

Development of intelligent services in telecommunications networks using IoT

A.T. Ayapbergenova, G.B. Durmen*, N.K. Smailov, G.T. Ayapbergenova

Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: g.durmen@satbayev.university

Abstract. This article examines how to develop intelligent services in telecommunications networks using IoT. IoT plays a crucial role in telecommunications networks as it enables the connection of multiple devices to the internet and facilitates data exchange between them. For fast and stable information transfer between IoT devices, telecommunications infrastructure is of key importance. IoT can be applied not only in telecommunications networks but also in other fields. IoT systems, utilizing various technologies, demonstrate how telecommunications infrastructure can be developed. In my article, I will discuss specific areas where IoT is applied, various IoT applications, and how they contribute to intelligent development. The article explores the development of intelligent services in telecommunications networks using IoT technologies. The study proposes the BRT (Balanced Resource Transmission) algorithm based on Edge Computing, which optimizes the operation of IoT systems. Additionally, the MAS-LSTM method (Multi-Agent System + Long Short-Term Memory neural network) is used to improve anomaly detection accuracy. These data are applied for monitoring production processes. The use of IoT contributes to the intelligent development of telecommunications networks.

Keywords: *IoT, telecommunications, edge computing, BRT algorithm, MAS-LSTM, 5G-IoT, blockchain, artificial intelligence.*

1. Кіріспе

Бұл мақалада электр энергетикасында қолданылатын IoT жүйелеріндегі кешігуді азайту үшін жұмыс жүктемесін тарату механизмі ұсынылған. Edge computing технологиясы Бір edge түйіннің ресурстары шектеулі болғандықтан, көп edge түйіндер арасында жүктемені оңтайлы тарату маңызды. Кешігуді азайту үшін ресурстарды оңтайлы бөлу және тапсырмаларды тиімді жоспарлау әдістері ұсынылған. Ұсынылған BRT алгоритмі кешігуді 9.1%-дан 26.4%-ға дейін азайтады. Edge computing пен IoT синергиясы нақты уақыттағы басқару және мониторинг үшін тиімді шешім болып табылады [1]. Интеллектуалды өнімдерге арналған сенсор-бұлт жүйелерінің (Sensor-Cloud Systems, SCS) сенімділігін арттыру әдістері қарастырылды. Авторлар сенімділікті жақсартатын бес негізгі аймақты көрсеткен. Олар: Желі байланысының өнімділігі, автоматты түрде қалпына келтіру, локалды резервтік сақтау, бағдарламалық жасақтаманы автоматты тестілеу, жүйе қауіпсіздігі [2]. Бұл мақала 5G технологиясының дамуына байланысты IoT жүйелерінің келешегін талқылайды. 5G технологиясы IoT құрылғыларының деректер тасымалдау жылдамдығын арттырып, кідіріс уақытын азайтады. Басты мәселелер: үлкен деректер тасқынын өңдеу, энергия тиімділігі, қауіпсіздік және құпиялылық, бірыңғай стандарттардың жоқтығы. 5G-IoT арқылы ақылды қалалар, ақылды денсаулық сақтау және автоматтандырылған өндіріс секілді салалар дами түседі. IoT құрылғыларының саны артқан сайын, сенімділік пен қауіпсіздікке қойылатын талаптар күшейеді [3]. Мақалада IoT технологиясының сымсыз телекоммуникациядағы соңғы жетістіктері қарастырылады.

IoT қазіргі таңда көптеген салада: денсаулық сақтау, көлік, ауыл шаруашылығы және экологияда қолданылады. Үлкен деректер ағынын басқару, (Big Data Management) қауіпсіздік және құпиялылық, жасанды интеллект, бұлттық есептеулер және блокчейнмен интеграция IoT-тің сымсыз байланыстардағы рөлі артып келеді. Блокчейн, бұлттық есептеулер және WBAN сияқты технологиялармен бірігуі болашақ даму бағыттарын анықтайды [4]. Бұл мақала гомоморфты шифрлау негізінде IoT құрылғыларынан жіберілетін деректерді қауіпсіз өңдеу мәселесіне арналған. Авторлар криптожүйе түрлендіру (cryptosystem conversion), деректерді буып-түю (data packing) және матрицалық өңдеу (matrix processing) әдістерін ұсынып, IoT құрылғыларының есептеу қабілеттерінің төмендігіне қарамастан қауіпсіз деректер өңдеуді жүзеге асыру мүмкіндігін қарастырады. Мақаладағы басты жаңалықтар: Жылдам криптожүйе түрлендіру алгоритмі – IoT құрылғыларынан алынған Combined Linear Congruential Generator (CLCG) шифрланған деректерді Damgård-Jurik (D-J) гомоморфты шифрлау әдісіне түрлендіреді. Деректерді буып-түю стратегиясы – бірнеше D-J шифрланған деректерді матрицалық операциялар арқылы бір уақытта өңдеу мүмкіндігін қарастырады. Криптоводяной белгі (crypto-watermarking) – деректердің тұтастығын (integrity) тексеру үшін Quark хеш-функциясы мен LSB (ең кіші бит) алмастыру әдісі қолданылған [5].

