақ зерттеулер қызмет сапасын арттыру және жаңа қолдану сценарийлерін дамытуға бағытталуы мүмкін.

Ключевые слова:

автомобильный комплекс
связи (АКС), отдаленные
регионы,
геостационарный
спутник, VSAT,
задержка связи (ping).

АННОТАЦИЯ

Обеспечение стабильных и качественных услуг связи в удалённых регионах является важной задачей для сокращения цифрового разрыва и поддержки социально-экономического развития. Цель данного исследования – оценить технические возможности, надёжность и эффективность мобильной спутниковой системы связи в реальных условиях эксплуатации. Для этого использовались экспериментальные измерения сетевой задержки, скорости передачи данных, отношения сигнал/шум и стабильности соединения. Результаты показали, что система обеспечивает скорость загрузки до 7,5 Мбит/с и передачи до 0,5



Мбит/с при средней задержке около 750 мс. Потери пакетов не зафиксированы, что подтверждает высокое качество и надёжность канала. Практическая значимость заключается в возможности применения системы в чрезвычайных ситуациях, экспедициях и удалённых сообществах. Теоретическая ценность состоит в развитии новых моделей спутниковых систем. Перспективы дальнейших исследований связаны с повышением качества обслуживания и расширением сценариев применения.

Keywords:

automotive communication complex (ACC), remote regions, geostationary satellite, VSAT, communication latency (ping).

ABSTRACT

Providing stable and high-quality communication services in remote regions is a crucial challenge for achieving digital inclusion and supporting socio-economic development. The purpose of this study is to evaluate the technical capabilities, operational reliability, and efficiency of a mobile satellite communication system under real-world conditions. The methodology included experimental measurements of network latency, data transmission speeds, signal-to-noise ratio, and connection stability. The results demonstrated download speeds of up to 7.5 Mbps and upload speeds of up to 0.5 Mbps with an average latency of about 750 ms. No packet loss was observed, confirming high quality and reliability. The practical significance lies in the system's ability to provide broadband access for multiple users during emergencies, expeditions, and in remote communities. The theoretical value is reflected in advancing models of mobile satellite systems. Future research should focus on improving service quality and expanding application scenarios.

КІРІСПЕ

XXI ғасырда шалғай өңірлерде телекоммуникация қызметтеріне тұрақты қолжетімділікті қамтамасыз ету – ғаламдық деңгейдегі өзекті міндеттердің бірі болып табылады (International Telecommunication Union, 2021).

Әлемдік үрдістерге сәйкес, географиялық тұрғыдан оқшауланған ауылдық елді мекендерде цифрлық теңсіздік деңгейі жоғары, бұл тікелей әлеуметтік-экономикалық дамудың көрсеткіштеріне әсер етеді (OneWeb, 2021). Байланыс қызметтері білім беру, денсаулық сақтау, мемлекеттік қызметтер және коммерциялық қатынастар салаларында маңызды рөл атқарады.

Әлемнің көптеген елдері бұл мәселені шешу үшін жерсеріктік технологияларды қолданады (Abdullah et al., 2003; Asia Satellite, n.d.). Әсіресе өте шағын терминал жүйелері (VSAT) шалғай өңірлерді интернетпен қамтуда тиімді шешім ретінде кеңінен танылуда. Қазақстан Республикасының географиялық ерекшеліктерін ескере отырып, мұндай технологиялар аймақтық цифрлық теңсіздікті еңсеруде маңызды рөл атқарады (Bolton Technical, 2025; SpaceX, 2023).

Осы мақалада көлік құралдарына интеграцияланған автомобильдік байланыс кешенінің (АКС) тиімділігі талданады. Тәжірибелік деректер негізінде кешеннің техникалық құрылымы, жұмыс істеу принциптері, өрістету жылдамдығы және шалғай өңірлерде қолдану мүмкіндіктері қарастырылған. Сондай-ақ, АКС технологиясының жерсеріктік байланыс саласындағы басқа баламалы шешімдермен салыстырмалы сипаттамасы берілген (Gilat Satellite Networks, n.d.-a; Huston, 2022).



1-сурет. Автомобильдік байланыс кешені (АКС)

Ескерту – автормен құрастырылған

ЗЕРТТЕУ МАТЕРИАЛДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ

Осы зерттеу жұмысы аясында қолданылған негізгі материалдар:

- Автомобильдік жерсеріктік байланыс кешенінің (АКС) техникалық сипаттамалары;
- SkyManage басқару жүйесінің телеметрия деректері;
- Өрістету жылдамдығы мен байланыстың сапалық көрсеткіштері бойынша практикалық тест нәтижелері.

Зерттеу барысында қолданылған әдістер:

- Пайдаланылған спутниктік арнаның кідірісін (ping) өлшеу;
- Байланыс арналарының өткізу қабілетін (throughput) сынау;
- Сигнал сапасын (E_s/N_0) бағалау;
- Пакет жоғалту және қайта жіберу оқиғаларын бақылау.

