



IT, АВТОМАТТАНДЫРУ ЖӘНЕ БАСҚАРУ,
МАТЕМАТИКАЛЫҚ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ
IT, АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЯ,
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
IT, AUTOMATION AND CONTROL, MATHEMATICAL COMPUTER MODELING

DOI 10.51885/1561-4212_2022_3_140
MPHTI 28.21.27

А.Х. Козбакова^{1,2}, А.У. Калижанова^{1,3}, Ф.У. Маликова^{1,2}, А.А. Астанаева^{1,4},
¹ҚР БҒМ ҒК Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты, Алматы қ., Қазақстан;
²Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан;
³Ғ. Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ.,
Қазақстан;
⁴Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан;
E-mail: ainur79@mail.ru
E-mail: kalizhanova_aliya@mail.ru
E-mail: feruza-malikova@mail.ru
E-mail: astanayeva@bk.ru

СЫМСЫЗ СЕНСОРЛЫҚ ЖЕЛІЛЕР НЕГІЗІНДЕ АҚПАРАТТЫҚ ЭВАКУАЦИЯЛАУ ЖҮЙЕСІН МОДЕЛЬДЕУ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЭВАКУАЦИИ НА ОСНОВЕ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

MODELING AN INFORMATION EVACUATION SYSTEM BASED ON WIRELESS SENSOR NETWORKS

Аңдатпа. Жұмыста сымсыз сенсорлық желінің эвакуациялау есебінде қолданыстары қарастырылды. Аудиториядағы адамдар санын дәл анықтау оңтайлы эвакуациялау жоспарын дәлірек құруға мүмкіндік береді. Жұмыстың ғылыми-техникалық маңыздылығы ғимараттың бүкіл аумағын оңтайлы қамтумен ақпаратты қабылдау және беру үшін датчиктерді пайдалану негізінде ағынның таралуын талдаудың заманауи интеллектуалды технологияларын қолданумен расталады.

Түйін сөздер: операциялық жоспар, нақты уақыт режимі, технология, сымсыз сенсорлық желі, эвакуация.

Аннотация. В работе рассмотрены применения беспроводной сенсорной сети в эвакуационном отчете. Точное определение количества людей в аудитории позволяет более точно составить оптимальный план эвакуации. Научно-техническая значимость работы подтверждается применением современных интеллектуальных технологий анализа потоков, основанных на использовании датчиков для приема и передачи информации с оптимальным охватом всей площади здания.

Ключевые слова: потокораспределение, оперативный план, реальный режим времени, технология, беспроводная сенсорная сеть, эвакуация.

Abstract. The paper considers the use of a wireless sensor network in an evacuation report. An accurate determination of the number of people in the audience allows you to more accurately draw up an optimal evacuation plan. The scientific and technical significance of the work is confirmed by the use of modern intelligent flow analysis technologies based on the use of sensors for receiving and transmitting information with optimal coverage of the entire building area.

Keywords: *operational plan, real time mode, technology, wireless sensor network, evacuation.*

Kipicne. Табиғи апаттарды болжаудың кемшіліктері, өмірлік маңызды қаражаттардың уақтылы жеткізілмеуі төтенше жағдайларда эвакуациялау процесін басқару әдістерін жетілдіруді талап етеді.

Эвакуацияны жоспарлау процесі үшін әртүрлі әдістер мен алгоритмдер ұсынылды, [1] жылы эвакуацияны жоспарлау уақыт бойынша өзгертін және көлемге байланысты динамикалық мәселелер бойынша тікелей қарастырылды. [2]-бапта эвакуациялаудың макрокопиялық және микрокопиялық үлгілері ажыратылады, олар эвакуацияланушылардың қозғалысын уақытында тіркеуге қабілетті. Мақалада [3] бағытталған графиктегі динамикалық ағындардың қозғалысын сипаттайтын математикалық модель қарастырылады. Модель параметрлері ғимарат үлгісі ретінде бағытталмаған графикті, ағынның бастапқы мәндерін, ағын көздерін және олардың раковиналарын қамтиды. Бұл жұмыста [4] апатты эвакуациялау жұмыстарының жаңа математикалық моделі ұсынылған және жоспарлау алгоритмінің модификациясын итеративті пайдалану негізінде халықтың әртүрлі топтары мен эвакуацияның әртүрлі құралдары үшін нақты уақыт режимінде төтенше жағдайларды жою мәселелерін жылдам шешу әдістемесі әзірленген. Бұл мақала [5] екі жақты динамикалық желідегі максималды ағынды сипаттайды. Бұл жақсартулардың негізгі идеясы - максималды алгоритмдер жағдайында екі доғалық итеру ережесі. Бұл құжат [6] нақты уақыттағы өткізу қабілеттілігін бөлуді динамикалық бағыттау (DRTCCR) алгоритмін ұсынады және талдайды. Мұндай алгоритм апаттық маршрутты жоспарлау (ERP) мәселесінің ағымдағы шешімдерін жақсарту үшін уақыттық қатарға негізделген сыйымдылықты модельдеу арқылы эвакуация желісінің сыйымдылығының шектеулерін нақты уақыт режимінде зерттеуге мүмкіндік береді. Мақалада [7] Катманду жол желісін эвакуациялау желісі ретінде қарастыратын сандық есептеулермен негізделген екі терминалдық желідегі жылдам ішінара кері ағынның қарсы ағыны мәселесінің жуық шешімін есептеудің күшті полиномды алгоритмі ұсынылған.