2. Зерттеу әдістері мен материалдары

IoT – жаңа дамып келе жатқан сала болғандықтан, оның жалпыға ортақ қабылданған анықтамасы әлі

қалыптаспады. Негізі әртүрлі мамандар мен ұйымдар IoT-ты өз көзқарастары мен басымдықтарына қарай түрліше сипаттайды. Әртүрлі ұйымдар ұсынған IoT анықтамалары 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Әртүрлі ұйымдар ұсынған IoT анықтамалары

Ұйымдар	Анықтамалар
CCSA	Физикалық әлемнен ақпарат жинай алатын немесе физикалық әлемдегі нысандарды басқаруға қабілетті құрылғылар желісі. Бұл құрылғылар қабылдау, есептеу, орындау және байланыс мүмкіндіктеріне ие. Олар адамдар мен заттар немесе заттар арасындағы байланысты ақпарат беру, жіктеу және өңдеу арқылы қолдайды [6].
ITU-T	Ақпараттық қоғамға арналған ғаламдық инфрақұрылым, физикалық және виртуалды заттарды байланыстыру арқылы жетілдірілген қызметтерді қамтамасыз етеді. Бұл қолданыстағы және дамып келе жатқан үйлесімді ақпараттық және коммуникациялық технологияларға негізделген [7].
EU FP7 CASAG RAS	Физикалық және виртуалды объектілерді деректерді жинау және байланыс мүмкіндіктерін пайдалану арқылы байланыстыратын ғаламдық желілік инфрақұрылым [8]
IETF	Стандартты байланыс хаттамаларына негізделген, бірегей мекенжайға ие өзара байланысты объектілердің әлемдік желісі [9]

Технологиялардың дамуына байланысты есептеу қуаты, сақтау көлемі және батарея сыйымдылығы артып, олардың бағасы төмендеуде, ал өлшемдері кішіреюде. Бұл үрдіс тану, байланыс және есептеу қабілеттеріне ие шағын электрондық құрылғылардың дамуына ықпал етеді. Мұндай құрылғыларды басқа құрылғыларға, жүйелерге және нысандарға енгізуге болады [10].

IoT келесі үш негізгі сипаттамаға ие болуы тиіс [11].

1. Жалпыға қолжетімді қабылдау (Comprehensive Perception): RFID, сенсорлар және екі өлшемді штрихкодтар арқылы объектілер туралы ақпаратты кез келген уақытта және кез келген жерде алуға мүмкіндік беріледі. Бұл жаңа мүмкіндіктердің есігін ашады, себебі ақпараттық-коммуникациялық жүйелер біздің қоршаған ортамызға көрінбейтін түрде біріктіріледі. Сенсорлық желілер адамдарға нақты әлеммен қашықтан өзара әрекеттесуге мүмкіндік береді. Мұнда объектілерді және олардың орналасуын сәйкестендіру технологиялары маңызды рөл атқарады. Физикалық әлемді тану мен сәйкестендіру – кешенді қабылдауды жүзеге асырудың негізі болып табылады.

2. Сенімді деректер беру (Reliable Transmission): Әртүрлі радио желілер, телекоммуникациялық желілер және интернет арқылы объектілер туралы ақпарат кез келген уақытта қолжетімді бола алады. Байланыс технологияларына сымды және сымсыз деректер беру, коммутациялық, желілік және шлюз технологиялары жатады. IoT физикалық, виртуалды, цифрлық әлем мен қоғам арасындағы өзара әрекеттестікті күшейтеді. Сонымен қатар, «Machine-to-Machine» (M2M) технологиясы «Заттар желісін» жүзеге асырудың негізгі технологиясы болып табылады, себебі ол M2M құрылғылары мен «Адам–Машина» (H2M), сондай-ақ «Мобильді құрылғы–Машина» (M2M) арасындағы байланыстарды қамтамасыз етеді.