Өлшеулер арнайы жабдықталған мобильді зертханалық кешен арқылы, нақты шалғай аймақта (инфрақұрылымсыз өңірде) жүргізілді. Байланыс сапасы күндізгі және түнгі уақыттарда әртүрлі метеорологиялық жағдайда тестіленді. Нәтижелер статистикалық тұрғыда өңделіп, орташа мәндер есептелді.

Модуляция және сигнал өңдеу. Зерттелген VSAT модемі деректерді тиімді тарату үшін озық модуляция түрлерін пайдаланады. Тәжірибелік кешенде терминалдың хабқа жіберу арнасында 16-QAM 1/2 модуляциясы қолданылғаны анықталды (яғни әр символ 4 бит ақпарат тасымалдайды). Мұндай жоғары ретті модуляция арна өткізу қабілетін арттырады, бірақ сигнал-шумға қатынас талабы да жоғары болады (шамамен $E_s/N_0 > 10$ dB қажет). Хабтан терминалға жіберілетін төменгі ағым әдетте DVB-S2 стандарты бойынша QPSK немесе 8-PSK түрінде модуляцияланады. Біздің жағдайда жерсеріктен қабылданған сигнал сапасы $E_s/N_0 \approx 11$ дБ болғандықтан, демодуляция қалыпты жүзеге асты және терминал өз кезегінде кері арнада 16-QAM қолдана алды. Бұл деңгей ашық аспан жағдайындағы Ku-желісі үшін күтілетін көрсеткіш және байланыс сенімділігін қамтамасыз етеді. Арна сапасы нашарласа, ACM аясында модем автоматты түрде QPSK тәрізді қарапайым модуляцияға көшеді.

АКС кешенінің жұмысы SkyManage веб-интерфейсі арқылы басқарылады. Бұл платформаның көмегімен терминалдың бастапқы конфигурациясын орнатып, антеннаны дұрыс бағыттауға және желі телеметриясын қадағалауға болады. 2-сурет және 3-сурет АКС терминалының ақпараттық парағы мен жергілікті желі кестесінен үзінділерді көрсетеді.



VSAT Information

Info VSAT ID	2021	
MAC Address	00A0AC250565	
Serial Number	2118271568	
HW Group	HT-VSAT-S2	
HW Version	0x0	
Factory MBC Version	2.0.2.9	
Running MBC Version	2.0.4.1	
SW Version	96.2.3.7	
Up Time	000 days 10:52:51	
Last Logon Time	02-APR-25 02:09:36	
Last Disconnect Cause	Power Up	
Current CPU Utilization	10 %	
Max CPU Utilization	18 %	
Factory Part Number	579200008	
OTA Part Number	4294967295	
Active Part Number	579200008	
OTA Part Number Date	Not available	
CPE ID	7-283	
Network Segment Id	1	
Board Temperature	- °C	
BUC LO Telemetry	11800000 KHz	
LNB LO Telemetry	9750000 KHz	
VSAT Current Time	02-APR-25 12:59:34	

2-сурет. VSAT терминалының ақпараттық парағы (станцияның идентификаторы, MAC адресі, жабдық версиялары мен бағдарламалық нұсқалары көрсетілген)
Ескерту – автормен құрастырылған

The screenshot displays two sections of a network management interface. The top section, titled 'ARP Tables', shows a table for 'Table for VLAN' with columns for IP address and MAC address. The bottom section, titled 'LAN Ports', shows a table for 'Lan Ports Telem Table' with columns for Port State, Tagging Mode, PortSpeed, PortDuplex, Configured VLANs, Port Total In Bytes, Port Total Out Bytes, and Port Total In Packets.

LAN Ports Telem Table Index	Port State Telem	Tagging Mode	PortSpeedTelem	PortDuplexTelem	Configured VLANs	Port Total In Bytes	Port Total Out Bytes	Port Total In Packets
1	Connected	Trunk	100 Mbps	Full Duplex	3774 3771 322 3775	448713266	99096235	2145487

3-сурет. VSAT терминалының ARP кестесі (жергілікті желіде байланысып тұрған құрылғылардың IP және MAC адрес сәйкестіктері) және LAN порт күйі. Порт trunk режимінде 100 Мбит/с Full-Duplex жұмыс істеп тұрғаны, қателер тіркелмегені көрсетілген
Ескерту – автормен құрастырылған

Интерфейс арқылы терминалдың желіге тіркелуі, қабылдау синхронизациясы, LAN порттарының күйі, құрылғының жұмыс уақыты сияқты мәліметтер және ARP кестесі мен Ethernet порттарының статистикасы бақыланады. Жергілікті желінің дұрыс конфигурациялануы нәтижесінде терминалдың Ethernet порты 100 Мбит/с толық



