ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«Ғ.ДАУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы
Телекоммуникациялық жүйелер және желілер кафедрасы

«ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ»
Кафедра меңгерушісі PhD, доцент Темырканова Э.К

(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.
(қолы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

Тақырыбы: Сымсыз сенсорлы желілердегі трафик сипаттамаларын талдау
Мамандығы 5В071900 Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
Орындаған Сағызбай Аяжан Русланқызы Тобы РЭТ(ИКТ)-16-1
(Т.А.Ж.)
Ғылыми жетекшісі т.ғ.к проф. Туманбаева Кумысай Хасеновна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
Кеңесшілер:
экономикалық бөлім бойынша:
доцент Тузелбаев Бакберген Ибадиллаевич
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_02_» _____06_____2020ж.
(қолы)
өміртіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
проф Жандаулетова Фарида Рустембековна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_01_» _____05_____2020ж.
(қолы)
есептеу техникасын қолдану бойынша:
т.ғ.к, проф. Туманбаева Кумысай Хасеновна
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «_02_» _____06_____2020ж.
(қолы)
Нормобақылаушы: доцент Мухамеджанова Альмира Далелханкызы
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «__02__» _____06_____2020ж.
(қолы)
Пікір беруші: _____
(ғылыми дәрежесі, атағы, Т.А.Ж.)
_____ «____» _____2020ж.

(қолы)

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ
«Ғ.ДАУКЕЕВ АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Ғарыштық инженерия және телекоммуникация институты
Телекоммуникациялық жүйелер және желілер кафедрасы
Мамандығы 5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

Дипломдық жобаны орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Сағызбай Аяжан Русланқызы
(Т.А.Ж.)
Жобаның тақырыбы Сымсыз сенсорлы желілердегі трафик сипаттамаларын талдау

2019 ж. «11»11 №147 университет бұйрығымен бекітілді.

Аяқталған жобаны тапсыру мерзімі «25» 05 2020ж.

Жобаға алғашқы деректер (талап етілетін зерттеу (жоба) нәтижелерінің параметрлері және зерттеу нысанының алғашқы деректері):
λ=10 талап/сағ талаптардың келіп түсу қарқындылығы;
t=0,1 сағ талаптардың келіп түсу уақытының аралығы;
μ=0,5 келіп түскен талапқа қызмет көрсету қарқындылығы;
t_1=2 сағ 1 талапқа қызмет көрсетудің орташа уақыты;
шлюздегі арналардың саны 8.

Диплом жобасындағы әзірленуі тиіс мәселелер тізімі немесе диплом жобасының қысқаша мазмұны:
Кіріспе
1 Сымсыз сенсорлық желілердің қазіргі жағдайын талдау

2 Сымсыз сенсорлық желілердегі трафик модельдері және маршрутизация хаттамалары

3 Сымсыз сенсорлық желі трафигін модельдеу

4 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі

5 Экономикалық бөлім

Қорытынды

Қысқартулар тізбесі

Әдебиеттер тізімі

Графикалық материалдардың (міндетті түрде дайындалатын сызбаларды көрсету) тізімі:

Сымсыз сенсорлық желі құрылымы, архитектурасы және топологиялары;

Аналитикалық модельдеу әдісі мен негізгі қолданылатын формулалары;

GPSS World жүйесіндегі бағдарлама фрагменті;

Имитациялық модельдеу әдісі мен одан алынған гистограммалар;

Алынған нәтижелер бойынша тұрғызылған тәуелділік графиктер;

MathCad бағдаламалық жүйесі арқылы алынған салыстыру графиктері.

Негізгі ұсынылатын әдебиеттер:

1 Туманбаева К.Х. , Базарбаев Б. Моделирование трафика M2M сети в среде GPSS WORLD // Международное научно – педагогическое издание «Высшая школа Казахстана» , 2017, №3, С. 263 – 266.

2 Кучерявый, А.Е. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчета / А.Е. Кучерявый, А.И. Парамонов, Е.А. Кучерявый. - Москва: ФГУП ЦНИИС, 2008. - 151-176 с.

3 Ложковский А.Г. Сравнительный анализ методов расчета характеристик качества обслуживания при самоподобных потоках в сети // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. – Вип. 47. – К.: 2008. – С. 187-193.

4 Dunkels, A. Making TCP/IP Viable for Wireless Sensor Networks / A. Dunkels, J.Alonso , and T.Voigt // 2d International Conference on Wired/Wireless Internet Communications (WWIC 2004). - 2004.

5 Xia F. QoS challenges and opportunities in wireless sensor/actuator networks // Sensors. 2008. Vol. 8, issue 2. P. 1099–1110

6 Бегимбетова А.С., Жандаулетова Ф.Р. Безопасность жизнедеятельности. Защита от производственного шума. Методические указания к выполнению дипломного проекта, Алматинский институт энергетики и связи. – Алматы, 2010.

7 Б.И.Түзелбаев, А.А.Жакупов, Бітірушілер жұмысының экономикалық бөлімін орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар, Алматы 2010, -5-19 б.

Жоба бойынша жобаның бөлімдеріне қатысты белгіленген кеңесшілер

Бөлімдері	Кеңесшілері	Мерзімі	Қолы
Негізгі бөлім	Туманбаева К.Х	09.05.2020	
Есептеу техникасын қолдану	Туманбаева К.Х	02.06.2020	
Өміртіршілік қауіпсіздік бөлімі	Жандаулетова Ф.Р	01.05.2020	
Экономика бөлімі	Тузелбаев Б.И	02.06.2020	
Нормабақылау	Мухамеджанова А.Д	02.06.2020	

Диплом жобасын дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, әзірленетін мәселелердің тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Сымсыз сенсорлық желілердің қазіргі жағдайын талдау	24.02.2020	орындалды
Сымсыз сенсорлық желілердегі трафик модельдері және маршрутизация хаттамалары	03.03.2020	орындалды
Сымсыз сенсорлық желі трафигін модельдеу	4.03.2020	орындалды
Шлюзге түсетін желілік трафикті аналитикалық модельдеу	11.03.2020	орындалды
Сымсыз желінің базалық станциясының имитациялық моделы	19.03.2020	орындалды
Желілік серверге түсетін желілік трафикті аналитикалық модельдеу	27.03.2020	орындалды
Сымсыз сенсорлық желінің серверін жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде модельдеу	04.04.2020	орындалды
Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі. Еңбек шартын талдау	11.04.2020	орындалды
Жасанды жарықтандыруды есептеу	19.04.2020	орындалды
Электромагниттік және иондаушы сәулеленуден қорғауды есептеу	19.04.2020	орындалды
Экономикалық бөлім. Жүйені дамыту қажеттілігінің негіздемесі	26.04.2020	орындалды
ССЖ мүмкіндіктері арқылы жасалынған «Ақылды үй» жобасын ұйымдастыруға кететін шығындарды есептеу.	03.05.2020	орындалды
Кіріспе және қорытынды бөлімдерін жазу	04.05.2020	орындалды

Тапсырманың берілген уақыты «17» ақпан 2020 ж.

Кафедра меңгерушісі _____ (Темырканова Эльвира Кадылбековна)
(қолы)
(Т.А.Ж.)
Жобаның
ғылыми жетекшісі _____(Туманбаева Кумысай Хасеновна)
(қолы)
(Т.А.Ж.)
Орындалатын тапсырманы
қабылдаған студент _____ (Сағызбай Аяжан Русланқызы)
(қолы)
(Т.А.Ж.)

Аңдатпа

Бұл дипломдық жұмыста сымсыз сенсорлық желі (ССЖ) трафигін аналитикалық және имитациялық модельдеу әдістері негізінде талдау ұсынылған. GPSS World жүйесінің көмегімен сымсыз желінің базалық станциясының имитациялық моделі жасалып, аналитикалық және имитациялық модельдеу нәтижелері салыстырылған. ССЖ желілік серверінің моделі ретінде жаппай қызмет көрсету жүйесі қарастырылған. Бұл үшін дестелердің кезекте күтуінің орташа уақыты, кезектің ұзындығы, жүйеде болуының орташа уақыты секілді көрсеткіштері анықталған. Сонымен қатар, өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде ССЖ-лермен жұмыс жасайтын қызметкердің еңбек шарты талданған. Экономикалық бөлімде ССЖ мүмкіндіктері арқылы жасалынған «Ақылды үй» жобасын ұйымдастыруға кететін шығындар есептелген.

Аннотация

В данной дипломной работе представлен анализ трафика беспроводной сенсорной сети (БСС) на основе методов аналитического и имитационного моделирования. С помощью системы GPSS World разработана имитационная модель базовой станции беспроводной сети, сопоставлены результаты аналитического и имитационного моделирования. В качестве модели сетевой сервер БСС рассмотрена система массового обслуживания. Для нее определены такие показатели, как среднее время ожидания пакета в очереди, длина очереди, среднее время пребывания в системе. Кроме того, в части безопасности жизнедеятельности проанализированы условия труда работника, работающего с БСС. В экономической части рассчитаны затраты на организацию проекта «Умный дом», разработанного с помощью возможностей БСС.

Annotation

This diploma work presents an analysis of the wireless sensor network (WSN) traffic based on the analytical and simulation methods. A simulation model of the base station of a wireless network is developed by using the GPSS World system. A queuing system is considered as a model of a network server of a WSN. Indicators such as the average waiting time for a packet in the queue, the length of the queue, and the average time spent in the system are defined for this model. In addition, the working conditions of an employee working with WSN are analyzed in terms of life safety. The costs of organizing the «Smart Home» project, that developed by using the capabilities of the WSN, are calculated in the economic part.

Мазмұны

Кіріспе 7
1 Сымсыз сенсорлық желілердің қазіргі жағдайын талдау 8
1.1 Сымсыз сенсорлық желілер 8
1.2 Сымсыз сенсорлық желілерді ұйымдастыруға арналған стандарттар 21
2 Сымсыз сенсорлық желілердегі трафик модельдері және маршрутизация хаттамалары 27
2.1 Сымсыз сенсорлық желілердегі трафик модельдері 27
2.2 Сымсыз сенсорлық желілердегі маршруттау хаттамалары 32
2.3 Сымсыз сенсорлық желілерде қызмет көрсету сапасы 37
3 Сымсыз сенсорлық желі трафигін модельдеу 44
3.1 Шлюзге түсетін желілік трафикті аналитикалық модельдеу 44
3.2 Сымсыз желінің базалық станциясының имитациялық моделі 49
3.3 Желілік серверге түсетін желілік трафикті аналитикалық модельдеу 53
3.4 Сымсыз сенсорлық желінің серверін жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде модельдеу 58
4 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі 61
4.1 Еңбек шартын талдау 61
4.2 Есеп бөлімі 65
5 Экономикалық бөлім 70
5.1 Мақсаты 70
5.2 Жүйені дамыту қажеттілігінің негіздемесі 71
5.3 Қаржылық жоспар 72
5.4 Экономикалық бөлімнің қорытындысы 77
Қорытынды 78
Қысқартулар тізбесі 79
Әдебиеттер тізімі 80

Кіріспе

Қазіргі уақытта адамның тікелей қатысуынсыз, Machine-to-Machine communication (M2M) шеңберінде жұмыс істейтін құрылғыларға деген сұраныс жылдан жылға артуда, сәйкесінше сондай құрылғылар саны да көбеюде.

Адам арасындағы өзара әрекеттестікке емес, адам мен жансыз «зат» арасындағы немесе екі «зат» арасындағы өзара әрекеттестікке арналған телекоммуникациялық құрылғылар арасында қоршаған ортаның әр түрлі қасиеттері туралы ақпаратты ғана емес, сонымен қатар бұл ақпаратты сымсыз байланыс желілері бойынша басқа құрылғыларға беруге де қабілетті әртүрлі сенсорлық құрылғылар айтарлықтай үлес құрайды.

Энергияны төмен тұтыну, төмен баға, тораптарды өрістетудің қарапайымдылығы мен өзін – өзі ұйымдастыру секілді құрылғыларға қойылатын бірқатар ерекше талаптар соңғы жылдары байланыс желілерін дамытудың жеке бағытын — сымсыз сенсорлық желілерді (ССЖ) құруға әкелді.

Осыған байланысты қазіргі уақытта ССЖ-нің жұмыс істеуінің әртүрлі аспектілерін, соның ішінде ССЖ-де өндірілетін трафик сипаттамаларын жан-жақты зерттеу, сондай-ақ жекелеген сенсорлық тораптардан және ССЖ-ден жалпы трафикті алудың дәлме-дәл модельдерін жасау аса өзекті болып табылады.

Бұл жұмыстың мақсаты сымсыз сенсорлық желілерде пайда болатын трафиктің сипаттамаларын және оның әр түрлі параметрлерге тәуелділігін зерттеу болып табылады.

Дипломдық жұмыста қойылған мақсаттарды орындау үшін келесі міндеттер жүйелі түрде орындалады:

- сымсыз сенсорлық желілерді дамытудың қазіргі жай-күйін талдау;
- аса маңызды архитектуралық ерекшеліктері мен қолдану аясын зерттеу;
- ССЖ ұйымдастыруға арналған стандарттар мен кеңінен қолданылатын және перспективалы хаттамаларды анықтау;
- ССЖ трафик модельдерін және қызмет көрсету сапасын талдау;
- ССЖ трафигінің аналитикалық және имитациялық моделін әзірлеу және GPSS World модельдеу жүйесінде бағдарламалық жүзеге асыру, алынған нәтижелерді талдау;
- экономикалық және өміртіршілік қауіпсіздігі тұрғысынан талдап, есептерін шешу.

Бұл жұмыстың практикалық маңыздылығы әзірленген модельдер ССЖ трафигін зерттеу және трафик параметрлерін талдау кезінде пайдаланылуы мүмкін.

1 Сымсыз сенсорлық желілердің қазіргі жағдайын талдау

1.1 Сымсыз сенсорлық желілер

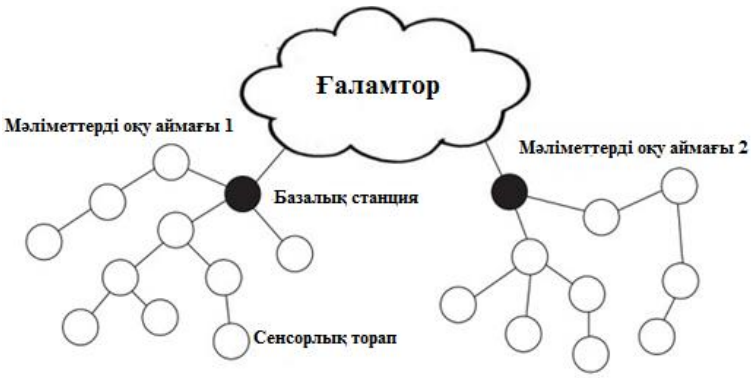
Сымсыз сенсорлық желілер (ССЖ) – бұл қазіргі уақыттағы телекоммуникациялық жүйелерді дамытудағы ең келешекті бағыттардың бірі, олар ғылыми зерттеулер жүргізу үшін жаңа мүмкіндіктер жасайды. Өте кіші өлшемдегі тораптар (бір куб дюйм өлшемдегі торап), біріктірілген радиоинтерфейс, аз мөлшердегі энергия тұтынымы, айтарлықтай төмен баға осы желіні бақылау және басқару жүйелерін құру немесе қауіпсіздікті қадағалау қажет жерлерге қолдануға тиімді етеді. Сымсыз сенсорлық желілер бірінші орында техникалық, экономикалық немесе ұйымдастыру себептеріне байланысты кабель тартуға мүмкін емес жерлерге ең қажетті болып табылады [1].

Сенсор немесе датчик – бұл физикалық процесс туралы немесе физикалық құбылыс және оның өңдеуге, өлшеуге, талдауға келетін электр сигналына ауысуы туралы ақпаратты жинауға арналған құрылғы. Датчик және сенсор сөздерінің анықтамасында қолданылған «физикалық процесс» термині температура, қысым, жарық, дыбыс, қозғалыс, ағын, ылғалдылық, сәулелену секілді кез-келген нағыз ақпарат болуы мүмкін.

Сенсорлық желі – бұл датчиктерден, есептеуіш блоктардан және оқиға немесе құбылысты жазу, бақылау және әрекет ету мақсатында пайдаланылатын байланыс элементтерінен тұратын құрылым. Оқиғалар кез келген нәрсемен, мысалы, физикалық әлеммен, өнеркәсіптік ортамен, биологиялық жүйемен немесе АТ (Ақпараттық технологиялар) инфрақұрылымымен байланысты болуы мүмкін, ал бақылаушы немесе реттеуші орган тұтыну қосымшасы, үкімет, азаматтық, әскери немесе өнеркәсіптік кәсіпорын болуы мүмкін. Мұндай сенсорлық желілер қашықтықтан зондтау, медициналық телеметрия, бақылау, мониторинг, деректерді жинау және т. б. үшін қолданылады [1].

Қарапайым сенсорлық жүйе датчиктерден, бақылағыштан және байланыс жүйесінен тұрады (1.1 сурет). Егер сенсорлық желілердегі байланыс жүйесі сымсыз хаттама қолданысымен жүзеге асырылған болса, онда мұндай желілерді сымсыз сенсорлы желілер немесе жай ғана WSN (Wireless Sensor Networks) деп атайды.

Инженерлер мен зерттеушілердің айтуынша, сымсыз сенсорлық желілер жиырма бірінші ғасыр үшін маңызды технология болып табылады. MEMS-сенсорлар (микро электромеханикалық жүйе) және сымсыз желілер аумағындағы соңғы өңдеулер арзан, азқуатты, өте кішкентай және интеллектуалды датчиктерді ойлап табуға мүмкіндік берді. Олар арқылы әр түрлі азаматтық және әскери қосымшалар үшін сымсыз байланыс арналары мен интернет арқылы байланысуға болады [2].



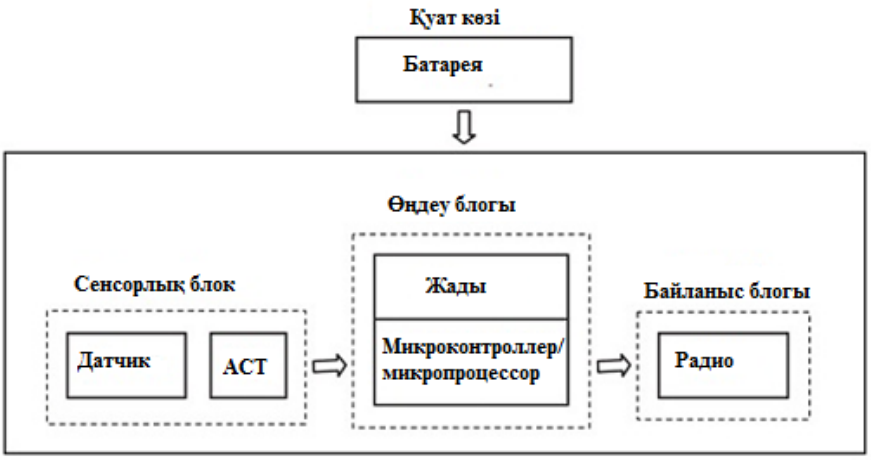
1.1 сурет – Сенсорлық желінің құрылымы

Сымсыз сенсорлық желі жоғары тығыздықпен, көп мөлшерде жиі тараған және бейнелерді тану, мәліметтерді өңдеу, кірістірілген есептеу және байланысты қамтамасыз ететін сенсорлық тораптардан тұрады.

Инженерия, байланыс және желілер саласындағы соңғы әзірлемелер датчиктердің жаңа конструкцияларының, ақпараттық технологиялар мен сымсыз жүйелердің пайда болуына алып келді. Мұндай заманауи датчиктер физикалық әлем мен сандық әлем арасындағы көпір ретінде пайдаланылуы мүмкін. Датчиктер көптеген құрылғыларда, өнеркәсіп салаларында, машиналар мен қоршаған ортада қолданылады және инфрақұрылымның істен шығуынан, апаттардан құтылуға көмектеседі. Сондай-ақ, олар табиғи ресурстарды, жабайы табиғатты сақтау, өнімділікті арттыру, қауіпсіздікті қамтамасыз ету және т. б. салаларда қолданылады [2].

1.1.1 Сымсыз сенсорлық желілердің құрылымы. Типтік сымсыз сенсорлық желі екі элементке бөлінуі мүмкін: сенсорлық торап және желілік архитектура.

WSN сенсорлық түйіні төрт негізгі компоненттен тұрады: қуат көзі, датчик, өңдеу блогы, байланыс жүйесі (1.2 сурет) [3].



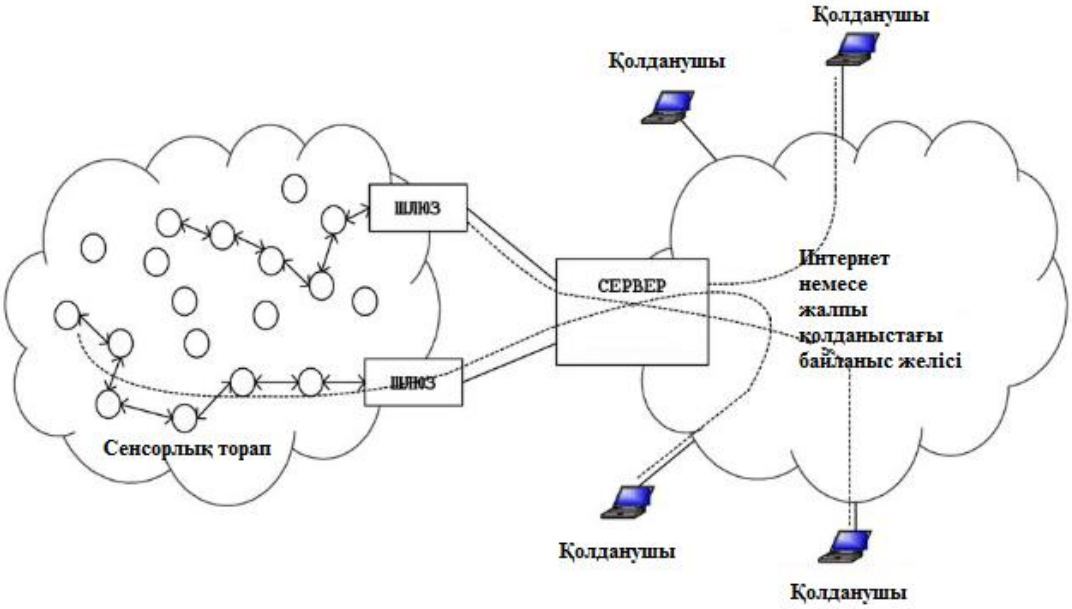
1.2 сурет – Сымсыз сенсорлық желі құрылымы

Датчик физикалық әлемнен аналогтық деректерді жинайды және АСТ бұл деректерді сандық деректерге түрлендіреді. Әдетте микропроцессор немесе микроконтроллер болып табылатын негізгі процессор деректерді интеллектуалды өңдеуді және оларға айла-шарғы жасауды орындайды.

Байланыс жүйесі радиобайланыс жүйесінен, әдетте, деректерді беру және қабылдау үшін жақын әрекет ететін радиостанциялардан тұрады. Барлық компоненттер энергияны аз тұтынатын құрылғылар болғандықтан, бүкіл жүйені қоректендіру үшін CR-2032 сияқты шағын батарея қолданылады [3].

Атауына қарамастан, сенсорлық торап тек сенсорлық компоненттен ғана емес, сонымен қатар өңдеу, байланыс және сақтау құрылғылары сияқты басқа да маңызды функциялардан тұрады. Барлық осы функциялардың, компоненттердің және жетілдірулердің арқасында датчиктің торабы физикалық әлемнің деректерін жинауға, желіні талдауға, деректерді корреляциялауға және басқа да датчиктің деректерін өз деректерімен біріктіруге жауап береді.

1.1.2 Сымсыз сенсорлық желілердің архитектурасы. Сенсорлық тораптардың үлкен бөлігінің физикалық ортаны ортақ бақылау үшін үлкен аймаққа бағытталуы және бұл сенсорлық тораптардың желімен бірігуі бірдей маңызды. WSN сенсорлы торабы басқа сенсорлы тораптармен ғана емес, сондай-ақ сымсыз байланысты пайдалана отырып, базалық станциямен де байланысады (1.3 сурет).

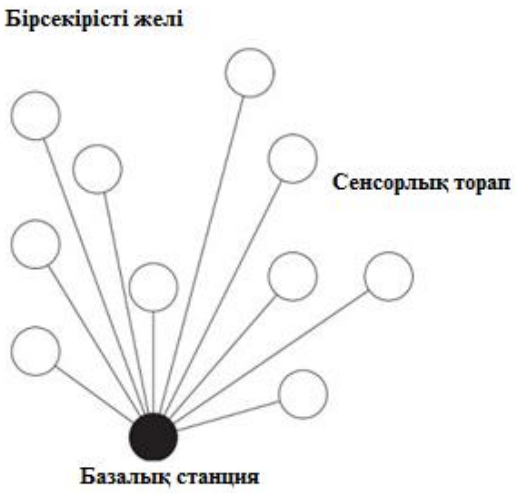


1.3 сурет – Сымсыз сенсорлық желілердің архитектурасы

Базалық станция командаларды сенсорлық тораптарға жібереді, ал сенсорлық тораптар бір-бірімен өзара іс-қимыл жасай отырып, тапсырманы орындайды. Қажетті деректерді жинағаннан кейін сенсорлық тораптар деректерді кері базалық станцияға жібереді.

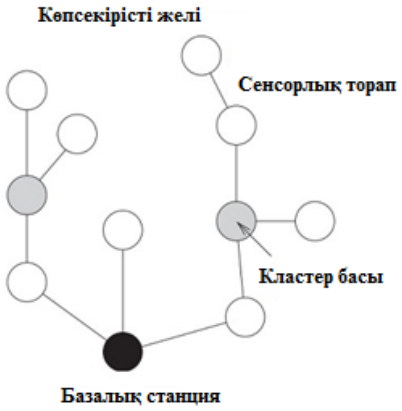
Базалық станция сондай-ақ Интернет арқылы басқа желілерге арналған шлюз ретінде әрекет етеді. Деректер датчиктер тораптарынан қабылдағаннан кейін базалық станция деректерді қарапайым өңдеуді орындайды және жаңартылған ақпаратты пайдаланушыға Интернет арқылы жібереді.

Егер датчиктің әрбір торабы базалық станцияға қосылған болса, ол бір ауысымды желі архитектурасы ретінде белгілі (немесе бірсекірісті архитектура ретінде белгілі) (1.4 сурет). Үлкен қашықтыққа беру қажет болса, байланыс үшін энергия тұтыну деректерді жинау мен есептеуге қарағанда айтарлықтай жоғары болады [3].



1.4 сурет – Бірсекірісті желі құрылымы

Сәйкесінше, көпсекірісті желілік архитектура әдетте маңызды қосымшаларда қолданылады (1.5 сурет). Датчиктің және базалық станция арасындағы бір жалғыз байланыс желісінің орнына деректер бір немесе бірнеше аралық тораптар арқылы беріледі.



1.5 сурет – Көпсекірісті желі құрылымы

Бұл екі жолмен іске асырылуы мүмкін. Жазық желінің архитектурасы және иерархиялық желінің архитектурасы (1.6 сурет). Жазық архитектурада базалық станция командаларды барлық сенсорлық тораптарға жібереді, бірақ сұраныспен сәйкес келетін сенсорлық торап өзінің тең құқылы тораптарын пайдалана отырып, көпсекірісті жол арқылы жауап береді [3].

1.6 сурет – Жазық желі архитектурасы

Иерархиялық архитектурада сенсорлық түйіндер тобы кластер түрінде қалыптасады және сенсорлық түйіндер кластердің тиісті бастарына деректерді береді (1.7 сурет). Содан кейін кластер бастары деректерді базалық станцияға бере алады.

1.7 сурет – Иерархиялық желі архитектурасы

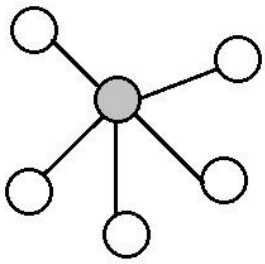
1.1.3 Сымсыз сенсорлық желілердің жіктемесі. Сымсыз сенсорлық желілер нақты қолданба үшін өте ерекше және арнайы талаптарына сәйкес қолданылады. Сондықтан, бір WSN сипаттамалары басқа WSN сипаттамаларынан ерекшеленетін болады.

Қолданысына қарамастан, сымсыз сенсорлық желілерді жалпы келесі санаттар бойынша жіктеуге болады [4]:

- статикалық және мобильді WSN;
- анықталған және анықталмаған WSN;
- бір базалық станциямен және бірнеше базалық станциямен;
- статикалық базалық станциямен және мобильдік базалық станциямен;
- бірсекірісті және көпсекірісті WSN;
- өздігінен басталатын және өздігінен басталмайтын WSN;
- біртекті және әртекті WSN.

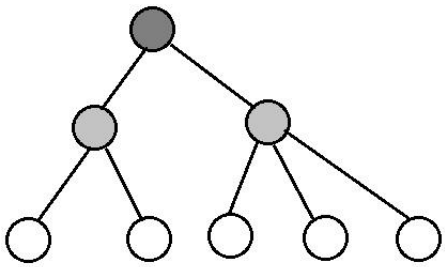
1.1.4 Сымсыз сенсорлық желілердің топологиясы. Біз WSN бір немесе бірнеше тораптары бар желі болуы мүмкін екенін көрдік. Төменде WSN-де пайдаланылатын бірнеше түрлі желілік топологиялар көрсетілген [5].