3. Интеллектуалды өңдеу (Intelligent Processing): IoT құрылғылары арқылы жиналған деректер арнайы дерекқорларда сақталады, ал әртүрлі интеллектуалды

есептеу технологиялары, соның ішінде бұлттық есептеулер, IoT деректерін тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Желілік қызмет жеткізушілері бұлттық технологиялардың көмегімен ондаған миллион, тіпті миллиардтаған хабарламаларды лезде өңдей алады. Осылайша, бұлттық есептеулер IoT дамуын жеделдететін негізгі технологиялардың бірі болып табылады. IoT жүйелері келесі негізгі мүмкіндіктерге ие болуы қажет. Орынды анықтау және орын туралы ақпаратты бөлісу: IoT жүйесі IoT терминалдары мен соңғы түйіндерінің (end nodes) орналасқан жері туралы ақпаратты жинай алады, содан кейін осы деректер негізінде қызметтер ұсынады. Орналасу туралы ақпаратқа GPS, CellID, RFID және басқа да технологиялар арқылы алынған географиялық орналасу деректері, сондай-ақ объектілер арасындағы абсолюттік немесе салыстырмалы позиция мәліметтері жатады. IoT-тың типтік қосымшалары мыналарды қамтиды: а) Мобильді активтерді бақылау: Бұл қосымша объектілерге орнатылған орналасуды анықтау құрылғылары мен байланыс функцияларын пайдалана отырып, тауарлардың орнын бақылауға және қадағалауға мүмкіндік береді. б) Автопаркті басқару: Автопарктің менеджері бизнес талаптарына және көліктерден алынған нақты уақыттағы орын туралы ақпаратқа сүйене отырып, жүргізушілер мен көліктерді тиімді жоспарлай алады. с) Көлік қозғалысы туралы ақпараттық жүйе: Бұл жүйе көптеген көліктердің орналасу деректерін бақылау арқылы жолдағы жағдайлар мен кептелістер туралы ақпаратты ала алады. Осылайша, жүргізушілерге ең тиімді бағытты таңдауға көмектеседі. 2) Қоршаған ортаны сезу және талдау IoT жүйесі әртүрлі физикалық немесе химиялық қоршаған орта параметрлерін жергілікті немесе кеңінен орналастырылған терминалдар арқылы жинап, өңдей алады. Негізгі экологиялық параметрлерге температура, ылғалдылық, шу деңгейі, көріну, жарық қарқындылығы, спектрлік көрсеткіштер, радиация, ластану деңгейі (CO, CO₂ және т.б.), суреттер мен адам ағзасының көрсеткіштері жатады. Типтік қосымшалар мыналарды қамтиды: а) Қоршаған ортаны бақылау: IoT жүйелері қоршаған ортаны және экожүйені, мысалы, ормандар мен мұздықтарды бақылау, табиғи апаттарды (жанартау атқылауы, жер сілкінісі) бақылау, сондай-ақ өнеркәсіптік зауыттарды қадағалау үшін қолданылады. Бұл жүйелер сенсорлардан алынған экологиялық параметрлер негізінде автоматты дабыл беру жүйелерімен жабдықталған. б) Қашықтықтан медициналық бақылау: IoT пациенттің денесіне орналастырылған құрылғылардан үздіксіз көрсеткіштерді жинай отырып, денсаулық тенденцияларын талдап, пайдаланушыларға денсаулық туралы кеңестер бере алады. 3) Қашықтықтан басқару IoT жүйелері IoT терминалдарын басқаруға және объектілерден алынған деректерді қолдана отырып, белгілі бір командаларға сәйкес функцияларды орындауға мүмкіндік береді. а) Құрылғыларды басқару: IoT жүйесі арқылы пайдаланушылар тұрмыстық және өндірістік құрылғылардың жұмыс күйін қашықтан басқара алады. б) Төтенше жағдайларды басқару: Бұрыннан орнатылған бақылау жүйелеріне сүйене отырып, пайдаланушылар апаттық жағдайларды басқару құрылғыларын қашықтан іске қосып, апаттардан болатын шығындарды барынша азайта алады. 4) Ad Hoc

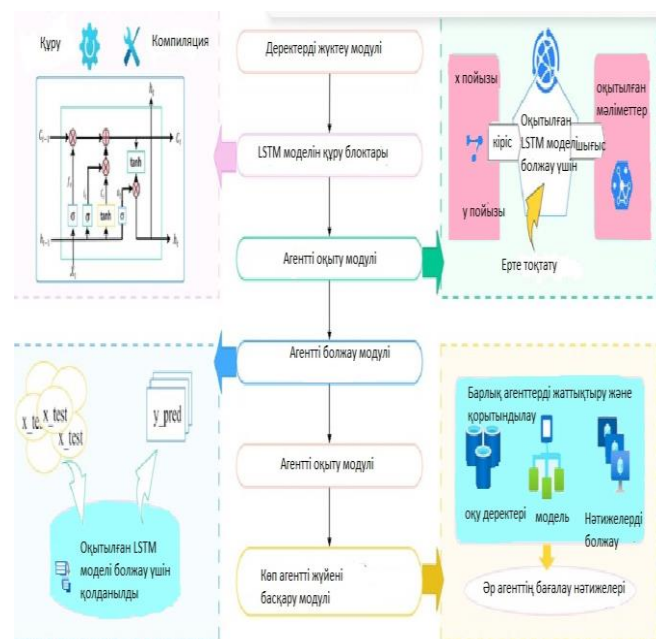
желілік өздігінен ұйымдасу мүмкіндігі IoT жүйесі жылдам өздігінен ұйымдасу қабілетіне ие болуы тиіс және желі/қызмет қабаттарымен өзара әрекеттесіп, қажетті қызметтерді ұсына алуы керек [12]. Мысалы, көлік желісінде мәліметтерді тасымалдау үшін көліктер мен жол инфрақұрылымдарының арасында өздігінен ұйымдасатын желі жылдам қалыптасуы мүмкін. 5) Қауіпсіз байланыс IoT жүйесі қосымшалар арасындағы деректерді тасымалдау кезінде қауіпсіз байланыс арналарын қамтамасыз ете алады. Бұл IoT қосымшаларының сенімділігі мен ақпараттық қауіпсіздігін арттыру үшін өте маңызды.