дуплексте қателіксіз жұмыс істегені байқалды, бұл автомобильдік кешен үшін жергілікті өткізу жолағының жеткілікті екенін көрсетеді. Жалпы, АКС жүйесінің аталған техникалық ерекшеліктері шалғай өңірлерде байланыс орнатуда үлкен мүмкіндік беретінін көрсетеді. Енді осы кешенді тәжірибе жүзінде сынақтап, оның нақты өнімділік көрсеткіштерін қарастырайық.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Зертханалық және далалық сынақтар барысында автомобильдік жерсеріктік байланыс кешені арқылы деректер алмасып, негізгі көрсеткіштері өлшенді. Төменде АКС өнімділігін сипаттайтын сынақ нәтижелері – желі кідірісі (ping RTT), өткізу жылдамдығы (throughput), сигнал деңгейі мен сапасы (Es/N0), сондай-ақ жүйе журналдары – дәйектілікпен талданады.

Ping kідірісі (RTT). Алдымен жерсерік арқылы байланыс арнасының кешігуін өлшеу үшін ICMP (ping) пакеттері жіберілді. Терминал арқылы ғаламтордағы Google DNS серверіне (8.8.8.8) 64 байттық 5 пакеттік ping орындалғанда, орташа дөңгелек сапар уақыты ~764 мс, минималды 700 мс, максималды 860 мс, пакет жоғалуы 0 % болды (4-сурет).

```
RCST-1554>ping 8.8.8.8 -v 24 -n 5

Pinging 8.8.8.8 (8.8.8.8) with 64 bytes of data:
Reply from 8.8.8.8 bytes=64 ttl=105 seq=0 time=860ms
Reply from 8.8.8.8 bytes=64 ttl=105 seq=1 time=700ms
Reply from 8.8.8.8 bytes=64 ttl=105 seq=2 time=740ms
Reply from 8.8.8.8 bytes=64 ttl=105 seq=3 time=700ms
Reply from 8.8.8.8 bytes=64 ttl=105 seq=4 time=820ms

--- 8.8.8.8 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 12820 ms
rtt min/avg/max = 700/764/860 ms
```

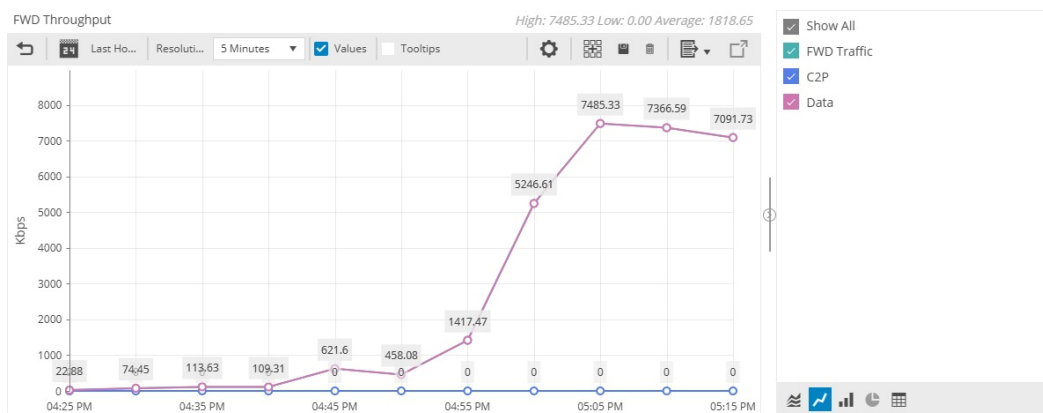
4-сурет. Ping утилитасымен кешігу уақытын өлшеу нәтижелері. 5 пробалық пакеттің барлығы жетті; ең төменгі RTT ~700 мс, ең жоғарғысы ~860 мс, орташа мәні 764 мс шамасында
Ескерту – автормен құрастырылған

Жерсеріктік байланыс үшін ~0,7–0,8 секундтық жалпы RTT кешігу қалыпты жағдай екенін атап өткен жөн. Геостационарлық жерсеріктің экватор үстіндегі биіктігі ~35 786 км болғандықтан, электромагниттік сигналдың бір жақты өту уақыты ~240 мс құрайды; толық айналым (терминал–спутник–хаб–спутник–терминал) кемінде ~480 мс болады. Жердегі желідегі маршрутизация және өңдеу кідірістерін қоса есептегенде, практикада GEO спутник арқылы байланыс RTT әдетте 600 мс төңірегінде болады. Біздің тәжірибеде алынған 700–800 мс көрсеткіштері сол теориялық негізге сай: артық кідіріс провайдердің жердегі шлюзіндегі өңдеу уақыты мен желі жүктемесіне байланысты туындауы мүмкін. ~0,8 секундтық кешігу дауыстық байланыс пен бейнеконференция кезінде сәл қолайсыздық тудырғанымен, жалпы интернет-серфинг, электрондық пошта, телеметрия сияқты қызметтер үшін қолайлы деп бағаланады. Әрине, жерсеріктік байланыс талшықты оптика немесе ұялы желімен бәсекелесе алмайтын ең осал тұсы – осындай жоғары латенттілік. Бірақ шалғай өңірде балама жерүсті инфрақұрылым болмағанда, АКС кешені ұсынатын 700–800 мс кідірісті байланыс та тұрғындар мен мамандар үшін үлкен мүмкіндік болары сөзсіз.