"Жұлдыз" топологиясында концентратор немесе коммутатор ретінде белгілі бір орталық торап бар (1.8 сурет) және желідегі әрбір торап осы концентраторға қосылған. Star топологиясында іске асыру, жобалау және кеңейту өте оңай. Барлық деректер концентратор арқылы өтетіндіктен, олар желіде маңызды рөл атқарады және концентратордағы іркіліс бүкіл желінің істен шығуына әкелуі мүмкін.



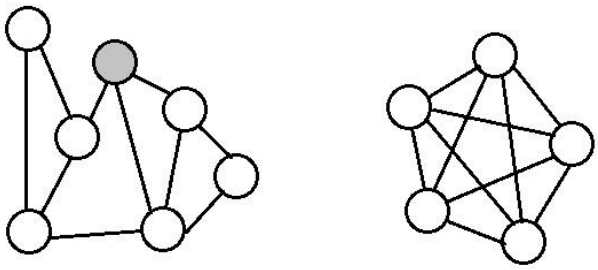
1.8 сурет – Жұлдыз топологиясы

Ағаш тәрізді топология – бұл бұл жоғарысында тамыр торабы орналасатын иерархиялық желі (1.9 сурет), бұл желі келесі деңгейде көптеген тораптарға қосылады және бұл одан әрі жалғасады. Өңдеу қуаты мен энергия тұтыну тамыр торабында ең жоғары болып табылады және иерархиялық тәртіптің төмендеуіне қарай азаяды.



1.9 сурет – Ағаш тәрізді топология

Mesh-топологиясында (тор топологиясы), өзінің жеке деректерін жіберуден басқа, әрбір торап басқа қосылған тораптардың деректерін беру үшін ретранслятор ретінде әрекет етеді. Тор топологиясы одан әрі толық қосылған торға және ішінара қосылған торға бөлінеді (1.10 сурет). Сонымен қатар, әрбір желі бір немесе бірнеше көрші тораптармен байланысты болады.



1.10 сурет – Тор топологиясы

1.1.5 Сымсыз сенсорлық желілерде деректерді қауіпсіз беруді қамтамасыз ету. Сымсыз сенсорлық желілерде деректерді қауіпсіз беруді қамтамасыз етуге байланысты міндеттерді шешу кезінде келесі факторларды ескеру қажет:

- желі торабының шектелген есептеуіш ресурстары (оперативті жадының көлемі 1- ден 4 Гб-ға дейін , тактілік жиілік-20 МГц), ал кейбір жағдайларда желінің шектеулі ресурстары (тораптар арасындағы орташа беру жылдамдығы 100 байт/с дейін құрауы мүмкін) [6];
- шешім қабылдаудың бірыңғай нүктесінде орталық (басты) түйіннің болмауы – сымсыз сенсорлық желілерге негізінде біррангылы физикалық топология жататындықтан;
- желі тораптары арасында сымсыз арна арқылы берілетін деректер пакетінің шағын мөлшері, әдетте, 10-100 байтты құрайды [6].

Осылайша, дәстүрлі криптографиялық алгоритмдер жоғарыда келтірілген себептерге байланысты сымсыз сенсорлық желіде деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін пайдаланыла алмайды. Қазіргі уақытта келесі міндеттерді шешу өзекті болып табылады:

- есептеу ресурстары шектеулі құрылғыларда қолдануға бағытталған шифрлау алгоритмдерін әзірлеу;
- құрылғының энергия тұтынуын және коллизиялардың ықтималдығын ескере отырып, блоктардың түрлі ұзындықтарымен жұмыс істей алатын шифрлау алгоритмдерін әзірлеу;
- негізгі ақпаратпен алмасу алгоритмдерін әзірлеу.

Көптеген зерттеулердің нәтижесінде сымсыз сенсорлық желі тораптарында қолдану үшін деректерді шифрлаудың блоктық симметриялы алгоритмі әзірленді. Алгоритмді шифрлеу схемасы Фейстель желісін және дискретті хаотикалық бейнелеуді пайдалануға негізделген. Құрылымдық элементтердің ұқсас комбинациясы шифрленетін блоктың өлшемі,

криптографиялық тұрақты кіріс жүйелілігі мен шифрлеу процедурасының ұзақтығы арасын теңдестіруге мүмкіндік береді.

Әзірленген алгоритм биттік Atmel микроконтроллерлерінің платформасында іске асырылды және базалық функционалды сымсыз қабылдағыш – таратқышға кіріктірілген. Алгоритмді іске асырудың жұмыс сипаттамасы: бағдарламаларды сақтау үшін жадыны пайдалану – 762 байт, жедел жадыны пайдалану – 241 байт, мәліметтерді өңдеудің максималды жылдамдығы – 88,2 Кбит/с (микроконтроллер жиілігі 20 МГц болғанда) [6].

1.1.6 Сымсыз сенсорлық желі негізіндегі мониторинг жүйесі. Сымсыз сенсорлық желі өз кезегінде сымсыз желіден басқа серверге және пайдаланушының жұмыс орнына кіретін аппараттық бағдарламалық кешеннің мониторинг жүйесінің бір бөлігі болып табылады (1.11 сурет).

1.11 сурет – Мониторинг жүйесінің құрылымдық сызбасы

Сымсыз сенсорлық желі қабылдағыш таратқыштардың кейбір санынан тұрады, қосылған жабдықтардан немесе белгілі бір аумақтан ақпаратты жинауды жүзеге асырады және бұл ақпаратты кешенді канал байланысы арқылы серверде орнатылған бағдарламалық қамтамасыз етуге жібереді.

Орнатылған бағдарламалық қамтамасыз етуі бар сервер қосылған жабдықтан немесе датчиктерден келіп түсетін ақпаратты қабылдауды, өңдеуді және сақтауды, сондай-ақ қажет болған жағдайда пайдаланушының басқару командасы бойынша оларға жөнелтуді жүзеге асырады.

Пайдаланушының жұмыс орны ақпаратты талдау және қажет болған жағдайда қосылған жабдықтың жұмысын басқару үшін бағдарламалық жасақтамаға қол жеткізу жүзеге асырылатын дербес компьютер (немесе басқа кез келген мобильді құрылғы, мысалы, планшет) болып табылады.

Бағдарламалық қамтамасыз ету қабылдағыш таратқыштардан келіп түскен ақпаратты сақтауды және өңдеуді жүзеге асырады және пайдаланушының (ақпаратты тұтынушының немесе жүйе әкімшісінің) жүйемен өзара әрекеттесуінің интерактивті интерфейсін ұсынады. Бұл ретте келесі функциялар орындалады:

- қосылған (белсенді) жабдықты немесе датчиктерді есепке алу үшін есептерді ұсыну;

- электрондық пошта арқылы мүдделі тұлғаларды автоматты түрде хабардар етуге әкелетін параметрлердің бақыланатын шекті деңгейлерін теңшеу;

- ақпаратты басқа жүйелерде (қосымшаларда) кейіннен өңдеу үшін талап етілетін форматқа экспорттау;

- жүйенің жұмыс параметрлерін баптау (деректерді жинау мерзімділігі, жұмыс режимі және т.б.).

Пайдаланушылар үшін Бағдарламалық жасақтамаға кіру веб-браузер (мысалы, Internet Explorer) арқылы жұмыс орнынан жүзеге асырылады. Мұндай пайдалану кезінде пайдаланушылардың компьютерлеріне қосымша бағдарламалық жасақтаманы орнату қажеттілігі жойылады, бұл жүйенің бастапқы қайта айналдыру процесін айтарлықтай жеделдетеді, сондай-ақ жаңа функциялардың енгізілуін және қателерді түзетуді едәуір жеңілдетеді.

1.1.7 Функционалдық мақсаттары және қолдану аясы. Аппараттық бағдарламалық кешеннің келесі ықтимал функционалдық арналарын атап өтуге болады:

- өнеркәсіптік және технологиялық жабдықтарды (құрылғылар, қондырғылар, аппараттар, машиналар) басқару;

- өлшеу және бақылау құрылғыларынан (электр энергиясын, жылуды, суды есептеуіштер) ақпарат пен параметрлерді алу;

- қоршаған орта параметрлерін (температура, ылғалдылық, жарықтандыру, діріл, сыртқы факторлар) өлшеу;

- күзетілетін аумақты бақылау.

Мұндай жүйелерді қолданудың перспективалы салаларына келеілерді жатқызуға болады:

- ауыл шаруашылығы (жылыжай шаруашылығы, көкөніс сақтау қоймалары);

- өнеркәсіп және өндіріс (өндірістік кәсіпорындар, қоймалар);

- тұрғын үй коммуналдық шаруашылығы;

- күзетілетін аумақты бақылау;

- алдын ала емдеу мекемелері;

- жедел мониторинг және жабдықты басқару қажет болатын өзге де салалар.

1.1.8 ССЖ арналған бағдарламалық қамтамасыз ету. Қазіргі уақытта ССЖ-де, осы желіде қолдану үшін Беркли университетінде әзірленген операциялық жүйе (ОЖ) TinyOS қолданылады [7]. TinyOS – бұл OpenSource класының операциялық жүйесі, оның өзіндік ерекшеліктері компоненттік архитектура, оқиғалы басқару моделі және жадының статикалық таралуы болып табылады. Соның арқасында жады көлемі бойынша қатаң шектеулері бар ССЖ тораптары үшін және автономды шағын габаритті көздерден электр қорегі үшін ең аз код мөлшері қамтамасыз етіледі. TinyOS шектелген есептеу ресурстары жағдайында жұмыс істеуге есептелген нақты уақыттың

операциялық жүйесімен басқарылатын тораптардың көршілермен автоматты байланысын орнату және берілген топологияның сенсорлық желісін қалыптастыру мүмкіндігін қамтамасыз ететін оқиғалар болып табылады. TinyOS компоненттерінің кітапханасы желілік хаттамаларды, сенсорлар драйверлерін және клиенттік қосымшаларда жетілдірілуі мүмкін ақпаратты алу және жинау утилиталарын қамтиды. TinyOS-та іске асырылған оқиғалы модель қуат тұтынуды үнемдеуге мүмкіндік беретін аз деңгейде қоректендіруді басқаруға мүмкіндік береді. Бұл көптеген аппараттық платформаларда және көптеген сенсорлық құрылғыларда TinyOS пайдаланылатынын анықтайды [7].

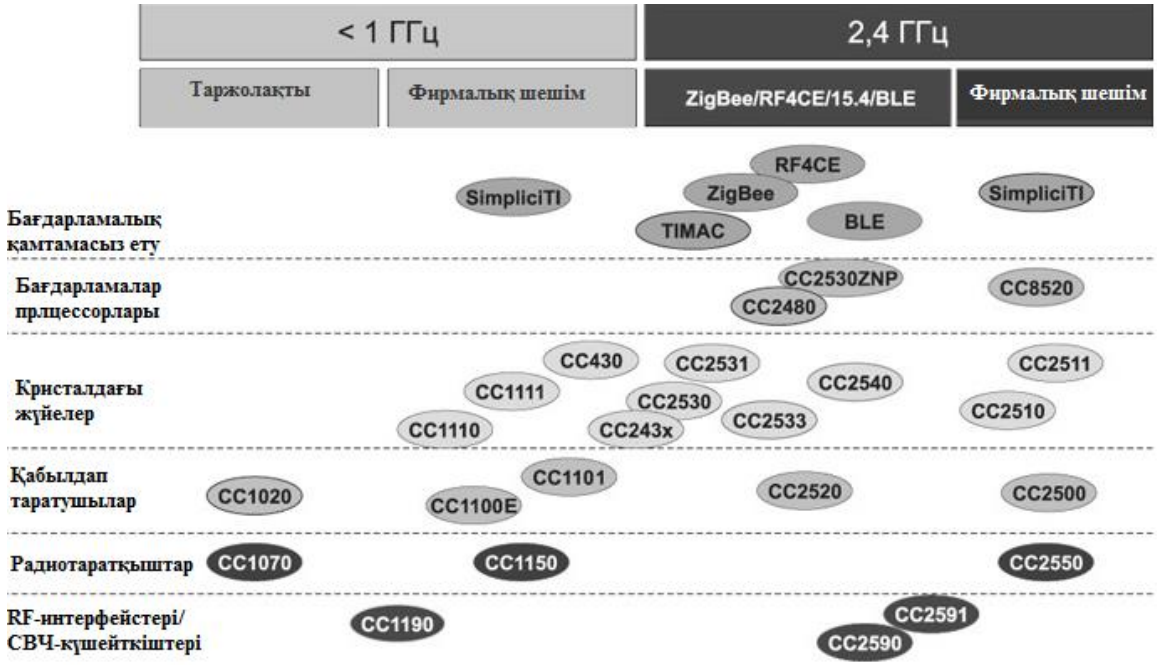
TinyOS-тің жалпы мақсаттағы ОЖ-дан (UNIX, Windows және т.б.) маңызды айырмашылығы ССЖ-ға арналған қосымшалар кәдімгі ДК-ге арналған қосымшалар сияқты мағынада интербелсенді болып табылмайды, және TinyOS пайдаланушы интерфейсінің кірістірілген қолдауын қажет етпейді. TinyOS әзірлеушілері негізгі назарды энергия тұтынуды азайту және абстракция деңгейі жоғары тілді бағдарламалау үшін пайдалану мүмкіндігін қамтамасыз етуге аударды. Нәтижесінде қарапайым, бірақ өте дамыған компонентті архитектурасы бар ОЖ құрылды, оның ерекшелігі өте шектеулі ресурстар жағдайында міндеттерді параллель орындаудың дамыған және сенімді тетіктерін қамтамасыз ету болып табылады. Бағдарламалау үшін C базасында құрылған NesC (network embedded system C) компонентті-бағытталған тілі қолданылады. NesC бағдарламасының негізгі құрылымдық бірлігі интерфейстер арқылы басқа компоненттермен өзара әрекеттесетін компонент болып табылады. NesC бағдарламалау тілі көптеген стандартты компоненттер мен интерфейстерге ие, олар арқылы сенсорлық тораптарға арналған тиімді қолданбаларды жасауға болады [7].

TinyOS үшін қосымша компоненттер жиынтығы болып әрбір өлшемі 200 байт, және компонентаралық өзара әрекеттесуге арналған интерфейстер табылады. Әрбір нақты бағдарлама үшін компоненттер жиынтығы қалыптасады. Соңғы платформа үшін компиляция кезеңінде алынған бағдарлама (iris, mica2, telos, және т.б.) жүйе ядросымен сенсорлық торапқа жүктелетін бір орындалатын файлға біріктірілген [7].

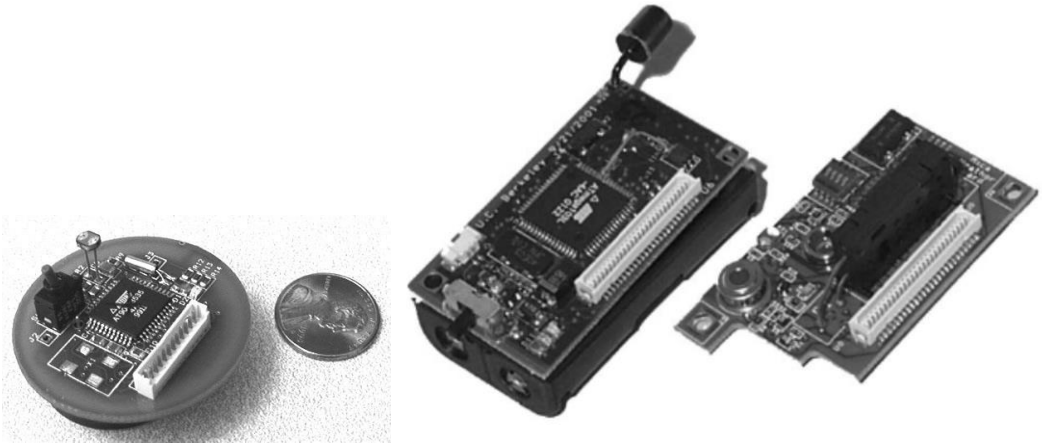
Айта кету қажет, ССЖ құру кезінде бөлінген қосымшалар әзірленеді және оларды толық тестілеу және жөндеу үшін тораптардың үлкен саны бар желі қажет. Осыған байланысты эмулятор – бағдарламалары қажет.

1.1.9 Сымсыз сенсорлық желілердің аппараттық құралдары. ССЖ торабы элементтерінің типтік тізбесі мыналарды қамтиды: сымсыз қабылдағыш таратқыштың микросхемасы; микроконтроллер немесе бір кристалды құрылғы; антенна (баспа/чип/сыртқы); сыртқы антеннаны қосуға арналған ажыратқыштар; антенна мен қабылдағыш таратқышты келісуге арналған пассивті компоненттер; антенна күшейткіші (жекелеген жағдайларда); қоректендіру тұрақтандырғышы немесе қоректендіру батареялары. Мысал ретінде 1.12 суретте Texas Instruments фирмасының ұсынысымен келтірілген аппараттық шешімдердің жиынтығы көрсетілген.

Қазіргі уақытта шетелдік фирмалармен сыртқы немесе мезониндік монтажға арналған платаларда интеграцияланатын дайын модульдер мен микросқұралдардың үлкен номенклатуралық қатары шығарылады (1.13 сурет). Аппараттық бөліктегі соңғы технологиялық инновациялар модульдердің микроминиатюризациясын, сигналдардың қабылдағыш таратқыштарының әрекет ету аясын ұлғайтуды, жаңа сенсорлық датчиктердің пайда болуын, батареялардың габариттік өлшемдерін азайтқан кезде қызмет ету мерзімін ұзартуды қамтамасыз етеді. Жаңа бағдарламалық құралдар сенсорлық желілерді автоматты түрде өрістетіп қана қоймай, оларды қайта бағдарламалауға, сондай-ақ жұмыс істеу режимін, деректерді жинау мен визуалауды қашықтан басқаруға мүмкіндік береді.

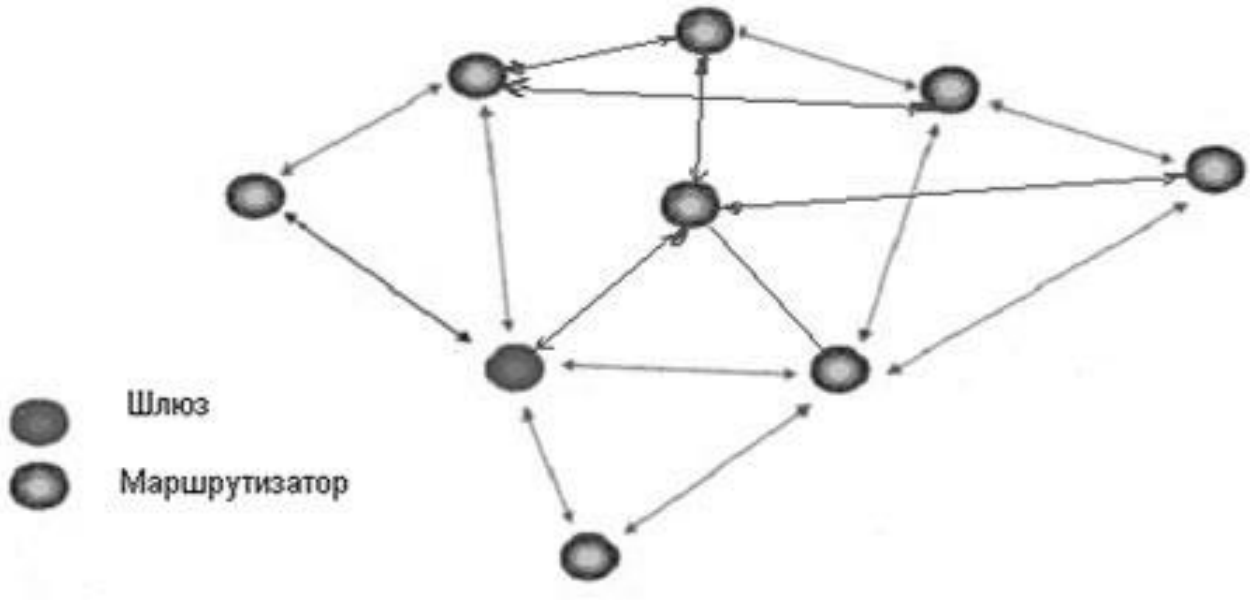


1.12 сурет – ССЖ үшін Texas Instruments шешімдері мен аппараттық өнімдері



1.13 сурет – Әр түрлі өндірушілер тораптарының модульдері мен түйіндері

ССЖ саласындағы әзірлемелердің мысалы ретінде *MeshLogic* аппаратты – программалық тақтасын қарастырсақ болады, ол әр түрлі қолданбаларға сымсыз сенсорлық желілерді құру үшін арналған [8]. Бұл платформаның ZigBee-ден айырмашылығы деректерді жеткізу процесінде пакеттерді ретрансляциялауға қабілетті функционалды бір типті тораптары бар бір жақты ұяшықты желілерді құруға бағыт беру болып табылады (1.14 сурет). Желі жинайтын барлық ақпарат шлюзге беріледі. Бұл шлюздің қалған тораптардан айырмашылығы кеңейтілген функционалдылығының болуы. Сонымен қатар, бұл шлюз типтік тораптардан келесі айырмашылыққа ие: желі тораптарының жұмысын үйлестіреді; өз құрамында сенсор болмауы; сымсыз немесе сымды байланыс көмегімен ұжымдық желімен (мысалы, сервермен) байланысты. Қарапайым жағдайда шлюз сәйкес интерфейс (USB-порт, тізбектелген порт немесе Ethernet-порт) арқылы сымсыз желідегі сервер қызметін атқарып тұрған компьютерге қосылады.



1.14 сурет – AdHoc желісінің құрылымы

Осындай құрылымы бар желі оның тораптарының бөлігі істен шыққан жағдайда өзін-өзі ұйымдастыру және өзін-өзі қалпына келтіру мүмкіндігін барынша қамтамасыз етеді. Жұмыс барысында жаңа құрылымдарды автоматты түрде қалыптастыратын желінің бұл класы Ad Hoc деп аталады, бұл "нақты жағдай үшін"дегенді білдіреді.

MeshLogic платформасы тең құқықты маршрутизаторлары бар желінің көп ұяшық топологиясын (mesh) қамтамасыз ететін және маршруттарды өздігінен ұйымдастыру мен автоматты іздестіруді, сондай-ақ автономды қоректену көздерінен барлық тораптардың жұмыс істеу мүмкіндігін қамтитын желілік хаттамалар стегінен тұрады [8].

MeshLogic-те IEEE 802.15.4 стандартының негізінде іске асырылған жиіліктер диапазонымен, модуляциямен және басқа да параметрлермен ерекшеленетін кез келген қабылдағыш – таратқыштарды физикалық деңгейде қолдануға болады. MeshLogic және ZigBee стандарт торабы модульдерінің конфигурациясы мен негізгі параметрлері 1.1 – кестеде келтірілген [8].

1.1 кесте – MeshLogic және ZigBee стандарт торабы модульдерінің конфигурациясы мен негізгі параметрлері

ОЕМ-модулынің типі	MeshLogic		ZigBee
	ML-Module-Z	ML-Module-U	ZigBit
Микроконтроллер			
Процессор	TexasInstruments MSP430		ATmega1281
Тактілік жиілік	32,768 кГц-тен 8 МГц-ке дейін		4МГц
Оперативтік жады	10 Кбайт		8 Кбайт
Flash-жады	48 Кбайт		128 Кбайт
Қабылдағыш – таратқыш			
Типі	IEEE 802.15.4	CypressWireless USBTM LP	IEEE 802.15.4
Жиілік диапазоны	2400-2483,5 МГц		2400-2483,5 МГц
Мәліметтерді тарату жылдамдығы	250 Кбит/с	15,625-тен 250 Кбит/с-дейін	250 Кбит/с
Шығыс қуаты	-24-тен 0дБм-ге дейін	-35-тен 0дБм-ге дейін	-28-ден 3дБм-ге дейін
Сезімталдығы	-95 дБм	-93 дБм	-101 дБм
Антенна	Чип		1 немесе 2 чипті
Сыртқы интерфейсі			
АСТ	12-разрядты, 7 арна		10-разрядты, 3 арна
Сандық интерфейсі	12C/SPI/UART/USB		12C/SPI/UART/IRQ/JTAG
Басқа параметрлері			
Қорек көзінің кенеуі	0,9-дан 6,5 В-ке дейін		1,8-ден 3,6 В-ке дейін
Өлшемі	44x33x10 мм		19x14x3 мм
Температуралық диапазоны	-40-тан 85°С	0-ден 70°С	0-ден 85°С

1.2 Сымсыз сенсорлық желілерді ұйымдастыруға арналған стандарттар

Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, HomeRF, ZigBee секілді көптеген деректер беру стандарттары бір-біріне кедергі жасау арқылы 2,4 ГГц ауқымын өзара бөліседі [9].

1.2.1 Wi-Fi стандарты. Wi-Fi – IEEE 802.11 стандарты негізінде сымсыз желілерге арналған Wi-Fi Alliance сауда маркасы. Қазіргі таңда интернет желісіне қосылмаған ноутбук немесе коммуникатор іс жүзінде пайдасыз «темір» бөлігі іспеттес. Wi-Fi кең қолдануының арқасында Интернетке қосылу мәселесін шешу үшін бұл термин жақсы танымал болды [9].

Кейбір Weca баспасөз релиздерінде бастапқыда Wireless Fidelity (сымсыз дәлдік) сөз тіркесімін фигуралағанына қарамастан, қазіргі уақытта мұндай тұжырымдамадан бас тартылды және Wi-Fi терминінің шифры ажыратылмады.

Бастапқыдан кассалық қызмет көрсету жүйесіне арналған өнімдер WaveLAN маркасы арқылы нарыққа шығарылды және деректерді беру жылдамдығы 1 – ден 2 Мбит/с дейін қамтамасыз етті [9].

Wi-Fi стандартын ойлап шығарған Вик Хейз (VicHayes) IEEE 802.11b, IEEE 802.11a және IEEE 802.11g секілді стандарттарды өңдеумен айналысып жатқан командада болды [9]. Әдетте Wi-Fi желісінің схемасы кемінде бір қатынау нүктесінен және бір клиенттен тұрады. Сонымен қатар, екі клиент нүкте-нүкте (Ad-hoc) режимінде қосылуы мүмкін, ол кезде кіру нүктесі қолданылмаса, клиенттер тікелей желілік адаптерлер арқылы қосылады [10].

Сонымен қатар, байланыс нүктесі өзінің желі идентификаторын (SSID) әрбір 100 мс сайын 0,1 Мбит/с жылдамдықпен арнайы сигналдық пакеттердің көмегімен жібереді. Сол себепті 0,1 Мбит/с Wi-Fi үшін ең аз тарату жылдамдығы болып табылады. SSID-ді білу арқылы клиент берілген байланыс нүктесіне қосылу мүмкіндігі туралы біле алады. Сонымен қатар, бірдей SSID бар екі қатынау нүктесі әрекет ету аймағына түскен кезде қабылдағыш сигнал деңгейі туралы деректер негізінде олардың арасынан біреуін таңдай алады. Wi-Fi стандарты клиентке қосылу критерийлерін таңдауда толық еркіндік береді [9].

Wi-Fi құрылғысы қазіргі заманғы нарықта кеңінен таралған. Құрылғының үйлесімділігіне оның Wi-Fi логотипімен міндетті сертификатталуы кепілдік береді. Мәліметтерді тарату кезінде сәулелену Wi-Fi құрылғыларында ұялы телефондардан 100 есе аз. Технология желіні кәбілді төсемей өрістетуге мүмкіндік береді, бұл желіні өрістету және/немесе кеңейту құнын азайтуы мүмкін. Мысалы, тарихи құндылығы бар ғимараттар секілді кабель жүргізуге келмейтін жерлерде сымсыз желілермен қызмет көрсету мүмкіндігі бар. Сондай-ақ, технология ұялы құрылғыларға желіге кіруге мүмкіндік береді.

WEP шифрлау стандарты дұрыс конфигурация кезінде де салыстырмалы түрде оңай бұзылуы мүмкін (алгоритмнің әлсіз тұрақтылығына

байланысты). Жаңа құрылғылар жетілдірілген WPA және WPA2 шифрлау протоколын қолдайтынына қарамастан, көптеген ескі қатынау нүктелері оны қолдамайды және ауыстыруды талап етеді [9].

2004 жылдың маусымында IEEE 802.11 i (WPA2) стандартын қабылдау жаңа жабдықта қолданылатын аутентификация мен шифрлаудың неғұрлым тиімді схемасын қол жетімді етті. WPA және WPA2 хаттамаларын іске асыру үшін, әдетте пайдаланушы тағайындайтындардан бірден артық сенімді құпиясөз қажет.

IEEE 802.11 стандарты Ad-hoc желісінің екі жұмыс режимін анықтайды: (BSS – Basic Service Set) және инфрақұрылымдық ESS – Extended Service Set. Ad-hoc режимі («нүкте-нүкте» деп те атайды) – бұл арнайы қатынау нүктесі қажетінсіз станциялар (клиенттер) арасында тікелей байланыс орнататын қарапайым желі [10]. Инфрақұрылым ESS режимінде сымсыз желі сымды желіге қосылған бір қатынау нүктесінен және сымсыз клиенттік станциялардың кейбір жиынтығынан тұрады.