Кесте 2. IoT қосымшаларының қысқаша мазмұны

	Орынды анықтау және бөлісу	Қоршаған ортаны сезу	Қашықтағы басқару	Ad hoc желісі	Қауіпсіз байланыс
Электронды денсаулық сақтау	Мониторинг	✓	✓		✓
	Үйде күтім жасау	✓			
Интеллектуалды тасымалдау жүйелері (ITS)	Ақылды автопарк	✓			✓
	Автомобиль өнеркәсібі			✓	✓
Ақылды қала	Қоршаған ортаны бақылау	✓	✓		
	Қауіпсіздік		✓		✓
	Азық-түлік қадағалау	✓			
	Ақылды ауыл шаруашылығы		✓		
Өнеркәсіп	Процестерді бақылау		✓		
	Логистиканы басқару	✓			

Сервистік платформа және IoT терминалдары. Іс жүзінде IoT қосымшасы әр түрлі мүмкіндіктерден, тіпті қызмет көрсету талаптарына негізделген қосымшалардан тұрады. 2-кестеде әртүрлі IoT қосымшаларының мысалдары келтірілген. Бұл бөлімде көп агентті жүйе (MAS) мен ұзақ-қысқа мерзімді жады (LSTM) желілерін біріктіретін ұсынылған аномалияны анықтау жүйесі сипатталады. MAS-LSTM үлкейтілетін өнеркәсіптік IoT желілерінде масштабталу, икемділік және нақты уақыттағы анықтау мәселелерін шешуге арналған. Модельдің жалпылау қабілетін арттырып, артық үйренудің (overfitting) алдын алу үшін оқыту процесінде бейімделгіш (adaptive) Dropout стратегиясы енгізілді. Бұл стратегия оқыту барысында Dropout жылдамдығын динамикалық түрде реттейді: бастапқы кезеңде жоғары мәнді қолдана отырып, кейінірек оны біртіндеп төмендетеді. Бұл тәсіл модельдің бастапқы кезеңдерде артық үйренуін болдырмай, кейінгі кезеңдерде ұзақ мерзімді тәуелділіктерді тиімді түрде меңгеруге мүмкіндік береді. Бейімделгіш Dropout механизмі аномалияны анықтау дәлдігін төмендетпестен модельдің тұрақтылығын арттырады. Таратылған оқыту және уақыттық модельдеу әдістерін қолдану арқылы жүйе IoT трафигіндегі аномалияларды тиімді түрде

анықтайды. 2-суретте көрсетілген модульдік құрылым MAS-LSTM жүйесінің әрбір құрамдас бөлігі оның жалпы тұрақтылығы мен тиімділігіне үлес қосатындай етіп жасалған. MAS пен LSTM интеграциясы IoT желілеріндегі аномалияны анықтаудағы маңызды мәселелерді шешеді. MAS орталықтандырылмаған (децентрализованное) шешім қабылдау қабілетіне ие болғандықтан, агенттер деректердің жеке бөліктерімен автономды түрде жұмыс істей алады. Бұл тәсіл динамикалық IoT орталарында нақты уақыттағы қолданбалар үшін маңызды болып табылатын бірыңғай ақаулық нүктесінің (single-point failure) ықтималдығын төмендетеді. Сонымен қатар, әр агент құрамындағы LSTM желілері IoT трафигіндегі уақыттық тәуелділіктерді түсіре алады, бұл MAS-LSTM жүйесін жасырын ботнет (stealthy botnet) сияқты жүйелілікпен орындалатын аномалияларды анықтауға тиімді етеді. LSTM таңдаудың негізгі себебі – оның уақыттық қатарлардағы аномалияларды анықтау қабілеті, бұл IoT жүйелерінде жиі кездесетін құбылыс. MAS-тың икемділігі мен LSTM-нің дәлдігін біріктіру арқылы MAS-LSTM динамикалық және әртекті ортада дәстүрлі орталықтандырылған әдістерден жоғары өнімділік көрсете алады. Бұдан бөлек, MAS-LSTM модульдік дизайны жаңа агенттерді оңай біріктіруге мүмкіндік береді және анықтау дәлдігін төмендетпестен жүйенің масштабталуын (scalability) қамтамасыз етеді.