Деректер өткізу жылдамдығы (throughput). АКС арқылы нақты қандай өткізу қабілетіне қол жеткізуге болатынын анықтау үшін трафик генерацияланып, желі жүктелген кездегі жылдамдық өлшенді. SkyManage телеметриясының FWD Throughput және RTN

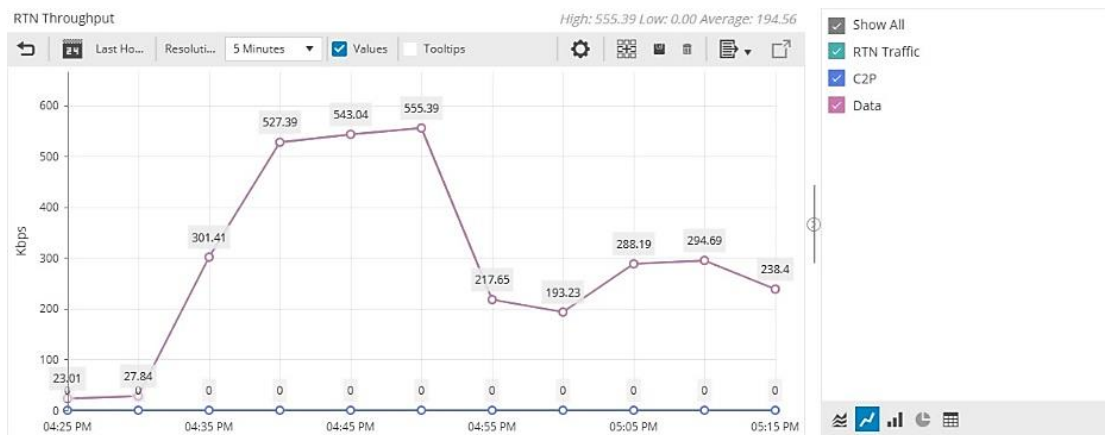


Throughput графиктеріне сәйкес, терминалдың қабылдау арнасы (forward/downlink) шамамен 7,5 Мбит/с деңгейіне дейін жеткен, ал жіберу арнасы (return/uplink) ең шыңында ~0,55 Мбит/с шамасында тіркелді (5-сурет және 6-сурет).



5-сурет. Forward (жерсеріктен терминалға) бағыттағы өткізу жылдамдығының уақыттық графигі. Соңғы бір сағат ішінде ең жоғары жылдамдық ~7485 kbps (~7,5 Мбит/с), ал орташа ~1818 kbps шамасында болған

Ескерту – автормен құрастырылған



6-сурет. Return (терминалдан жерсерікке) бағыттағы өткізу жылдамдығының графигі. Ең жоғары шың ~555 kbps (~0,55 Мбит/с) байқалды, орташа ~195 kbps деңгейінде

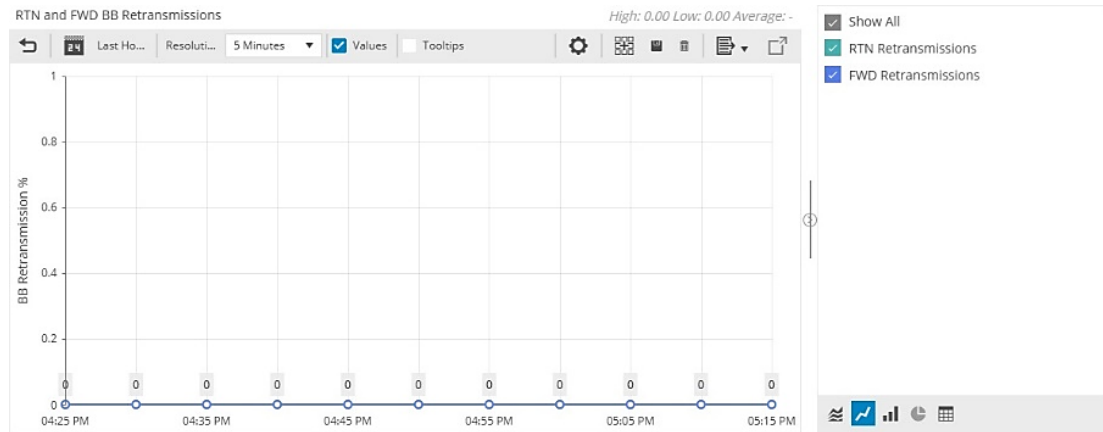
Ескерту – автормен құрастырылған

Орташа алғанда соңғы бір сағат ішінде қабылдау жылдамдығы ~1,8 Мбит/с, жіберу жылдамдығы ~0,2 Мбит/с болды. Бұл көрсеткіштер сол уақыт аралығындағы желі қолданылуына байланысты өзгерді: тест барысында кей уақытта деректер жіберіліп, кей уақытта байланыс бос тұрды. Сурет 5 және Сурет 6 графиктерінде уақыт бойынша жылдамдықтың өзгеруі мен High (ең жоғары), Low (ең төмен), Average (орташа) мәндері автоматты түрде есептелгені көрсетілген.