Сымсыз желіні ұйымдастыру үшін тұйық кеңістікте барлық жаққа бағытталған антенналары бар таратқыштар қолданылады. Ескеру керек, металл арматуралары (темір-бетон ғимараттарында көтергіш қабырғалар осындай) бар қабырғалар арқылы 2,4 ГГц диапазон жиілігіндегі радио толқындар кейде мүлде өте алмауы мүмкін, сол себепті жоғарыда аталғандай қабырғалары бар бөлмелерде қатынау нүктелерін қоюға тура келеді. IEEE 802.11 стандарты бойынша жұмыс істейтін қатынау нүктесінің немесе клиенттік станцияның таратқышымен сәулеленетін қуаты 0,1 Вт аспайды. Бірақ, сымсыз байланыс нүктелерінің көптеген өндірушілері тек бағдарламалық жолмен қуатты шектейді және қуатты 0,2-0,5 Вт дейін көтеру жеткілікті. Салыстыру үшін – ұялы телефонмен сәулеленетін қуат бір ретке көп (қоңырау кезінде – 2 Вт дейін). Ұялы телефонға қарағанда, желі элементтері бастан алыс орналасқан, жалпы алғанда сымсыз компьютерлік желілер мобильді телефондарға қарағанда денсаулық тұрғысынан қауіпсіз деп санауға болады.

IEEE 802.11 стандартына сәйкес сымсыз желілерге арналған өнімдер төрт қауіпсіздік деңгейін ұсынады: физикалық, қызметтер жиынтығының идентификаторы (SSID – Service Set Identifier), ортаға қатынауды басқару идентификаторы (MAC ID – Media Access Control ID) және шифрлау. Көптеген ұйымдар басып кіруден қорғау үшін қосымша шифрлауды (мысалы, VPN) пайдаланады. Қазіргі уақытта WPA2 бұзудың негізгі әдісі құпия сөзді таңдау болып табылады, сондықтан құпия сөзді таңдау міндетін барынша қиындату үшін күрделі сандық-әріптік парольдерді пайдалану ұсынылады [10].

1.2.2 WiMAX стандарты. WiMAX (ағыл. World wide Interoperability for Microwave Access) – құрылғылардың кең спектрі үшін (жұмыс станцияларынан және портативті компьютерлерден ұялы телефондарға дейін) үлкен қашықтықта әмбебап сымсыз байланысты ұсыну мақсатында әзірленген телекоммуникациялық технология. Wireless MAN (атап өту керек, WiMAX

бұл технология атауы емес, Wireless MAN келісілген форум атауы) деп аталатын IEEE 802.16 стандартына негізделген [11].

WiMAX Wi-Fi қатынау нүктелерін бір-бірімен және басқа да интернет сегменттерімен байланыстыру мәселесін шешу үшін, сондай-ақ сымсыз кеңжолақты қатынауды бөлінген желілер мен xDSL баламалары ретінде қамтамасыз ету үшін жарамды. WiMAX Wi-Fi желілеріне қарағанда жоғары жылдамдықпен интернетке қол жеткізуге мүмкіндік береді. Бұл технологияны дәстүрлі бөлінген және xDSL желілері, сондай-ақ жергілікті желілер жалғайтын магистральды арналар ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Нәтижесінде мұндай тәсіл қалалар шеңберінде ауқымды жоғары жылдамдықты желілерді құруға өте ыңғайлы болып табылады.

WiMAX – бұл кеңжолақты, әдетте лицензияланған жиіліктер спектрлерін пайдаланатын кеңістіктің километрлерін жабатын, соңғы пайдаланушыға провайдердің нүкте-нүкте түріндегі интернетпен байланысын ұсыну үшін (мүмкін болса да, лицензияланбаған жиіліктерді пайдалану) алыстан әрекет ету жүйесі. 802.16-ның әртүрлі стандарттары ұялыдан (ұялы телефондардағы мәліметтерді таратумен ұқсас) бастап фиксацияланғанға (қолданушының сымсыз құрылғысы тұрған жеріне тәуелді болған кезде сымды қатынасқа балама) дейінгі түрлі қатынас түрлерін қамтамасыз етеді.

WiMAX-тан Wi-Fi-дың айырмашылығы – бұл желіге қатынасты қамтамасыз ету үшін лицензияланбаған жиілік диапазондары қолданатын ондаған метрді жабатын қысқа әрекет жүйесі. Әдетте, Wi-Fi интернетке де қосылмаған болуы мүмкін қолданушылардың жеке жергілікті желілеріне қосылу үшін пайдаланылады. Егер WiMAX-ты ұялы байланыспен салыстыруға келсе, онда Wi-Fi стационарлық сымсыз телефонға (радиотелефонға) ұқсайды.

WiMAX және Wi-Fi Quality of Service (QoS) әртүрлі механизмдеріне ие. WiMAX базалық станция мен пайдаланушы құрылғысы арасында байланыс орнатуға негізделген механизмді пайдаланады. Әрбір қосылым әрбір қосылым үшін QoS параметріне кепілдік бере алатын арнайы жоспарлау алгоритміне негізделген. Wi-Fi, өз кезегінде пакеттер әртүрлі басымдылықтар алатын Ethernet-те қолданылатын механизмге ұқсас QoS механизмін қолданады [11].

Артықшылықтар жиынтығы барлық WiMAX тұқымдасына тән, алайда оның версиялары бір-бірінен айтарлықтай айырмашылыққа ие. Стандарт әзірлеушілері фиксацияланғанға да ұялы қолдануға да үйлесімді шешім іздеді, бірақ бір стандарт бойынша барлық талаптарды үйлестіру мүмкін емес. Алайда базалық талаптар сәйкес келеді, технологиялардың әр түрлі нарықтық текшелерге бағытталуы стандарттың екі жеке нұсқасын жасауға әкелді (яғни, оларды екі түрлі стандарт деп санауға болады).

WiMAX спецификациясының әрқайсысы өзінің жиіліктердің жұмыс диапазондарын, өткізу жолағының енін, сәулелену қуатын, тарату және қол жеткізу әдістерін, кодтау және сигнал модуляция тәсілдерін, радиожиіліктерді қайта пайдалану принциптерін және басқа да көрсеткіштерді анықтайды.

Сондықтан, IEEE 802.16 е және d стандартының нұсқаларына негізделген WiMAX-жүйелер іс жүзінде үйлесімсіз.

Сонымен қатар, WiMAX-тің негізгі айырмашылығы-бұл тұрақты абоненттерге қызмет көрсетуге мүмкіндік береді, ал мобильді абоненттерге 150 км/с дейінгі жылдамдықпен қозғалатын пайдаланушылармен жұмыс істеуге бағытталған.

Мобильділік абоненттің қозғалуы кезінде базалық станциялар арасында роуминг және "жіксіз" ауыстырып қосу функцияларының болуын білдіреді (ұялы байланыс желілерінде секілді). Жеке жағдайда мобильді WiMAX тіркелген пайдаланушыларға қызмет көрсету үшін де қолданылуы мүмкін. Мобильді WiMAX ойлап табумен мобильді құрылғыларды, соның ішінде арнайы телефон түтіктерін (әдеттегі ұялы смартфонға ұқсас) және компьютерлік периферияны (USB-радиоөлшеуіштер және PC card) әзірлеуге үлкен назар аударылады. WiMAX желілерін пайдалануға арналған жабдық бірнеше өндірушілермен жеткізіледі және үй-жайда (қалыпты xDSL-модемі бар құрылғылар) және одан тыс орнатылуы мүмкін. Айта кету керек, үй-жайлардың ішінде орналастыруға есептелген және орнату кезінде кәсіби дағдыларды талап етпейтін құрылғылар өте ыңғайлы, алайда кәсіби орнатылған сыртқы құрылғыларға қарағанда базалық станциядан айтарлықтай аз қашықтықта жұмыс істеуге қабілетті. Сондықтан үй-жайлардың ішінде орнатылған жабдық желі инфрақұрылымын дамытуға едәуір үлкен инвестицияларды талап етеді.

WiMAX желісінің жалпы түрінде келесі негізгі бөліктерден тұрады: базалық және абоненттік станциялар, сондай-ақ базалық станцияларды өзара, сервистерді жеткізушімен және интернетпен байланыстыратын жабдықтар. IEEE 802.16 стандарттары тобының құрылымы дәстүрлі GSM-желілеріне ұқсас (базалық станциялар он километрге дейінгі қашықтықта әрекет етеді, оларды орнату үшін мұнараларды салу міндетті емес, станциялар арасында тікелей көріну шарттарын сақтаған жағдайда үйлердің шатырларына орнатуға жол беріледі). WiMAX "соңғы миль" проблемасын шешу үшін де, кеңсе және аудандық желілерге қатынау үшін де қолданылады. Базалық станцияны абоненттік желіге қосу үшін 1,5-тен 11 ГГц-ке дейінгі жоғары жиіліктегі радиотолқындар диапазоны қолданылады. Идеалды жағдайда мәлімет тарату жылдамдығы 70 Мбит/с жетуі мүмкін, бұл жағдайда базалық станция мен қабылдағыш арасындағы тікелей көрінуді қамтамасыз ету талап етілмейді. Базалық станциялар арасында 10-нан 66 ГГЦ-ке дейінгі жиіліктер диапазонын пайдаланатын қосылыстар (тура көріну) орнатылады, деректер алмасу жылдамдығы 140 Мбит/с жетуі мүмкін. Бұл ретте, кем дегенде бір базалық станция классикалық сымды қосылыстарды пайдалана отырып, провайдер желісіне қосылады. Алайда, желі провайдеріне қосылған базалық станциялар саны көп болған сайын мәліметтерді тарату жылдамдығы және жалпы желі сенімділігі жоғары болады. [11].

1.2.3 Bluetooth стандарты. Bluetooth дербес компьютер (үстел, қалта, ноутбуктер), ұялы телефондар, принтерлер, сандық фотоаппараттар,

тышқандар, пернетақталар, джойстиктер, құлаққаптар, жақын байланыс үшін сенімді, қымбат емес, барлық жерде қолжетімді радиожиіліктегі гарнитуралар секілді құрылғылар арасында мәлімет алмасуды қамтамасыз етеді. Сымсыз арна бұл құрылғыларға бір-бірінен 1-ден 200 м-ге дейінгі радиуста болған кезде (алшақтық кедергілер мен бөгеттерге қатты тәуелді) тіпті әр түрлі бөлмелерде де хабарласа алады. Айта кету керек, AIRcable компаниясы 30 шақырымға жуық әрекет ету радиусы бар Host XR Bluetooth адаптерін шығарды. Bluetooth құрылғысымен бірге жұмыс істеу үшін олардың барлығы ортақ профильді қолдайды. Профиль-белгілі бір Bluetooth құрылғысына қол жетімді қызметтер немесе мүмкіндіктер жиынтығы. Bluetooth технологиясы лицензияланбайтын (іс жүзінде Ресейден басқа барлық жерде) 2,4÷2,4835 ГГц жиілік диапазонына сүйенеді. Бұл ретте кең қорғаныс жолақтары пайдаланылады: жиілік диапазонының төменгі шекарасы 2 ГГц, ал жоғарғысы - 3,5 ГГц құрайды. Жиілік (спектр орталығының жағдайы) ± 75 кГц дәлдікпен беріледі. Дрейф жиілік бұл аралыққа кірмейді. Сигналды кодтау GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) екі деңгейлі схемасы бойынша жүзеге асырылады. Логикалық 0 және 1 екі түрлі жиілікке сәйкес келеді. Келісілген жиілік жолағында әрқайсысы 1 МГц бойынша 79 радиоарна бөлінеді [12].

1.2.4 Home RF стандарты. Home RF – үй жағдайында жасалған желіге арнайы бағытталған сымсыз технология. Home RF басты идеясы үй пайдаланушыларында қажеттіліктер корпоративтік пайдаланушылардың қажеттіліктерінен мүлдем өзгеше болына негізделген. Бұл дегеніміз, оларға арналған шешімдер де арнайы оларға арнап әзірленген. Home RF кәсіпорын ауқымындағы заманауи сымсыз шешімдерге қарағанда оңай орнатылатын, қолданыста қарапайым және қолжетімдірек құрылғыларды ұсына отырып, нарық текшесінде жұмыс жасауға ұмтылуда. Home RF дауысты және деректерді берудің қолданыстағы бірнеше стандарттарына негізделген және оларды бірыңғай шешімге біріктіреді. Ол ISM 2,4 ГГц жиілік жолағында FHSS пайдаланып жұмыс істейді [13]. Жиіліктер бойынша секірулер секундына 50-ден 100 есеге дейін жылдамдықпен жүреді. Интерференциядан арылу уақыты мен жиілігі бойынша сигналдарды тарату арқылы жүзеге асырылады.

Home RF Bluetooth технологиясы негізіндегі дербес сымсыз желі 802.15 стандартында қолданылатын төменгі жиіліктегі радиотаратқыштарда пайдаланылады. Екі технология арасындағы айырмашылық Home RF SWAP-ты (Standard Wireless Access Protocol – сымсыз қатынаудың стандартты хаттамасы) қоса алғанда тек қана үй қолданысына арналған нарыққа бағытталған. SWAP Home RF негізінде мультимедиа қосымшасын тиімді өңдеуге мүмкіндік береді. Таратқыштар базалық станциядан 40-50 м қашықтықта әрекет етеді және Compact Flash типті карточкаларға ендірілуі мүмкін [13].

1.2.5 ZigBee стандарты. ZigBee – IEEE 802.15.4 стандартына негізделген шағын, қуаты аз радиотаратқыштарды пайдаланатын жоғарғы деңгейдегі желілік хаттамалар жиынтығының атауы. Бұл стандарт сымсыз дербес есептеу желілерін (WPAN) сипаттайды. ZigBee батареялардан ұзақ уақыт бойы

автономды жұмыс істеуді қажет ететін қолданбаларға және оларды беру жылдамдығы аз болған кезде деректерді берудің жоғары қауіпсіздігіне бағытталған [11].

ZigBee технологиясының негізгі ерекшелігі, ол салыстырмалы түрде жоғары емес энергия тұтыну кезінде сымсыз байланыстың қарапайым топологияларын ("нүкте-нүкте" және "жұлдыз") ғана емес, сонымен қатар хабарламаларды қайта тарату және маршруттаумен ұяшықты топологиялы күрделі сымсыз желілерді да қолдайды. Бұл технологияны қолдану саласы – бұл датчиктердің сымсыз желілерін құру, тұрғын және салынып жатқан үй-жайларды автоматтандыру, жеке диагностикалық медициналық жабдықтарды, өнеркәсіптік мониторинг және басқару жүйесін құру, сондай-ақ тұрмыстық электроника мен дербес компьютерлерді әзірлеу кезінде қолданылады.

Бренд атауы бал араларын өткізгеннен кейін, оларды желімге қайтарғаннан кейін жүреді. ZigBee хаттамасы бойынша құрылған желілер 1998 жылдан бастап, ZigBee байланыс жүйесінің өзін-өзі ұйымдастыру қажеттілігі пайда болған кезде, батареялардан ұзақ уақыт бойы автономды жұмыс істеуді талап ететін қосымшаларға бағытталған. ZigBee өнеркәсіптік, ғылыми және медициналық (ISM-диапазон) радиодиапазондарда жұмыс істейді: Еуропада 868 МГц, АҚШ-та және Австралияда 915 МГц және әлемдегі көптеген елдерде 2,4 ГГц (әлем елдерінің көптеген заңнамаларында) [14].

ZigBee – құрылғы көп уақыт ұйқы режимінде болғандықтан, энергияны тұтыну деңгейі өте төмен болуы мүмкін, соның арқасында батареялар ұзақ жұмыс істеуге қол жеткізеді. ZigBee – құрылғы 15 мс немесе одан аз уақытта іске қосылуы мүмкін (яғни ұйықтайтын режимнен белсенді режимге ауысу), оның дауысының кідіруі өте аз болуы мүмкін, әсіресе ұйқы режимінен белсенді режимге ауысқан кезде пайда болатын кідіріс әдетте үш секундқа жететін Bluetooth-бен салыстырғанда.

Чиптердің бағасы, технологияны игерудің арзандығы мен жылдамдығы, энергияны тұтынудың төмендігі мен кедергіге төзімділігі сияқты критерийлерді назарға ала отырып, ZigBee қазір ең жақсы таңдау болып табылады деп айтуға болады. ZigBee жүзеге асыруға арналған чиптер Texas Instruments, Freescale, Atmel, STMicroelectronics, OKI және т.б. сияқты танымал фирмаларда шығарылады [14]. Бұл осы технология үшін жиынтықтауыштардың төмен бағада болуына кепілдік береді. ZigBee – бұл ғимараттардың жарықтандыру жүйесі, өнеркәсіптік жабдықтар паркін бақылау жүйесі және т. б. сияқты тораптардың көп санымен басқару жүйелеріне арналған төмен жылдамдықты сымсыз желілердің орнын толтыратын технология.

Қазіргі таңда жеткілікті қол жетімді ZigBee модульдері болып Telegesis фирмасынан шыққан ETRX2, ETRX3 табылады. Олармен танысу үшін USB-қосқышы бар модуль-координатордан және роутердің немесе температура датчиктеріне, жарықтандыруға, тесттік түймелерге көзделген соңғы құрылғылардың жұмысын үйлестіруге арналған тағы да үш модульден

тұратын сөрелік жинақтары бар [15]. Негізгі стандарттардың салыстырмалы кестесі төменде көрсетілген (1.2 кесте).

1.2 кесте – Сымсыз желілер стандарттарының салыстырмалы сипаттамасы

Стандарт	ZigBee (IEEE 802.15.4)	Wi-Fi (IEEE 802.11b)	Bluetooth (IEEE 802.15.1)
Жиіліктік диапазоны	2,4-2,483 ГГц	2,4-2,483 ГГц	2,4-2,483 ГГц
Өткізу қабілеті кбит/с	250	11000	723,1
Стек хаттамасының өлшемі	32-64	1000-нан аса	250-ден аса
Батареялардан үзіліссіз жұмыс жасау уақыты, күндер	100-1000	0,5-5	1-10
Желідегі тораптардың максималды саны	65536	10	7
Әрекет диапазоны, м	10-100	20-300	10-100
Қолдану аясы	Қашықтан мониторинг және басқару	Мультимедиялық ақпарат тарату (интернет, почта, видео)	Сымды қосылысты ауыстыру

2 Сымсыз сенсорлық желілердегі трафик модельдері және маршрутизация хаттамалары

2.1 Сымсыз сенсорлық желілердегі трафик модельдері

Internet of Everything (IoE) және Internet of Things (IoT) концепцияларының дамуы байланыс желілерінің клиенттік базасының сандық бағалауын қайта қарауға мәжбүр етеді. IoT [16] байланыс желілерін дамытудың ең заманауи бағыттарының бірі болып табылады. IoT қосымшаларының коммуникациялық технологияларын сымсыз сенсорлық желілер (ССЖ) топтарына берілген аймақта бөлінген бірнеше тораптар арасындағы байланысты қамтамасыз ететін және тұрақты мобильді желілер, сондай-ақ ССЖ интернетке қол жеткізуге арналған шлюздер деп шартты түрде бөлуге болады [17]. IoT-та осы датчиктер желісінің екі негізгі құрамдас бөлігін шартты түрде бөлуге болады: сенсорлық желілер және "заттар" желісі (заттар веб).

Сенсорлық желілер M2M түрінің өзара әрекеттесуін қамтамасыз ететін және келесі негізгі жүктеме түрлерін өндіретін интернет заттарының "физикалық" негізі болып табылады: датчиктерден деректерді жинау, актуаторлармен өзара әрекеттесу және үлкен деректер дестесін (мысалы, суреттер, микробағдарламалар және т.б.) беру.

Веб-заттар – бұл WWW беттерінің көмегімен объектілерді мониторингілеу мен басқаруға мүмкіндік беретін интернет заттардың құрамдас бөлігі. IoT-ты веб – бағытталған нысандар үшін (Web enabled things), сондай-ақ ZigBee немесе Bluetooth протоколдары бойынша жұмыс істейтін нысандар үшін тиісті шлюздер қажет болатын заттар үшін (non-Web enabled things) пайдалануға мүмкіндік беретін заттар Вебінің брокері негізгі рөл атқарады. Заттар Вебінің қосымшалары орындалатын функциялардың түрлері бойынша мониторинг, басқару, қызметтер қосымшаларына, сондай-ақ құрамдастырылған болып бөлінеді.

Дербес байланыс желілері технологияларын дамыту әлеуетті трафик көздері санының өсуі есебінен абоненттік трафикті ұлғайтуды жүргізетін бағыттардың бірі болып табылады. Мысалы, бұл желі класына ССЖ жатқызуға болады [2,4,5,6,7]. Мұндай желінің ауқымы тұрғын үй-жайдың кіші алаңымен шектелуі мүмкін (ондаған метр), бірақ едәуір үлкен аудандарды да (өндірістік үй-жайлар, қала аудандары және т.б.) алуы мүмкін. ССЖ желісі тораптарды (датчиктерді) қамтиды. Желі тораптары кейбір жағдайларда олардың мақсатына байланысты трафик өндіруге қабілетті. Бұл трафик Жергілікті болуы немесе тұтынушыларға ортақ пайдалану желісі арқылы жіберілуі мүмкін. Теориялық тұрғыдан мұндай датчиктердің саны өте үлкен болуы мүмкін.

Мысалы, бұлар: тұрмыстық техниканы басқару үшін немесе дабыл беру үшін пайдаланылатын тұрмыстық датчиктер, адамдар ең алдымен өз еркімен өзінің орналасқан жерін анықтау немесе сәйкестендіру мүмкіндігі үшін пайдаланатын жеке алып жүретін датчиктер; алып жүретін медициналық датчиктер емдеу мекемелерінде де, сондай-ақ осы мекемелерден тыс әртүрлі аурулармен ауыратын адамдарға да қолданылуы мүмкін; үй жануарларына арналған датчиктер бірінші кезекте үй жануарларының орналасқан жерін анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін; автомобиль датчиктері – бұл автомобильдің жекелеген тораптарының жұмысын және дабыл функциясын бақылау функцияларын орындайтын датчиктер; өнеркәсіптік датчиктер технологиялық процестердің параметрлерін, қоршаған ортаның параметрлерін және т. б. бақылау үшін пайдаланылуы мүмкін.

J ' son & Partners Consulting компаниясы Ресейде және әлемде M2M шешімдер нарығын талдаудың негізгі нәтижелерін ұсынады [18]. Осы есептерге сәйкес M2M-қосылыстардың жалпы саны 2013 жылы 100 млн. асты. Нарықтық үрдістердің бағалаулары мен сарапшылардың сұраулары бойынша Ресейдегі мобильді M2M қосымшаларының нарығы таяу бес жылда көтерілуде – 2017 жылға дейін ол 4,3 есе өсті [19]. 2014-2015 жылдары барлық жаңа автомобильдерді, жолаушылар тасымалдайтын автомобильдерді және

қауіпті жүктерді ЖНСЖ (Жаһандық навигациялық спутниктік жүйе) жүйесімен міндетті түрде жабдықтау бойынша талап енгізіледі [20]. Табиғи салдары ретінде триллиондық желілерде жұмыс істеуге қабілетті байланыс желілерін жаңғырту мәселелері туындайды, бұл ретте сенімділік, қызмет көрсету сапасы мен деректерді берудің жоғары жылдамдықтарының өсіп келе жатқан талаптарын қанағаттандырады. IoT интернет құрылымындағы нысандарды (заттарды) және 15 олардың виртуалды өкілдіктерін бірдей анықтауға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта ұялы желілер барлық жерде желілік қосылудың, сенімді байланыстың және қауіпсіздіктің жоғары деңгейінің арқасында M2M трафигіне қызмет көрсету үшін дұрыс шешім болып табылады, бірақ желінің тиімділігі мен ауқымдылығы желіні тез асыра жүктеуі мүмкін белсенді пайдаланушылардың көп санынан айтарлықтай зардап шегуі мүмкін. M2M жаңа қосымшалар үшін жақын болашақта миллиардтаған құрылғылар кеңейтіледі және барлық жерде қатынау мен ғаламдық желіге қосылуды талап етеді [20].

2.1.1 Трафиктің ең көп таралған моделдері. Сұраныстар ағынының модельдері. Байланыс желілерінде трафикті сипаттау үшін, әдетте, ықтималдықтар теориясы мен математикалық статистика әдістерін қолданады. Байланыс желісіндегі трафик пайдаланушылардың (абоненттердің) сұраныстарының (талаптарының) түсуінің кездейсоқ үдерісі ретінде қарастырылады. Мұндай өтінімдер ретінде сипатталған трафикке байланысты телефон қоңыраулары немесе деректер дестелері қарастырылуы мүмкін. Уақыт бойынша сұраныстардың түсу процесі ағын деп аталады. Трафик моделінің негізгі мақсаты –қажетті жабдықтың көлеміне (өткізу қабілетіне) және трафикке қызмет көрсету сапасына сандық баға алу үшін пайдалануға болатын параметрлердің мәндерімен ағынды сипаттау.

Ең көп қолданылатын модельдерді қарастыра отырып, арналар коммутациясы бар желілерде және дестелік коммутациясы бар желілерде трафикті сипаттау үшін қолданылатын модельдерді атап өткен жөн. Жалпы жағдайда трафик a(t) уақытында сұранымдардың түсуінің кездейсоқ процесі ретінде қарастырылады. Сипаттамалар ретінде көбінесе кездейсоқ процесті сипаттайтын параметрлерді қолданады.

Егер ағынның параметрлері уақытқа тәуелді болмаса, онда ағын стационарлы емес деп есептеледі. Трафик үлгілерінің басым көпшілігі стационарлық ағындарды сипаттайды.

Ағынның маңызды сипаттамасы – сұранымдардың түсуінің кездейсоқ процесінің қасиеттері. Бұл процесс қандай болуына байланысты, әртүрлі ағын түрлері бар, мысалы: қарапайым ағын, примитивті ағын, Эрланг ағыны және т. б. ағындар.

Ең жиі қолданылатын модель қарапайым ағын. Қарапайым ағын үш негізгі қасиетпен сипатталады:

- тұрақтылық – сұраныстардың түсу үдерісі уақытқа байланысты емес;
- даралық – белгілі бір уақытта бір сұранымнан артық түспеуі ;

- кейінгі ықпалдылық – қазіргі уақыттағы сұранымдардың түсу процесі өткен шақтағы процеске тәуелді емес.

Белгілі бір уақыт аралығындағы сұранымдардың түсу саны кездейсоқ және Пуассон үлестіріміне тәуелді, ал сұраныстар арасындағы уақыт интервалы да кездейсоқ және экспоненциалды үлестірімге тәуелді болуы бұл ағынның негізгі қасиеті болып табылады.

Қарапайым ағынның моделі коммутациялық арналары бар желілердің абоненттік трафигін сипаттауға қолданылады.

Дестелік коммутациясы бар желілерде ағынның қасиеттері қарапайым ағынның қасиеттеріне сәйкес келмейді.

Зерттеулер бұл ағындар фрактал теориясымен сипатталатын қасиеттерге ие екенін көрсетті. Ол үшін автокорреляциялық (автокаудиациялық) функция, Херст коэффициенті, фракталдылық коэффициенті сияқты қосымша сипаттамаларды енгізеді. Бұл параметрлердің мәндеріне байланысты ағындар өздігінен жүретін немесе антиперсистентті деп аталады.

Өз – өзіне тектес ағым – Херст коэффициентінің мәні 0,5-тен 1-ге дейінгі шектерде жатқан сұранымдардың кездейсоқ ағыны.

Херст коэффициентін бағалаудың бірнеше әдісі бар [21]. Әдетте, мұндай ағындарға қарапайым ағындарға қарағанда сұраныстардың түсу сәттері арасындағы уақыт интервалының үлкен жұмсауы (дисперсия) тән, яғни сұраныстар арасындағы уақыт интервалдарының бөлінуі экспоненциалдыдан өзгеше [22]. Белгілі бір ағын моделін таңдау жабдықтың талап етілетін көлемін немесе байланыс желісінің өткізу қабілетін есептеудің математикалық әдістерін таңдауға әсер етеді.

2.1.2 Трафик сипаттамалары. Трафиктің негізгі сипаттамаларына келесі параметрлер мен сипаттамалар жатады: шақырулардың (дестелердің) түсу қарқындылығы, шақыруға (дестеге) қызмет көрсетудің орташа уақыты, жүктеме, жүктеменің орташа қарқындылығы, трафикті уақыт бойынша бөлу (тәулік, апта, маусым, жыл), ең үлкен жүктеме сағаты, жүктеме концентрациясының коэффициенті және байланыс бағыттары бойынша жүктемені бөлу коэффициенттері.

Шақырулардың (дестелердің) түсу қарқындылығы – уақыт бірлігі үшін шақырулар (дестелер) саны.

Қоңырауға (дестеге) қызмет көрсетудің орташа уақыты – қоңырауға (дестеге) қызмет көрсету жүйесінің ресурстарын алатын уақыт.

Жүктеме – арналар коммутациясы бар желілерде (телефон байланысы қызметтері үшін) жүктеме ретінде берілген уақыт аралығындағы жалпы кеткен уақыты (жұмыс уақыты) түсіндіріледі. Берілген уақыт аралығы үшін берілген деректердің жалпы көлемі (бит, байт, ...) жүктеме деп аталады.

Жүктеменің орта қарқындылығы (немесе жәй ғана қарқындылық) дегеніміз – орта Қызмет көрсету уақытына түсу қарқындылығын көбейту. Дестелік коммутациясы бар желілерде – уақыт бірлігіне берілетін деректер көлемі (1 с).