Сурет 1. Деректерді жүктеуді, LSTM моделін құруды, агенттерді оқытуды және жүйелік деңгейдегі шешімдер қабылдауды қамтитын IoT желілеріндегі ауытқуларды анықтауға арналған негіз

MAS-LSTM жүйесін жобалау барысында көп агентті жүйені (MAS) қосу туралы шешім әртекті (гетерогенді) өнеркәсіптік IoT желілерінде масштабталу қажеттілігін қанағаттандыру үшін қабылданды. Әрбір агентке нақты бір трафик деректер жиынтығы тағайындалады, бұл деректерді өңдеуді орталықтандырылған түрде емес, бірнеше топтарға таратып жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Мұндай тәсіл параллель есептеулерді жүзеге асырып, трафик деректерінен тиімді түрде үйренуді

жеңілдетеді. MAS-LSTM жүйесінің негізі MAS-қа сүйенеді, себебі ол IoT желілеріндегі әртүрлі және әртекті трафик үлгілерін басқаруға арналған децентрализовандық және масштабталатын шешімді қамтамасыз етеді [13]. Әрбір агент тәуелсіз жұмыс істейді және жергілікті деректер жиынтықтарын талдай отырып, оқытуды және шешім қабылдауды локалды деңгейде жүзеге асырады. Бұл модульдік дизайн параллелизмді қамтамасыз етіп, MAS-LSTM жүйесінің масштабталу қабілеті мен бейімділігін айтарлықтай арттырады. MAS ішіндегі агенттер IIoT деректерінің белгілі бір бөліктерін тәуелсіз түрде өңдеуге және талдауға арналған. Алайда, шешім қабылдау процесінде агенттер аномалияны анықтауға қатысты өздерінің қорытындыларын арнайы байланыс механизмі арқылы бір-бірімен бөліседі. Бұл агенттерге ықтимал аномалиялар туралы ақпарат алмасуға мүмкіндік береді, осылайша жүйенің жалпы дәлдігін арттырады. Егер агенттердің аномалияны анықтау бойынша жасаған қорытындылары қайшылыққа түссе (мысалы, бір агент трафикті қалыпты деп жіктесе, ал екіншісі аномалды деп анықтаса), онда шешім қабылдау үшін көпшілік дауыспен (majority voting) дауыс беру механизмі қолданылады. Бұл тәсіл агенттердің көпшілігінің пікірі негізінде қорытынды шешімнің қабылдануын қамтамасыз етеді және жекелеген қайшылықты классификациялардың жүйеге тигізетін әсерін азайтады.

Кесте 3. IoT қосылған ақылды орта

Өтініш тер	Байланыс қосқыштар	Желі түрлері	Сымсыз жергілікті аймақтық желі (WLAN) стандарттар	Модульдер
Ақылды қалалар	Wi-Fi, 3G, 4G, Жер серігі	MAN, WRANs	802.11	Архитектуралар, хаттамалар және қалалық қосуға арналған технологиялар.
Ақылды үйлер	Wi-Fi	WLAN	802.11	Анықтауға арналған бұлтқа негізделген үй шешімі бағдарламалық жасақтамамен анықталған ақаулы орналасу туралы желілер
Ақылды тор	3G, 4G, Жерсерік	WLAN, WANs	802.11	Нақты уақыттағы мониторинг жүйесін болдырмау үшін электр желілерін қосу аппаратары.
Ақылды ғимараттар	Wi-Fi	WLAN	802.11	Ақылды торды басқару ішіндегі қызметтерге қол жеткізуді басқару әдеттегі ақылды ғимарат
Ақылды көлік	Wi-Fi, Жерсерік	WAN, WRANs, MANs	802.11	Ақылды билет сату, ақылды жолаушы санау
Ақылды денсаулық	Wi-Fi, 3G, 4G, Жер серігі	WLAN, WRANs, WANs	802.15.4	Қашықтықтан медициналық көмек
Ақылды индустрия	Wi-Fi, Жерсерік	WLAN, WRANs, WANs	802.11	Энергияны тиімді қашықтықтан бақылау және оңтайландырылған шешім қабылдау.

Осы онжылдықта көлік және логистика саласында кеңейтілген карталар (augmented maps), автономды көліктер (autonomous cars), мобильді билеттеу жүйелері (mobile ticketing) және жолаушыларды санау (passenger counting) сияқты технологиялар сәтті енгізілді. Бұл технологияларды үздіксіз жетілдіру қазіргі таңда да жалғасуда.