Өлшенген нәтижелерге сүйенсек, зерттелген АКС кешені шамамен 8/0,5 Мбит/с (жүктеу/жіберу) байланыс жоспары бойынша жұмыс істеген деуге болады. Шынында да, 7,5 Мбит/с шамасындағы максималды қабылдау жылдамдығы провайдер тарапынан 8 Мбит/с шектеуі барын, ал 0,55 Мбит/с шыңды жіберу жылдамдығы 512 кбит/с тарифтік шекке сай екенін көрсетті. Коммерциялық VSAT қызметтерінде дәл осындай жылдамдық профилі кең таралған (мысалы, SageNet компаниясының VSAT қызметі максимум 6 Мбит/с



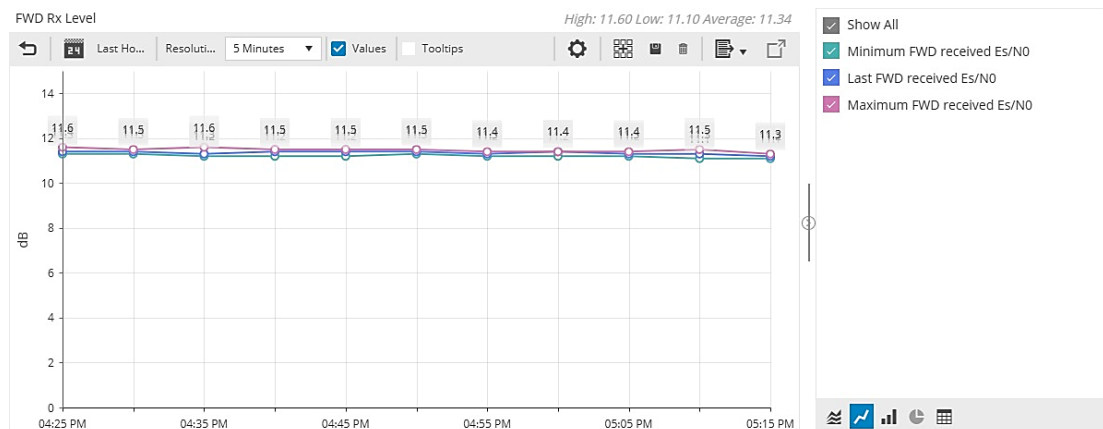
жүктеу және 3 Мбит/с жіберу жылдамдығын береді). Ал Inmarsat BGAN тәрізді портативті терминалдардың тек ~0,5 Мбит/с деңгейіне мүмкіндігі барын ескерсек, АКС кешені айтарлықтай жоғары өткізгіштік қабілетін қамтамасыз ете алады. Байқалған тағы бір жайт – өлшеу кезінде пакет жоғалуы немесе қайта жіберілулердің болмауы. Терминал модемі қате пакеттерді анықтап, қажет жағдайда Automatic Repeat reQuest (ARQ) механизмімен қайта жіберуге тиіс. SkyManage интерфейсында Retransmissions графигінде High, Low, Average мәндерінің бәрі 0.00 болып тұр (7-сурет), яғни тест барысында деректерді қателікке бола қайта жолдау оқиғалары тіркелмеген. Бұл байланыс сапасының өте жақсы екенін және пакеттер жоғалмайтынын білдіреді.



7-сурет. ARQ қайта жіберулер графигі (Return және Forward). Тәжірибе барысында ни Forward, ни Return бағытында қателіктен туындаған қайта жіберу оқиғалары болмаған (мәндері 0)

Ескерту – автормен құрастырылған

Сигнал деңгейі және сапасы. АКС тиімділігінің тағы бір маңызды көрсеткіші – жерсеріктік сигналдың қабылдау сапасы, оны сандық тұрғыда Es/N0 (символ энергиясының шу спектрлік тығыздығына қатынасы) арқылы бағалауға болады. Біздің кешен орталық хабтан келетін сигналды орта есеппен ~11,3 дБ Es/N0 деңгейімен қабылдады (8-сурет).