Уақыт бойынша трафикті бөлу – көбінесе абоненттер жасайтын жүктемелердің орташа қарқындылығы тәулік ішінде тұрақты емес және тәулікке тең айқын кезеңге ие болуы. Мұндай кезеңдер апта, маусым, жыл болуы мүмкін.

Үлкен жүктеме сағаты (ҮЖС) – ұзақтығы 1 сағатқа тең уақыт аралығы, оның ішінде абоненттік жүктеме ұзақ уақыт аралығында орташа есеппен ең жоғары.

Жүктеме концентрациясының коэффициенті – ҮЖС-да өндірілетін жүктеме үлесі.

Байланыс бағыттары бойынша жүктемені бөлу коэффициенттері – әртүрлі байланыс бағыттарында бағытталатын жүктеме үлесі.

Мақсатына байланысты трафик моделі ағынның моделінің және сол немесе өзге де талап етілетін міндеттерді шешуге арналған трафик сипаттамаларының жиынтығын ұсынады. Сонымен қатар, байланыс желілерін жобалау мәселелерін шешу кезінде де қолданылады.

2.1.3 Трафиктің негізгі түрлері. M2M жүйесінде аталған шарттарға сәйкес шартты түрде трафиктің негізгі 3 түрін атап өтуге болады [23].

Бірінші түрі – белсенді құрылғыларды пайдалану арқылы автоматты жүйелермен жүргізілетін (құрылғы деректер берудің бастамашысы болуы мүмкін) *жанама трафик*. Бұл трафикті әр түрлі кездейсоқ оқиғаларға реакция ретінде қарастыруға болады (мысалы, өлшенетін шаманың кейбір аралыққа түсуі, авариялық немесе басқа сигнализацияның және т.б. іске қосылуы). Бұл жағдайда трафик қасиеттері бақыланатын процестердің қасиеттеріне байланысты. Егер мұндай жүйе сирек кездейсоқ оқиғаларды бақылауға арналған болса (авариялық сигнал беру жүйесі, кіруді бақылау және т.б.), онда жиі байқалатын оқиғалардың қарқындылығы бақылау құрылғысының өзінің істен шығу қарқындылығы өлшенуінен тіпті аз болуы мүмкін. Бақыланатын оқиғаларды анықтаудың қажетті сенімділігін қамтамасыз ету үшін датчиктердің техникалық жай-күйіне бақылау жүргізу қажет. Бұл үшін көлемі пайдалы ақпарат көлемінен айтарлықтай асып кетуі мүмкін қызметтік деректерді беру талап етіледі, ал трафиктің қасиеттері датчиктердің жай-күйін диагностикалау процестерінің ерекшеліктерімен анықталады.

Екінші түрі – пассивті датчиктерді пайдалану арқылы автоматты жүйелермен жүргізілетін *анықталған трафик*. Қазіргі уақытта басты – бағынышты (Master-Slave) принципі бойынша салынған диспетчерлік басқару және деректерді жинау жүйесі (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition) таралуда. Бұл жүйелерде датчиктер бағынышты (пассивті) болып табылады және деректерді тек басты (Master) құрылғының сұрауы бойынша береді. Бұл жағдайда трафик қасиеттері деректер сұраныстарын беру сәттері арасындағы уақыт аралығын таңдау алгоритмімен анықталады. Әдетте, қолданыстағы жүйелерде сауалнама сәттері арасындағы аралықтар кездейсоқ емес. Датчиктерді сұрау кейбір кестеге сәйкес немесе берілген тұрақты кезеңмен жүргізіледі. Сонымен қатар, аталған трафик түріне әр түрлі автоматты жүйелермен анықталған уақыт сәттерінде (деректерді жаңарту,

кесте бойынша бағдарламалық қамтамасыз ету және т.б.) жүргізілетін трафик те жатады.

Үшінші тип – белсенді датчиктері бар жүйелерге тән *қызметтік трафик.* Ол жүйенің жұмысқа қабілеттілігін қолдау жөніндегі қызметтік операцияларды орындау, сондай-ақ датчиктердің жай-күйін диагностикалау қажеттілігіне әкелетін кейбір сыртқы (әдетте кездейсоқ) оқиғалар басталған кезде жүргізіледі. Бұл – аппараттық немесе бағдарламалық құралдар жұмысының әртүрлі істен шығуы нәтижесінде жүргізілетін қызметтік трафик, оларды жою мақсатында қосылымдарды орнату, датчиктер мен т. б. теңшеу үшін параметрлерді беру секілді қажетті рәсімдер орындалады.

2.2 Сымсыз сенсорлық желілердегі маршруттау хаттамалары

2.2.1 Энергия тұтынымы аз және шығыны бар желілер. LLNs сымсыз сенсорлық желісін энергияны аз қажет ететін желі деп те атайды (LLNs–Low power and Lossy Networks) [24], ол түрлі аймақтардағы физикалық немесе экологиялық жағдайларға мониторинг жүргізуге арналған коммуникациялық инфрақұрылымы бар құрылғылардан тұратын желілердің сыныбы болып табылады. Қарапайым бақыланатын параметрлер – температура, ылғалдылық, қысым, кернеу және желі қуаты, ағзаның өмірлік маңызды функциялары және т. б.. Бұл құрылғылардың мөлшері, әдетте, өте кішкентай, қуатты батареялардан алады, сондықтан олар ресурстарды өте ақылға қонымды пайдалануды қажет етеді. LLNs шағын трафик жасайтын қосымшалар үшін арналған. Мұндай трафик ақылды үй қолданбалары үшін өте кең таралған.

Сымсыз сенсорлық желілер трафиктің 3 түрін қолдайды: нүкте-нүкте (LLN ішіндегі құрылғылар арасында), нүкте-көп нүкте (орталық құрылғы арасында LLN ішіндегі басқа құрылғыларға дейін), көп нүкте - нүкте (LLN ішіндегі құрылғылар арасында орталық құрылғыға дейін). Бұл құрылғылар шектеулі тарату диапазонына ие болғандықтан, маршрутизация осы құрылғыларда ақпаратты табысты жіберу үшін өте маңызды [25].

Маршрутизация сенсорлық тораптар арасындағы маршруттарды басқару және дестелерді жіберу үшін ең тиімді маршрутты анықтау үшін жауап береді. Сымсыз сенсорлық желілерде бағыттау өте маңызды, себебі желіні іске қосу үшін әзірленген көптеген қосымшалар желі ішіндегі коммуникация процесіне, сондай-ақ жекелеген тораптардан орталық жинау нүктесіне дейін деректерді беру процесіне негізделген.

Сымсыз сенсорлық желілердегі маршрутизация IP желілеріндегі маршрутизациядан қолданбаны басқаратын деректер үшін қатынас схемасы жиі маңызды емес болуымен ерекшеленеді. Көптеген қосымшалар үшін деректер әртүрліторaптардан жиналады және орталық торапқа жіберіледі. Сонымен қатар, сымсыз сенсорлық желілерде есептеу қуаты, жады көлемі, энергия секілді ресурстың елеулі шектеулері бар.

TCP / IP-дің дәстүрлі іске асырылуы код өлшемі және шектеулі ресурстары бар ақылды объектілер үшін пайдалы емес қолданылатын жады сияқты тым көп ресурстарды талап етеді. Сондықтан, ССЖ TCP/IP стегі толық

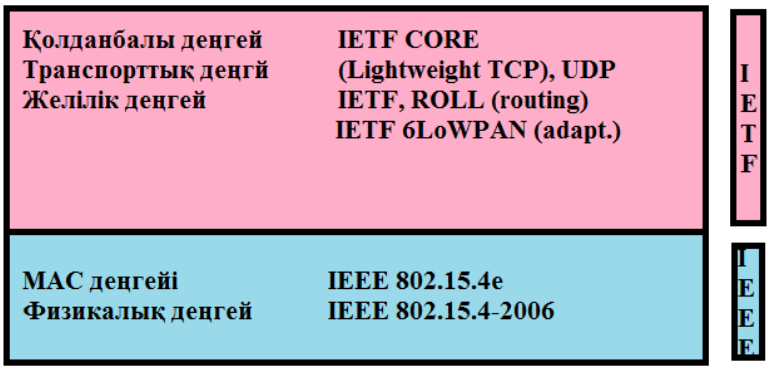
TCP/IP стегінен ерекшеліктердің мүлдем аз жиынтығы ғана болуы үшін арналған.

Сымсыз сенсорлық желілердің топологиясы өте динамикалық болғандықтан, MANET маршрутизациясының хаттамаларын пайдалану мүмкіндігін қарастыруға болады. Бұл бөлімде AODV, DSDV, DSR хаттамаларын қарастырылады [26]. Басқа маршруттау хаттамалары (RIP, EIGRP, OSPF, IS-IS) ССЖ тұрғысынан өте үлкен есептеу қуатын талап етеді және одан әрі қарастырылмайды.

LAN желісіне арналған нақты технологиялар мен хаттамалармен жұмыс 1990 жылдардың аяғында интернет инженерлерінің жұмыс тобының мамандарымен басталды. Сол кезде протоколдардың екі топқа бөлген MANET тобы құрылды: реактивті хаттамалар (атап айтқанда, AODV, орнына кейіннен DYMO келгді) және белсенді, соның ішінде OSLR-ді бөліп қарастыруға болады (бүгін оның орнына OSLRv2 келген). 2008-2009 жылдары 6LOWPAN спецификациясын әзірлеудің арқасында LLN желілерінде IPv6 протоколын пайдалану мүмкіндігі пайда болды.

IPv6 IPv4 қарағанда ССЖ қажеттіліктері үшін қолайлы хаттама болып табылады. IEEE 802.15.4 стандартының аз қуатты сымсыз дербес желілерінің үстінен IPv6 хаттамасы бойынша өзара әрекеттесу үшін IETF жұмыс тобында IEEE 802.15 сымсыз дербес желілерінің кең таралған Ip желілерімен өзара әрекеттесуін қамтамасыз ету үшін 6LoWPAN (IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks) стандарты әзірленді.

Осыдан кейін кейбір жұмыс топтары LLNs желілері үшін IPv6-ға көшті. Мысалы 2.1 суретте IETF-та екі жұмыс тобы бар, бірінші IETFWGROLL, онда Routing Protocol for LLNs (RPL) [27] желілік деңгей протоколы әзірленді, және екінші жұмыс тобы CoRE, онда Constrained Application Protocol (CoAP) қолданбалы деңгей протоколы әзірленген.



2.1 сурет – LLNs үшін өзара әрекеттесу деңгейлері

Желі деңгейі маршрутизация туралы шешім қабылдауды қамтамасыз етеді және дестелерді түйіннен түйінге қайта бағыттайды. Осы деңгейдегі хаттамалар стегі дестелерді маршруттаумжәне бағыттау үшін пайдаланылатын RPL хаттамасы болып табылады. RPL протоколы топология

Ағашын және сақталған маршруттарды құру үшін DIO, DIS, DAO процедураларының дестелерін басқару үшін пайдаланады. Басқару дестелері әр түрлі желі параметрлері туралы ақпарат береді.

2.2.2 DSDV динамикалық бағдарлау хаттамасы. DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) ad-hoc желілері үшін маршрутизацияның жоғары тиімді динамикалық хаттамасы болып табылады. Ол қашықтық – векторлық класының хатамасы ретінде жіктеледі және көп бағдарлы маршрутизацияға, Беллман – Форд алгоритміне негізделеді.

Анықтама бойынша ad-hoc желісі деректерді кез келген орталықтандырылған кіру нүктесінің араласуынсыз желі ішінде алмасатын ұялы түйіндерден тұрады. Мұндай желіні қалыптастыру үшін әрбір түйін мамандандырылған маршрутизатор ретінде жұмыс істеуі керек. DSDV хаттамасы әзірленгенде ad-hoc желілеріндегі топология өте динамикалық және пайдаланушылардың көпшілігі желіні құру үшін қандай да бір әкімшілік іс-әрекеттерді іске асырғысы келмейтіндігін ескеру туралы шешім қабылданды.

DSDV хаттамасының негізгі мақсаты – маршрутизация ілмектері мәселесін шешуді қамтамасыз ету. Жарамды және жарамсыз қосылыстар арасындағы айырмашылық үшін хаттама (қолданыстағы қосылыс) және тақ (жарамсыз қосылыс) сандарын пайдаланады. Бұл тізбекті нөмірлер тағайындау бойынша жасалады.

DSDV реттік нөмірі бар әрбір маршрутты белгілеп, ілмектеу проблемасын болдырмайды. Реттік нөмірге негізделе отырып, тораптар ескі және жаңа маршруттарды саралауға қабілетті.

Хаттаманың кемшіліктері:

- DSDV маршрутизация кестесін үнемі жаңартуды талап етеді, бұл желі пайдаланылмаса да, қуат шығынын және өткізу қабілетінің аздаған көлемін талап етеді;

- желі топологиясы өзгергенде, жаңа реттік нөмірді желіге қайта кіргенге дейін енгізу қажет.

Осы айтылғанды ескере отырып, DSDV өте динамикалық емес желілер үшін пайдалануға ыңғайлы.

2.2.3 DSR көзінен динамикалық бағдарлау хаттамасы. Төмен үстеме шығындармен жұмыс істеу үшін және желілік ортадағы өзгерістерге тез жауап беру мүмкіндігіне байланысты хаттама әзірленді. DSR маршруттауы бар желілер жүздеген тораптарға дейін масштабталуы мүмкін және тораптардың мобильділігінің жоғары деңгейін қолдайды. Алайда, кестелерді пайдаланатын хаттамаларға қарағанда қосылымды орнатудағы кідірістер жоғары.

DSR (Dynamic Source Routing) – бағыттауды ілмектерсіз қамтамасыз ететін және бір бағыттағы байланыстары бар желілерде жұмыс істей алатын қарапайым және тиімді хаттама. Бұл төмен үстеме шығындар мен желілік өзгерістерге жылдам реакцияны қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, ол өз кезегінде, желі ішіндегі барлық маршруттауды анықтайды және қолдайды.

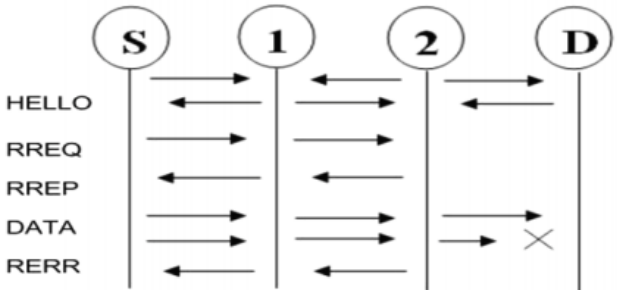
Хаттаманың кемшіліктеріне:

- маршруттар кэшінің ескірген ақпараты маршрутты қалпына келтіру кезеңінде келіспеуі мүмкін;

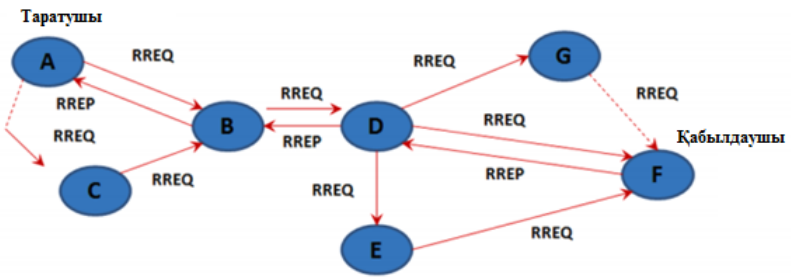
- кестелік хаттамаларға қарағанда қосылыстарды орнатудағы кешіктірулер. Мұндай хаттама статикалық және аз қозғалатын қатарларда жақсы жұмыс істеп тұрса да, өнімділік жылдам мобильділіктің ұлғаюымен нашарлайды. Сонымен қатар, маршрутизацияның едәуір үстеме шығындары DSR-да пайдаланылатын маршрутизацияның көзі механизмінің салдарынан орын алады. Бұл маршрутизацияның үстеме шығындары жолдың ұзындығына тікелей пропорционалды.

2.2.4 AODV динамикалық бағдарлау хаттамасы. AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector) – тораптар арасында ақпарат беру уақытын азайту үшін әрбір желі торабында маршруттау кестелерін құруға негізделген динамикалық бағдарлау хаттамасы [28].

2.2 суретте хаттаманың жұмыс жасау қағидасы көрсетілген. Хаттама маршруттарды пайдалануға қарамастан бағдарлау жолдарын табады. Әрбір түйінде маршруттау кестелерін құру хаттаманың бірінші қадамы болып табылады. Әрбір көрші торап арқылы желідегі әрбір торапқа қысқа жолдың ұзындығы кестеде көрсетілген. Әрбір келесі қадамда әрбір торап көрші тораптармен әрбір торапқа белгілі ең қысқа жол туралы ақпаратпен алмасады. Сонымен қатар, желі ішіндегі түйіндердің санына байланысты кейбір қадамдар саны, тораптардағы маршрутизация кестелері өзгермей қалады, содан кейін деректерді ең қысқа табылған жол бойынша жіберу басталады [28]. Желі торабының істен шығуы кезінде кестеден желінің келесі қысқа маршруты таңдалады, мұнда тораптар-пайдаланушылар өз орнын кез келген түрде өзгерте алады, сол арқылы мәліметтерді берудің белгілі бір стационарлық жолдарын жасамай топологияны үнемі өзгертіп отырады. 2.3 суретте AODV хаттамасының мәлімет алмасуы көрсетілген. Сонымен қатар, барлық желі түйіндерін анықтау және мониторинг жүргізу үшін HELLO хабарламасы жіберіледі, одан кейін RREQ (Route Request) маршрутын сұрау үшін хабарламалар жіберіледі. RREP (Route Response) жауап хабарламаларын көрші тораптардан алғаннан кейін деректер (DATA) S көзі мен D тағайындау торабы арасындағы оңтайлы маршрутпен бағытталады, қате пайда болған жағдайда торап RERR (RouteError) қатесі туралы хабарламаларды жібереді [28].



2.2 сурет – AODV хаттамасының жұмыс жасау қағидасы



2.3 сурет – AODV хаттамасында хабар алмасу

AODV хаттамасының артықшылығы ол белгіленген маршрут бойынша деректерді беру кезінде қосымша трафик жасамайды. Осы типті хаттамалардың елеулі кемшіліктерінің бірі – иерархиялық құрылымдарға немесе домендерге бөлу процесі, оның нәтижелері желіні маршруттаудың оңтайлылығына қатты әсер етеді. Сонымен қатар, кемшіліктерге тұрақты қызметтік трафиктің болуын жатқызуға болады.

2.2.5 6LoWPAN хаттамасы. 2007 жылдың наурызында шыққан 802.15.4 бойынша IPv6 хабар таратуды ұсынатын IETF 6LoWPAN стандартының жобасы бәрін өзгертті. 6LoWPAN энергияны төмен тұтыну құрылғыларымен жұмыс істеу үшін оны тек портативті техникада ғана емес, өнеркәсіптік құралдардың кең ауқымында пайдалану үшін тартымды етеді. Орнатылған шифрлау қолдауы AES-128 сенімді аутентификация және қауіпсіздік үшін негіз қалайды.

Басқа хаттамалардан бәсекеге қабілетті болу үшін, 6LoWPAN хаттамаларында «тек өз пайдаланғаның үшін төле» деген ұстаным қолданылады. IP маршрутизаторлармен тікелей ықпалдасу кезінде adhoc желісінде шлюздер ұсынатындарға қарағанда, ең озық желілік қауіпсіздік жүйелерін пайдалануда артықшылық пайда болады.

IETF 6LoWPAN жұмыс тобы IEEE 802.15.4 құрылғыларымен бірдей шамада басқа IP арналарымен және құрылғыларымен өзара іс-қимылды қамтамасыз ететін ашық стандарттарды қанағаттандыратын тәсілмен арналардың жоғарғы жағында IP дестелерін тарату мәселесін шешу үшін құрылды.

Мұндай шешім көптеген артықшылықтарға ие. 6loWPAN желісінде әрбір сенсор жеке IPv6 мекен-жайы бар. Бұл көптеген компанияларға бір желіде бірге жұмыс істей алатын LR-WPAN құрылғыларын өндіруге мүмкіндік береді, осы құрылғылардың өзара әрекеттесуіне, бұрыннан бар желілік компьютерлермен және жабдықпен жұмыс істеуге мүмкіндік береді. Әрбір сенсорлық желі торабы IP мекенжайы бойынша сыртқы желілерден қол жетімді болады. Ол үшін әрбір жергілікті IEEE 802.15.4 протоколы үшін кешенді шлюздер болу қажет, осы шлюздер арқылы байланыс үшін қолданыстағы қосымшалармен пайдаланылатын көптеген адаптерлер, шлюздер үшін ерекше аутентификация және қауіпсіздік процедураларын жеңілдетеді. PING, traceroute, SNMP сияқты IP протоколына негізделген

көптеген бағдарламалық құралдар желіге біріктіру және LR-WPAN құрылғыларына қызмет көрсету үшін бірден пайдаланылуы мүмкін.

Сонымен қатар, IP базасында NAT (адрестерді ауыстыру), жүктемені бөлу, кэширлеу оңай іске асырылуы мүмкін. HTTP/XML/SOAP базасындағы бағдарламалық деңгейде деректерді берудің қолданыстағы модельдері мен сервистері LR-WPAN желілеріне арналған қосымшаларды әзірлеу процесін жеңілдетуге және 6LoWPAN қолдану кезінде қолданыстағы корпоративтік желіге құрылғыларды ықпалдастыруды бірыңғайландыруға мүмкіндік береді.

RIP маршрутизациясының жаңа хаттамасында көптеген бағандар қолдау табады және әртүрлі параметрлермен қосылыстар бойынша дестелерді жіберу мүмкіндігі бар. RPL (Routing Protocol for Low energy and Lossy networks) – бұл төменгі энергия тұтынатын және шығыны бар желілер үшін жаңа Хаттама, оның негізінде DODAG (Destination Oriented Directed Acyclic Graph) бағытталған ациклдық бағандар жатыр [29]. Бұл хаттама маршрутизатордан қабылдау торабына дейінгі жолды қамтамасыз етеді, бұл ретте маршрутизаторларда DODAG-да ата-аналық тораптар туралы ақпаратты қамтитын қызметтік деректер мен маршруттау кестелерінің шағын көлемін сақтау талап етіледі.

2.3 Сымсыз сенсорлық желілерде қызмет көрсету сапасы

Телекоммуникациялық желі бағдарламалық-аппараттық жүйе болып табылады. Оның негізгі міндеті-деректерді беру бойынша сервистің соңғы құрылғыларын ұсыну. Телекоммуникациялық желілер үшін деректерді беру бойынша сервистің сандық сипаттамасын тапсыру және осы сипаттамалардың берілген шарттарда берілген талаптарға сәйкестігін анықтау мақсатында "қызмет көрсету сапасы" ұғымы енгізіледі. Қызмет көрсету сапасы интегралды көрсеткіш болып табылады, деректерді беру бойынша сервисті сипаттайды және сервистің сандық сипаттамаларының жиынтығынан тұрады, бұл ретте олардың әрқайсысы телекоммуникациялық жүйенің жұмыс істеуінің белгілі бір аспектісімен байланысты.

Сонымен қатар, байланыс арнасының өткізу қабілеті, сондай-ақ байланыс арнасындағы дестелердің жоғалу үлесі (немесе дестенің жеткізілу ықтималдығы) классикалық компьютерлік желілерде сервистің сандық сипаттамалары болып табылады.

Телекоммуникациялық желілер үлкен көлемдегі тапсырмаларды шешу үшін қолданады, ал желідегі оларға сәйкес келетін трафик әртүрлі сипаттамаға ие. Сонымен, аудио немесе видеоақпаратты ағындық беру міндеті үшін трафик көлемі үлкен дестелердің үздіксіз ағыны ретінде, ал әр түрлі пайдаланушылар арасында мәтіндік хабарламалармен алмасу міндеті үшін – шағын көлемдегі дестелердің стационарлық емес ағыны ретінде әрекет етеді. Осылайша, трафик белгілі бір үлгімен сипатталатын шешілетін міндеттердің кластарын жинақтауға және бөлуге болады. Өз кезегінде, серверге шешетін мәселесіне байланысты ақпарат таратуда әртүрлі талаптар қойылады, желінің жұмыс істеу сипаттамалары белгілі бір басымдыққа ие, сондай-ақ, трафикті

өңдеудің тиісті тетіктері пайдаланылады [30]. Классикалық телекоммуникациялық желілер, әдетте, әртүрлі есептерді бір уақытта шешу үшін қолданылады.

Сымсыз сенсорлық желілер ақпараттық-телекоммуникациялық жүйелердің ерекше класы болып табылады. Сәулет және физикалық құрылыс тұрғысынан олар автономды қоректену көзі бар шағын қабылдағыш таратқыштардан тұрады.

Сымсыз сенсорлық желілер өнеркәсіп, ауыл шаруашылығы, медицина, төтенше жағдайлардан қорғау және т. б. салаларда мониторингтік және басқару міндеттерінің кең ауқымын шешуге арналған. Сымсыз сенсорлық желілердің негізгі қасиеттеріне өзін-өзі ұйымдастыру, автономдық, түйіндердің мобильділігінің болуы немесе болмауы, біррангты топологияны жатқызуға болады. Осылайша, сымсыз сенсорлық желілер классикалық емес, деректерді беру бойынша ғана емес, оларды жинау және өңдеу бойынша да қызмет көрсетеді. Сонымен, сымсыз сенсорлық желілер үшін "қызмет көрсету сапасы" ұғымы және оның сипаттамалары классикалық көріністен ерекшеленетін [31] және қайта анықтауды талап етеді. Сымсыз сенсорлық желілер көмегімен шешілетін тапсырмалардың классификациясын жасау қажет және оларға қызмет көрсету сапасына қойылатын тиісті талаптарды белгілеу керек.

2.3.1 Сымсыз сенсорлық желілерде қызмет көрсету сапасының ерекшеліктері. Бұл қызмет көрсету сапасын анықтауға әсер ететін қызмет ету шарттарымен анықталатын сымсыз сенсорлық желілерге тән ерекшеліктерді анықтаймыз.

Шектеулі ресурстар. Сымсыз сенсорлық желілердің негізгі ерекшеліктерінің бірі-түйін ресурстарының шектеулілігі. Желі торабының көлемі мен құны бойынша барынша аз болуы тиіс болғандықтан, ол шағын есептеу мүмкіндіктеріне, буфер өлшеміне, тарату қуатына, сондай-ақ жұмыс істеу уақытының шектеулі болуына ие. Осыған байланысты қызмет көрсету сапасының міндеттерінің бірі желінің жұмыс істеуін ұзақ ұстау үшін қолда бар ресурстарды тиімді пайдалану болып табылады.

Тұрақтылық. Сымсыз сенсорлық желілер көптеген сенсорлардан тұрады және топологияның өзгеруіне – жаңа торапты қосу, істен шығу немесе бар торапты ауыстыру, кластерлер бойынша қайта бөлу секілді өзгерістерге төзімді болуы тиіс. Қызмет ету сапасы тұрғысынан қарағанда бұл өзгерістер желінің жұмыс істеуіне және қол жетімділігіне әсер етпеуі тиіс.

Әралуан трафик түрлері. Сымсыз сенсорлық желінің арналуына байланысты берілетін трафикке белгілі бір талаптар қойылуы мүмкін. Мысалы, дестені кідірту әр түрлі қолданбаларда әр түрлі рөл атқара алады. Қызмет көрсету сапасына қойылатын талаптар міндеттер класына байланысты өзгереді.

Деректерді беру моделі. Сымсыз сенсорлы желі деректер тарату моделінің үштен біріне ие: тораптар деректерді белгілі бір кезеңмен базалық станцияға береді; станция белгілі бір тораптың немесе олардың тобының жай-

күйі туралы ақпаратты сұрай отырып, деректерді беруге өзі бастама жасайды; түйін оқиға белгілі болған жағдайда деректер дестесін жіберуді бастайды.

Деректерді жинау сипаты. Сымсыз сенсорлық желілерде әрбір жеке түйіннен алынған деректер, әдетте, үлкен рөл атқармайды. Әдетте деректер кейбір аймақтың ішінде орналасқан бірнеше датчиктерден қабылданады, ал олардың орташаланған мәні беріледі. Деректер беруге жұмсалатын ресурстар салыстырмалы түрде үлкен болғандықтан, деректерді алдын ала өңдеу берілетін деректер санын азайту үшін тораптардың өзінде жүзеге асырылуы мүмкін. Жеке алынған дестені жеткізу кепілдігі аймақтан ақпарат жинау кезінде қызмет көрсету сапасы үшін аз маңызға ие.

Ұтқырлық. Кейбір қосымшалар үшін сенсорлық желі тораптары тұрақты қондырылмайды, олардың орналасуы өзгеруі мүмкін. Бұл бағдарлау, координата анықтау кезінде қосымша қиындықтар туғызуы мүмкін.

Сонымен, сымсыз сенсорлық желілерде қызмет көрсету сапасы – бұл белгілі бір жағдайларда (ресурстардың шектелуі, тораптардың мобильділігі, деректерді беру моделі және т.б.) деректерді жинау, өңдеу және беру мүмкіндігін анықтайтын интегралды сипаттама.

2.3.2 Сымсыз сенсорлық желілерде қызмет көрсету сапасының сипаттамалары. Қызмет көрсету сапасын бағалауға болатын сымсыз сенсорлық желілердегі деректерді тасымалдауға қатысты критерийлерді анықтайық.

