

«6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар»
мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін
диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

Нұрғалиев Мадияр Кәменұлы

ӨЗДІГІНЕН ҰЙЫМДАСТЫРЫЛАТЫН ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ТИІМДІ СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫ ЖЕЛІЛЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЖАСАУ

Диссертациялық жұмыс LoRa және ZigBee технологиялары мысалында өздігінен ұйымдасатын сымсыз сенсорлық желілерді оңтайландыру және энергетикалық тиімділігін арттыруға арналған.

Тақырыптың өзектілігі.

Сымсыз сенсорлық желілер – бұл әкімшіге белгілі бір ортадағы оқиғалар мен құбылыстарды өлшеуге, бақылауға және оларға жауап беруге мүмкіндік беретін сенсорлық (өлшеуіш), есептеуіш және байланыс элементтерінен тұратын жүйе. Әкімші ретінде кез-келген азаматтық, мемлекеттік, коммерциялық немесе өнеркәсіптік ұйым бола алады. Қоршаған орта физикалық әлем, биологиялық жүйе немесе ақпараттық технологиялық (АТ) құрылым бола алады. Сымсыз сенсорлық желілер көбінесе келесідей салаларда қолданылады: әскери техника, қоршаған ортаны бақылау, денсаулық сақтау, Smarthome жүйелерінде пайдалану, технологиялық процестерді бақылау үшін коммерциялық пайдалану, көлік ағыны, көлік құралдарын анықтау, бақылау және т.б. Бақылау мен қадағалаудан басқа, белгілі бір жағдайларда басқару және іске қосу қажеттілігі жиі туындайды. Сымсыз сенсорлық желіде төрт негізгі құраушысы бар: (1) таратылған немесе локализацияланған сенсорлар жиынтығы; (2) өзара байланысқан сымсыз желі; (3) деректерді жинауға арналған желіні үйлестіруші; және (4) оқиғалардың, трендтердің, деректердің корреляциясын өңдеуге арналған есептеу ресурсы және деректерді интеллектуалды талдау. Шекті тораптардан үйлестірушілерге берілетін ақпарат желінің нақты қолданылуына байланысты өлшенген физикалық, биологиялық немесе басқа шамалардың мәндерін қамтитын мәтіндік хабарламалардың параметрлік сипатына ие. Алайда, мұрағаттау мен кодтаудың жаңа алгоритмдерінің пайда болуымен бейнелер мен мультимедиа файлдарымен бөлісуге болады.

Берілген диссертациялық жұмыс өздігінен ұйымдасатын сымсыз сенсорлық желілерді оңтайландыруға және энергия тиімділігін арттыруға бағытталған. Осы мақсатта бұл жұмыста сымсыз сенсорлық желілердің параметрлері және олардың жеке байланыс торабы мен бүкіл желінің тұтыну қуатына әсері зерттелді. Осындай бағыттағы зерттеулер сенсорлық желі тораптарының энергия тұтыну моделін жасау қажеттілігіне әкеледі. Бұл,

оңтайландыру мәселесін шешудегі негізгі міндеттердің бірі болып табылады. Алайда, көптеген зерттеу жұмысында авторлар желі тораптары тұтынатын дәстүрлі сызықтық модельдерін ұсынады.

Сымсыз сенсорлық желілердің энергия тиімділігін арттыру үшін бүгінгі күні желі тораптарының параметрлерін және тұтастай алғанда желі конфигурациясын оңтайландыру есебінен сымсыз тораптардың энергия тұтынуын төмендету **өзекті** мәселе болып табылады. Сондай-ақ, таратушы тораптарда бағытталған антенналарды пайдалана отырып, сымсыз тораптардың энергия тұтынуын азайту және ғимарат ішінде орналастыру кезінде сымсыз сенсорлық желіні оңтайландыру да **өзекті** болып отыр.

Жұмыстың мақсаты.

Сымсыз сенсорлық желінің параметрлерін зерттеу арқылы синхронды және асинхронды сымсыз сенсорлық желілердің энергия тиімділігін арттыру, Марков тізбектері негізінде тораптардың энергия тұтынуын болжау, сондай-ақ бағытталған антенналарды пайдалану және сенсорлық желі тораптарын оңтайлы орналастыру.

Зерттеу нысандары.

Сымсыз сенсорлық желілер және LoRa, ZigBee сымсыз ақпарат таратушы технологиялары.

Зерттеу пәні.

Сымсыз сенсорлық желілердің, оның параметрлеріне байланысты энергетикалық тиімділігі, бағытталған антенналардың және сымсыз сенсорлық желі тораптарының кеңістіктегі орналасуының желінің энергия тұтынуына әсері

Зерттеу әдісі.