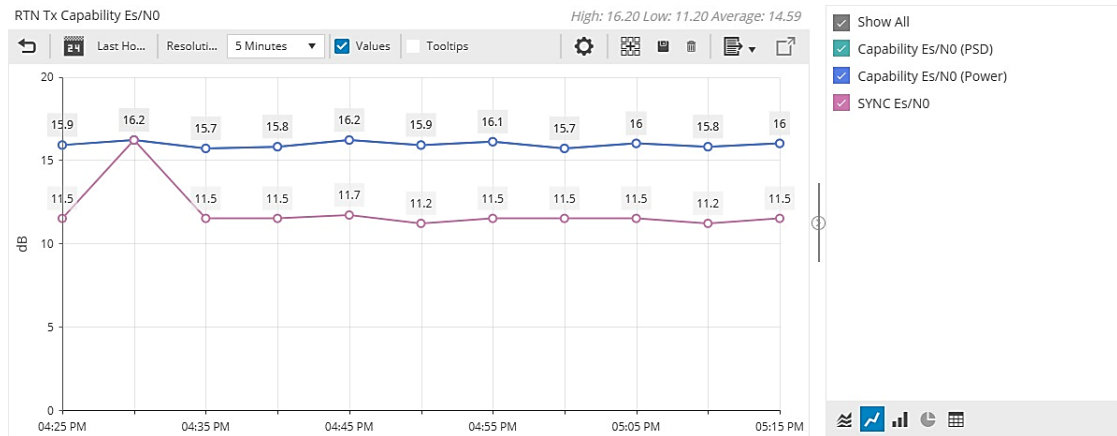
8-сурет. Forward бағытындағы қабылданған сигнал сапасы Es/N0 графигі. Орташа ~11,3 дБ деңгейінде, уақыт бойынша аса өзгермейді, бұл арнаның тұрақты екенін көрсетеді

Ескерту – автормен құрастырылған



Соңғы бір сағаттағы максималды мән 11,60 дБ, минималды 11,10 дБ болса, орташа 11,34 дБ болды. Бұл – өте тұрақты әрі жоғары деңгей, шамамен 0,5 дБ ғана ауытқу бар, демек байланыс арнасы тұрақты және сигнал жеткілікті күшпен қабылдануда. Мұндай сигнал-шум қатынасы QPSK 3/4, 8-PSK 2/3 сияқты модуляция/кодтау схемаларында сенімді қабылдау үшін әбден жеткілікті. Тіпті, біздің жағдайымызда терминал кері бағытта 16-QAM 1/2 қолданатындай сапа болды (жоғарыда атап өттік). Кадрлық қателердің болмауы да (ARQ қайта жіберулер 0 болуы) осы E_s/N_0 деңгейінің жеткіліктілігін көрсетеді.

Кері бағыттағы, яғни терминалдан хабқа жолданатын сигнал сапасын бағалау үшін $RTN Tx Es/N0$ көрсеткіші қаралды (9-сурет).



9-сурет. Return бағытындағы сигнал сапасының (E_s/N_0) көрсеткіші. Орташа ~14,6 дБ деңгейде, қажетті минимумнан әлдеқайда жоғары, яғни байланыс арнасы сенімді резервке ие
Ескерту – автормен құрастырылған

Графикте High = 16,2 дБ, Low = 11,2 дБ, Average \approx 14,6 дБ деп берілген. Демек, біздің терминалдан тараған сигнал хабта орта есеппен 14–15 дБ сапамен қабылданған. Бұл өте жоғары көрсеткіш, яғни хаб тарапынан сигнал оңай демодуляцияланады. Мұндай артық энергетикалық мүмкіндік терминалдың берілу қуатын азайтуға жұмсалуды ықтимал. VSAT жүйесінде әдетте терминал қажетті минимум деңгейде ғана қуат шығындап, қалған ресурсты сақтайды және кедергіні азайтады. Сондықтан 11–16 дБ аралығындағы өзгеріс терминалдың қуатты динамикалық реттеп отырғанын аңғартады – алыстағы жерсерікке сигналды жеткізу үшін қажет кезде күшейтіп, жағдай жақсы болғанда қайта төмендетеді. Қорыта айтқанда, АКС радиожолақ байланысының сигналдық деңгейлері өте қанағаттанарлық: әртүрлі ауа райы мен қоршаған орта жағдайларында жұмысты қамтамасыз ететін елеулі қор бар деген сөз.

Журнал жазбалары (Logs). Жүйе жұмысын бақылауда терминал оқиғаларының журнал файлы маңызды рөл атқарады. SkyManage интерфейсіне терминалдың ішкі журналын көруге мүмкіндік бар. Сынақ кезінде алынған Logs үзіндісінде негізінен қызметтік хабарламалар тіркелген: терминалдың сәтті жүктелуі, желілік күйінің өзгеруі туралы жазбалар және т.б. Мысалы, “Operational state changed” жазбалары терминалдың желіге тіркеліп Online күйіне өткені немесе ажырағаны жөнінде мәлімет береді. Біздің сынақ уақытымызда бір рет қысқа мерзімді ажырау орын алған болуы мүмкін (логта уақыт белгісімен көрінеді), бірақ жүйе тез арада қайта қосылып, жұмысын жалғастырған. Ешқандай күрделі қате немесе ақау туралы Ескертпе:тіркелмеген. Терминал үздіксіз бірнеше сағат бойы істеп тұрды, оның Up Time есептегіші де айтарлықтай жоғары мәнге жетті. Бұл көрсеткіштер жүйенің жалпы тұрақтылығын дәлелдейді (10-сурет).