Сенсорлы сымсыз желі (ССЖ) – дербес қуат көзі бар өте кіші көлемдегі есептеу құрылғыларының желілерінде кейбір элементтердің істен шығуына тұрақты, өзіндік ұйымдаса алатын, әрі үлестірілген сымсыз желі. Мұндай жүйенің түйіндері кіші қуатты таратқыш арқылы ауданның біраз бөлігін желімен толтыруды қамтамасыз етіп хабарламаларды бірінен біріне таратады.

Желінің түйіндерінің арасындағы алмасу ZigBee хаттамасы бойынша байланыстың сымсыз арналары арқылы жүзеге асады. Бұл хаттама бақылау және/немесе басқару қызметін жасайтын көптеген қосымшалар үшін төмен энергия тұтынушы сымсыз желінің жүзеге асуына мүмкіндік береді.

ZigBee хаттамасы – мәліметтерді пакеттік сымсыз өткізу үшін ZigBee Alliance бірлестігі бақылайтын IEEE802.15.4 стандартының негізінде жасалған ашық халықаралық стандарт. Ол иілгіш, кеңейгіш желілік топологияларды қамтамасыз етеді, желілерді ұйымдастыру мен жіберілетін мәліметтерді бағдарлау үшін кіріктірілген қызметтен тұрады, қарапайым орнату мен бұзылуларға жоғары тұрақтылықты, қауіпсіздік бойынша толыққанды шараларды қамтамасыз етеді, Ол қуаты төмен сымсыз желілік шешімдердің, шектеулі орын толтыру мен шағын қашықтық сияқты, сонымен бірге, радиосызықтар мен түйіндердегі бұзылуларға әлсіздік сияқты дәстүрлі шектеулерін жеңілдетеді.

ССЖ технологиялары үшін объектер, процестер мен жүйелер мониторингілеу (мысалы, қорғау мониторингі), сырттай қадағалаушы бақылау мен басқару (өндірістік автоматика мен басқару жүйесінің климат – бақылауы), объектерді оқшаулау (трекинг) мен қашықтықтан анықтау сияқты есептер ең танымал қолданбалы салалар болып

табылады.

Қазіргі кезде «сымсыз сенсорлы желі» деген термин өте кіші көлемдегі электронды құрылғылардың желілерінде кейбір элементтердің істен шығуына тұрақты, өздік ұйымдаса алатын, әрі үлестірілген дегенді білдіреді.

Желі элементтері (түйіндері) арасындағы ақпаратпен алмасу сымсыз байланыс арқылы жүзеге асады[8,9].

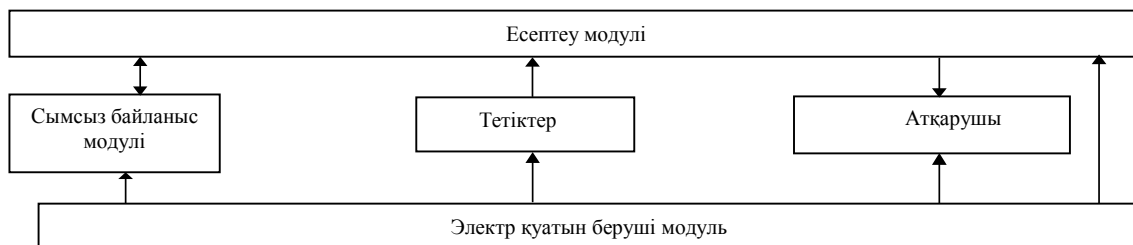
Сенсорлы сымсыз желілерді (ССЖ) қолдану мүмкіндігі адам қызметтерінің айтарлықтай барлық саласына тараған:

- қауіпсіздік жүйелері мен әскери қосымша;
- өндірістік мониторинг;
- «саналы үй» жүйесінің құрылымын автоматтандыру,
- логистика;
- экология мен төтенше жағдайлар;
- денсаулық сақтау.