Кідіріс. Сымсыз сенсорлық желілерде кідірісті талдай отырып, желіде қолданылатын деректерді беру моделін ескеру қажет. Базалық станцияға деректерді мерзімді трансляциялау кезінде кідіріс бір тораптан келесі торапқа дестелерді жіберу уақытынан, маршрут құрудан, тораптардың бос тарату арнасын күтуінен және тораптарда жүзеге асатын алдын ала өңдеу уақытынан тұрады. Станциядан торапқа сұраныс келген сәтте кідіріс сұраныс жіберілген сәттен бастап деректер дестесін алғанға дейінгі уақытқа тең. Оқиғалық модельде кідіріс оқиға басталғаннан бастап оны базалық станция алғанға дейінгі уақыттан тұрады. Сымсыз сенсорлық желілердегі кідіріс тораптарда деректерді тарату және өңдеу уақытына, сондай-ақ маршрутизация алгоритміне және ортаға кіру механизміне байланысты. Жалпы түрде кідіріс уақытын келесідей көрсетуге болады:

$$\Delta t_к = \Delta t_а + \Delta t_м + \sum_n \left(\Delta t_т + \Delta t_о + \Delta t_{тар}\right), \tag{2.1}$$

мұндағы $\Delta t_а$ – оқиғаны анықтауға кеткен уақыт;

$\Delta t_м$ – маршрут қою уақыты;

$\Delta t_т$ – бос байланыс арнасын тосу уақыты;

$\Delta t_о$ – тораптағы дестелерді өңдеуге арналған уақыт;

$\Delta t_{тар}$ – тораптар арасында дестелерді тарату уақыты.

Өткізу қабілеті. Желінің өткізу қабілеті бірлік уақыт аралығындажіберілуі мүмкін деректер санын анықтайды және бір секундта битпен өлшенеді. Деректерді тарату жылдамдығы да кідіріс секілді маршрут таңдауға, жекелеген желілердің және жаопы желінің ресурстарына тәуелді. Сымсыз сенсорлық желілерде таратылатын дестелердің саны тапсырманың ерекшелігіне байланысты. Ол сағатына бірнеше дестеден секундына жүздеген дестеге дейін өзгеруі мүмкін. Өткізу қабілеті торап уақыт бірлігінде өңдеуге қабілетті дестелердің саны арқылы көрсетіледі:

$$B = n \cdot \langle S \rangle, \tag{2.2}$$

мұндағы n – 1 секундта өңделетін дестелердің максималды саны;

$\langle S \rangle$ – дестенің орта өлшемі.

Шығындар. Сымсыз сенсорлық желілерде арналық деңгейде дестелерде шығын болуы коллизияға байланысты, ал бағдарлау деңгейінде маршруттың дұрыс қойылмауынан немесе кірісте қандай да бір тораптың қатардан шығуына байланысты болады.

Шығындар шығын болған дестелердің жалпы дестелер санына қатынасы анықталады:

$$\eta = \frac{N_{ш}}{N_{ж}}, \tag{2.3}$$

мұндағы $N_{ш}$ – шығын болған дестелер саны;

$N_{ж}$ – жалпы саны.

Желінің өмір сүру уақыты. Сымсыз сенсорлық желілердегі қызмет көрсету сапасының параметрлерінің бірі – деректерді таратуды қаматамасыз ететін желінің уақыты. Датчиктердің жұмыс жасау уақыты шектеулы болғандықтан, желіні орнатқанда және деректерді таратқанда шығындарды азайту қажет. Маршрут таңдау, арнаны тыңдау (сенсордың активті және пассивті жұмыс режимі), жіберілетін деректердің көлемі энергетикалық шығындарға әсер етеді.

Берілген аймақты жабу. Сымсыз сенсорлық желілердегі қызмет көрсету сапасы деректерді жинайтын немесе бақылау жүретін аймақтың сенсор әсер ететін радиуста болуына байланысты салыстырмалы түрде бағаланады. Осылайша, жүйе әлеуетті қамтитын ақпараттың толықтығы анықталады. Бұл параметр Бұл параметр сигналдың ең аз рұқсат етілген деңгейі бар S аумағын жабу үшін қажетті n сенсорлар санында көрсетілуі мүмкін.

Топологияның өзгеруіне тұрақтылық. Сонымен қатар, сымсыз сенсорлық желі топологияның өзгеруі жағдайында жұмыс істеуі тиіс: торап істен шыққан кезде, оның әрекет ету мерзімі аяқталған кезде, жаңа

тораптарды қосу немесе бар тораптарды ауыстыру кезінде. Сымсыз сенсорлық желілер үшін тұрақтылық қызмет көрсетудің басты критерилерінің бірі болып табылады, себебі олар олар әр торапты бақылау, батареяны ауыстыру немесе жөндеу мүмкін емес немесе қатты қиындататындай етіп үлестірілуі мүмкін. Бұл сипаттама сандық түрде желінің топологиясы өзгерген сәттен бастап оның жұмыс істеуін қалпына келтіргенге дейін өткен уақытта көрсетілуі мүмкін. Тұрақтылық сипаттамасына желіде бағдарлау қалай ұйымдастырылғаны, желі тораптарының бір бірі туралы ақпарат алысу әдістері (бағдарлау кестелері, көрші тораптарға мерзімді хабарлама жасау) әсер етеді.

Қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету желілік модельдің әрбір деңгейіндегі хаттама ерекшелігіне байланысты: физикалық деңгейде қызмет көрсету сапасы шу деңгейіне, кодтау тәсіліне байланысты; ал араналық деңгейде дестелерді жеткізу сенімділігі мен ортаға қол жеткізу уақытына байланысты. Маршрутизация алгоритмін іске асыруға байланысты желі энергиясының шығыны, хабарламаларды жеткізу кідірісі мен жылдамдығы [32] өзгеруі мүмкін (2.1 кесте).

2.1 кесте – Желілік модельді жүзеге асырудың әртүрлі факторларымен қызмет көрсету сапасы сипаттамаларының өзара байланысы

Қызмет көрсету сапасының сипаттамасы	Физикалық деңгей	Арналық деңгей	Желілік деңгей
Кідіріс	Кодтама әдісі	Арнаға қатынау кестесі	Маршрутты анықтау уақыты, жол ұзындығы
Өткізу қабілеті	Хабарлама өлшемі	Арнаға қатынаудың синхронизациясы, артық дестеоер	Бірнеше жолдармен бағдарлау, дестеде бағдарлаудың қосымша деректері, кластеризация
Шығын	Шу деңгейі	Коллизия	Тұйықталған бағдарлар, шырғалану уақыты
Желінің өмір сүру уақыты	Кодтама әдісі, тарату қуаты	Активті және пассивті режимдер, дестелерді қайта жіберу уақыты	Бағдар құруда бір тораптарды қолдану, кластеризация

2.1 кестенің жалғасы

Қызмет көрсету сапасының сипаттамасы	Физикалық деңгей	Арналық деңгей	Желілік деңгей
Берілген аймақты жабу	Тарату қуаты	–	–
Тұрақтылық	Тарату қуаты	Режимдердің алмасу мерзімі	Белсенді бағдарлау, кластеризация

2.3.3 Қызмет көрсету сапасы міндеттерінің кластары. Сонымен қатар, әр түрлі қызмет көрсету сапасының параметрлері әр нақты тапсырмада маңызды болып табылатындығын анықтау үшін, сымсыз сенсорлық желілердің көмегімен шешілетін тапсырма сыныптарын бөліп көрсету қажет, сонымен қатар, қандай көрсеткіштер аса маңызды болып табылатындығын анықтау қажет. Келесі тапсырмалар кластарын (немесе іске асырылатын деректер беру моделіне байланысты сымсыз сенсорлық желілерде қызмет көрсету кластарын) ерекшелеуге болады [33].

Қоршаған ортаның мониторингімен, өнеркәсіптік объектілердің жай-күйімен байланысты міндеттер. Желі тораптары кейбір параметрлерді (температураны, қысымды, ылғалдылықты) өлшейді және деректерді тең уақыт аралығында жібереді. Трафиктің болжамдылығына байланысты арнаға қатынау синхонды болуы және жіберу уақыты белгілі болуы мүмкін. Берілген жағдайда қызмет көрсету сапасының басты критерйі – желінің өмір сүру ұзақтығы, себебі нақты жағдайларда датчиктерді немесе олардың батареяларын ауыстыру қиын болуы мүмкін. Желі өмір сүру уақытын маршруттау кезінде тораптарды біркелкі пайдалану, сондай-ақ түйіннің активтіксіздігі кезінде ұйықтайтын режимді енгізу есебінен ұлғайтуға болады.

Мұндай қосымшаларда жеткізу уақыты ерекше рөл атқармайтындықтан, ол бірнеше ондаған секундқа жетуі мүмкін. Мұндай жүйелердің өмір сүру уақыты бірнеше айдан бірнеше жылға дейін жетуі тиіс.

Датчиктер қандай да бір көрсеткішті үнемі өлшеп, оны бірден базалық станцияға жіберуі тиіс міндеттер. Бұл жерде басты көрсеткіш жеткізу жылдамдығы (кідіріс) және желінің өткізу қабілеті болып табылады, ол бір уақытта дестелердің көп санын өңдеуге мүмкіндік береді. Тораптар арналарға қатынаудың синхрондалған кестесінсіз дестелерді жібереді, сәйкесінше, бұл класта дестелерді жеткізу кепілдігінің төмендігі байқалады. Кейбір оқиғаны анықтаумен байланысты есептер (қозғалыс датчиктері, сигнал беру және т.б.). Мұндай есептерде қызмет көрсету сапасының басты өлшемі қолайлы уақыт аралығында деректерді жеткізу кепілдігі болып табылады.

Желі тораптарымен орта көрсеткішін өлшеу тұрақты түрде емес, базалық станциядан келетін сұраныстарға байланысты болатын тапсырмалдар. Олар уақыттың көп бөлігінде пассивті режимде

болатындықтан желідегі тораптардың энергия тұтынуы азаяды және деректер тарату арнасына қатынау базалық стануия деңгейінде бақыланады, бұл тораптағы МАС-хаттамаларының жүзеге асуын жеңілдетеді. Мұндай түрдегі міндеттер үшін қызмет көрсету сапасының басым параметрлері дестені жеткізу кепілдігі және кідіріс, яғни сұрау құрылған сәттен бастап базалық станция деректерді алған сәтке дейін өткен уақыт болып табылады.

Сымсыз сенсорлық желілер уақыт бойынша физикалық топологиясын өзгерту сипаты бойынша бөлінуі мүмкін:

- статикалық тораптары бар желілер. Көптеген сымсыз сенсорлық желілерде сенсорлардың тұрғылықты орны уақыт ағысымен өзгермейді. Тораптардың өзара орналасуы туралы ақпарат алу және маршруттау кестелерін құру үшін желіні бастапқы күйге келтіру қажет, оның барысында тораптар өзінің жағдайы туралы ақпаратпен алмасады және бір торабынан екіншісіне келетін сигнал деңгейі анықталады. Осы деректерге сәйкес, маршруттау протоколын жүзеге асыруға байланысты маршрутты құру және деректерді тораптан түйінге жіберу жүргізіледі. Желіні қайта баптау ескі торап жаңа қосылған немесе істен шыққан кезде ғана жүргізіледі;
- ұялы тораптары бар желілер. Сымсыз сенсорлық желілерде тораптардың ораналасуы (физикалық топология) фикстрленген болып табылмайтын тапсырмалардың қатары бар. Мұндай жүйедегі тораптар өз жағдайы туралы деректермен мезгіл-мезгіл алмасуға тиіс. Топологияның өзгеруіне байланысты желі конфигурациясы өзгеруі мүмкін – кластерлер қайта құрылуы, маршруттар өзгеруі және т. б. Мұндай есептерде топологияның өзгеруі жағдайында желінің үздіксіз жұмыс істеуі, егер ол кідірістің ұлғаюы немесе өткізу қабілетінің азаюы есебінен қол жеткізілсе де басым болып табылады.

Сонымен қатар, байланыс арнасында кедергілер пайда болуы мүмкін, бұл тораптар арасында радиосигналдың деңгейін өзгертуге алып келеді. Бұл олардың өзара орналасуын өзгертуге балама, немесе топология. Бұл жағдайда тіпті статикалық тораптары бар желі мобильді ретінде қарастырылуы мүмкін.

2.2 кестеде сымсыз сенсорлық желілердің көмегімен, желі топологиясы бойынша және деректерді беру моделі бойынша шешілетін, бөлінген тапсырмалар кластары үшін қызмет көрсету сапасының басым көрсеткіштері келтірілген.

2.2 кесте – Сымсыз сенсорлық желілердің түрлі кластары үшін қызмет көрсету сапасының басым көрсеткіштері

Тапсырма топтары	Статикалық тораптары бар желілер	Мобильді тораптары бар желілер
Көрсеткіштердің мезгіл бойынша өлшенуі	Өмір сүру уақыты	Өмір сүру уақыты
Көрсеткіштердің тұрақты өлшенуі	Кідіріс, өткізу қабілеті	Тұрақтылық, кідіріс

2.2 кестенің жалғасы

Тапсырма топтары	Статикалық тораптары бар желілер	Мобильді тораптары бар желілер
Анықталған оқиға	Уақыт аралығында жеткізу кепілдігі	Тұрақтылық, шығындар
Сұраныс бойынша көрсеткіштердің өлшенуі	Кідіріс, шығындар	Тұрақтылық, шығындар

3 Сымсыз сенсорлық желі трафигін модельдеу

3.1 Шлюзге түсетін желілік трафикті аналитикалық модельдеу

Бірінші тарауда сымсыз сенсорлық желінің архитектурасы 1.3 суретте көрсетілген. Онда сенсорлық тораптардан мәліметтер дестелер ағыны түрінде шлюзге (базалық станцияға) келіп түседі. Бір шлюзге мәліметтер жіберіп отыратын тораптар немесе сенсорлық құрылғылар саны 500 ден астам болуы мүмкін. Мұндай дестелер ағынын бірнеше ғылыми жұмыстарда қарапайым ағын немесе Пуассон ағыны түрінде қарастырады [34].Сондықтан Пуассон ағынына қызмет көрсету процессін қарастырайық.

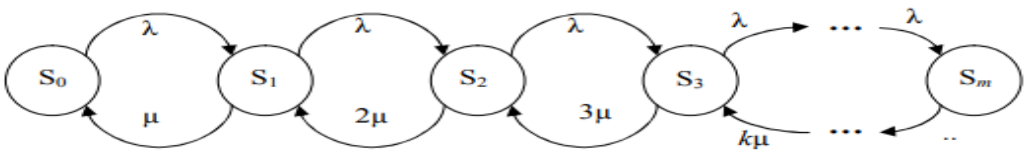
Шлюзді көп арналы жаппай қызмет көрсету жүйесі (ЖҚЖ) ретінде қарастырамыз. ЖҚЖ – ға келіп түсетін дестелерді талаптар деп атаймыз.

Сонымен толық қатынасты m арналардан тұратын ЖҚЖ-ға Пуассон талаптар ағыны келіп түседі. Талаптар арасындағы уақыт аралығы және қызмет көрсету ұзақтығы экспоненциалды үлестірілген. Талаптар ағынының параметрі λ, ал қызмет көрсетудің орташа ұзақтығы – $\bar{x}$. $P_k(k=0...m)$ жүйесінің жай-күйінің тұрақты таралуының ықтималдығын және қызмет көрсету сапасының сипаттамаларын (QoS) анықтаймыз.

Қарапайым ағын үшін талаптардың *түсу қарқындылығы* ағынның λ параметрімен сәйкес келеді. Қызмет көрсетуді аяқтау сәттерінің жиынтығы талаптарға *қызмет көрсету қарқындылығы* μ деп аталатын және қызмет көрсету ұзақтығына кері шама ретінде есептелетін жүйе арналарының босату ағынын құрайды:

$$\mu = \frac{1}{\bar{x}}. \tag{3.1}$$

S_k жүйесінің дискреттік жай-күйі талаптың әрбір келіп түсуінен немесе оған қызмет көрсету аяқталғаннан кейін өзгереді. Жай-күйдің соңғы саны бар Марков тізбегі өтпелі диаграмма түрінде бейнеленеді (3.1 сурет).



3.1 сурет – Шығындары бар m-арналық жүйенің өтпелі диаграммасы

Пуассондық ағын үшін талаптардың түсу қарқындылығы λ тұрақты. Егер жүйе S_k күйінде болса және талап түссе, онда жүйе жалғыз λ қарқындылығымен кез-келген *k*-мен S_{k+1} күйіне өтеді. Қызмет көрсету аяқталғаннан кейін S_k күйінен S_{k-1} күйіне өтетін жүйенің қарқындылығы бос емес арналардың санына немесе жүйенің ағымдағы жай-күйіне тәуелді. Егер жүйе S_1 күйінде болса, талаптарға қызмет ету аяқталғаннан кейін бір арнаны алып тұрған жүйе μ қарқындылықпен S_0 күйіне өтеді. Егер жүйе S_2 күйде болса, 2μ қарқындылықпен S_1 күйіне көшеді. Егер қызмет көрсетумен *k* арна бос болмаса, онда S_k күйінен S_{k-1} күйіне ауысатын жүйедегі арналарды босату ағыны *k* есе қарқындырақ болады.

P_k жүйесінің жай-күйінің ықтималдығының тұрақты таралуы Марковтың біртекті дискретті тізбегі үшін сызықты алгебралық теңдеулер жүйесімен анықталады:

$$P_k = \sum P_i p_{i,k}, \tag{3.2}$$

мұндағы $p_{i,k}$ – жүйенің *i* күйден *k* күйіне ауысу ықтималдығы [35].

Бұл ретте (3.2) үлестірімі $\sum_{k=0}^{m} P_k = 1$ нормалау шарттарын қанағаттандыруы тиіс. (3.2) сомасы *k* күйіне ауысуға болатын *i* күйлердің барлық ықтимал нұсқалары үшін есептеледі. Қарапайым ағын жағдайында бұл күйге тек *k-1, k* және *k+1* күйінен өте алады. Сол себепті, мүмкін $p_{i,k}$ ықтималдықтарының санын азайту есебінен (3.2) теңдеулер жүйесін қысқартамыз:

$$P_k = P_{k-1} p_{k-1,k} + P_k p_{k,k} + P_{k+1} p_{k+1,k}. \tag{3.3}$$

Талаптар түсетін сәтте *k-1* күйден *k* күйге өту мүмкін, бұның ықтималдығы *λ* параметріне пропорционалды, ал *k+1*-ден *k* күйіне өту талаптарға қызмет көрсету аяқталғанда мүмкін болады, экспоненттік үлестіру кезінде қызмет көрсету ұзақтығы *x μ* параметріне пропорционалды. Сондықтан, $p_{k-1,k} = \lambda$, ал $p_{k+1,k} = \mu(k+1)$ (3.1 сурет).

Жүйенің *k* күйден *k* күйге өту ықтималдығы анық – жүйе k күйден *k-1* күйге де, *k+1* күйге де өте алмайды, себебі оның күйі бірқалыпты:

$$p_{k,k} = 1 - p_{k,k-1} = 1 - \mu k - \lambda. \tag{3.4}$$

Сонымен, (3.4) есебімен (3.3)-тен қорытындылай келе келесіні аламыз:

$$P_k = \lambda P_{k-1} + P_k[1 - \mu k - \lambda] + \mu(k+1)P_{k+1}. \qquad (3.5)$$

Жақшаларды ашқаннан кейін және біріктірілгеннен кейін келесі теңдеуді аламыз:

$$P_k = \lambda P_{k-1} + P_k - \mu k P_k - \lambda P_k + \mu(k+1)P_{k+1},$$

$$0 = \lambda P_{k-1} - (\lambda + \mu k)P_k + \mu(k+1)P_{k+1}.$$

Минус таңбалы шаманы теңдеудің сол жағына көшіреміз:

$$(\lambda + \mu k)P_k = \lambda P_{k-1} + \mu(k+1)P_{k+1}. \qquad (3.6)$$

(3.6) теңдеулер жүйесі Марков тізбегіндегі стационарлық режимді сипаттайды және ағын талаптарының қызмет көрсету процесінің математикалық үлгісі болып табылады. Бұл режимде ықтималдық қарқындылығын сақтау заңы орындалады – *k* күйіндегі ықтималдықтар ағынының қарқындылығы осы күйден *k – 1* немесе *k + 1* күйіндегі ағынның қарқындылығына тең. Сондықтан (3.6) тепе-теңдік немесе баланс теңдеуі болып табылады.

Баланс теңдеуін шешуді *k=0* мәнінен бастаймыз:

$$\lambda P_0 = \lambda P_{-1} + \mu P_1.$$

$P_{-1}=0$ ықтималдығы тасыалдаушы күйдің ықтималдығы сияқты, сол себепті $\lambda P_0 = \mu P_1$, бұл теңдіктен:

$$P_1 = \frac{\lambda}{\mu} P_0.$$

Егер *k=1* болғанда, $(\lambda + \mu)P_1 = \lambda P_0 + 2\mu P_2$ теңдігін аламыз, одан келесі теңдік шығады:

$$P_2 = \frac{\lambda}{2\mu} P_1 = \frac{\lambda}{2\mu}\frac{\lambda}{\mu} P_0 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 \frac{1}{2 \cdot 1} P_0.$$

Егер *k=2* болғанда, $(\lambda + 2\mu)P_2 = \lambda P_1 + 3\mu P_3$ теңдігін аламыз, одан келесі теңдік шығады:

$$P_3 = \frac{\lambda}{3\mu} P_2 = \frac{\lambda}{3\mu} \frac{\lambda}{2\mu} \frac{\lambda}{\mu} P_0 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^3 \frac{1}{3 \cdot 2 \cdot 1} P_0.$$

Келтірілген есептеулерден (индукциядан):

$$P_k = \frac{\lambda}{\mu k} P_{k-1}, \tag{3.7}$$

және

$$P_k = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{1}{k!} P_0, \qquad (k=1,2,...m)... \tag{3.8}$$

екенін көреміз.

(3.2) жүйесінің жай-күйінің тұрақты таралуына енгізілген нормалаудың шарттарын ескере отырып, P_0 ықтималдығы осылай анықталады:

$$P_0 = \left[\sum_{i=0}^{m} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i \frac{1}{i!}\right]^{-1}. \tag{3.9}$$

(3.8) үлестірімі Пуассон ағынына қызмет көрсететін шығындармен толық қол жететін жүйенің жай-күйінің ықтималдығының іздестіретін тұрақты үлестіруі болып табылады. Бұл міндет алғаш рет А.К.Эрлангпен қызмет көрсету ұзақтығын экспоненттік үлестіру туралы жорамалда шешілді, бірақ уақыт өте келе (3.8) кез келген ерікті заң үшін дұрыс екендігі дәлелденді, яғни M/G/m моделі үшін де.

Бұл міндетті шешудің салыстырмалы қарапайымдылығы мыналармен түсіндіріледі. Бұл жерде шексіз уақыт бөлігінде жүйемен жететін тұрақты режім зерттеледі, онда қызмет көрсету жүйесі статистикалық тепе-теңдік жағдайында жұмыс істейді. Жүйенің жай-күйінің алынған ықтималдығы (жұмыс істейтін арналар саны) жүйенің бастапқы сәтте қандай күйде болуына байланысты болмауы үшін, бұл процесс эргодикалық болуы тиіс [36]. Марков теоремасына сәйкес, кез-келген транзитивтік (кез-келген күйден кез-келген басқа күйге ауыса алатын), біртекті (күйден күйге өту ықтималдығы ауысудың қай уақытта басталғанына байланысты емес) жай-күйдің соңғы саны бар процесс эргодикалық қасиетке ие. Эргодикалық қасиеті бар кез келген Марков процесі үшін, жүйенің ұзақ жұмыс істеу уақытынан кейін міндетті түрде стационарлық режим пайда болады, онда жүйе *k-ші* күйде болу ықтималдығы оның бастапқы уақытта қандай күйде болуына байланысты емес. Сәйкесінше, эргодикалық теоремада [37] Марков процесінің эргодикалық өлшеміне сәйкес, егер шарт орындалса, процесс эргодикалық болады:

$$\frac{\lambda}{\mu} \prec m. \qquad (3.10)$$

Бұл орта есеппен оларға қызмет көрсетуге болатын талаптардан аз талап түсу керек дегенді білдіреді, немесе қызмет көрсету уақытының бірлігіне қойылатын талаптардың орташа саны арналардың санынан аспауы тиіс.

$A = \lambda \cdot \bar{x}$ екенін ескерсек (3.8) және (3.9) жүйе күйлерінің стационарлық үлестірім ықтималдық параметрінде кіріс жүктемесінің қарқындылығы А бар екенін анықтаймыз:

$$P_k = \frac{\frac{A^k}{k!}}{\sum_{i=0}^{m} \frac{A^i}{i!}}, \qquad (k=1,2,\ldots m)\ldots \qquad (3.11)$$

(3.11) үлестірім *Эрлангтың бірінші үлестірім заңы* деп аталады, бұл бойынша шығындары бар пуассондық ағыны бар *m-арналы* толық қатынастағы *k* арнаның ықтималдығын есептеуге болады.

(3.11)-ден *k=m* күйінен $E_m(A)$ деп белгіленетін Эрлангтың В-формуласын аламыз, және талаптар ағынына қызмет көрсету сапасының негізгі сипаттамасын – талапты жоғалту ықтималдығын P_B есептеуге болады. Есептеуді жеңілдету үшін $E_m(A)$ мәні Эрланг кестелерінде беріледі.

(3.11)-ден *k=m* болғанда факт бойынша жүйенің барлық арналарына түсу ықтималдығының немесе уақыт бойынша шығын болу ықтималдығының мәнін аламыз. Жүйеге түсетін кезекті талап барлық арналар бос болмаған жағдайда жойылады (бұғатталады). Бірақ Пуассон ағынының жағдайында ғана жүйенің барлық арналарының бос болмау ықтималдығының мәні осы сәтте талап келіп түсетініне немесе жоқ екеніне қарамастан, талаптың жоғалу ықтималдығымен сәйкес келеді. Соңғы әсер қасиетінің болмауына байланысты талаптардың түсу қарқындылығы жүйенің жағдайына байланысты емес.

M/G/1 бір арналы жүйесі үшін m=1 шарты бойынша (3.11)-ден есептеуге болады:

- арнаның бос болу ықтималдығы P_0:

$$P_0 = \frac{1}{1+A},$$

- арнаның бос болмау ықтималдығы P_1:

$$P_1 = 1 - P_0 = P_B = E_m(A) = Y = N = \frac{A}{1+A}.$$

Көріп тұрғандай, P_1 ықтималдығы P_B талаптың жоғалу ықтималдығымен және Y қызмет көрсетілген жүктеменің қарқындылығымен, сондай-ақ N жүйедегі талаптардың орташа санымен сәйкес келеді.

3.2 Сымсыз желінің базалық станциясының имитациялық моделі

Сымсыз желінің базалық станцияның моделін әртүрлі жүйелердің имитациялық моделін жасауға арналған GPSS World модельдеу тілінде орындаймыз [38]. GPSS жүйесін (*General Purpose Simulation System* — жалпы мақсатты модельдеу жүйесі) 1961 жылы IBM фирмасының қызметкері Джеффри Гордон ойлап тапты.

GPSS тіліндегі модель (бағдарлама) транзактардың орын ауыстыруы (нақты модельдеуші нысанның әр түрлі оқиғаларын ойнату арқылы статикалық элементтердің арасында орын ауыстыратын дерексіз нысандар) кезінде жаппай қызмет көрсету жүйесінде (ЖҚЖ) орын алатын оқиғаларды көрсететін операторлардың (оларды блоктар деп атайды) реттілігін білдіреді. Өйткені GPSS интерпретаторында оқиғалық әдіс іске асырылады және ЖҚЖ-да бір уақытта көп транзактілер болуы мүмкін, онда интерпретатор бағдарламаның әр түрлі фрагменттерін орындайды, олар кейбір құрылғыларда немесе кезектерде кідіргенге дейін қазіргі уақытта транзактардың жылжуын имитациялайды.

GPSS тілінің көмегімен модельдеу келесі әрекеттерді қамтамасыз етеді:

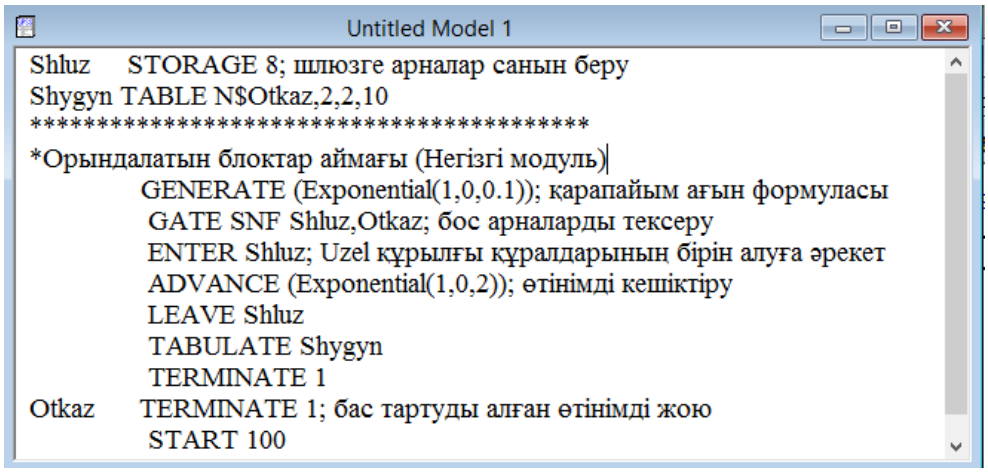
- транзактілерді жылжытудың берілген бағытын қамтамасыз етеді;
- әрбір оқиғаның басталу уақытын тіркеу және оларды өспелі уақыт біріздігінде орындау жолымен модельде болып жатқан оқиғаларды жоспарлайды;
- статистикалық ақпаратты тіркейді;
- модельдік уақытты жылжытуды қамтамасыз етеді.