Severity	User	Event Type	Date / Time	Event Type	Event Description
Normal		Operational state ch.	2 Apr 2023 7:08:30 AM	VSAT	Operational state: Online (details: IP 194.102)
Info	System	Boot process trace	2 Apr 2023 7:08:37 AM	VSAT	Details: Configuration sent to CPE
Info	System	Command performed	2 Apr 2023 7:08:39 AM	VSAT	Command "Reset" successfully executed (details: "MAC40:40:AC:25:05:45, IP1172.1.254.254, NS ID40, EPS ID40, Group ID40, LUID40")
Info	System	Command initiated	2 Apr 2023 7:08:39 AM	VSAT	"NAD" interface initiated command "Reset" with parameters ""
Info	System	Boot process trace	2 Apr 2023 7:08:39 AM	VSAT	Details: Authentication reply sent to CPE
Info	System	Boot process trace	2 Apr 2023 7:08:39 AM	VSAT	Details: Authentication request received from CPE
Info	System	CPE Booting	2 Apr 2023 7:08:39 AM	VSAT	Element state: Booting (Details: MAC address: "56A24C250545", at this VSAT ID: "0021", Last Disconnection Cause: "CPE sign-off as part of power up" RRC "1" NS"1")
Normal		Operational state ch.	2 Apr 2023 7:08:39 AM	VSAT	Operational state: Online (details: Satellite IP 194.102)
Major		Operational state ch.	1 Apr 2023 7:46:32 PM	VSAT	Operational state: Offline (details: IP 194.102)
Major		Operational state ch.	1 Apr 2023 7:42:04 PM	VSAT	Operational state: Offline (details: Satellite link down)

10-сурет. Терминал оқиғаларының журналы (Logs). Жүйе іске қосылғаннан кейін қалыпты «Booting», «Operational state changed» жазбалары көрінеді. Сынақ барысында критикалық қателер тіркелмегені байқалады

Ескерту – автормен құрастырылған

Жоғарыдағы тәжірибелік талдау нәтижелері АКС кешенінің техникалық тиімділігін көрсетеді. Жүйе арқылы тұрақты түрде бірнеше мегабит жылдамдықтағы деректер байланысын орнатуға болатыны, сигнал деңгейінің жақсы, ал пакет жоғалуының жоққа тән екені анықталды. Геоостационарлық спутниктің айырықша кемшілігі – үлкен кідіріс уақыты байқалса да, бұл кешен шалғай өңірлер үшін кең жолақты интернет пен байланыс шешімі ретінде сәтті қызмет ете алады. Келесі бөлімде АКС шешімін баламалы технологиялармен салыстырып, оның артықшылықтары мен шектеулерін нақтырақ қарастырамыз.

ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде автомобильдік жерсеріктік байланыс кешенінің (АКС) шалғай өңірлерде тиімді байланыс орнатудың сенімді және жылдам шешімі екені дәлелденді. Төмендегідей негізгі қорытындылар жасалды:

– АКС кешені орташа 7–8 Мбит/с деректер өткізу жылдамдығын және 0,5 Мбит/с кері арнаны қамтамасыз ете алады.

– Геоостационарлық спутникке тән кідіріс (700–800 мс) көрсеткіші қарастырылған байланыс түрлері үшін қолайлы болып табылады.

– Байланыс сапасы өте жоғары: жоғалған пакеттер немесе қайта жіберулер тіркелмеді.

– Кешенің жылдам өрістету мүмкіндігі және толық автономдылығы оны төтенше жағдайлар, экспедициялар және инфрақұрылымы жоқ аудандарда қолдануға мүмкіндік береді.

АКС жүйелері шалғай аудандардың әлеуметтік және экономикалық дамуына ықпал ете отырып, цифрлық теңсіздікті азайтуда маңызды рөл атқара алады. Болашақта осындай кешендердің функционалды мүмкіндіктерін кеңейту (мысалы, көпарналы спутниктік қолдау немесе ұялы байланыс станциясымен интеграция) өзекті бағыт болып қала береді.

МҮДДЕЛЕР ҚАЙШЫЛЫҒЫ: Автор мүдделер қайшылығы жоқ екенін мәлімдейді.