ССЖ негізгі ерекшеліктері:

- желі түйіндерінің шектеулі энергетикалық, есептеу, коммуникациялық ресурстары;
- түйіндердің салмағы мен кіші өлшемділігі;
- түйіндерді дербес энергиямен жабдықтау;
- желінің жекелеген түйіндер бағасының төмендігі;
- желі мен оның түйіндеріне арнайы қызмет көрсетудің қажетсіздігі;
- желінің үлкен масштабы (жүз мыңдаған түйіндерге дейін) мен масштабталулығы;
- желілердің бұзылуға тұрақтылығы мен жоғары сенімділігі;
- топологиялардың өзгеруі мен радиотолқындардың таралу шарттылығының өзгеруіне желілердің тұрақтылығы.

Сенсорлы сымсыз желімен сырттан жұмыс жасау бір бүтінмен жұмыс жасаған сияқты болады. Сенсорлы сымсыз желілер WPAN (Wireless Personal Access Network – дербес сымсыз есептеу желілері, [8] желілерге қатысты болып, түйіндер арасындағы байланыс қашықтығы 100 м аспайтын желі болып табылады. 1-ші суретте сенсорлы желілер түйіндерінің жалпыланған құрылымы.



1-сурет. Сенсорлы желінің түйіні

Сымсыз желіні моделдеу. Берілген жұмыста, RFID бірегей электронды идентификаторын қолдана отырып, бөлмедегі бар болған адам санын тіркеу моделі қарастырылады. Ұсынылған жұмыс тіркелетін мәліметтердің сенімділігі мен жылдамдығын жоғарылатуға мүмкіндік береді.

Сенсорлы сымсыз желінің екі деңгейлі иерархиялық топологиясын оқу кезеңінің үрдісінде студенттердің сабаққа қатысуын бақылау жүйесін жасау үшін қолдану ұсынылған еді, бұл өз кезегінде оқытушылардың қатысу журналын өздері жүргізуі мен

студенттерді қайта санау процедурасынан толық түрде босатуға мүмкіндік береді [10-12].

Жұмыс техникалық сипатқа ие мәселелерді көтерді – тиімділеу сипатына ие физикалық құрылғылармен жабдықтау – ЖОО-на оқытуды электронды жүргізу жүйесіне аппараттық-программалық кешенін біріктірудің жүйелік сипаты мен ғимарат құрылысының инженерлік ерекшеліктеріне байланысты қуаттау көзінің элементтерін, сенсор сипаттамаларын конфигурациялау.

Мот типіндегі сымсыз желі элементімен біріктірілген, әрі әрбір оқу аудиторияларындағы есік орындарына құрастырылған есептеуіш құрылғылардың қолданылуы қарастырылған еді. Берілген құрылғыны құрастыру сымды инфрокұрылымды құру қажеттілігінен құтылуға мүмкіндік береді. Бар болған ақпараттық жүйелермен бірігу мен қосымша модульдердің қосылу мүмкіндігі бар программалық қамтамасыздандыруды құрудың сервистік-бағдарлы сәулеті ұсынылды.

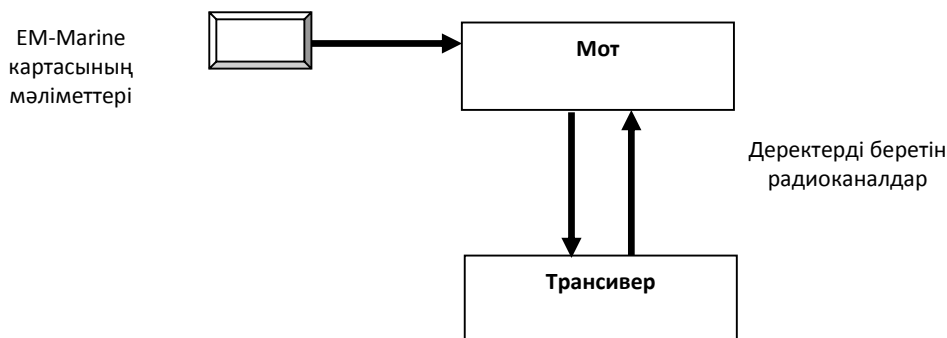
Нәтижеде аналитикалық есептерді автоматты түрде алуға болатын болды, мысалы:

- бейінді оқыту бойынша пәндерге қатысушыларды жалпы пайызы;
- барлық пән бойынша және әрқайсысы бойынша бөлек пәнге студенттердің қатыспағандықтарының жалпы саны;
- пәнге қатысу динамикасы.