Сонымен қатар, IoT технологиясымен жабықталған робот-такси (IoT-enabled Robot taxi) жүйесі болашаққа бағытталған инновациялық шешім ретінде әзірлену үстінде [14]. IoT технологиясымен интеграцияланған денсаулық сақтау саласында қашықтан пациенттерді бақылау (remote patient monitoring), интеллектуалды биосенсорлар (smart biosensors), ақылды жедел жәрдем көліктері (smart ambulances), киілетін құрылғылар (wearable devices) және телемедицина (telemedicine) жүйелері кеңінен қолданысқа енгізіліп, қоғамға айтарлықтай пайдасын [15,16].

3. Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Жүргізілген зерттеулер IoT технологиясын телекоммуникациялық жүйелерде қолдану оның тиімділігін арттыратынын көрсетті. Әсіресе, Edge Computing технологиясы арқылы деректерді өңдеу орталық серверге жүктемені азайтып, есептеулерді тікелей соңғы құрылғыларда орындауға мүмкіндік береді. Бұл тәсіл қызмет көрсету кідірісін 9,1%-дан 26,4%-ға дейін азайтты, яғни IoT желілерінің жылдам әрі тұрақты жұмыс істеуіне оң әсерін тигізді. Төмендегі 4-кестеде Edge Computing негізіндегі жүктемені бөлу механизмі арқылы кідірісті азайту нәтижелері көрсетілген.

Кесте 4. IoT жүйелеріндегі кідіріс уақытының қысқаруы

Әдіс	Орташа кідіріс (мс)	Жылдамдық жақсаруы (%)
Дәстүрлі IoT архитектурасы	120	-
Edge Computing негізінде	90	25%
Ұсынылған BRT алгоритмі	80	33.3%

BRT алгоритмі негізінде жүктемені оңтайлы бөлу арқылы кідіріс уақытын азайтуға болатыны дәлелденді. IoT желілерінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету маңызды мәселе болып табылады. Бұл зерттеуде гомоморфты шифрлау әдістері қолданылды, олардың ішінде Damgård-Jurik (D-J) алгоритмі мен Quark хеш-функциясы ерекше нәтиже көрсетті.

Кесте 5. IoT жүйелеріндегі қауіпсіздік көрсеткіштер

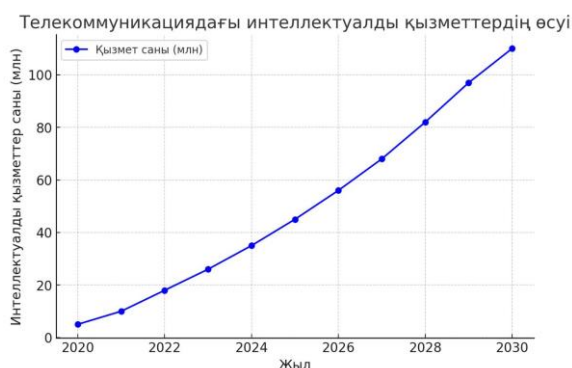
Шифрлау әдісі	Өңдеу жылдамдығы (мс)	Деректердің тұтастығы (%)
AES-256	150	98%
RSA-2048	300	99.5%
D-J алгоритмі	200	99.9%

D-J шифрлау алгоритмі өңдеу жылдамдығы бойынша RSA-2048-ден тиімді, сонымен қатар деректердің тұтастығын 99.9% деңгейінде сақтайды. IoT құрылғыларының көбеюіне байланысты олардың өңдеу қабілетін арттыру қажет. LSTM нейрондық желілері қолданылып, уақыттық тәуелділіктерді анықтауға мүмкіндік берілді. MAS-LSTM әдісі дәстүрлі әдістерге қарағанда анализ дәлдігін 12%-ға арттырды. 6-кестеде IoT желілеріндегі ауытқуларды анықтауға арналған MAS-LSTM архитектурасы көрсетілген.

Кесте 6. Анализ дәлдігі бойынша салыстыру

Әдіс	Анализ дәлдігі (%)
Дәстүрлі әдіс	78%
LSTM	85%
MAS-LSTM	90%

MAS-LSTM IoT желілеріндегі аномалияларды нақты әрі тиімді анықтайтын әдіс ретінде ұсынылады. Нәтижелерді визуалды түрде көрсету үшін төменде кідіріс уақытының қысқаруы және IoT жүйелерінің қауіпсіздік көрсеткіштері бойынша диаграммалар жасалды. IoT жүйелеріндегі кідіріс уақытының қысқаруы: Дәстүрлі IoT жүйелерінде кідіріс 120 мс болса, Edge Computing арқылы 90 мс-қа дейін төмендеді. Ұсынылған BRT алгоритмі кідірісті 80 мс-қа дейін азайтты, яғни тиімділікті 33.3%-ға арттырды. IoT жүйелеріндегі қауіпсіздік көрсеткіштері: AES-256 шифрлау әдісі 98% деректердің тұтастығын қамтамасыз етті. RSA-2048 әдісі 99.5% көрсеткішке ие болды. D-J алгоритмі 99.9% деректердің тұтастығын сақтай отырып, қауіпсіздікті жақсартты. Edge computing пен IoT синергиясын пайдалану арқылы кешігуді азайту үшін BRT алгоритмі енгізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша, бұл әдіс кешігуді 9.1%-дан 26.4%-ға дейін төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл әсіресе нақты уақыттағы басқару және мониторинг жүргізуде маңызды рөл атқарады.