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНУ ТУРАЛЫ ХАБАРЛАМА: Осы ғылыми жұмысты дайындау барысында мәтінді құрылымдау, редакциялау және аннотацияны қысқарту кезеңдерінде генеративті жасанды интеллект құралы – OpenAI GPT-5 пайдаланылды. Барлық ғылыми тұжырымдар мен нәтижелер автордың жауапкершілігімен ұсынылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

Abdullah, M. A., Husni, E. M., & Hassan, S. I. S. (2003). Investigation of a rural telecommunication system using VSAT technology in Malaysia. Proceedings of the 9th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC 2003). <https://doi.org/10.1109/APCC.2003.1274223>



- Asia Satellite. (n.d.). Portable and vehicular VSAT antennas: Stay connected anywhere. Asia Satellite Communications. Retrieved April 15, 2025, from <https://asiasatellite.co/Mobile-VSAT-Systems>
- Axess Networks. (2019a). VSAT satellite technology: What is it and how does it work? Retrieved April 15, 2025, from <https://axessnet.com/en/vsat-satellite-technology-what-is-it-and-how-does-it-work/>
- Axess Networks. (2019b). Differences between BGAN and VSAT. Retrieved April 15, 2025, from <https://axessnet.com/en/differences-between-bgan-and-vsat/>
- Expedition Communications. (n.d.). Vehicle mounted mobile VSAT. Retrieved April 15, 2025, from <https://www.expeditioncommunications.com>
- Gilat Satellite Networks. (n.d.-a). Ka versus Ku-band: What makes the difference in VSAT technology? Retrieved April 15, 2025, from <https://www.gilat.com>
- Gilat Satellite Networks. (n.d.-b). SkyManage web interface guide (internal documentation).
- Huston, G. (2022, April 28). Using LEOs and GEOs. APNIC Labs Blog. Retrieved April 12, 2025, from <https://labs.apnic.net/index.php/2022/04/28/using-leos-and-geos/>
- Inmarsat. (2023). Broadband Global Area Network (BGAN). Retrieved April 15, 2025, from <https://www.inmarsat.com/en/products/bgan.html>
- International Telecommunication Union. (2021). Measuring digital development: Facts and figures 2021. ITU. Retrieved April 10, 2025, from <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2021.pdf>
- OneWeb. (2021). OneWeb: Bringing connectivity to the world's remotest places. Retrieved April 15, 2025, from <https://www.oneweb.world/media-center/oneweb-remote-connectivity>
- SageNet. (2020). Evaluating your satellite connectivity options. SageNet Blog. Retrieved April 15, 2025, from <https://www.sagenet.com/evaluating-your-satellite-connectivity-options/>
- SpaceX. (2023). Starlink overview. Retrieved April 15, 2025, from <https://www.starlink.com>
- Thuraya Telecommunications. (n.d.). Thuraya IP broadband. Retrieved April 15, 2025, from <https://www.thuraya.com/product/thuraya-ip/>
- Bolton Technical. (2025). Understanding satellite internet connectivity: GEO, LEO, and MEO satellites. Retrieved April 15, 2025, from <https://www.boltontechnical.com/blogs/news/-understanding-satellite-internet-geo-leo-meo>
- OpenAI. (2025, сәуір 20). Ғылыми мақаланың қаралым нұсқасын редакциялау және құрылымдау [Үлкен тілдік үлгі]. ChatGPT (GPT-5). <https://chat.openai.com/>

Авторлар туралы мәліметтер
Информация об авторах
Information about authors



Темірболат Аманжол Мұхитұлы – магистрант, «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, Алматы қ., Қазақстан

Темірболат Аманжол Мұхитұлы – магистрант, НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан

Temirbolat Amanzhol Mukhituly – master's degree student, NAO "Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev", Almaty, Kazakhstan

e-mail: am.temirbolat@aes.kz

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7077-6045>



Мухамеджанова Альмира Далелханкызы – қауымдастырылған профессор, PhD, «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, Алматы қ., Қазақстан
Мухамеджанова Альмира Далелханкызы – ассоциированный профессор, PhD, НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан
Mukhamedjanova Almira Dalelkhankyzy – associate professor, PhD, NAO “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan
e-mail: a.mukhamedjanova@aes.kz
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3063-1340>



Чежимбаева Катипа Сламбаевна – профессор, т.ғ.к., «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, Алматы қ., Қазақстан
Чежимбаева Катипа Сламбаевна – профессор, к.т.н., НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева», г. Алматы, Казахстан
Chezhimbayeva Katipa Slambayevna – professor, c.t.s., NAO “Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after Gumarbek Daukeev”, Almaty, Kazakhstan
e-mail: k.chezhimbayeva@aes.kz
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1039-1629>



Манбетова Жанат Дусенбаевна – PhD, қауымдастырылған профессор м.а., «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КЕАҚ, Астана қ., Қазақстан
Манбетова Жанат Дусенбаевна – PhD., и.о. ассоциированный профессор, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», г. Астана, Казахстан
Manbetova Zhanat Dusenbaevna – PhD, acting ass. professors, NCJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana, Kazakhstan
e-mail: zh.manbetova@kazatu.kz
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6716-4646>