Бірінші деңгейінде, Моттар, сенсорлар, ал екінші деңгейінде, Трансиверлер, қабылдаушы-ретрансляторлар өткізілген желінің екі деңгейлі топологиясы ұсынылды. EM-Marine типіндегі карталарды оқытынан ақпараттарды алу мен жарық дабылымен мәліметтерді өткізу туралы индикация сенсор міндеттеріне кіреді. Мәліметтерді өткізу пакетті трансивер арқылы алуды растау тәртібінде өтеді. Мәліметтер пакеті карталардың идентификациялық номерлерінен және құрылғының жағдайынан (жұмыс жасау қабілеттігінен, қалған қуаттан) тұрады. Белгілену қолайлы болып, аудиторияға сырттан кірмей тұрып, біреуге белгілету мүмкін болмау үшін сенсорлардың қолайлы орны – есік орнындағы бөлменің ішкі бөлігі. Мұндай сенсорлардың қуаттау көзінің элементтері құрылғының ұзақ уақыт – жалпы оқу кезең – 2 семестр (9 ай және одан да көп астам уақыт) жұмыс жасауына мүмкіндік беру түрінде есептелген. Қуаттау көзі элементтерінің ауысуы қажет болған немесе техникалық қызмет көрсетілуі қажет болған сенсорды жылдам анықтау үшін барлық сенсорлар өзінің құрал-сайман (инвентарь) нөміріне ие, әрі құрылыстың кеңістік моделінде тіркелген

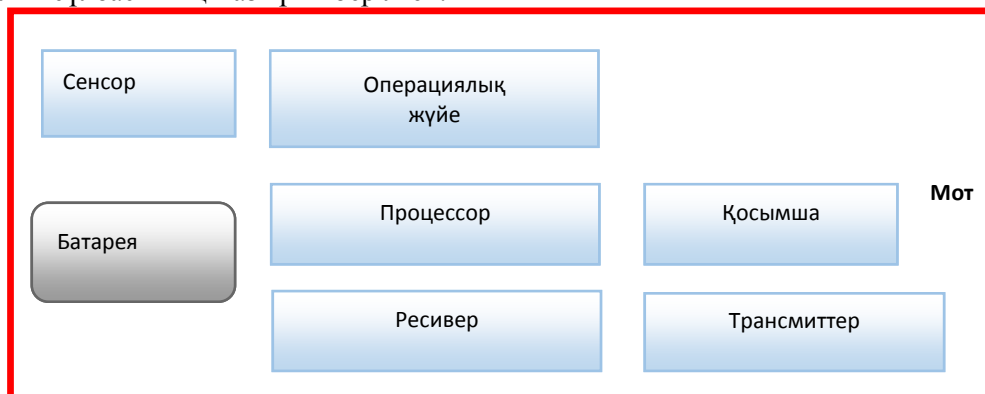
Міне, осылай, мәселе тек сымсыз желі топологиясының жобалау проблемаларын ғана көтеріп қоймай, сонымен бірге бизнес процесінің барлық мәселелерді орындауы бойынша мамандандырылған программалық қамтамасыздандыру проблемаларын да көтерді.

Сенсор құрылғысының топологиясы 2-суретте берілген.



2-сурет. Құрылғының топологиясы

Суретте мәліметтер бағыты мен құрылғы жұмысының сұлбасы берілген. 3-суретте құрылғы сұлбасының мазмұны берілген.



3-сурет. Құрылғы мазмұны

Көрініп тұрғандай Мот мазмұны өз ішіне барлық компоненттерді қамтиды, ал олардың арасындағы байланыс кепілге алынған модель топологиясын жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Желі тұжырымдамасын трансиверлер мен Моттарды қолдану деп түсінеміз. Сондықтан тапсырмада желінің әрбір элементінің технологиялық тұрғыдан орналасуын, әсіресе, Моттар арасындағы арақашықтықты, трансиверлер арасындағы арақашықтықты, құрылыс типі, қалқа (перегородка) құрамы т.б. сияқты өз шектеулерін қоятын ғимарат құрылысын модельдеу қажет. 5-суретте бөлмелерде орналастырылған трансиверлер мен моттардың өзара болжамды орналасқан сұлбасы берілген [13-17].

Құрылым (архитектура).

Шешімнің құрылымы программалық қамтамасыздандыруды жобалау кезінде икемді тік және көлденең масштабтандыруды жүзеге асыруға мүмкіндік беретін сервистік-бағытталған амалдың қолданылуын ұсынады.

Модельді жүзеге асыру үшін төмендегі программалық кешенді ұсынамыз:

- Моттардың программалық қамтамасыздандырулары;
- Трансиверлердің программалық қамтамасыздандырулары;
- Трансиверлерден алынатын мәліметтерді өңдеу мен сақтау серверінің программалық қамтамасыздандырулары.