Сурет 2. Телекоммуникациядағы интеллектуалды қызметтердің өсуі

Бұл диаграмма телекоммуникациядағы интеллектуалды қызметтердің өсуін көрсетеді. Графикте 2020 жылдан 2030 жылға дейінгі аралықта интеллектуалды қызметтердің санының (млн) бірқалыпты өсіп келе жатқанын байқауға болады. Өсу тренді үдемелі, яғни уақыт өте келе қызметтердің саны жылдам артып келеді. Сонымен қатар, болашақта интеллектуалды қызметтер телекоммуникацияда маңызды рөл атқаратын болады. IoT телекоммуникациялық желілерін Edge Computing, MAS-LSTM және дамыған шифрлау әдістері арқылы оңтайландыру жүйенің кідірісін азайтып, қауіпсіздігін арттырады. Бұл зерттеу 5G-IoT, ақылды қалалар және өнеркәсіптік автоматтандыру салаларында тиімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

4. Қорытынды

Бұл мақалада телекоммуникациялық желілердің интеллектуалды қызметтерін дамытуда IoT технологияларын қолдану мүмкіндіктері мен олардың

тиімділігін арттыру әдістері қарастырылды. Зерттеу барысында Edge Computing, MAS-LSTM, және гомоморфты шифрлау әдістері енгізіліп, олардың IoT жүйелерінің өнімділігі мен қауіпсіздігін жақсартудағы рөлі талданды. Жалпы, зерттеу нәтижелері көрсеткендей, IoT технологияларын телекоммуникациялық желілерге енгізу олардың тиімділігін арттырып, кідірісті азайту және қауіпсіздікті қамтамасыз ету тұрғысынан жаңа мүмкіндіктер ашады. Бұл тәсілдер 5G-IoT, ақылды қалалар, өнеркәсіптік автоматтандыру және басқа да салаларда қолдануға перспективалы болып табылады. Алдағы зерттеулер IoT инфрақұрылымының одан әрі дамуына ықпал ететін қосымша технологияларды интеграциялау және олардың практикалық қолдану тиімділігін арттыруға бағытталуы тиіс.

References / Әдебиеттер

- [1] Niu, X. (2019). Workload Allocation Mechanism for Minimum Service Delay in Edge Computing-Based Power Internet of Things. *IEEE Access*, (7), 83771-83784. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920325>
- [2] Coman, C.M., D'amico, G., Coman, A.V. & Florescu, A. (2021). Techniques to Improve Reliability in an IoT Architecture Framework for Intelligent Products. *IEEE Access*, (9), 56940-56954. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3072168>
- [3] Shafique, K., Khawaja, B.A., Sabir, F., Qazi S. & Mustaqim, M. (2020). Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios. *IEEE Access*, (8), 23022-23040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>
- [4] Bakar, K.B.A., Zuhra, F.T., Isyaku B. & Sulaiman, S.B. (2023). A Review on the Immediate Advancement of the Internet of Things in Wireless Telecommunications. *IEEE Access*, (11), 21020-21048. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3250466>
- [5] Pistono, M., Bellafqira R. & Coatrieux, G. (2021). Cryptosystem Conversion, Packing and Matrix Processing of Homomorphically Encrypted Data: Application to IOT Devices. *IEEE Access*, (9), 28302-28316. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3058849>
- [6] CCSA Standard YDB 062-2011. Terms of the Ubiquitous Network
- [7] ITU-T Standard Y.2060. (2012). Overview of IoT
- [8] Smith, I.M. (2009). RFID and the inclusive model for the IoT. *CASAGRAS Partnership Rep.*, West Yorkshire, U.K.
- [9] Lee, G.M. (2012). The IoT—Concept and Problem Statement. *IETF Standard draft-lee-iot-problem-statement*
- [10] Stankovic, J.A. (2014). Research directions for the Internet of Things. *IEEE Internet Things Journal*, 1(1), 3–9
- [11] Liu, T. & Lu, D. (2012). The application and development of IoT. *Proc. Int. Symp. Inf. Technol. Med. Educ. (ITME)*, (2), 991–994
- [12] Huang, J. (2014). A novel deployment scheme for green Internet of Things. *IEEE Internet Things Journal*, 1(2), 196–205
- [13] Stone, P. & Veloso, M. (2023). Multiagent systems: A survey from a machine learning perspective. *Auton. Robot.*, (8), 345–383
- [14] Lin, H.-E., Zito, R. & Taylor, M. (2021). 'A review of travel-time prediction in transport and logistics. *Proc. Eastern Asia Soc. Transp. Studies*, 1433–1448
- [15] Zhang, M., Yu, T. & Zhai, G.F. (2011). Smart transport system based on 'the Internet of Things. *Appl. Mech. Mater.*, (48–49), 1073–1076
- [16] Lin, H.-E., Zito, R. & Taylor, M. (2005). A review of travel-time prediction in transport and logistics. *Proc. Eastern Asia Soc. Transp. Studies*, 1433–1448