Зерттеу жұмысының мақсатына жету үшін келесідей әдістер қолданылды:

- синхронды және асинхронды жұмыс режимінде сымсыз сенсорлық желінің қуат тұтынуын тәжірибе жүзінде анықтау;

- Марков үдерістерін қолдана отырып, асинхронды режимде желі тораптарының энергия тұтынуын модельдеу

- бағытталған антенналардың желі тораптарының энергия тұтынуына әсерін тәжірибе жүзінде зерттеу;

- машиналық оқыту арқылы қабылданған сигналдың қуатын болжау;

Жұмыстың мақсатына жету үшін келесідей **міндеттер** қойылды:

– сенсорлық желіні құру үшін сымсыз тораптарды жобалау, құрастыру және реттеу;

– сымсыз сенсорлық желінің параметрлерін зерттеу: ақпарат тарату қуаты, пакеттің ұзындығы, батарея зарядының динамикасы, ұйқы режиміндегі уақыты, байланыс арнасындағы интерференция ықтималдығы, қате қабылдау ықтималдығы және олардың сымсыз сенсорлық желі тораптарының қуат тұтынуына әсерін зерттеу;

– деректерді детерминделген және кездейсоқ тарату кезінде батарея разрядының динамикасын және сенсорлық желі параметрлерін ескере отырып, сымсыз сенсорлық желінің қуат тұтынуын болжау моделін жасау;

– LoRa және ZigBee технологиясы үшін сәйкесінше 433 МГц және 2,4 ГГц жиіліктегі антенналарды жобалау және жасау, сондай-ақ, олардың сипаттамаларын өлшеу;

– бағытталған антенналардың және қабылдағышқа байланысты тораптардың ашық жерде және ғимарат ішінде орналастыруда қабылданатын сигналдың қуатына әсерін зерттеу;

– Ғимарат ішінде әртүрлі нүктелердегі таратушы құрылғыдан қабылданған сигналдың қуатын тәжірибе жүзінде зерттеу;

– Машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, ғимарат ішіндегі сенсорлық желі түйіндерінің оңтайлы орналасуын болжау моделін жасау.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы алғаш рет келесі жұмыстар жүргізілуіне байланысты:

- синхронды және асинхронды режимдегі аккумуляторлардың разрядталу динамикасын ескере отырып, Марков тізбектері негізінде сымсыз сенсорлық желі тораптарының жұмыс уақытын болжау моделі жасалды;

- бағытталған антенналардың сымсыз сенсорлық желі тораптарының тиімділігіне және энергия тұтынуына әсері тәжірибе жүзінде анықталды.

- машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, бекітілген орналасуы бар қабалдағаш үшін ғимарат ішіндегі таратқыштан алынған сигналдың қуатын болжауға арналған модель ұсынылды.

Қорғауға арналған негізгі тұжырымдар.

1 Марков тізбектеріне негізделген сымсыз сенсорлық желіні болжауда, сыйымдылығы 3000 мАсағ, 18650 моделіндегі екі литий ионды аккумуляторлары арқылы күніне 30 рет, бір пакетінің өлшемі 500 байтты құрайтын деректерді асинхронды беру кезінде сымсыз сенсорлық желінің жұмыс істеу уақытының ұзақтығы 36 айдан асатындығы 100 пайызды көрсетеді;

2 Бағытталған антенналары бар сымсыз сенсорлық желілердегі тарату тораптарының нақты энергия тұтынуы, барлық бағыттағы антенналарды пайдалану кезіндегі энергия тұтынуымен салыстырғанда, деректерді синхронды беру кезінде 12-25% - ға және деректерді асинхронды беру кезінде 45-60% - ға төмендейді;

3 Ғимарат ішінде қабылдағышқа қатысты таратушы тораптың оңтайлы орналасуы машиналық оқыту әдістері негізінде айқындалады және қабылдағыштан бірдей қашықтықта орналасқан басқа тораптармен салыстырғанда қабылданатын сигналдың қуатын 433 МГц жиілікте орта есеппен 33% - ға және 2,4 ГГц жиілікте 78% - ға арттырады.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы.

Берілген диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер энергия тиімділігін және энергия шығындары мен желінің қамту аймағының оңтайлы қатынасын арттыру, желінің жұмысын болжау және тораптардың жұмыс уақытын арттыру үшін маңызды. Алынған мағлұматтар жаңа сенсорлық желілерді құруда, үйлер мен ғимараттардағы адамдардың қауіпсіздігі мен жайлылығын қамтамасыз етуде, сенсорлардан деректерді ұзақ уақыт алу

және ресурстарды оңтайландыру мақсатында қолданыстағы желілерді жетілдіруде пайдалана алады.

Баяу өзгертін процестерді немесе кездейсоқ процестерді зерттеу үшін автономды сымсыз сенсорлық желіні қолданған кезде желінің жұмыс уақытын болжай білу керек. Бұл жұмыста сенсорлық желі тораптарының тұтыну моделі ұсынылған. Осы бағыттағы зерттеулер сенсорлық желі тораптарының тұтыну моделін жасау қажеттілігіне әкеледі. Атап айтқанда, торап батареясы разрядының сызықтық емес сипатын ескере отырып, желінің синхронды және асинхронды режимде жұмыс істеуін болжау үшін энергия тұтыну моделі қажет.