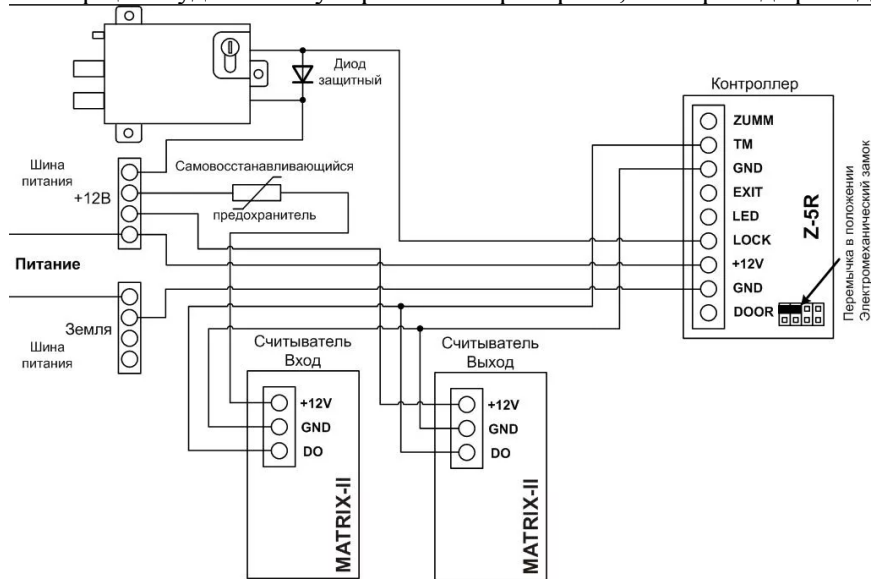
Мұндағы 3-і деңгейде ақпараттық жүйелермен бірге берілген интеграцияның қарапайым интерфейсін беруші бағытталған құрылым (архитектура) сервисі жүзеге асырылған еді.

Жүйенің жұмыс істеу механизмі:

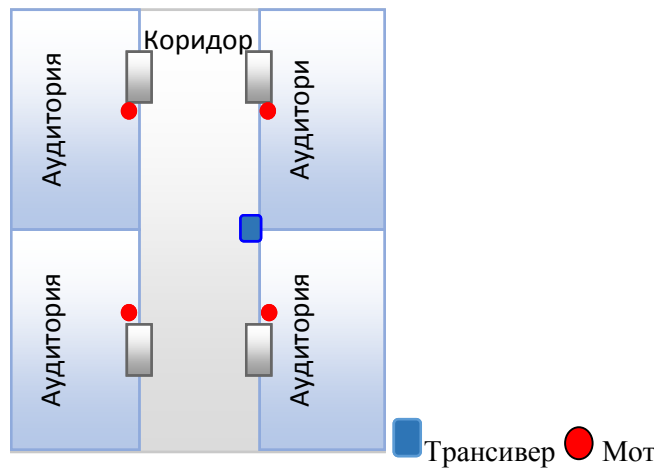
- Оқу кешенін (мысалы, Университет) EM-Magine типіндегі (4-сурет) карталарды оқитын сымсыз сенсорлы желімен жабдықтау. Әрбір оқу сыныбы есік маңдайшасына құрастырылған осындай құрылғымен жабдықталған болуы керек;
 - барлық студенттерге EM-Magine типіндегі карталарды беру;
 - сабақ кестесін құрастыру кезінде – әрбір өтілетін сабақтың уақыты мен оқу сыныбын бекіту.

Әрбір студент сабаққа қатысу кезінде картаны оқитынның (дабыл беру жүйесі іске қосылуы тиіс – немесе жарық индикаторының, немесе дауыстың) үстінен өз картасын

жүргізуі керек. Трансиверлі мәліметтер автоматты түрде сенсорлы сымсыз желілердің инфрақұрылымы арқылы мәліметтерді өңдеу мен сақтаудың орталық серверіне өтеді, мұнда мәліметтер қатысуды есептеу жүйесімен біріктіріліп, шоғырландырылады.



4-сурет. EM-Marine типіндегі карталарды архитектурасы

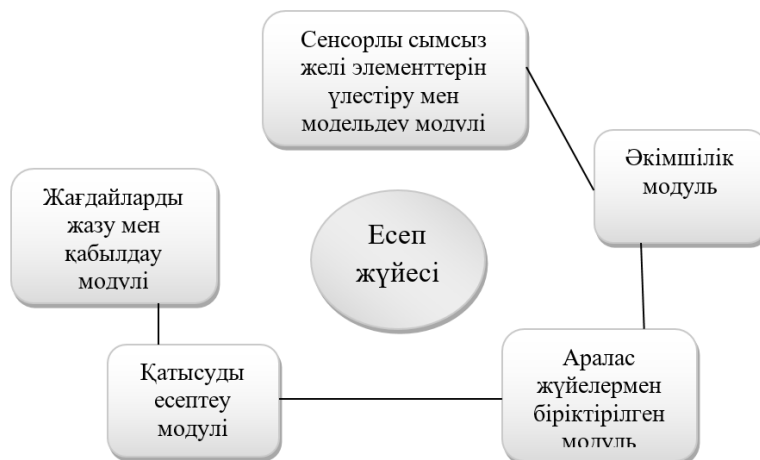


5-сурет. Желі тұжырымдамасы

5-суретте көрініп тұрғандай, барлық Моттар радиоарна бойынша Трансивер үшін қол жетімді болуы қажет. Берілген жағдайда Моттардың біраз бөлігін бір трансивер арқылы қамтуға мүмкіндік беретін аудиториялардың орналасуының қарапайым моделі суретте көрсетілген. Бірақ сурет ғимараттың сәулеттік ерекшелігіне байланысты үлкен өзгеріске ұшырауы мүмкін. Бұл бөлігінде берілген ішкі жағдайларға байланысты сымсыз желі топологиясының және оңтайластырылған орналасу есебінің аспаптық құралдарын қолдану мен өңдеу қажеттігі көрініп тұр.