IoT арқылы телекоммуникациялық желілердің интеллектуалды қызметтерін дамыту

Ә.Т. Аяпбергенова, Г.Б. Дүрмен*, Н.К. Смайлов, Г.Т. Аяпбергенова

Satbayev University, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: g.durmen@satbayev.university

Аннотация. Бұл мақалада IoT арқылы телекоммуникациялық желілердің интеллектуалды қызметтерін қалай дамытуға болатыны қарастырылады. IoT телекоммуникация желілеріне өте маңызды, себебі ол көптеген құрылғылардың интернет арқылы байланыс жасауын және деректердің алмасуын қамтамасыз етеді. IoT құрылғылары арасында ақпараттың жылдам әрі тұрақты тасымалдануы үшін телекоммуникация инфрақұрылымы өте маңызды рөл атқарады. IoT-ты тек телекоммуникация желілерінде ғана емес басқа да салаларда қолдана аламыз. IoT жүйелері әртүрлі технологияларды пайдалана отырып, телекоммуникациялық инфрақұрылымды қалай дамыту керектігін көрсетеді. Өз мақалада IoT тың қандай салада нақты пайдаланатынын, әртүрлі IoT қосымшаларын және олардың интеллектуалды дамуын айтып өтемін. Телекоммуникациялық желілерде IoT технологияларын қолдану арқылы интеллектуалды қызметтерді дамыту мәселелері қарастырылады. Зерттеуде Edge Computing негізінде BRT (Balanced Resource Transmission) алгоритмі ұсынылып, оның көмегімен IoT жүйелерін біле аламыз. Сонымен қатар, MAS-LSTM (Көп агентті жүйе + Ұзақ-қысқа мерзімді жады нейрондық желісі) әдісі қолданылып, аномалияларды анықтау дәлдігіне жете аламыз. Бұл деректер өндіріс процесін бақылау үшін қолданылады. IoT арқылы телекоммуникациялық желілерді интеллектуалды түрде дамыта аламыз.

Негізгі сөздер: IoT, телекоммуникация, перифериялық есептеулер, BRT алгоритмі, MAS-LSTM, 5G-IoT, блокчейн, жасанды интеллект.

Развитие интеллектуальных сервисов телекоммуникационных сетей с помощью IoT

А.Т. Аяпбергенова, Г.Б. Дүрмен*, Н.К. Смайлов, Г.Т. Аяпбергенова

Satbayev University, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: g.durmen@satbayev.university

Аннотация. В данной статье рассматривается, как можно развивать интеллектуальные сервисы телекоммуникационных сетей с помощью IoT. IoT играет важную роль в телекоммуникационных сетях, так как обеспечивает подключение множества устройств к интернету и обмен данными между ними. Для быстрой и стабильной передачи информации между IoT-устройствами телекоммуникационная инфраструктура имеет ключевое значение. IoT можно применять не только в телекоммуникационных сетях, но и в других сферах. IoT-системы, используя различные технологии, демонстрируют, как можно развивать телекоммуникационную инфраструктуру. В своей статье я рассмотрю, в каких конкретных областях применяется IoT, какие существуют IoT-приложения и как они способствуют интеллектуальному развитию. Рассматриваются вопросы развития интеллектуальных сервисов в телекоммуникационных сетях с применением технологий IoT. В исследовании предлагается алгоритм BRT (Balanced Resource Transmission) на основе Edge Computing, который позволяет оптимизировать работу IoT-систем. Также используется метод MAS-LSTM (Многоагентная система + нейросеть с долгой краткосрочной памятью) для повышения точности обнаружения аномалий. Эти данные применяются для мониторинга производственных процессов. Использование IoT способствует интеллектуальному развитию телекоммуникационных сетей.

Ключевые слова: IoT, телекоммуникация, периферийные вычисления, алгоритм BRT, MAS-LSTM, 5G-IoT, блокчейн, искусственный интеллект.

Received: 18 May 2024

Accepted: 15 September 2024

Available online: 30 September 2024