Блок - GPSS базалық құрылымдық элементі. Модель блоктар жиынтығымен ұсынылады. Ең жиі қолданылатын блоктарға келесілер жатады:

- GENERATE – транзактті модельге енгізеді;
- TERMINATE – әрқашан транзактарды қабылдайды. Транзакт модельден шығарылады және шығарылатын транзактқа сәйкес деректердің динамикалық құрылымы жойылады;
- ASSIGN – транзакт параметрінің мәнін өзгертеді;
- SEIZE – бір арналы құрылғыда транзактымен орын алу;
- RELEASE – сол орынды босату;
- QUEUE – транзактті кезектің соңына орналастырады;
- ADVANCE – транзактті кідіртеді;
- DEPART – транзактті кезектен өшіреді;
- START – модельдеу процесін басқару;
- END – тапсырманы аяқтайды (модельді аяқтайды).

Енді сымсыз желінің базалық станциясын имитациялық модельдеу үшін шлюзді шығыны бар көпарналы ЖҚЖ ретінде қарастырамыз. Сенсорлық

тораптардан λ қарқындылықпен талаптардың қарапайым ағыны келіп түседі, егер бос арна болмаса, онда олар жоғалып кетеді де шығындар пайда болады. Талаптарға қызмет көрсету уақыты μ параметрімен экспоненциалды заң бойынша бөлінеді. Базалық станциялардағы немесе шлюздегі арналардың саны 8-ге тең. GPSS World жүйесіндегі бағдарлама фрагменті 3.2 суретте көрсетілген. Талаптардың түсу қарқындылығы λ=10 кезіндегі шығындар болу ықтималдығын гистограмма арқылы көруге болады (3.3 сурет).



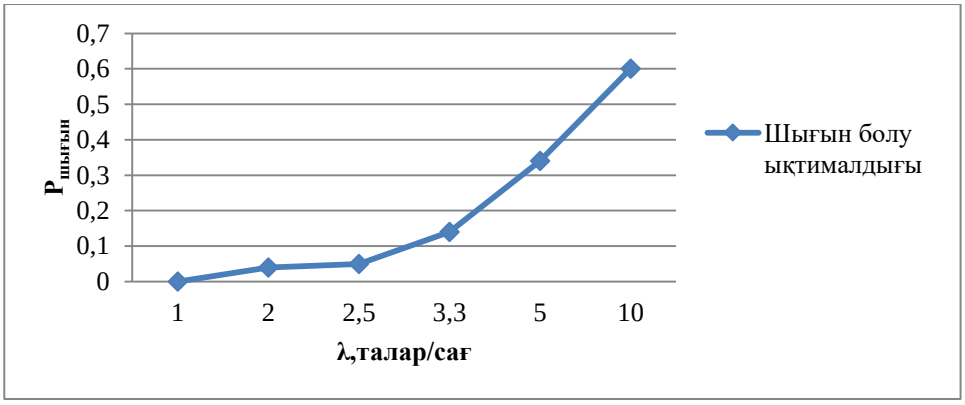
3.2 сурет – GPSS World жүйесіндегі бағдарлама фрагменті

3.3 сурет – Талаптардың түсу қарқындылығы λ=10 кезіндегі шығындар гистограммасы

GENERATE блогындағы t (t=1/λ, мұнда t – талаптар түсімдері арасындағы аралық, ал λ – талаптардың түсу қарқындылығы) мәнін өзгертіп эксперимент жүргізейік. Талаптардың түсу қарқындылығын өзгерту арқылы, сол талаптардың шығын болу ықтималдығының өзгерісін бақылаймыз (3.1 кесте).

3.1 кесте – $t_1 = 2$ сағат кезіндегі келіп түскен талаптың немесе дестенің шығын болу ықтималдығы

λ, талап/сағ	1	2	2,5	3,3	5	10
t,сағ	1	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
$P_{Шығын}$	0	0,04	0,05	0,14	0,34	0,60



3.4 сурет – Талаптың немесе дестенің шығын болу ықтималдығының λ талаптардың түсу қарқындылығына тәуелділік графигі

3.4 суреттен көрініп тұрғандай, λ талаптардың түсу қарқындылығы артқан сайын келіп түскен талаптың немесе дестенің шығын болу ықтималдығы да артады.

Енді имитациялық модельден алынған талаптардың шығын болу ықтималдығының мәнін аналитикалық модель мәндерімен салыстырайық. Ол үшін (3.11)-де келтірілген *Эрлангтың бірінші үлестірім заңын* пайдаланамыз.

$$A = \lambda \cdot \bar{x} = \lambda \cdot t_1.$$

$t_1 = 2$ *сағат* болғанда λ-ның әрбір мәні үшін талаптың шығын болу ықтималдығын есептейміз:

$\lambda_1 = 1$ *талап/сағ*

$$A = \lambda \cdot \bar{x} = \lambda \cdot t_1 = 1 \cdot 2 = 2 \ \ (Эрл),$$

$$P_8 = \frac{\frac{2^8}{8!}}{\sum_{i=0}^{8} \frac{2^i}{i!}} = \frac{0{,}0063}{1+2+2+1{,}33+0{,}667+0{,}267+0{,}089+0{,}025+0{,}0063} = 0{,}0008.$$

$\lambda_2 = 2$ *талап/сағ*

$$A = \lambda \cdot \bar{x} = \lambda \cdot t_1 = 2 \cdot 2 = 4 \ \ (Эрл),$$

$$P_8 = \frac{\frac{4^8}{8!}}{\sum_{i=0}^{8} \frac{4^i}{i!}} = \frac{1{,}63}{1+4+8+10{,}67+10{,}67+8{,}53+5{,}69+3{,}25+1{,}63} = 0{,}03.$$

$\lambda_3 = 2{,}5$ *талап/сағ*

$$A = \lambda \cdot \bar{x} = \lambda \cdot t_1 = 2{,}5 \cdot 2 = 5 \ \ (Эрл),$$

$$P_8 = \frac{\frac{5^8}{8!}}{\sum_{i=0}^{8} \frac{5^i}{i!}} = \frac{9{,}69}{1+5+12{,}5+20{,}83+26{,}04+26{,}04+21{,}7+15{,}5+9{,}69} = 0{,}07.$$

$\lambda_4 = 3{,}3$ *талап/сағ*

$$A = \lambda \cdot \bar{x} = \lambda \cdot t_1 = 3{,}3 \cdot 2 = 6{,}6 \ \ (Эрл),$$

$$P_8 = \frac{\frac{6{,}6^8}{8!}}{\sum_{i=0}^{8} \frac{6{,}6^i}{i!}} = \frac{89{,}29}{1+6{,}6+21{,}78+47{,}916+79{,}06+104{,}36+114{,}79+108{,}24+89{,}29} = 0{,}15.$$

$\lambda_5 = 5$ *талап/сағ*

$$A = \lambda \cdot \bar{x} = \lambda \cdot t_1 = 5 \cdot 2 = 10 \ \ (Эрл),$$

$$P_8 = \frac{\frac{10^8}{8!}}{\sum_{i=0}^{8} \frac{10^i}{i!}} = \frac{2480{,}16}{1+10+50+166{,}67+416{,}67+833{,}3+1388{,}8+1984{,}13+2480{,}16} = 0{,}33.$$

$\lambda_6 = 10$ *талап/сағ*

$$A = \lambda \cdot \bar{x} = \lambda \cdot t_1 = 10 \cdot 2 = 20 \ \ (Эрл),$$

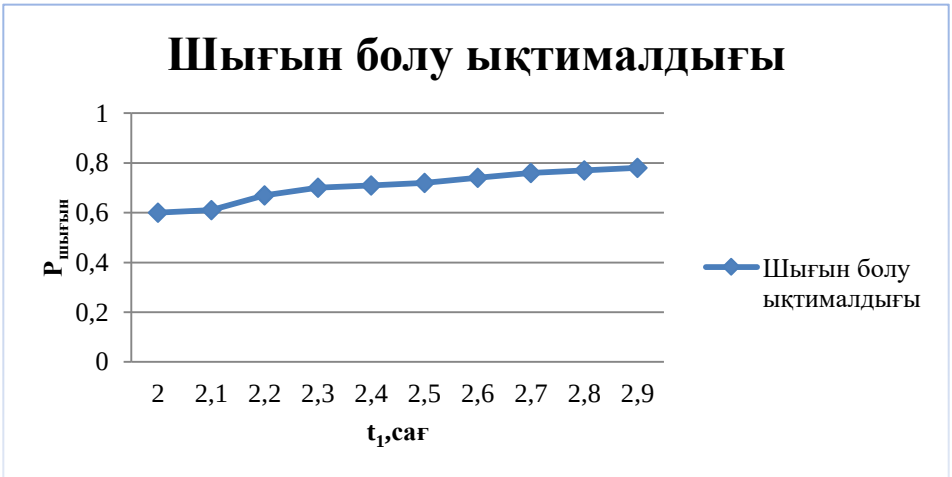
$$P_8 = \frac{\frac{20^8}{8!}}{\sum_{i=0}^{8} \frac{20^i}{i!}} = \frac{63492{,}0{,}63}{1+20+200+1333{,}3+6666{,}6+26666+88888{,}8+253968{,}2+63492{,}0{,}63} = 0{,}63.$$

Аналитикалық және имитациялық модельдерден алынған келіп түскен талаптардың шығын болу ықтималдығының мәндері бір-біріне өте жақын болды.

Енді ADVANCE блогындағы t_1 мәнін ($t_1 = 1/\mu$, мұнда t_1 – бір талапқа қызмет көрсетудің орташа мәні, ал μ- қызмет көрсетудің қарқындылығы) $t_1 = 2$, 2.1, ..., 2.9 деп өзгерту арқылы эксперимент жүргізейік (3.2 кесте). Талаптардың шығын болу ықтималдығының қызмет көрсету қарқындылығына тәуелділігін қарастырайық (3.5 сурет).

3.2 кесте – $t = 0{,}1$ кезіндегі келіп түскен талаптың немесе дестенің шығын болу ықтималдығы

t_1,сағ	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
μ	0,5	0,48	0,45	0,43	0,42	0,4	0,38	0,37	0,36	0,34
$P_{Шығын}$	0,6	0,61	0,67	0,7	0,71	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78



3.5 сурет – Талаптың немесе дестенің шығын болу ықтималдығының μ қызмет көрсету қарқындылығына тәуелділік графигі

3.5 суреттен көрініп тұрғандай, келіп түскен бір талапқа қызмет көрсету уақыты артқан сайын, жаңадан келіп түскен талаптардың шығын болу ықтималдығының артқанын көруге болады.

3.3 Желілік серверге түсетін желілік трафикті аналитикалық модельдеу

1.3 суреттегі сымсыз сенсорлық желілердің архитектурасынан көріп тұрғандай, дестелер сымсыз байланыс арқылы шлюзден (базалық станциядан) желілік серверге келіп түседі. 3.1 тарауда шлюзге келіп түсетін қарапайым ағынды қарастырсақ, енді желілік серверге түсетін желілік трафиктің аналитикалық модельін қарастырамыз.

Дестелер коммутациясы бар желілік сервердің трафигі жүктеме қарқындылығына ұзақ мерзімді тәуелділіктің болуымен және дестелер ағынының статистикалық қасиеттерінің Пуассон ағынынан елеулі айырмашылық жасауымен сипатталады. Осындай желілердегі ағынның дәлме-дәл моделі болып кіріс ағыны фракталды Броун қозғалысы арқылы сипатталатын (*fBM* модель) өз-өзіне тектес (*self-similarity*) үдерістер жатады.

Алайда, бұл жағдайда ақпарат тарату жүйесіндегі (АТЖ) қызмет көрсету сапасының сипаттамаларын зерттеу өте күрделі математикалық міндет болып табылады. Оның себебі, өз-өзіне тектес ағындар моделінің әлсіз формалдануы, соның салдарынан ақпарат тарату жүйесіндегі *QoS* параметрлерін бағалау үшін талдамалық негізделген нәтижелер алу мүмкін емес.

Шексіз кезекті және тұрақты қызмет көрсету уақыты бар бір серверлік жүйе (*fBM/D/1/∞* модель) үшін *талаптардың саны* кез келген уақытта t кездейсоқ шамамен ұсынылуы мүмкін

$$N(t) = \sup_{s \le t}(A(t) - A(t) - \mu(t-s)),$$

бұл жерде

$$A(t) = \lambda t + \sqrt{a\lambda} Z(t).$$

Z(t) кездейсоқ үрдісі Херст параметрі *H* (*H* = 0,5 … 1) бар қалыпты фракталды Броун қозғалысы, ал *a* болымды коэффициенті кейбір масштабтың көбейткіші болып табылады.

$\rho = \dfrac{\lambda}{\mu} \prec 1$ болғанда статистикалық тепе-теңдік жағдайында жүйедегі N талаптар саны берілген x шамасынан асып кету ықтималдығы функция түрінде ұсынылған:

$$\Pr(N > x) = \Pr\left(\sup_{t>0}\left(Z(t) - \frac{\mu-\lambda}{\sqrt{a\lambda}}t\right) > \frac{x}{\sqrt{a\lambda}}\right) = f\left(\left(\frac{\mu-\lambda}{\sqrt{a\lambda}}\right)^{(1-H)/H} \frac{\mu-\lambda}{\sqrt{a\lambda}}\right).$$

Бұл ықтималдылық белгіленген шамаға $P_{\Gamma}(N > x) = \varepsilon$ тең болған жағдайда жоғарыда келтірілгеннен келесіні анықтауға болады:

$$\frac{1-\rho}{\rho^{\frac{0,5}{H}}} \mu^{\frac{H-0,5}{H}} x^{\frac{1-H}{H}} = \frac{a^{\frac{0.5}{H}}}{f(\varepsilon)} = const,$$

бұл келесіні білдіреді:

$$N = x = \frac{(1-\rho)^{\frac{H}{H-1}}}{\rho^{\frac{0.5}{H-1}}}. \tag{3.12}$$

Бұл жерде x мәні const=1 деген тұжырымдамадан табылды. Бірге тең ықтималдық – бұл сенімді оқиға және x – артық мөлшерде болу мүмкін емес талаптардың саны, яғни *fBM/D/1/∞* жүйесіндегі N талаптардың орта санының жоғары бағасы.

Литтл формуласынан $T = N/\lambda$ екенін байқауға болады, $\mu = 1$ болғанда жүйеде талаптардың болуының орташа уақыты, яғни *қызмет көрсету ұзақтығы* уақыт бірлігінде келесі формуламен анықталады:

$$T = \frac{(1-\rho)^{\frac{H}{H-1}}}{\rho^{\frac{0.5}{H-1}}} \frac{1}{\rho} = \frac{(1-\rho)^{\frac{H}{H-1}}}{\rho^{\frac{H-0.5}{H-1}}}. \tag{3.13}$$

Кез келген бір серверлік жүйе үшін кезектің орташа ұзындығы $Q = N - \rho$ болса, онда (3.12)-ні ескере отырып:

$$Q = \frac{(1-\rho)^{\frac{H}{H-1}}}{\rho^{\frac{0,5}{H-1}}} - \rho. \tag{3.14}$$

(3.12), (3.13) және (3.14) нәтижелері *fBM/D/1/∞* жүйесі үшін аналитикалық шешім болып табылады.

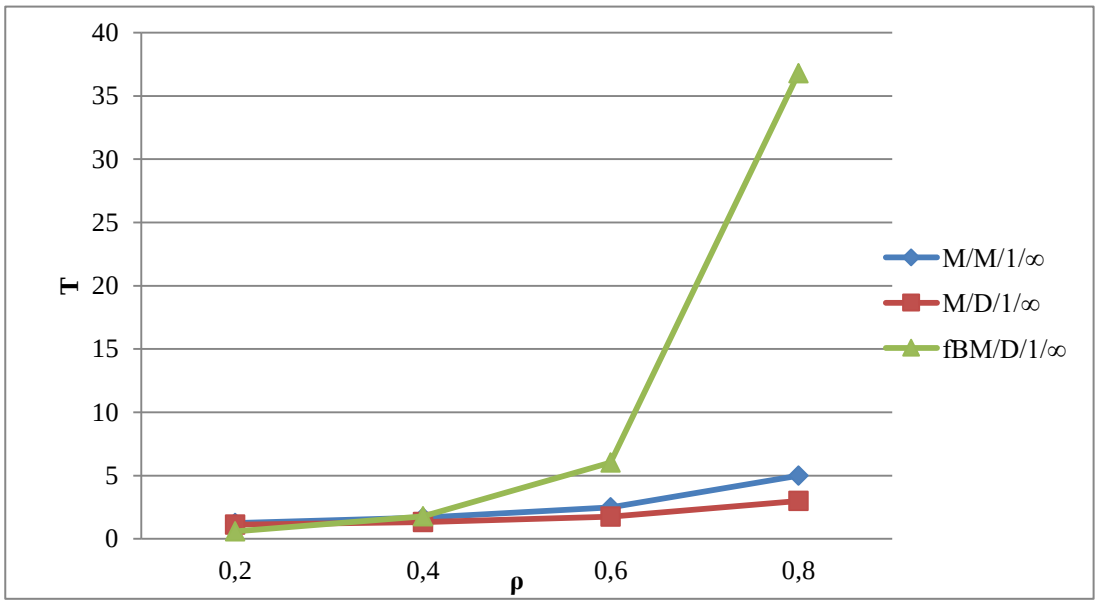
M/M/1/∞, M/D/1/∞ және fBM/D/1/∞ модельдері үшін Херст коэффициентін H=0,7 деп алып, ρ жүктеменің әртүрлі мәніндегі серверге келіп түсетін талаптардың орташа санын N, сол талаптарға қызмет көрсету ұзақтығын T, бір серверлік жүйе үшін кезектің орташа ұзындығын Q салыстырайық. 3.3 кестеде *M/M/1/∞, M/D/1/∞* және *fBM/D/1/∞* модельдерінің қызмет көрсету сапасының сипаттамалары көрсетілген.

3.3 кесте – Қызмет көрсету сапасының сипаттамалыры

QoS сипаттамалары	Модель		
	M/M/1/∞	*M/D/1/∞*	*fBM/D/1/∞*
N	$\frac{\rho}{1-\rho}$	$\rho + \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$	$\frac{(1-\rho)^{\frac{H}{H-1}}}{\rho^{\frac{0.5}{H-1}}}$
T	$\frac{1}{1-\rho}$	$1 + \frac{\rho}{2(1-\rho)}$	$\frac{(1-\rho)^{\frac{H}{H-1}}}{\rho^{\frac{H-0.5}{H-1}}}$

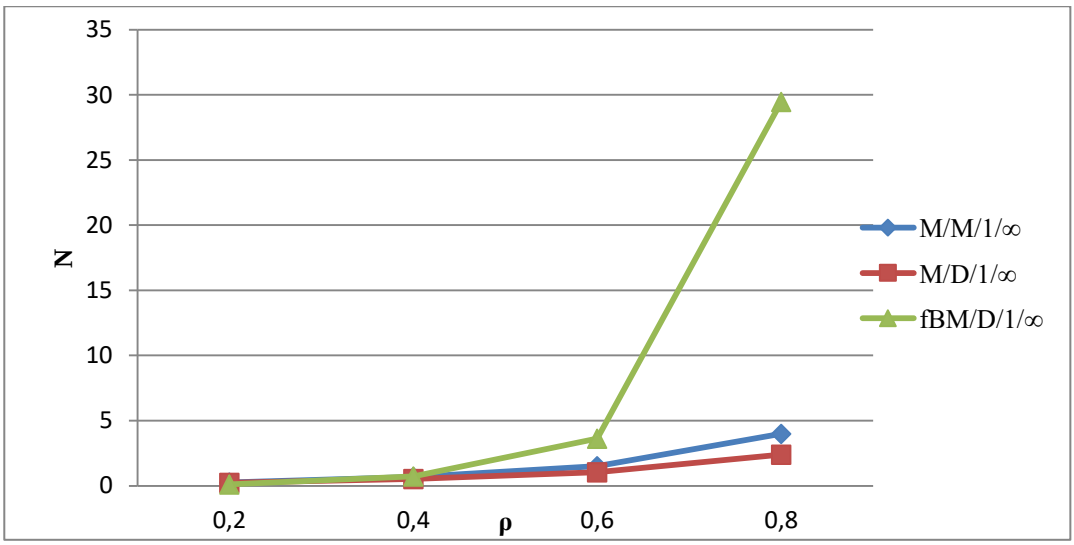
Q	$\frac{\rho^2}{1-\rho}$	$\frac{\rho^2}{2(1-\rho)}$	$\frac{(1-\rho)^{\frac{H}{H-1}}}{\rho^{\frac{0,5}{H-1}}}-\rho$

3.6 суретте келтірілген талаптардың орташа болу уақытына тәуелділік графигінен келесіні байқауға болады, яғни ρ > 0,3 жүктемесінде талаптардың кіріс ағынымен және өз-өзіне тектес үрдіс сипаттамасына тән *fBM/D/1/∞* жүйесі өз-өзіне тектес қасиеті жоқ M/M/1/∞ және M/D/1/∞ жүйелеріне қарағанда өңдеуге көп уақыт жұмсайды.



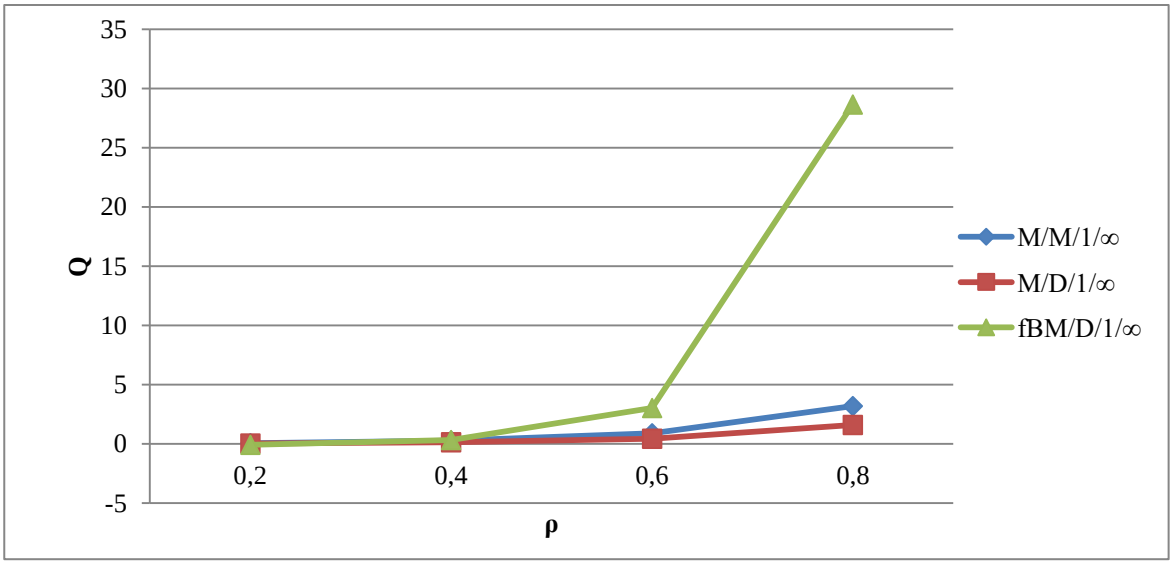
3.6 сурет – H = 0,7 болғанда M/M/1/∞, M/D/1/∞ және fBM/D/1/∞ модельдері үшін T талаптардың болуының орташа уақытының тәуелділігі

3.7 суретте келтірілген M/M/1/∞, M/D/1/∞ және fBM/D/1/∞ модельдері үшін талаптардың орташа санының тәуелділік графигінен ұқсас қорытынды жасауға болады, ρ > 0,3 жүктемесінде талаптардың кіріс ағыны бар және өз-өзіне тектес үрдіс сипаттамасы тән жүйеде өз-өзіне тектес емес жүйеге қарағанда талаптар көбірек болады.



3.7 сурет – H = 0,7 болғанда M/M/1/∞, M/D/1/∞ және fBM/D/1/∞ модельдері үшін N жүйесінде талаптардың орта санының тәуелділігі

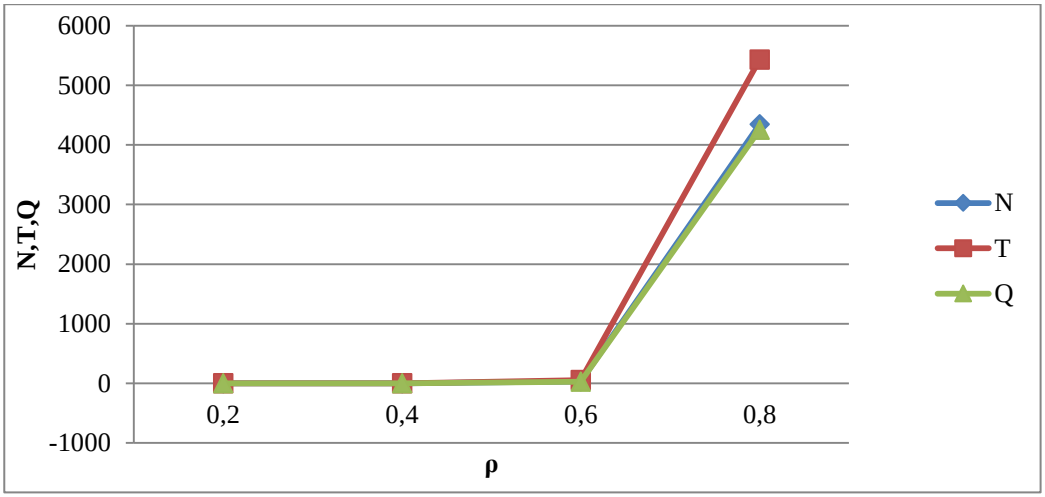
3.8 суретте келтірілген сол жүйелердің Q кезектің орташа ұзындығына тәуелділік графигінен де осындай қорытындыға келуге болады.



3.8 сурет – H = 0,7 болғанда M/M/1/∞, M/D/1/∞ және fBM/D/1/∞ модельдері үшін Q кезектің орташа ұзындығына тәуелділігі

Барлық графиктерде ρ жүктеме қарқындылығының өсуімен қызмет көрсету сапасының сипаттамалары T,N және Q нашарлайтынын көруге болады, бірақ талаптардың кіріс ағынында өз-өзіне тектес ағын қасиеттері болған кезде олар анағұрлым елеулі түрде нашарлайды. (3.12), (3.13) және (3.14) түріндегі теңдеулердің нәтижелері H коэффициентітің әсерін көрсетеді.

Херст коэффициентін H=0,85 деп алып, ρ жүктеменің әртүрлі мәніндегі серверге келіп түсетін талаптардың орташа санын N, сол талаптарға қызмет көрсету ұзақтығын T, бір серверлік жүйе үшін кезектің орташа ұзындығын Q (3,12), (3,13), (3,14) арқылы табайық.



3.9 сурет – H=0,85 мәнінде N, T, Q шамаларының ρ жүктемеге тәуелділік графигі

3.9 суреттегі модельдеу нәтижелерінен өз-өзіне тектес ағын үшін жүктеме қарқындылығы артқан сайын қызмет көрсету сапасы нашарлайтынын көруге болады.

3.4 Сымсыз сенсорлық желінің серверін жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде модельдеу

Дестелі коммутация желісінде қызмет көрсету сапасының (QoS) негізгі сипаттамалары ретінде кідірістер мен шығындарды жатқызамыз. «Дестелі коммутация түйіні» термині мұнда концентратор (статистикалық мультиплексор), дестелі коммутацияның виртуалды түйіні (X.25 желісі, Frame Relay, ATM желісі) және маршрутизатор (IP желісі) бар екендігін білдіреді. Дестелі коммутация түйіні бірнеше кіріс арнасы мен бір ғана шығыс арнасы (концентратор) бар элемент түрінде немесе бірнеше кіріс арнасы және бірнеше шығыс арнасы (коммутатор/ маршрутизатор) бар элемент түрінде ұсынылуы мүмкін.

Кендалла символикасын қолданумен мұндай желі элементтері G/G/1 немесе G/G/n түріндегі жаппай қызмет көрсету жүйесімен көрсетілуі мүмкін. G/G/1 немесе G/G/n талаптың кіріс ағыны ерікті рекурентті ағым болып табылады және олардың қызмет көрсетілу уақытын сипаттайтын ықтималдылық үлестірілімі ерікті үлестірім. Дестелі коммутация түйінін талдау кезінде жиі қолданылады.