Орнын толтыру топологиясын таңдау кезінде бағытталған трансиверлі желілерді жөндеу мен бағытталмаған трансиверлі желілердің салыстырмалы қарапайымдылығын

- қатысуды есептеу модулі;
- аралас жүйелермен біріктірілген модуль;
- әкімшілік модуль.



7-сурет. Жүйе модульдерінің өзара әсер етуі

Ұсынылған шешім сымды желілер негізіндегі инфрақұрылымдық классикалық шешімдерге қарағанда бірқатар артықшылығы бар. Мұндай шешім кез келген инфрақұрылымда жылдам болып өтеді, кабель тартуды талап етпейді, ал монтаждау кіші көлемдегі шығындармен жүзеге асырылады. Бірақ, шешім трансляцияға қажетті ақпарат көлемі мен қуаттау көзінің элементтерінің сыйымдылығымен келісілген әрбір сенсордың шектеулі қызмет көрсетуі сияқты кемшіліктерге де ие. Сонымен бірге, сенсорға қоюы қажет болған өз идентификациялық картасын жоғалтқан немесе ұмытқан студенттерді есепке алу кезінде сол баяғы қиындықтар туындайды. Сенсорлы сымсыз желілерді қолдана отырып белгілі бір зонаны айтарлықтай үлкен көлемде яғни трансиверден 50 метрге дейінгі аралықта кесіп өтуді, кіріс-шығысты бақылау сұрақтарын шешуге болатын шешімдері белгілі. Мәліметтерді сымсыз жіберу стандарттары мен хаттамаларының жиынтығына жауап беретін DSRC (DedicatedShortRangeCommunication) сипаттамасы негізінде шешілетін шешім мен оның негізінде жолақыны автоматты төлеу бойынша немесе автокөлікті қоятын орын жүйесі бойынша шешім үлгі түрінде қызмет атқара алады.

ZigBee сипаттамасы 10 жылдан астам уақыттан бері бар. Ол төменгі деңгейі IEEE 802.15.4 стандартын қолданушы хаттамалардың жиналуын регламенттейді. Осы күнге дейін көптеген техникалық шешімдер жасалған, олардың ішінде – қуатты/сумен жабдықтауды техникалық есепке алу жүйесі, орталық жылу басқару жүйесі, кәсіпорынның қорғау жүйесі, өндірісте еңбекті қорғау жүйесі, сапаны бақылау мен диспетчерлендіру жүйесі, роботтандырылған қойманы басқару жүйесі, өрт қауіпсіздігінің жүйесі мен тағы басқа көптеген жүйелер.

Бұл технологияның енуінің – өрісі кең. Оның мәселелері үлкен көлемдегі сенсорлы сымсыз желілерді қолдануы арқылы шешілуі мүмкін.

Қорытынды. Берілген жұмыста келтірілген шешім оқу орындарындағы бизнес процестердің автоматтандырылуының жаңа сатысына көшуге мүмкіндік береді және Саналы Оқу Кешенінің (Smart Campus) құрылысы бойынша қойылған міндеттердің біріне кіреді.

Жұмыс аясында шешілетін мәселелер ішінен үш ішкі мәселе бөліп алынды:

– техникалық шешімді жүзеге келтіру – «Мот» типіндегі трансивер мен оқитынның біріктірілген төлемдері;

– оңтайландырылған мәселенің шешімі – объект инфрақұрылымының инженерлік ерекшеліктерінен шыға отырып, құрылғылардың оңтайландырылған сипаттамасын есептеу мен модельдеу;

– студенттердің сабаққа қатысуын есепке алу бойынша сервистік-бағыттандырылған (SOA) программалық кешенді құру.

Бұл мәселелерді шешу қатысымдық журналдарды қалыптастырудың бизнес процесінен адам ресурсын толықтай алып тастап, студент үлгерімінің адекваттық есептеу рейтингісін көтеруге мүмкіндік береді. Сонымен бірге студенттердің қызығушылығы мен даму динамикасының, бағыттар мен профильдердің, бірсыпыра пәндердің, оқу орындарының бизнес процесстерін талдау бойынша жаңа мүмкіндіктер береді.