Сымсыз сенсорлық желілердің қуат тұтынуына бағытталған антенналардың әсері интерференцияны азайту, сигналдың алысқа таралу және тарату сигналының қуатын азайту болып табылады.

Кеңістіктегі сенсорлық желі тораптарының орналасуын оңтайландыру мониторинг пен бақылау мақсатындағы энергияны үнемдейтін сымсыз сенсорлық желі құруда практикалық қызығушылық тудырады.

Алынған нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі жұмысты орындау барысында алынған тәжірибелік мәліметтердің ұсынылған модельдерді қолдана отырып алынған есептеулерге жақсы сәйкес келетіндігімен анықталады. Сонымен қатар, диссертациялық жұмыста алынған нәтижелердің дұрыстығы ҚР БЖҒМ БҒССҚЕК ұсынған басылымдарда, импакт-факторы нөлден жоғары алыс шетелдердің журналдарында және халықаралық конференциялардың еңбектерінде жарияланымдардың болуымен расталады.

Автордың жеке үлесі.

Диссертациялық жұмысты жазуды, зерттеу әдісін таңдауды, сымсыз модульдерді құрастыруды, бағытталған антенналарды жасауды, тәжірибелер жүргізу және алынған мәліметтерді талдауды, сымсыз сенсорлық желі торабы тұтынуының математикалық моделін жасауды автордың өзі жасаған. Міндеттерді қою және нәтижелерді талқылау ғылыми жетекшілермен бірлесіп жүргізілді.

Жарияланымдар.

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша 8 ғылыми баспа жұмысы жарияланды, оның ішінде 3 жұмыс халықаралық конференцияларда тезис түрінде, 4 мақала философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін БҒССҚЕК-і ұсынған ғылыми басылымдарда, 1 мақала Web of Science (Clarivate Analytics, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін ғылыми басылымда жарияланды.

Диссертациялық жұмыстың апробациясы.

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер келесідей конференциялар мен семинарларда баяндалды:

– 2018 IEEE International conference on computing and network communications (CoCoNet), Халықаралық ғылыми конференциясы, (2018, Нұрсұлтан, Қазақстан);

– «Фараби Әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың Халықаралық ғылыми конференциясы (2019, Алматы, Қазақстан);

– «Фараби Әлемі» студенттер мен жас ғалымдардың Халықаралық ғылыми конференциясы (2020, Алматы, Қазақстан);;

Диссертациялық жұмыста алынған нәтижелер жарияланды:

– **Nurgaliyev M. Saymbetov, A., Yashchyshyn, Y., Kutybay, N., & Tukymbekov, D.** Prediction of energy consumption for LoRa based wireless sensors network //Wireless Networks. – 2020. – Vol. 26., No. 5. P. 3507-3520.

– **М.К. Nurgaliyev, A.K. Saymbetov, B.N. Zholamanov, A.T. Yeralkhanova, G.B. Zhuman.** Predicting the lifetime of LoRa based wireless sensor networks using a probabilistic model of Markov chains. // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan -2021. –Vol. 336., No. 2. P.157-164 (**БҒССҚЕК**)

– **Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К., Омарали Б.М., Құттыбай Н.Б., Туқымбеков Д.Х., Досымбетова Г.Б.** Беспроводные приемопередающие устройства на основа технологии LoRa с различными оконечными устройствами. // Вестник КазНУ. -2020. -138, №2. -С.455-461 (**БҒССҚЕК**)

– **Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К., Бектұрған Ү.Қ., Шаймерденова М.Е., Құттыбай Н.Б., Туқымбеков Д.Х.** Разработка беспроводных сенсорных сетей на основе технологий LoRa WAN и NRF24L01 и исследование распространения радиоволн в различных условиях // Вестник КазНУ. – 2019. – 134, №4. –С.279-286 (**БҒССҚЕК**)

Туқымбеков Д. Х., Саймбетов А.К., Құттыбай Н.Б., **Нұрғалиев М.К.** Ажибиева А.Р., Шаймерденова М.Е., Энергоэффективная автономная интеллектуальная система уличного освещения на основе ZigBee // Вестник КазНУ. -2019. -134, №4. -С.262-267 (**БҒССҚЕК**)

Диссертациялық жұмыс тақырыбының ғылыми-зерттеу бағдарламаларының жоспарларымен байланысы

Диссертациялық жұмыс 2018-2020 жылдарға арналған, жеке тіркеу нөмірі (ЖТН) АР05132464 «Сымсыз басқарудың интеллектуалды автономды жүйесін және көше жарықтандыру мониторингісін құру» ғылыми-зерттеу жұмысының (ҒЗЖ) жоспарларына сәйкес орындалған.

Авторлық куәлік

Нұрғалиев М.К., Саймбетов А.К., Құттыбай Н.Б., Оптимизация беспроводных сенсорных сетей с помощью направленных антенн и выбора оптимального положения передающего узла в помещении // Авторлық куәлік, 2022. №25205.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Диссертациялық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Жұмыс 86 сурет, 28 формула, 13 кесте, 130 әдебиеттер тізімі мен 115 бетті қамтиды.