G/G/1 жүйесі үшін нақты нәтиже алу мүмкін емес. Бұл жүйеде кезектің ұзындығын табудың жуықталған формуласы өндірісте кеңінен қолданылады. Бұл формуланы 1976 жылы Марчал ұсынды:

$$L_q \approx \frac{\rho^2(1+C_s^2)(C_a^2+\rho^2 C_s^2)}{2(1-\rho)(1+\rho^2 C_s^2)}. \qquad (3.15)$$

Егер келіп түскен талаптың қарқындылығы λ болса және σ_a^2 келіп түскен талаптар арасындағы уақыт дисперсиянын білдірсе, онда жоғарыдағы өрнектен:

$$C_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{(1/\lambda)^2}.$$

Сәйкесінше, μ қызмет көрсету қарқындылығы және σ_s^2 қызмет көрсету уақытының дисперсиясы болса, онда:

$$C_s^2 = \frac{\sigma_s^2}{(1/\mu)^2}.$$

Крамер мен Лангенбах-Белцтің (1976 жыл) жуықтаулары да өзекті болып табылады:

$$L_q \approx \frac{\rho^2 (C_a^2 + C_s^2)}{2(1-\rho)} g, \tag{3.16}$$

бұл жерде:

$$g = \exp\left(\frac{-2(1-\rho)(1-C_a^2)^2}{3\rho(C_a^2 + C_s^2)} \right), \qquad C_a^2 \le 1 \text{ } \textit{болғанда,} \tag{3.17}$$

$$g = \exp\left(\frac{(1-\rho)(1-C_a^2)^2}{C_a^2 + 4C_s^2} \right), \qquad C_a^2 > 1 \text{ } \textit{болғанда.} \tag{3.18}$$

Бірсерверлі кезекті қарастырайық: келіп түсетін десте уақытының орташа мәні 10 минутқа, ал дисперсиясы 20 *мин*^{2}-қа тең және гамма-үлестіріліміне ие. Қызмет көрсету уақыты 8 минутқа, ал дисперсиясы 25 *мин*^{2}-қа тең және қалыпты үлестірілген. Кезекте күтудің орташа уақытын, кезектің ұзындығын, жүйедегі орташа күту уақытын және жүйенің ұзындығын тауып көрейік.

Шешуі:

Сонымен, бұл *ЖҚЖ G/G/1* жүйесі. Бізге $\lambda = 1/10$ қарқындылығы, $\sigma_a^2 = 20$ келіп түскен талаптар арасындағы уақыт дисперсиясы, $\mu = 1/8$ қызмет көрсету қарқындылығы, $\sigma_s^2 = 25$ қызмет көрсету уақытының дисперсиясы және $\rho = 8/10$ екені белгілі. Демек:

$$C_a^2 = \frac{\sigma_a^2}{(1/\lambda)^2} = \frac{20}{(10)^2} = 0{,}2 \qquad C_s^2 = \frac{\sigma_s^2}{(1/\mu)^2} = \frac{25}{(8)^2} = 0{,}39.$$

Енді (3.15) арқылы кезектің орта ұзындығын табамыз:

$$L_q \approx \frac{\rho^2(1+C_s^2)(C_a^2+\rho^2 C_s^2)}{2(1-\rho)(1+\rho^2 C_s^2)} \approx \frac{0{,}8^2(1+0{,}39)(0{,}2+0{,}8^2\cdot 0{,}39)}{2(1-0{,}8)(1+0{,}8^2\cdot 0{,}39)} \approx 0{,}8.$$

Кезекте күту уақыты:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{0{,}8}{0{,}1} = 8 \quad \textit{(минут)}.$$

Жүйеде күту уақыты:

$$W = W_q + 1/\mu = 8 + \frac{1}{0{,}125} = 16 \quad \textit{(минут)}.$$

Жүйенің орта ұзындығы:

$$L = \lambda W = 0{,}1\cdot 16 = 1{,}6.$$

(3.16) теңдеу арқылы да кезектің орта ұзындығын табайық:

$$L_q \approx \frac{\rho^2(C_a^2+C_s^2)}{2(1-\rho)} g \approx \frac{0{,}64(0{,}2+0{,}39)}{2(1-0{,}8)} g \approx 0{,}945g.$$

$C_a^2 < 1$ болғандықтан (3.17) формуланы қолданамыз:

$$g = \exp\left(\frac{-2(1-\rho)(1-C_a^2)^2}{3\rho(C_a^2+C_s^2)}\right) = \exp\left(\frac{-2(1-0{,}8)(1-0{,}2)^2}{3\cdot 0{,}8(0{,}2+0{,}39)}\right) = 0{,}835.$$

$$L_q = 0{,}945\cdot 0{,}835 = 0{,}8.$$

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{0{,}8}{0{,}1} = 8 \quad \textit{(минут)}.$$

Крамер мен Лангенбах-Белцтің және Марчалдың ұсынған жуықтауларынан бірдей шамалар шықты.

Енді келесі бір серверлік кезекті қарастырайық: аралық дестелердің түсу уақыты экспоненциалды түрде үлестірілген 10 минутқа тең, ал қызмет көрсету

уақыты максималды 9 минут және минимум 7 минутпен қалыпты үлестірілген. Кезекте күтудің орташа уақытын, кезектің ұзындығын, жүйедегі орташа күту уақытын және жүйенің ұзындығын тауып көрейік.

Шешуі:

Сонымен, бұны *ЖҚЖ M/G/1* жүйесі деп қарастырайық. Бұл жерде дестелердің түсу қарқындылығы $\lambda = 1/10$ және қызмет көрсету уақыты *(7+9)/2=8,* демек қызмет көрсету қарқындылығы $\mu = 1/8$ және қызмет көрсету уақытының дисперсиясы $\sigma_s^2 = (9-7)^2/12 = 1/3$ тең. Ал $\rho = 8/10$.

ЖҚЖ M/G/1 жүйесі үшін кезектің орта ұзындығын Поллачек-Хинчин (1930 жыл) форуласы арқылы табамыз:

$$L_q = \frac{\lambda^2 \sigma_s^2 + \rho^2}{2(1-\rho)}, \tag{3.19}$$

$$L_q = \frac{\lambda^2 \sigma_s^2 + \rho^2}{2(1-\rho)} = \frac{0{,}1^2 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2 + 0{,}8^2}{2(1-0{,}8)} = 1{,}603.$$

Кезекте күту уақыты:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{1{,}603}{0{,}1} = 16{,}03 \quad \textit{(минут)}.$$

Жүйеде күту уақыты:

$$W = W_q + 1/\mu = 16{,}03 + \frac{1}{0{,}125} = 24{,}03 \quad \textit{(минут)}.$$

Жүйенің орта ұзындығы:

$$L = \lambda W = 0{,}1 \cdot 24{,}03 = 2{,}403.$$

Бірсерверлі G/G/1 және M/G/1 жүйеліріндегі кезекте күтудің орташа уақыты, кезектің ұзындығы, жүйедегі орташа күту уақыты және жүйенің ұзындығы секілді көрсеткіштері қарастырылды. M/G/1 жүйесінде кезектің ұзындығы G/G/1 жүйесіне қарағанда 2 есе артық. Сәйкесінше, кезекте күту уақыты да 2 есе артық, яғни M/G/1 жүйесінде 16,03 минут болса, G/G/1 жүйесінде 8 минутқа тең болды. Ал жүйеде күту уақыты G/G/1 жүйесінде 16 минутқа, M/G/1 жүйесінде 24,03 минутқа тең болса, соған сәйкес жүйенің ұзындығы да 1,6 және 2,4-ке тең. Бұл нәтижелерге қарап, G/G/1 жүйесі M/G/1 жүйесіне қарағанда келіп түскен дестерге қызмет көрсету қарқындылығы жоғары деген қорытындыға келуге болады.

4 Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі

4.1 Еңбек шартын талдау

«Сымсыз сенсорлы желі трафигінің сипаттамасын талдау» дипломдық жұмысында сымсыз сонсорлық желілердің трафигі және мүмкіндіктері зерттелді. Қазіргі уақытта қызмет салалары мен аймағы (өнеркәсіп, көлік, коммуналдық шаруашылық, қорғау) сенсорлық желілерді енгізуге мүдделі. Соған сәйкес сымсыз сенсорлық желілерге деген сұраныс та күннен күнге өсуде. Датчик физикалық әлемнен аналогтық деректерді жинайды және АСТ бұл деректерді сандық деректерге түрлендіреді. Әдетте микропроцессор немесе микроконтроллер болып табылатын негізгі процессор деректерді интеллектуалды өңдеуді және оларға айла-шарғы жасауды орындайды.

Сонымен жоғарыда атап өтілгендей, сымсыз сенсорлық желілерде датчиктер адам қызметінің қатысуынсыз, яғни физикалық қызметтерді де өздері орындай береді. Ал адамдар, яғни инженерлер тек қашықтан бақылап, компьютер арқылы қызмет етіп отырады. Инженерлердің өмір тіршілігінің қауіпсіздігі қарастырылды.

Қазіргі уақытта компьютерлік техника адам қызметінің барлық салаларында кеңінен қолданылады. Компьютермен жұмыс істеу кезінде адам бірқатар қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың әсеріне ұшырайды: электромагниттік өрістер, инфрақызыл және иондаушы сәулелер, шу мен діріл, статикалық электр [40].

Компьютермен жұмыс істеу инженерлердің жүйке – эмоциялық жүктемесімен, көру жұмысының жоғары кернеуімен және ЭЕМ клавиатурасымен жұмыс істеу кезінде қол бұлшық етіне айтарлықтай үлкен жүктемемен сипатталады. Жұмыс орнының тиімді құрылымы және элементтердің орналасуы үлкен мәнге ие, бұл инженердің оңтайлы жұмыс қалпын сақтау үшін маңызды.

Компьютермен жұмыс істеу барысында дұрыс еңбек және демалыс режимін сақталады. Олай болмаған жағдайда персоналда жұмыстың қанағаттанбаушылығына, бас ауруына, тітіркендіргіштерге, ұйқының бұзылуына, көздегі, белдегі, мойын мен қолдағы шаршау мен ауырсыну сезіміне шағымданатын көру аппаратының едәуір шиеленісуі байқалады. Өндірістік үй-жайларға қойылатын талаптар қарастырылады.

4.1.1 Жарықтандыру, бояу және шағылу коэффициенті. Үй-жайлар мен жиһаздарды бояу көру, жақсы көңіл-күй үшін қолайлы жағдай жасауға ықпал етеді. Жарық көздері экран бетінен шағылысатын шамдар мен терезелер сияқты белгілердің дәлдігін едәуір нашарлатады және физиологиялық сипаттағы кедергілерге әкеп соғады, олар айтарлықтай кернеуде, әсіресе ұзақ жұмыс кезінде көрінеді. Қайталама жарық көздерінен шағылысуды қоса алғанда, шағылысу минимумға жеткізілді. Терезелердің артық жарықтығынан қорғау үшін перделер мен экрандар қолданылады.

Терезелердің бағдарына байланысты қабырғалар мен еденді келесі түстерге бояу ұсынылады:

терезелер оңтүстікке бағытталған:

- қабырғалары жасыл-көгілдір немесе ашық-көгілдір түсті;
- еден жасыл түсті;

терезелер солтүстікке бағытталған:

- қабырғалары ашық-қызғылт немесе қызғылт сары түсті;
- еден қызыл-қызғылт түсті;

терезелер шығысқа бағытталған:

- қабырғалары сарғылт жасыл түсті;
- еден жасыл немесе қызғылт сарығыш түсті;

терезелер батысқа бағытталған:

- қабырғалары сары-жасыл немесе көгілдір-жасыл түсті;
- еден жасыл немесе қызыл-қызғылт түсті.

Компьютер орналасқан үй-жайларда шағылысу коэффициентінің келесі шамалары қамтамасыз етілді: төбеге: 60...70%, қабырғаға: 40...50%, еденге: 30% жуық. Басқа беттер мен жұмыс жиһаздары үшін: 30 ... 40% [41].

Дұрыс жобаланған және орындалған өндірістік жарықтандыру көру жұмысының жағдайын жақсартады, шаршағандықты төмендетеді, еңбек

өнімділігін арттыруға ықпал етеді, жұмысшыға оң психологиялық әсер көрсете отырып, өндірістік ортаға жағымды әсер етеді, еңбек қауіпсіздігін арттырады және жарақаттануды төмендетеді.

Жарықтандырудың табиғи, жасанды және аралас деген үш түрі болады. Жарықтандырудың дұрыс болмауы көздің шаршауына, назар аударудың әлсіреуіне, уақытынан бұрын шаршауға алып келеді. Шамадан тыс жарықтандыру көздің көрмей қалуына, шаншып ауруына соқтырады. Жұмыс орынында жарықтың дұрыс бағытталмауы күрт көлеңкелерге, дақтарға және жұмыс белсенділігінің, бағдарының бұзылуына соқтырады.

Көру дәлдігі жоғары санаттағы жұмыстарды орындау кезінде (ажырату объектісінің ең аз мөлшері 0,3...0,5 мм) табиғи жарықтандыру коэффициентінің (ТЖК) шамасы 1,5% - дан төмен болмайды, ал көру жұмысы кезінде орташа дәлдіктегі (ажырату объектісінің ең аз мөлшері 0,5...1,0 мм) ТЖК 1,0% - дан төмен болмайды. Жасанды жарықтандыру көздері ретінде әдетте ЛБ немесе ДРЛ типті люминесцентті шамдар қолданылады,олар жұмыс бетінің үстінде біркелкі орналасуы тиіс шамдарға қосарлы біріктіріледі.

Компьютерлер орнатылған үй - жайлардағы жарықтандыруға қойылатын талаптар келесідей: жоғары дәлдіктегі көру жұмыстарын орындау кезінде жалпы жарықтандыру 300лк, ал құрамдастырылған - 750лк құрауы тиіс; орташа дәлдіктегі жұмыстарды орындау кезінде ұқсас талаптар-тиісінше 200 және 300лк болады [42].

Сонымен қатар, барлық көру алаңы біркелкі жарықтандырылды – бұл негізгі гигиеналық талап. Мысалы, бөлменің жарықтану дәрежесі және компьютер экранының жарықтығы шамамен бірдей болды, өйткені периферияльық көру ауданындағы жарқын жарық көздің шаршауын едәуір арттырады және соның салдарынан олардың тез шаршауына әкеледі.

4.1.2 Микроклимат параметрлері. Микроклимат параметрлері әртүрлі шектерде өзгереді, ал адамның тіршілік әрекетінің қажетті шарты терморегуляцияның арқасында дене температурасының тұрақтылығын сақтау болып табылады, яғни ағзаның қоршаған ортаға жылу беруді реттеу қабілеті. Микроклиматты нормалау принципі – адам денесінің қоршаған ортамен жылу алмасуына оңтайлы жағдай жасау.

Есептеу техникасы маңызды жылу бөлу көзі болып табылады, ол температураның жоғарылауына және бөлмедегі салыстырмалы ылғалдылықтың төмендеуіне әкеледі. Компьютерлер орнатылған үй-жайларда микроклиматтың белгілі бір параметрлері сақталады.

Санитарлық нормаларында қолайлы жағдай жасайтын микроклимат параметрлерінің шамалары орнатылған. Бұл нормалар жыл уақытына, еңбек процесінің сипатына және өндірістік үй-жайдың сипатына байланысты белгіленеді (4.1 кестені қараңыз).

Есептеу орталықтарының қызметкерлері орналасқан үй-жайлардың көлемі ауысымда бір мезгілде жұмыс істейтіндердің ең көп санын ескере отырып, 19,5 $м^3$/адамнан кем болмауы тиіс. Компьютерлер орналасқан үй-жайларға таза ауаны беру нормалары 4.2 кестеде келтірілген.

4.1 кесте – Компьютерлер орнатылған үй-жайларға арналған микроклимат параметрлері

Жыл мезгілі	Микроклимат параметрі	Өлшемі
Салқын	Ғимараттағы ауа температурасы Салыстырмалы ылғалдылық Ауа қозғалысының жылдамдығы	22...24°С 40...60% 0, 1м/с-дейін
Жылы	Ғимараттағы ауа температурасы Салыстырмалы ылғалдылық Ауа қозғалысының жылдамдығы	23...25°С 40...60% 0, 1...0,2м/с

4.2 кесте – Компьютерлер орналасқан кеңселерде таза ауа беру нормалары

Кеңсе сипаттамасы	Кеңсеге берілетін таза ауаның көлемдік шығыны, $м^3$ /бір сағатта бір адамға
$20м^3$-қа дейінгі көлемде бір адамға 20…$40м^3$ бір адамға $40м^3$-дан көп көлемде бір адамға	30-дан аз емес 20-дан аз емес Табиғи ауа алмастыру

4.1.3 Шу және діріл. Шу адам ағзасына зиянды әсер ете отырып, еңбек жағдайын нашарлатады. Ұзақ шулы әсер жағдайында жұмыс істеушілерде тітіркендіргіш, бас ауруы, бас айналуы, жадының төмендеуі, шаршағыштық, тәбеттің төмендеуі, құлақтың ауыруы секілді белгілер сезіледі. Шудың әсерінен зейіннің шоғырлануы төмендейді, физиологиялық функциялар бұзылады, жоғары энергетикалық шығындар мен жүйке-психикалық қиындықтарға байланысты шаршау пайда болады, сөйлеу коммутациясы нашарлайды. Осының барлығы адамның жұмысқа қабілеттілігін және оның өнімділігін, еңбек сапасы мен қауіпсіздігін төмендетеді. Қарқынды шудың [80 дБ(А)] ұзақ әсері адамның есту қабілетінің ішінара немесе толық жоғалуына әкеліп соқтырады [43].

4.3 кестеде еңбек ауырлығы мен кернеулігінің санатына байланысты денсаулық пен жұмысқа қабілеттілікті сақтауға қатысты қауіпсіз болып табылатын дыбыстың шекті деңгейлері көрсетілген [44].

4.3 кесте – Жұмыс орынындағы дыбыстың шекті деңгейлері, дБ.

Еңбек кернеулігінің санаттары	Еңбек ауырлығының санаттары			
	I. Жеңіл	II. Орташа	III. Ауыр	IV. Өте ауыр
I. Аз ауырлықта	80	80	75	75
II. Орташа ауырлықта	70	70	65	65
III. Ауыр	60	60	-	-
IV. Өте ауыр	50	50	-	-

Инженерлердің жұмыс орнындағы шу деңгейі 50 дБА-дан, ал есептеу машиналарында ақпаратты өңдеу залдарында – 65 дБА-дан айпады. Компьютерлер орнатылған үй-жайлардың қабырғалары мен төбелерінің шу деңгейін төмендету үшін дыбыс сіңіргіш материалдармен қапталды. Есептеу орталықтарының үй-жайларындағы діріл деңгейі жабдықты арнайы дірілді оқшаулағышқа орнату арқылы төмендетілді.

4.1.4 Электромагниттік және иондаушы сәулелену. Көптеген ғалымдар монитор экранынан сәулеленудің барлық түрлерінің қысқа мерзімді және ұзақ әсер етуі компьютерлермен жұыс жасайтын персоналдардың денсаулығы үшін қауіпті емес деп санайды. Алайда, мониторлардан компьютерлерде жұмыс істейтіндерге сәулеленудің қауіптілігіне қатысты толық деректер жоқ және осы бағытта зерттеулер жалғасуда.

4.4 кестеде компьютер мониторынан иондалмайтын электромагниттік сәулелену параметрлерінің рұқсат етілген мәндері берілген [45] .

Инженердің жұмыс орнындағы рентгендік сәулеленудің ең жоғары деңгейі әдетте 10 мкбэр/сағ аспайды, ал монитор экранынан ультракүлгін және инфрақызыл сәулеленудің қарқындылығы 10.100 мВт/м^2 шегінде жатыр.

4.4 кесте – Иондалмайтын электромагниттік сәулеленудің шектік мәндері.

Параметр мәні	Рұқсат етілген мәндер
Видеомонитор бетінен 50см қашықтықта электромагниттік өрістің электр құраушысының кернеулігі	10В/м
Бейнемонитор бетінен 50 см қашықтықта электромагниттік өрістің магниттік құраушысының кернеулігі	0,3А/м
Электростатикалық өрістің кернеулігі аспау керек: ересек қолданушылар үшін: мектепке дейінгі мекемелердің балалары мен орта арнаулы және жоғары оқу орындарының оқушылары үшін:	 20кВ/м 15кВ/м

4.2 Есеп бөлімі

4.2.1 Жасанды жарықтандыруды есептеу. Өндірістік жарықтандыруды есептеу әдістемелік нұсқаулық [46] бойынша жүргізілді.

Бөлме түрі: Инженердің офисі

Бөлме параметрлері (L x B x H),м: 12 x 8 x 4,5

Шамның саны мен түрі: 10, PRS/R ECO LED 300 4000K

Көру жұмыстарының разряды: III, а

Шағылысу коэффициенті (төбе, қабырға,еден): 50,30,10

Берілген мәндерге сәйкес шамдардың орналасу схемасын құрастыру, жұмыс орнында жарықтандыруды есептеу.

Шешуі:

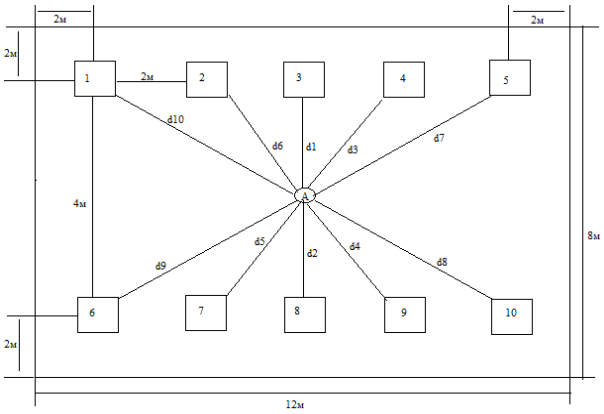
Есептеу биіктігін анықтаймыз:

$$h_p = H_П - h_{свеса} - h_{р.пв}. \qquad (4.1)$$

Ілгіш биіктігін 0,5м және жұмыс үлтел биіктігін 1м деп қабылдаймыз.

$$h_p = H_П - h_{свеса} - h_{р.пв} = 4{,}5 - 0{,}5 - 1 = 3 \ (м).$$

Шамдардың орналсу сұлбасы 4.1 суретте көрсетілген.



4.1 сурет – Шамдардың орналсу сұлбасы

Есептеу үшін А бақылау нүктесін белгілейміз. $d_{1,2}$; $d_{3,4,5,6}$; $d_{7,8,9,10}$ – А нүктесінен шамдарға дейінгі қашықтықты табамыз.

$$d_1, d_2 = 2 \ (м),$$

$$d_{3,4,5,6} = \sqrt{2^2 + 2^2} = 2{,}83 \ (м),$$

$$d_{7,8,9,10} = \sqrt{4^2 + 2^2} = 4{,}47 \ (м).$$

Бұдан әрі төбенің биіктігі мен сәйкес *d* кесіндісінің арасындағы бұрышты анықтаймыз:

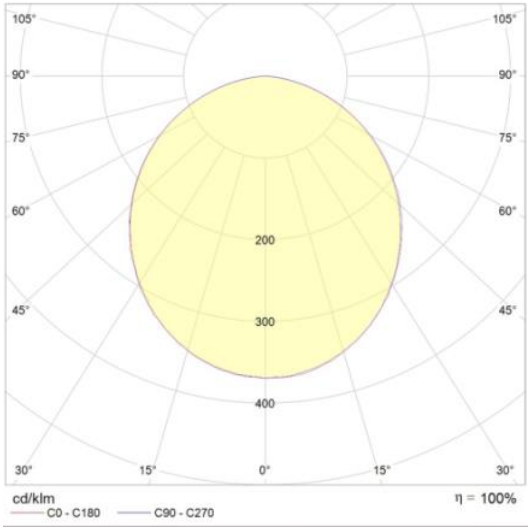
$$tg\alpha_1 = \frac{d_{1,2}}{h_p} = \frac{2}{3} = 0{,}66 \rightarrow \alpha_1 = 33{,}4^\circ \rightarrow \cos^3 \alpha_1 = 0{,}83.$$

$$tg\alpha_2 = \frac{d_{3,4,5,6}}{h_p} = \frac{2{,}83}{3} = 0{,}94 \rightarrow \alpha_2 = 43{,}2^\circ \rightarrow \cos^3 \alpha_2 = 0{,}73.$$

$$tg\alpha_3 = \frac{d_{7,8,9,10}}{h_p} = \frac{4,47}{3} = 1,49 \rightarrow \alpha_3 = 56.13^\circ \rightarrow \cos^3 \alpha_3 = 0,56.$$

PRS/R ECO LED 300 4000K типті шамды таңдаймыз (4.2 сурет).

4.2 сурет – PRS/R ECO LED 300 4000K типті шамы



4.3 сурет – жарық көзінің қарқындылығы

4.3 сурет бойынша әрбір бұрыш үшін жарық көзінің қарқындылығын табамыз.

$$I_{\alpha 1} = 270 \text{ (кд)},$$

$$I_{\alpha 2} = 225 \text{ (кд)},$$

$$I_{\alpha 3} = 190 \text{ (кд)}.$$

Әрбір көзден бақылау нүктесіне қатысты үй-жайдың жарықтандырылуы:

$$e_{АГ} = \frac{n \cdot I_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h_p^2}, \tag{4.2}$$

$$e_{АГ1} = \frac{2 \cdot 270 \cdot 0{,}83}{3^2} = 49{,}8 \quad (лк),$$

$$e_{АГ2} = \frac{4 \cdot 225 \cdot 0{,}73}{3^2} = 73 \quad (лк),$$

$$e_{АГ3} = \frac{4 \cdot 190 \cdot 0{,}56}{3^2} = 47{,}3 \quad (лк),$$

$$\sum_{i=1}^{3} e_{АГi} = e_{АГ1} + e_{АГ2} + e_{АГ3} = 49.8 + 73 + 47.3 = 170.1 \quad (лк).$$

Жалпы жарықтандыру:

$$E = \frac{\mu \cdot \Phi_л \cdot n}{1000 \cdot K_з} \cdot \sum_{i=1}^{15} e_{АГi}, \tag{4.3}$$

мұндағы $\Phi_л$ – таңдап алынған шамның типіне сәйкес 1060 лм-ге тең;

$K_з$ – офис үшін 1,3-ке тең;

E_N – жарықтандырудың нормаланған мәні және 200 лк тең;

μ – "қашықтағы" шамдардың әсерін ескеретін коэффициент (1,1 ÷ 1,5) [47].

$$E_{АГ} = \frac{1.4 \cdot 1060 \cdot 1}{1000 \cdot 1.3} \cdot 170{,}1 = 194{,}2 \quad (лк).$$

Жарықтандыруды нүктелік әдіспен есептеу шамдардың берілген саны үй-жайдың жеткілікті жарықтандырылуын қамтамасыз ету үшін жеткілікті екенін көрсетті. Ұсынылған жарықтандыру жүйесі 200 > 194,2 қалыпты жарықтандыруды қамтамасыз етеді. Бұл кәсіпорында шамдардың дұрыс жобаланғанын дәлелдейді. Сондай – ақ, орындалған жарықтандыру сұлбасы қалыпты өндірістік қызмет мүмкіндігін қамтамасыз етеді.

4.2.2 Электромагниттік өрістер мен сәулеленуден қорғауды есептеу. Есеп әдістемелік нұсқаулық бойынша жүргізілді [48].

Көлемі 2х1, 5х1 метр тордан тұратын және диаметрі 0,1 мм мыс өткізгіштен жасалған камераны білдіретін қорғаныш экранының тиімділігін бағалау. Сәулелену толқынының ұзындығы 7×10^6 . 200 кВ/м кернеу өрісі жағдайында жұмыс тәулігіне төрт сағаттан артық емес жүргізіледі.

Шешуі:

Сәулелену жиілігін (4.4) формула арқылы анықталады:

$$\lambda = \frac{c}{f},$$
$$f = \frac{3 \cdot 10^8}{7 \cdot 10^6} = 42{,}8 \ (Гц). \qquad (4.4)$$

Сәйкесінше, өнеркәсіптік жиілік өрісі және кернеу деңгейін қалыпқа келтіру 4.5 формула арқылы табылады:

$$T = \frac{50}{E} - 2,$$
$$E_{норм} = \frac{50}{T+2} = \frac{50}{4+2} = 8{,}3 \ (кв/м). \qquad (4.5)$$

Яғни, төрт сағаттық жұмыс кезінде электр өрісінің кернеулігінің рұқсат етілген мәні 8,3 кв/м-ді құрайды.

(4.5) формула бойынша экрандау құрылғысының қажетті тиімділігі анықталады:

$$\Delta_{TP} = 20 \lg \frac{J}{J_{норм}},$$
$$\Delta_{TP} = 20 \lg \frac{E}{E_{норм}} = 20 \lg \frac{200}{8{,}3} = 20 \lg 24{,}1 = 27{,}6 \ (дБ). \qquad (4.5)$$

(4.6) формула арқылы экранның эквивалентті радиусы табылады:

$$R = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}},$$
$$R = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 2 \cdot 1{,}5 \cdot 1}{4\pi}} = 0{,}37 \ (м). \qquad (4.6)$$

(4.7) формула бойынша индукция аймағының шекарасын анықтаймыз:

$$r = \frac{\lambda}{2\pi},$$
$$r = \frac{7 \cdot 10^6}{2\pi} = 1114{,}6 \ (км). \qquad (4.7)$$

Яғни, жұмыс орны индукция аймағында орналасқан.
(4.8) формула бойынша экрандау параметрін табамыз:

$$\gamma = \frac{d}{2\pi R}(\ln\frac{d}{r_0} - 1{,}25), \tag{4.8}$$

$$\gamma = \frac{10\cdot 10^{-3}}{2\pi\cdot 0{,}37}(\ln\frac{10\cdot 10^{-3}}{0{,}5\cdot 10^{-3}} - 1{,}25) = 0{,}0075.$$

(4.9) формула арқылы экранның өткізгіштігін анықтаймыз:

$$\eta = \frac{3\gamma}{1+3\gamma}, \tag{4.9}$$

$$\eta = \frac{3\cdot 0{,}0075}{1+3\cdot 0{,}0075} = 0{,}022.$$

(4.10) формула бойынша экранның факталық тиімділігі анықталады:

$$\Delta = 20\lg\left(\frac{1}{\eta}\right), \tag{4.10}$$

$$\Delta = 20\lg\left(\frac{1}{0{,}022}\right) = 33.15\ (\partial Б).$$

(4.11) формула бойынша шарттың орындалуын тексереміз:

$$\Delta_{TP} \le \Delta, \tag{4.11}$$

$$27{,}6\partial Б \le 33{,}1\ (\partial Б).$$

Таңдалған экрандаушы құрылғы жұмыс аймағында электр өрісінің әлсіреуін қамтамасыз етеді.