Сенсорлы сымсыздарды қолдана отырып, біз негізгі мәселені шешеміз – өндірістік мәселелерді шешуге арналған қосымша ЛВС құру бойынша объектінің инфрақұрылымдық өзгеру шығындарын қысқарту, сонымен бірге қауіпсіз еңбекті қазіргі кезде бар болған технологиялық сұлба негізінде сенсордың қосымша түрлерін қолдана отырып қамтамасыздандыру бойынша ілесіп келетін мәселелерді шешу үшін іргетасын қалаймыз.

Бұл технологияны ең маңызды қолданысы университеттердегі төтенше жағдай кезінде, адамдарды есепке алу, олардың орналасқан жерлерін дәл анықтап және қозғалыс бағытын анықтау сияқты эвакуациялау есебіне қажет ақпаратты дәл алуға мүмкіндік береді.

Жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің № АР08855903 «Нақты уақыт режимінде эвакуациялау тапсырмалары үшін интеллектуалды ақпараттық технологияларды құру» жоба аясындағы грантының қолдауымен, Ақпараттық және есептеуіш технологиялар институты ҚР БҒМ ҒК жүргізілді.

Әдебиеттер тізімі

1. D. Hartama, A. P. Windarto, A. Wanto Evacuation Planning for Disaster Management by Using The Relaxation Based Algorithm and Route Choice Model, International Journal Of Information System & Technology Vol. 2, No. 1, (2018), pp. 7-13, DOI:10.30645/ijistech.v2i1.14.
2. H.W. Hamacher, S. A. Tjandra Mathematical Modeling of Evacuation Problems: A State of The Art Bericht, Elektronische Publikation.
3. S.V. Malodushev, A.A. Rogov, R.V. Voronov Mathematical model for evacuation people from corridor-type buildings Vestnik of Saint Petersburg University Applied Mathematics Computer Science Control Processes 15(3):375-384,2019, DOI:10.21638/11702/spbu10.2019.307.
4. Chi To Ng, T. C. E. Cheng, Eugene Levner, Boris Kriheli Optimal bi-criterion planning of rescue and evacuation operations for marine accidents using an iterative scheduling algorithm Annals of Operations Research 296 (1-2), January 2021, DOI:10.1007/s10479-020-03632-6.
5. C. Schiopu Maximum flows in bipartite dynamic networks Bulletin of the Transilvania University of Braşov · Vol 12(61), No. 1 - 2019 Series III: Mathematics, Informatics, Physics, 177-198 DOI:10.31926/but.mif.2019.12.61.1.14.
6. J. Abusalama, Sa. Razali, Y.-H. Choo, L. Momani, A. Alkharabsheh Dynamic real-time capacity constrained routing algorithm for evacuation planning problem Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science Vol. 20, No. 3, 2020, pp. 1388~1396, DOI: 10.11591/ijeecs.v20.i3.pp1388-1396.
7. U. Pyakurel, H. Nath, S Dempe and T. N. Dhamala Efficient Dynamic Flow Algorithms for Evacuation Planning Problems with Partial Lane Reversal, Mathematics 2019, 7(10), 993; <https://doi.org/10.3390/math7100993>.
8. Amirgaliyev Y.N, Yunussov R Attendance control system on the basis of wireless sensor network // International Journal Of Engineering Sciences & Research technology, ISSN:2277-9655, — 2016, — Volume 5, – Issue 3. – 177-183.

9. Yedilkhan Amirgaliyev, Rassul Yunussov, Orken Mamyrbayev, Optimization of people evacuation plans on the basis of wireless sensor networks // Open Engineering. Volume 6, Issue 1, ISSN (Online) 2391-5439, DOI: 10.1515/eng-2016-0026, September 2016.
10. Kucheryavyi A.E., Internet of Things, Electrosviaz. – № 1. – 2013
11. Trifonov S.V., Holodov Y.A., Research and optimization of wireless sensor network on the basis of ZigBee protocol, Computer researches and Modelling, T.4 №4, P. 855-869, 2012
12. Doroshenko A.E., Zhreb K.A., Shevchenko R.S., Using the high level modelling software for wireless sensor network design, Programming problems, №2-3 (Special Edition), P.718-727, 2006
13. Fielding R., Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, Dissertation, 2000.
14. Zuoming Yu, Jin Teng, Xiaole Bai, Dong Xuan, Weijia Jia, Connected Coverage in Wireless Networks with Directional Antennas, ACM Transactions on Sensor Networks, Vol. V, 2012
15. Kenney J.B., Dedicated Short-Range Communications Standards in the United States, Toyota InfoTechnology Center, P.1162-1182, 2011
16. Raghu Das and Dr. Peter Harrop, RFID Forecasts, Players and Opportunities 2014-2024, IDTechEx (<http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2014-2024-000368.asp?viewopt=desc>), 2014
17. Vinay Singla, The Overlapping Worlds of SaaS and SOA, Microservices Expo, SYS-CON Media, Inc., 2009
18. Richard Harris, Java Still Top Programming Language Thanks to Objective-C, AppDeveloper Magazine, 2015
19. Mak, Gary, Spring Recipes: A Problem-Solution Approach, Second ed., Apress, 2010
20. Baron Schwartz, Peter Zaitsev, Vadim Tkachenko High Performance MySQL: Optimization, Backups, and Replication / MySQL по максимуму //O'Reilly's bestsellers, ISBN: 978-5-4461-0696-7, 2018.

