25.03.2026

REVIEW

on the PhD thesis
“System for predicting the position of mobile nodes of wireless sensor networks in open and indoor areas”
by Bolatbek Askhat
Department of Electronics and Astrophysics
Al-Farabi Kazakh National University

The research work of Bolatbek Askhat is devoted to an important and highly relevant scientific and technical problem related to improving the accuracy of localization in wireless sensor networks in open and indoor areas. The study addresses the development of methods for radio map reconstruction based on limited measurements, improvement of indoor localization accuracy using RSSI data processing techniques, and enhancement of node positioning accuracy in outdoor LoRaWAN networks through hybrid localization approaches. The topic of the research is fully consistent with current research trends in wireless sensor systems, the Internet of Things (IoT), smart buildings, smart city infrastructures, and mobile robotic applications. The relevance of the research is well justified by the existing limitations of traditional RSSI-based localization methods. In indoor environments, the main difficulties are associated with multipath propagation, obstacle influence, signal instability, and the need to collect large volumes of measurement data for radio map construction. In outdoor LoRaWAN networks, additional challenges arise due to Non Line Of Sight (NLoS) conditions, uneven gateway placement, and variability of signal reception in real urban infrastructure. In this context, the author proposes scientifically grounded approaches aimed at reducing these limitations and improving localization accuracy in both scenarios.

The structure of the research, as described in the annotation, covers three main research tasks. As follows from the annotation, the study covers three main scientific directions. The first task is related to radio map reconstruction in indoor environments based on limited measurements. In this part, the author proposed a method based on Locally Weighted Regression (LWR) for improving the accuracy of radio map reconstruction. The second task concerns indoor localization in LoRaWAN wireless sensor networks, where the author introduced a sectorization method for preprocessing RSSI data in order to improve the accuracy of predicting the location of mobile nodes. The third task is focused on outdoor localization in LoRaWAN networks, where a hybrid approach based on Weighted Centroid Localization (WCL) and machine learning was proposed. Such a structure demonstrates that the research is not limited to a single narrow task but instead addresses several interconnected problems within a unified scientific framework.

The author obtained the following significant scientific results. First, the author demonstrated that the Locally Weighted Regression (LWR) method reduces the RSSI reconstruction error by 32% in indoor areas compared with the traditional interpolation method.

This result is important because it shows that reliable radio map reconstruction can be achieved even under limited measurement conditions, which directly reduces the cost and complexity of indoor localization system deployment. Second, the research shows that the proposed sectorization method in LoRaWAN wireless sensor networks improves the accuracy of predicting the location of mobile nodes in indoor areas by up to 19%, depending on the complexity of the movement trajectory. This confirms that thoughtful preprocessing of RSSI data can significantly improve the performance of machine learning models in indoor localization tasks. Third, the author established that the application of the Weighted Centroid Localization (WCL) method reduces the average localization error of nodes in outdoor LoRaWAN networks by 29%. This result is of high practical value, as outdoor LoRaWAN localization remains a difficult problem under real urban conditions. The methods used in the research correspond to the objectives of the study and reflect modern approaches in this field. The work combines experimental RSSI data, radio map reconstruction, data preprocessing and machine learning methods for open and indoor localization tasks.

The practical significance of the work is evident. The proposed methods can be applied in indoor localization systems, smart buildings, mobile robotics, warehouse and industrial logistics, as well as monitoring systems based on LoRaWAN urban infrastructure. The approaches developed in the research make it possible to reduce the number of required measurements, improve the adaptability of localization systems to new environments, and obtain more reliable localization results under complex operating conditions. The publication of the obtained results in international scientific journals confirms the scientific quality and practical significance of the work..

In conclusion, the research work of Bolatbek Askhat represents a completed scientific study containing significant results in the field of wireless sensor network mobile node localization. The work meets the established standards for conferring the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the field of “Radio Engineering, Electronics and Telecommunications,” and I fully support granting the PhD degree to the author.



Ömer Faruk Beyca
Associate Professor of Industrial Engineering
Faculty of Management, Istanbul Technical University
beyca@itu.edu.tr
+90 551 109 4103.

İTÜ

25.03.2026

ПІКІР

PhD диссертациясына
«Ашық және жабық кеңістіктегі сымсыз сенсорлық желілердің мобильді түйіндерінің орнын болжауға арналған жүйе»
Болатбек Асхат
Электроника және астрофизика кафедрасы
әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Болатбек Асхаттың зерттеу жұмысы ашық және жабық кеңістіктерде сымсыз сенсорлық желілердегі локализация дәлдігін арттыруға бағытталған маңызды әрі өте өзекті ғылыми-техникалық мәселеге арналған. Зерттеуде шектеулі өлшеулер негізінде радиокартаны қалпына келтіру әдістерін әзірлеу, RSSI деректерін өңдеу тәсілдері арқылы жабық кеңістіктегі локализация дәлдігін жақсарту, сондай-ақ гибридті локализация тәсілдері негізінде ашық ортадағы LoRaWAN желілерінде түйіндердің орнын анықтау дәлдігін арттыру мәселелері қарастырылған. Зерттеу тақырыбы сымсыз сенсорлық жүйелер, Заттар интернеті (IoT), зияткерлік ғимараттар, ақылды қала инфрақұрылымы және мобильді робототехника салаларындағы қазіргі ғылыми бағыттарға толық сәйкес келеді. Зерттеудің өзектілігі RSSI-ға негізделген дәстүрлі локализация әдістерінің қолданыстағы шектеулерімен жан-жақты негізделген. Жабық кеңістікте негізгі қиындықтар көпсәулелі сигнал таралуымен, кедергілердің әсерімен, сигналдың тұрақсыздығымен және радиокарта құру үшін үлкен көлемдегі өлшеу деректерін жинау қажеттілігімен байланысты. Ал ашық ортадағы LoRaWAN желілерінде қосымша күрделіліктер тікелей көріну аймағының болмауы (NLoS), шлюздердің біркелкі орналаспауы және нақты қалалық инфрақұрылым жағдайында сигнал қабылдаудың құбылмалылығынан туындайды. Осыған байланысты автор аталған шектеулерді азайтуға және екі жағдайда да локализация дәлдігін арттыруға бағытталған ғылыми негізделген тәсілдерді ұсынған.