5 Экономикалық бөлім

5.1 Мақсаты

Сымсыз сенсорлық желілердің мүмкіншіліктері жоғарыда негізгі бөлімде аталып кеткен болатын. Қазіргі таңда сымсыз сонсорлық желілер көмегімен «Ақылды үй», «Ақылды қала», «Ақылды жарықтандыру» секілді көптеген жобалар жоғары тапсырысқа ие болуда. Бұл жобалар адамдарға келесі мүмкіндіктерге қол жеткізуге ықпал етеді:

- болжамдар мен статистикалардың жиыны. Көрсеткіштер бойынша деректер жинағын қарау;
- есурстар қауіпсіздігі. Ресурстарға рұқсатсыз қол жеткізуді болдырмау;
- шығындарды азайту. Кәсіпорындардың пайдалану шығындарын төмендету;
- келеңсіз мәселелерді тез шешу. Апаттарға ең аз мерзімде ден қою;
- нақты уақытта қарау. Ресурстарды тұтыну параметрлерінің нақты уақыт режиміндегі мониторингі.

Дипломдық жұмыстың осы бөлімінде «Ақылды үй» жобасын ұйымдастыруға кететін шығындар есептелінеді.

5.2 Жүйені дамыту қажеттілігінің негіздемесі

Өндірістегі автоматтандырылған басқару жүйелері кез-келген мекемеге әсерлі болады. Себебі автоматты басқарудың көлемі оның техникалық тапсырмасына байланысты кәсіпорынның талаптарымен өлшенуі мүмкін. Басқару жүйесін қолданудың экономикалық тиімділігі ең алдымен басқарудың сапасы мен сенімділігін арттырумен, шығындарды азайтумен, еңбек өнімділігін арттырумен айқындалатын автоматтандырылған өндірістің тиімділігін арттырумен байланысты.

Сымсыз сенсорлық желілермен басқару жүйесін ұйымдастырудағы экономикалық шығындарды азайтудың басты себептеріне келесілер жатады:

- компьютерлік құралдарды пайдалану нәтижесінде жаңа технологиялық процестерді игеру мерзімін қысқарту;
- басқарудың сапасын және өндірістің жалпы ұйымдастыру деңгейін арттыру;
- басқарудың еңбек сыйымдылығын төмендету, қызметкерлердің еңбек өнімділігін арттыру;
- жүйе мен объектінің негізгі техникалық-экономикалық көрсеткіштерін жедел есептеу;
- техниканы оңтайлы пайдалану, оған техникалық қызмет көрсету мерзімін ұлғайту, жоспарда көзделген авариялар мен аялдамаларды жою;
- қуат пен уақыт тұрғысынан жабдыққа жүктемені арттыру, осыған байланысты еңбек өнімділігін арттыру.

Табыстылықты анықтайтын факторлар меншікті капиталдық шығындардың мөлшері, сондай-ақ персоналды тартуға және пайдалануға байланысты шығыстар болып табылады. Бүгінгі күні технологиялық процестің маңызды проблемасы қашықтықтан басқаруға және режим мен жабдықтарды басқаруға көшу, сондай-ақ қызметкерлердің жұмыспен қамтылуын азайту есебінен айтарлықтай экономикалық және әлеуметтік әсер алуға мүмкіндік беретін датчиктер мен автоматтандыру құралдарын жетілдіру болып табылады.

5.3 Қаржылық жоспар

5.3.1 Инвестициялық шығындарды есептеу. «Ақылды үй»-ге сымсыз сенсорлық желі датчиктерін қосу үшін кететін шығындарды есептеу. Ол үшін ақылды үй құрылғыларын қосуға және орнатуға арналған күрделі салымдар көлемін есептейміз. Осы тұста жабдықты сатып алу құны ғана емес, сонымен қатар деректерді беру жүйесін әзірлеу үшін бағдарламалық қамтамасыз ету де есепке алынады. Бағдарламалық қамтамасыз етуге кететін шығындар 5.1-кестеде келтірілген.

Ақылды үй жобасын құруға арналған күрделі шығындар келесі факторлардан құралады:

- жабдықтың құны;
- бағдарламалық қамтамасыз етуді сатып алу құны;
- монтаждау және тасымалдау құны.

Күрделі шығындар (5.1) формула бойынша анықталады:

$$\sum K = K_O + K_M + K_{TP}, \tag{5.1}$$

мұндағы K – жалпы капиталдық салымдар;

K_O – құрылғыларға арналған капиталдық салымдар;

K_M – баптау жұмыстарына арналған капиталдық салымдар (құрылғы бағасының 20%);

K_{TP} – көлік шығындарына капиталдық салымдар (жабдық құнының 5%).

5.1 кесте – Құрылғылар мен бағдарламалық қамтамасыз етудің шығындары

Аты	Саны	Бағасы, теңге
Crown I1753S жүйелік блогы	1	82000
LG мониторы	1	36200
Defender компьютер тышқаны	1	2000
Microsoft Windows 7 Maximum операциялық жүйесі	1	21200
Defender Columbia C-775 пернетақта	1	6339
Simatic Step7 Professional V13 бағдарламалық қамтамасыз ету	1	667700
Үздіксіз қоректендіру	1	169000

5.1 кестенің жалғасы

Аты	Саны	Бағасы, теңге
Simatic S7-400 тұрақтандырылған қоректендіру көзі	1	41362
Ылғалдылық датчигі	12	13760
Температура сенсоры	12	14100
Қимыл сенсоры	16	30099
Газ сонсоры	12	14565
Түтін детекторы	12	19255
Жалпы бағасы	2 247 545	

$$K_M = 2247545 \cdot 0{,}2 = 449509 \text{ (теңге)},$$

$$K_{TP} = 2247545 \cdot 0{,}05 = 112377{,}25 \text{ (теңге)},$$

$$\sum K = 2247545 + 449509 + 112377{,}25 = 2809431{,}25 \text{ (теңге)}.$$

5.3.2 «Ақылды үй» жобасын іске қосу үшін жұмыстар кешенін жоспарлау. Жұмыстың қиындығы оның орындалу күніне, таңдап алынған бағдарламалық қамтамасыз етумен орындалған қызметтермен анықталады.

Ақылды үй жобасын қосудағы бағалау күрделілігі 5.2 кестеде көрсетілген.

Жобаны іске қосу үшін 3 адам жиналған: бас инженер, инженер-программист, инженер-конструктор.

Бас инженер мәселені анықтайды, жұмыс барысын қадағалайды және құрал-саймандарды әзірлеу және датчиктерді орнату кезінде қажетті ұсыныстар береді. Инженер-программист және инженер-конструктор өзінің деректерді беру жүйесін жобалау, бағдарламаны әзірлеу және визуализациялауды әзірлеу үшін жауап береді.

5.2 кесте – Ақылды үйді дамыту бойынша кешенді жұмыс

Жұмыс мазмұны	Орындаушылар	Ұзақтығы, күндер
Тапсырманы анықтау	Бас инженер Инженер-программист Инженер-конструктор	3 1 2
Негізгі ақпараттарды жинау	Бас инженер Инженер-программист Инженер-конструктор	3 2 2
Датчиктерді қосудың қолданыстағы әдістерін талдау	Бас инженер Инженер-конструктор	1 2

5.2 кестенің жалғасы

Жұмыс мазмұны	Орындаушылар	Ұзақтығы, күндер
Ақылды үйге арналған талаптарды анықтау және талдау	Бас инженер Инженер-конструктор	2 3
Техникалық және бағдарламалық құрылғыларды таңдау	Бас инженер Инженер-программист Инженер-конструктор	1 1 1
Спецификацияларды бекіту	Бас инженер Инженер-программист Инженер-конструктор	1 1 1
Бағдарлама архитектурасын жобалау	Бас инженер Инженер-программист Инженер-конструктор	1 3 3
Бағдарламалық компоненттерді инженерлік жобалау	Бас инженер Инженер-программист Инженер-конструктор	1 3 2
Сенсорлық деректерді беру визуализациясын жасау	Инженер-программист Инженер-конструктор	5 4
Сынақ нәтижелерін талдау	Бас инженер Инженер-программист Инженер-конструктор	1 1 1
Жұмысты реттеу	Инженер-программист Инженер-конструктор	2 2
Ақылды үйді жобасын қосуды қорытындылау	Бас инженер Инженер-программист Инженер-конструктор	2 1 1
Жобаның қорытындысы		60

Жоба бойынша орындалған жұмыстардың еңбек сыйымдылығы:

а) Бас инженер – 16 күн;

б) Инженер-программист – 20 күн

в) Инженер-конструктор – 24 күн.

5.3.3 Жұмысшылардың айлық табысын есептеу (5.3 кесте). Жұмысшылардың негізгі жалақысы (5.2) формула бойынша анықталады:

$$C_{нег} = C_{ор} \cdot T, \tag{5.2}$$

мұндағы $C_{нег}$ – жұмысшылардың жалақысы (теңге);

$C_{ор}$ – жұмысшылардың орташа жұмыс күні;

T – еңбек сыйымдылығы (60 күн).

а) Бас инженер үшін:

$$C_{нег} = 6000 \cdot 16 = 96000 \text{ (теңге).}$$

б) Инженер-программист үшін:

$$C_{нег} = 5000 \cdot 20 = 100000 \text{ (теңге).}$$

в) Инженер-конструктор үшін:

$$C_{нег} = 5000 \cdot 24 = 120000 \text{ (теңге).}$$

5.3 кесте – Жұмысшылардың жалақысы

Жұмысшы	Жалақы, тг/ай	Жалақы, тг/күн	Жұмыс күндері	Жалпы, тг
Бас инженер	96000	6000	16	110400
Инженер-программист	100000	5000	20	115000
Инженер-конструктор	120000	5000	24	138000
Жалпы, тг				363400

Қызметкерлердің қосымша жалақысы мерекелер мен сырқаттарға кететін уақыт шығынын есепке ала отырып (орташа алғанда негізгі жалақының 15% - ы алынады). Ол (5.3) формуласы бойынша есептеледі:

$$C_{кос} = 0{,}15 \cdot C_{нег}, \tag{5.3}$$

а) Бас инженер үшін:

$$C_{кос} = 0{,}15 \cdot 96000 = 14400 \text{ (теңге),}$$

б) Инженер-программист үшін:

$$C_{кос} = 0{,}15 \cdot 100000 = 15000 \text{ (теңге),}$$

в) Инженер-конструктор үшін:

$$C_{кос} = 0{,}15 \cdot 120000 = 18000 \text{ (теңге).}$$

5.3.4 Әлеуметтік аударылымдарды есептеу. Әлеуметтік қажеттіліктерге аударымдар бірыңғай әлеуметтік салықтан тұрады. Салық жұмысшының жалақысына байланысты ұсталынады.

ҚР үшін зейнетақы аударылымы – 10%;

Әлеуметтік салық – 11%.

Еңбекке ақы төлеу қоры негізгі және қосымша жалақыдан тұрады.

Еңбек ақы төлеу қоры (5.4) формула арқылы анықталады:

$$ФОТ = C_{нег} + C_{кос}, \tag{5.4}$$

а) Бас инженер үшін:

$$ФОТ = C_{нег} + C_{кос} = 96000 + 14400 = 110400 \text{ (теңге)},$$

б) Инженер-программист үшін:

$$ФОТ = C_{нег} + C_{кос} = 100000 + 15000 = 115000 \text{ (теңге)},$$

в) Инженер-конструктор үшін:

$$ФОТ = C_{нег} + C_{кос} = 120000 + 18000 = 138000 \text{ (теңге)},$$

$$\sum ФОТ = 110400 + 115000 + 138000 = 363400 \text{ (теңге)}.$$

Әлеуметтік қажеттіліктерге арналған тапсырмалар (5.5) формула бойынша есептеледі:

$$C_{соц} = (ФОТ - C_n), \tag{5.5}$$

а) Бас инженер үшін:

$$C_{соц} = (ФОТ - C_n) \cdot 11\% = (110400 - 11040) \cdot 0{,}11 = 10929{,}6 \text{ (теңге)},$$

б) Инженер-программист үшін:

$$C_{соц} = (ФОТ - C_n) \cdot 11\% = (115000 - 11500) \cdot 0{,}11 = 11385 \text{ (теңге)},$$

в) Инженер-конструктор үшін:

$$C_{соц} = (ФОТ - C_n) \cdot 11\% = (138000 - 13800) \cdot 0{,}11 = 13662 \text{ (теңге)},$$

$$\sum C_{соц} = 10929{,}6 + 11385 + 13662 = 35976{,}6 \text{ (теңге).}$$

Өтемақының жалпы құны:

$$\sum З_{Ж} = \sum ФОТ + \sum C_{соц} = 363400 + 35976{,}6 = 399376{,}6 \text{ (теңге).}$$

5.3.5 Жоба әзірлемесінің жалпы құны. Жалпы құн (5.6) формула арқылы анықталады:

$$C = ФОТ + C_{соц} + C_{м} + H, \tag{5.6}$$

мұндағы ФОТ – еңбекақы қоры;

$C_{соц}$ – әлеуметтік салық;

$C_{м}$ – құрылғылар шығыны;

Н – үстеме шығындар барлық шығындар сомасының 25% құрайды.

$$C = 363400 + 35976{,}6 + 2247545 + 661730{,}4 = 3308652 \text{ (теңге).}$$

5.4 Экономикалық бөлімнің қорытындысы

Жоба барысында ақылды үйді әртүрлі сымсыз сенсорлық желі датчиктарымен жабдықтау аяқталды. Жоба аясында құрылғылар мен бағдарламалық қамтамасыз етуге 2 247 545 теңге қаражат жұмсалынды. Сонымен қатар, жоба жұмысшыларына әлеуметтік аударылымдармен қосқанда 399376,6 теңге бөлінді. Жоба әзірлемесінің толық құны 3 308 652 теңгені құрайды. Мұндай құрылыс сізге және жақындарыңызға сенімді үй иесі болуға мүмкіндік береді.

Сымсыз сенсорлық желі датчиктерімен жабдықталған мұндай жүйе озін-өзі толықтай ақтайды. Себебі, бұл жүйені пайдалану арқылы қызметкерлерге жұмсалатын шығындарды азайтуға, сондай-ақ басқару сенімділігін арттыруға мүмкіндік туады. Ақылды үйдің осындай құрылысы қоршаған ортаны қорғауға да кепілдік береді. «Ақылды үй» жүйесі ғимарат пен тұрғындардың қауіпсіздігін қамтамасыз етеді, апатты жағдайлардың туындау қаупін жояды, сондай-ақ техникалық үдерісті бақылауды жақсартады.

Қорытынды

Бұл дипломдық жұмыста сымсыз сенсорлық желілерде пайда болатын трафиктің сипаттамалары зерттелді және трафиктің аналитикалық, имитициялық модельдері әзірленді.

Бірінші бөлімде сымсыз сенсорлық желілердің қазіргі жағдайына талдау жасалып, құрылымы, архитектурасы, жіктемесі, топологиясы және қолдану аясы анықталды. Сондай-ақ, сымсыз сенсорлық желілерді ұйымдастыруға арналған Wi-Fi, WiMAX, Bluetooth, HomeRF, ZigBee секілді көптеген деректер беру стандарттары талданды.

Екінші бөлімде сымсыз сенсорлық желілердегі трафик модельдері және сипаттамалары талданды. M2M жүйесінде негізгі шарттарға сәйкес шартты түрде трафиктің жанама, анықталған, қызметтік деген негізгі 3 түріне талдау жасалды. Сонымен қатар, DSDV, DSR, AODV, 6LoWPAN секілді ССЖ-нің маршруттау хаттамалары анықталып, олар толық сипатталды. Сондай-ақ, сымсыз сенсорлық желілерде қызмет көрсету сапасының сипаттамалары, ерекшеліктері, міндеттері қарастырылды.

Үшінші бөлімде ССЖ трафигінің моделі әзірленді. Алдымен, шлюзге түсетін желілік трафиктің аналитикалық моделі жасалды. Шлюзге түсетін дестелер ағынын қарапайым ағын немесе Пуассон ағыны түрінде қарастырылып, Пуассон ағынына қызмет көрсету процессі талданды. GPSS World модельдеу жүйесінде сымсыз желінің базалық станциясының (шлюздің) имитациялық моделы жасалды. Екі түрлі модельдеу арқылы, яғни имитациялық және аналитикалық модельдеу бойынша алынған талаптардың шығын болу ықтималдығының мәні салыстырылды. Содан кейін, желілік серверге түсетін желілік трафик аналитикалық модельденді. Сервердегі желідегі ағынның дәлме-дәл моделі болып кіріс ағыны фракталды Броун қозғалысы арқылы сипатталатын (*fBM* модель) өз-өзіне тектес (*self-similarity*) үдерістер сипатталды. Серверге келіп түсетін талаптардың орташа саны N, сол талаптарға қызмет көрсету ұзақтығы T, бір серверлік жүйе үшін кезектің орташа ұзындығы Q нәтижелері $fBM/D/1/\infty$ жүйесі үшін аналитикалық шешім болып табылды. Сонымен қатар, сымсыз сенсорлық желінің сервері жаппай қызмет көрсету жүйесі ретінде модельденді. *G/G/1* және *M/G/1* жүйелеріндегі кезекте күтудің орташа уақыты, кезектің ұзындығы, жүйедегі орташа күту уақыты және жүйенің ұзындығы зерттелді және нәтижелері талданды.

Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімінде ССЖ-лермен жұмыс жасайтын қызметкердің еңбек шарты талданды және жұмыс орнындағы жасанды жарықтандыру жолдары және электромагниттік өрістер мен сәулеленуден қорғау есептелді.

Экономикалық бөлімде сымсыз сенсорлық желі мүмкіндіктері арқылы жасалынған «Ақылды үй» жобасын ұйымдастыруға кететін шығындар есептелді.

Қысқартулар тізбесі

GPSS (General Purpose Simulation System) – жалпымақсатты модельдеу жүйесі.

ССЖ – сымсыз сенсорлық желі.

WSN – Wireless Sensor Networks.

M2M – Machine-to-Machine.

ОЖ – операциялық жүйе.

АСТ – аналогты сандық түрлендіргіш.

NesC (Network embedded system C) – желілік кіріктірілген С жүйесі.

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – сымсыз байланыс.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) – микротолқынға қол жетімділіктің бүкіл әлемдік үйлесімділігі.

WPA (Wi-Fi Protected Access) – Wi-Fi арқылы қорғалған жүйе.

ESS (Extended Service Set) – кеңейтілген қызмет жиынтығы.

SSID (Service Set Identifier) – қызметтер жиынтығының идентификаторы.

MAC ID (Media Access Control ID) – ортаға қатынауды басқару идентификаторы.

VPN (Virtual Private Network) – виртуалды жеке желі.

QoS (Quality of Service) – қызмет көрсету сапасы.

GSM (Global System for Mobile Communications) - қозғалмалы байланыс жүйесі.

GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) – Гуассондық жиіліктік манипуляция.

SWAP (Standard Wireless Access Protocol) – сымсыз қатынаудың стандартты хаттамасы.

WPAN (Wireless Personal Area Network) – сымсыз персоналды желі.

IoE – Internet of Everything.

IoT – Internet of Things.

ҮЖС – Үлкен жүктеме сағаты.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – қадағалауды бақылау және деректерді жинау.

LLNs (Low power and Lossy Networks) – төмен қуат және жоғалған желілер.

TCP (Transmission Control Protocol) – транспорттық деңгей.

DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) – тізбекті тағайындау қашықтығының векторы.

DSR (Dynamic Source Routing) – ақпарат көзінің динамикалық бағытталуы.

AODV (Ad Hoc On – Demand Distance Vector) – динамикалық бағдарлау хаттамасы.

ЖҚЖ – жаппай қызмет көрсету жүйесі.

Әдебиеттер тізімі

1 Кучерявый, А.Е. Сети связи общего пользования. Тенденции развития и методы расчета / А.Е. Кучерявый, А.И. Парамонов, Е.А. Кучерявый. - Москва: ФГУП ЦНИИС, 2008. - 151-176 с.

2 Кучерявый, А.Е. Интернет Вещей / А.Е. Кучерявый // Электросвязь. - 2013. - С. 21-24.

3 Dunkels, A. Making TCP/IP Viable for Wireless Sensor Networks / A. Dunkels, J.Alonso , and T.Voigt // 2d International Conference on Wired/Wireless Internet Communications (WWIC 2004). - 2004.

4 Dunkels, A. Distributed TCP caching for wireless sensor networks / A. Dunkels, J.Alonso , T.Voigt , and H.Ritter // In Proceedings of the 3rd AnnualMediterranean Ad Hoc Networking Workshop (MedHoc-Net). - 2004.

5 . Chen, C. Data aggregation technologies of wireless multimedia sensor networks: A survey / C. Chen, B.Tian , Y.Li , and Q.Yao // Proceedings of the IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES). - 2010. - 83-88 pp.

6 Dunkels, A. The Design and Implementation of an IP-based Sensor Network for Intrusion Monitoring / A. Dunkels, T.Voigt , N.Bergman , and M.Jonsson // Swedish National Computer Networking Workshop. - 2004.

7 Wireless Sensor Networks for Structural Health Monitoring: A Multi-Scale Approach, T. Kijewski-Correa, *M. Haenggi*, and *P. Antsaklis*, 2006 ASCE Structures Congress, 2006.

8 Баскаков С.С. Стандарт ZigBee и платформа MeshLogic: эффективность маршрутизации в режиме «многие к одному»//Первая миля (приложение к журналу «ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес»). 2008, № 2—3, С. 32—37.

9 "IEEE 802.15.4a: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)" - Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2007

10 Dantu, K. Robomote: Enabling mobility in sensor networks / K. Dantu, M.Rahimi , H.Shah , S.Babel , A.Dhariwal , and G.S. Sukhatme // Fourth International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IPSN. – 200

11 Варгаузин В.А. Радиосети для сбора данных от сенсоров, мониторинга и управления на основе стандарта IEEE 802.15.4 // ТелеМультиМедиа. 2015. № 6. – С. 23-27.

12 Huang, P. The Evolution of MAC Protocols in Wireless Sensor Networks: A Survey / P. Huang, L.Xiao , S.Soltani , M.W. Mutka , and N.Xi // IEEE Communications Surveys & Tutorials. - 2013. - Vol. 15. - N 1. - 101-120 pp.

13 "IEEE 802.15.3: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for High Rate WirelessPersonal Area Networks (WPANs)" - Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2005

14 Пушкарев О.И. Построение сети ZigBee // Беспроводные технологии. 2013. № 1. – С. 34-38.

15 .Солодунов С. Средства разработки Ember для быстрой реализации проектов ZigBee // Беспроводные технологии 2014. № 3. – С. 55-61.

16 Sorensen L. “Use scenarios 2020 – a worldwide wireless future. Visions and research directions for the Wireless World.” Outlook / Sorensen L., Skouby. K.E. // Wireless World Research Forum. № 4. July 2009.

17 Recommendation Y.2060. Overview of Internet of Things. ITU-T, Geneva. - February 2012.

18 Отчет J’son&Partners Consulting “Рынок M2M коммуникаций в России и мире”.

19 Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2013-2018, February 2014.

20 G. Wu. M2M: From mobile to embedded internet / G. Wu et al. // Communications Magazine, IEEE, vol. 49, no. 4, 2011,PP. 36–43.

21 Шелухин О.И. Фрактальные процессы в телекоммуникациях / Шелухин. О.И. // М. «Радиотехника», 2003 г.

22 Tang S. An Analytical Traffic Flow Model for Cluster-Based Wireless Sensor Networks / Tang S. // 1st International Simposium on Wireless Pervasive Computing, 2006.

23 Парамонов А. И., Модели потоков трафика для сетей M2M / Парамонов А. И. // М.: «Электросвязь», № 4, 2014 г.

24 Di Wang. RPL based Routing for Advanced Metering Infrastructure in Smart Grid / Di Wang et al.// IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC), 2010.

25 Мутханна А.С. Сравнение протоколов маршрутизации для всепроникающих сенсорных сетей / А.С.Мутханна // Электросвязь. 2014. № 9. С. 5-10.

26 Boano C. A. Demo Abstract: Re- alistic Simulation of Radio Interference in COOJA / Boano C. A., et al. // In Proceedings of the European Conference on Wireless Sensor Networks (EWSN), Bonn, Germany, 2011.

27 Masek P. Multi- Radio Mobile Device in Role of Hybrid Node Between WiFi and LTE networks / Masek P. et al. // International Journal of Advances in Telecommunications, Electrotechnics, Signals and Systems, 2015, vol. 4, n. 2, ISSN: 1805-5443,PP. 1-6

28 Jagpreet Singh Enhanced local repair AODV (ELRAODV) / Jagpreet Singh et al. // International Conference on Advances in Computing , Control, and Telecommunication Technologies,2009 (ACT’09), Trivandrum, Kerala, December 28-29, 2009, PP.787-791.

29 Thubert. P. RPL Objective Function Zero / Thubert. P. // draft-ietf-roll-of0- 20, 2011.

30 . Firoiu V., Le Boudec J. Y., Towsley D., et al. Theories and Models for Internet Quality of Service // Proc. IEEE. 2002. Vol. 90, issue 9. P. 1565–1591.

31 Xia F. QoS challenges and opportunities in wireless sensor/actuator networks // Sensors. 2008. Vol. 8, issue 2. P. 1099–1110

32 Ramassamy C., Fouchal H., Hunel P. Impact of application layers over wireless sensor networks. Bonn, 2012.

33 Мулярчик К. С., Полочанский А. С. Анализ характеристик качества обслуживания в беспроводных сенсорных сетях [Электронный ресурс] // Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии : материалы междунар. науч. Конгресса (Минск, 24–27 окт. 2016 г.). URL: http://www.elib.bsu.by/handle/123456789/160468 (дата обращения: 10.12.2016).

34 Balen J., Zagar D., Martinovic G. Quality of service in wireless sensor networks: a survey and related patents // Recent Pat. Comput. Sci. 2011. Vol. 4, № 3. P. 188–202.

35 Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. Пер. с англ. – М.:Машиностроение. – 1979. – 432 с., ил.

36 Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. – М.: Наука. Ред. физ.-мат. лит. – 1991.– 384с.

37 Кениг Д., Штойян Д. Методы теории массового обслуживания. Пер. с нем. – М.: Радио и Связь. – 1981. – 128 с., ил.

38 Туманбаева К.Х. , Базарбаев Б. Моделирование трафика M2M сети в среде GPSS WORLD // Международное научно – педагогическое издание «Высшая школа Казахстана» , 2017, №3, С. 263 – 266.

39 Ложковский А.Г. Сравнительный анализ методов расчета характеристик качества обслуживания при самоподобных потоках в сети // Моделювання та інформаційні технології. Зб. наук. пр. ІПМЕ ім. Г. Є. Пухова НАН України. – Вип. 47. – К.: 2008. – С. 187-193.

40 Охрана труда : учебник для вузов/ Ф.Р. Жандаулетова, Т.Е. Хакимжанов, Т.С. Санатова; МОН РК, НАО АУЭС. - Алматы : АУЭС, 2019. - 399 с.

41 Безопасность жизнедеятельности: Учебник для студентов средних спец. учеб. Заведений / С. В. Белов, В.А. Девисилов, А.Ф. Козьяков и др.; Под общ. ред. С.В. Белова.— 3-е изд., испр. и доп.— М.: Высш. шк., 2003.— стр. 144-227.

42 Анчарова Т.В. Проектирование промышленных осветительных установок. Методическое пособие. – М.: Изд. МЭИ, 2003.

43 Бегимбетова А.С., Жандаулетова Ф.Р. Безопасность жизнедеятельности. Защита от производственного шума. Методические указания к выполнению дипломного проекта, Алматинский институт энергетики и связи. – Алматы, 2010.

44 СН РК 2.04-02-2011. Защита от шума. – Астана: АО «КазНИИСА», ФГУ ФЦС, 2015 – 23с.

45 Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.8/2.24.1383-03. Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Госкомсанэпиднадзор России. – М.,2003.

46 Абдимуратов Ж.С., Мананбаева С.Е. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания к выполнению раздела «Расчет производственного освещения» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат - Алматы: АИЭС, 2009. - 20 с.

47 СНиП РК 2.04.-05.2002 Естественное и искусственное освещение. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. – Астана,2004.

48 Т.С. Санатова, Т.Е. Хакимжанов. Охрана труда и основы безопасности жизнедеятельности. Защита от воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Методические указания и задания к расчетно-графической работе для студентов специалистов 5В071900 - Алматы: АИЭС, 2010 - 33 с.

49 Б.И.Түзелбаев, А.А.Жакупов, Бітірушілер жұмысының экономикалық бөлімін орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар, Алматы 2010, -5-19 б.