References

1. D. Hartama, A. P. Windarto, A. Wanto Evacuation Planning for Disaster Management by Using The Relaxation Based Algorithm and Route Choice Model, International Journal Of Information System & Technology Vol. 2, No. 1, (2018), pp. 7-13, DOI:10.30645/ijistech.v2i1.14.
2. H. W. Hamacher, S. A. Tjandra Mathematical Modeling of Evacuation Problems: A State of The Art Bericht, Elektronische Publikation.
3. S. V. Malodushev, A.A. Rogov, R. V. Voronov Mathematical model for evacuation people from corridor-type buildings Vestnik of Saint Petersburg University Applied Mathematics Computer Science Control Processes 15(3):375-384,2019, DOI:10.21638/11702/spbu10.2019.307.
4. Chi To Ng, T. C. E. Cheng, Eugene Levner, Boris Kriheli Optimal bi-criterion planning of rescue and evacuation operations for marine accidents using an iterative scheduling algorithm Annals of Operations Research 296 (1-2), January 2021, DOI:10.1007/s10479-020-03632-6.
5. C. Schiopu Maximum flows in bipartite dynamic networks Bulletin of the Transilvania University of Braşov • Vol 12(61), No. 1 - 2019 Series III: Mathematics, Informatics, Physics, 177-198 DOI:10.31926/but.mif.2019.12.61.1.14.
6. J. Abusalama, Sa. Razali, Y.-H. Choo, L. Momani, A. Alkharabsheh Dynamic real-time capacity constrained routing algorithm for evacuation planning problem Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science Vol. 20, No. 3, 2020, pp. 1388~1396, DOI: 10.11591/ijeecs.v20.i3.pp1388-1396.
7. U. Pyakurel, H. Nath, S Dempe and T. N. Dhamala Efficient Dynamic Flow Algorithms for Evacuation Planning Problems with Partial Lane Reversal, Mathematics 2019, 7(10), 993; <https://doi.org/10.3390/math7100993>.
8. Amirgaliyev Y.N, Yunussov R Attendance control system on the basis of wireless sensor network // International Journal Of Engineering Sciences & Research technology, ISSN:2277-9655, — 2016, — Volume 5, — Issue 3. — P.177-183.
9. Yedilkhan Amirgaliyev, Rassul Yunussov, Orken Mamyrbayev, Optimization of people evacuation plans on the basis of wireless sensor networks // Open Engineering. Volume 6, Issue 1, ISSN (Online) 2391-5439, DOI: 10.1515/eng-2016-0026, September 2016.
10. Kucheryavyi A.E., Internet of Things, Electrosviaz, №1, 2013
11. Trifonov S.V., Holodov Y.A., Research and optimization of wireless sensor network on the basis of ZigBee protocol, Computer researches and Modelling, T.4 №4, P. 855-869, 2012

12. Doroshenko A.E., Zhreb K.A., Shevchenko R.S., Using the high level modelling software for wireless sensor network design, Programming problems, №2-3 (Special Edition), P.718-727, 2006
 13. Fielding R., Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, Dissertation, 2000.
 14. Zuoming Yu, Jin Teng, Xiaole Bai, Dong Xuan, Weijia Jia, Connected Coverage in Wireless Networks with Directional Antennas, ACM Transactions on Sensor Networks, Vol. V, 2012
 15. Kenney J.B., Dedicated Short-Range Communications Standards in the United States, Toyota InfoTechnology Center, P.1162-1182, 2011
 16. Raghu Das and Dr. Peter Harrop, RFID Forecasts, Players and Opportunities 2014-2024, IDTechEx (<http://www.idtechex.com/research/reports/rfid-forecasts-players-and-opportunities-2014-2024-000368.asp?viewopt=desc>), 2014
 17. Vinay Singla, The Overlapping Worlds of SaaS and SOA, Microservices Expo, SYS-CON Media, Inc., 2009
 18. Richard Harris, Java Still Top Programming Language Thanks to Objective-C, AppDeveloper Magazine, 2015
 19. Mak, Gary, Spring Recipes: A Problem-Solution Approach, Second ed., Apress, 2010
 20. Baron Schwartz, Peter Zaitsev, Vadim Tkachenko High Performance MySQL: Optimization, Backups, and Replication / MySQL по максимуму //O'Reilly's bestsellers, ISBN: 978-5-4461-0696-7, 2018.
-
-