Аңдатпада көрсетілгендей, зерттеу құрылымы үш негізгі ғылыми міндетті қамтиды. Бірінші міндет жабық кеңістікте шектеулі өлшеулер негізінде радиокартаны қалпына келтіруге арналған. Осы бөлімде автор радиокартаны қалпына келтіру дәлдігін арттыру үшін локалды салмақталған регрессияға (LWR) негізделген әдісті ұсынған. Екінші міндет LoRaWAN сымсыз сенсорлық желілеріндегі жабық кеңістіктегі локализация мәселесіне қатысты, мұнда автор мобильді түйіндердің орнын болжау дәлдігін жақсарту мақсатында RSSI деректерін алдын ала өңдеуге арналған секторизация әдісін енгізген. Үшінші міндет ашық ортадағы LoRaWAN желілеріндегі локализацияға арналған, мұнда салмақталған центроидтық локализация (WCL) мен машиналық оқытуға негізделген гибридті тәсіл ұсынылған. Мұндай құрылым зерттеудің тек бір тар шеңбердегі міндетпен шектелмей, біртұтас ғылыми негіз аясында өзара байланысты бірнеше мәселені қамтитынын көрсетеді.

Автор келесі маңызды ғылыми нәтижелерге қол жеткізген. Біріншіден, локалды салмақталған регрессия (LWR) әдісін қолдану жабық кеңістікте RSSI қалпына келтіру қателігін дәстүрлі интерполяция әдісімен салыстырғанда 32%-ға төмендететіні көрсетілген. Бұл нәтиже аса маңызды, себебі ол шектеулі өлшеулер жағдайында да радиокартаны сенімді түрде қалпына

İTÜ

келтіруге болатынын дәлелдейді, ал бұл өз кезегінде жабық кеңістіктегі локализация жүйесін енгізудің құны мен күрделілігін азайтады. Екіншіден, зерттеу нәтижелері LoRaWAN сымсыз сенсорлық желілерінде ұсынылған секторизация әдісі қозғалыс траекториясының күрделілігіне байланысты жабық кеңістіктегі мобильді түйіндердің орнын болжау дәлдігін 19%-ға дейін арттыратынын көрсеткен. Бұл RSSI деректерін сауатты алдын ала өңдеу жабық кеңістіктегі локализация міндеттерінде машиналық оқыту модельдерінің тиімділігін едәуір жақсарта алатынын растайды. Үшіншіден, салмақталған центроидтық локализация (WCL) әдісін қолдану ашық ортадағы LoRaWAN желілерінде түйіндердің орташа локализация қателігін 29%-ға төмендететіні анықталған. Бұл нәтиже жоғары практикалық маңызға ие, өйткені нақты қалалық жағдайда ашық ортадағы LoRaWAN локализациясы әлі де күрделі міндеттердің бірі болып табылады. Зерттеуде қолданылған әдістер жұмыстың мақсатына толық сәйкес келеді және осы саладағы заманауи ғылыми тәсілдерді көрсетеді. Жұмыста ашық және жабық кеңістіктегі локализация міндеттері үшін эксперименттік RSSI деректері, радиокартаны қалпына келтіру, деректерді алдын ала өңдеу және машиналық оқыту әдістері ұтымды түрде үйлестірілген.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы айқын. Ұсынылған әдістер жабық кеңістіктегі локализация жүйелерінде, ақылды ғимараттарда, мобильді робототехникада, қойма және өндірістік логистикада, сондай-ақ LoRaWAN қалалық инфрақұрылымына негізделген мониторинг жүйелерінде қолданылуы мүмкін. Зерттеу аясында әзірленген тәсілдер қажетті өлшеулер санын азайтуға, локализация жүйелерінің жаңа ортаға бейімделгіштігін арттыруға және күрделі пайдалану жағдайларында неғұрлым сенімді локализация нәтижелерін алуға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелердің халықаралық ғылыми журналдарда жариялануы жұмыстың ғылыми сапасы мен практикалық маңызын растайды.

Қорытындылай келе, Болатбек Асхаттың зерттеу жұмысы сымсыз сенсорлық желілердің мобильді түйіндерін локализациялау саласындағы маңызды нәтижелерді қамтитын аяқталған ғылыми зерттеу болып табылады. Диссертациялық жұмыс «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін қойылатын талаптарға толық сәйкес келеді деп есептеймін және авторға PhD дәрежесін беруді толық қолдаймын.

Құрметпен,

/қолы қойылған/

Омер Фарук Бейса
Өнеркәсіптік инжиниринг кафедрасының қауымдастырылған профессоры
Менеджмент факультеті, Стамбул техникалық университеті
beyca@itu.edu.tr
+90 551 109 4103.

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