

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

НУБІП України

Факультет інформаційних технологій

УДК 004.94-025.12

«ПОГОДЖЕНО»

Декаан факультету

інформаційних технологій

Глазунова О.Г., д.пед.н., професор

«ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри комп'ютерних
систем, мереж та кібербезпеки

Касаткін Д.Ю., к.пед.н., доцент

НУБІП України 2022 р. 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Методи та засоби передавання інформації в системі "Цифровий будинок"»
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма «Комп'ютерні системи і мережі»

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

НУБІП України

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор

Виконав

Лахно В.А.

Колесовський М.В.

НУБІП України

НУБІП України

КИЇВ-2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Факультет інформаційних технологій

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних систем, мереж та
кібербезпеки

Касаткін Д.Ю., к.п.н., доцент

2022 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Колосовський Максим Віталійович

(прізвище-ім'я, по батькові)

Спеціальність Комп'ютерна інженерія

Освітня програма Комп'ютерні системи і мережі

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Методи та засоби передавання інформації в системі
"Цифровий будинок"»

затверджена наказом ректора НУБіП України від "23" жовтень 2021р. №1578»С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 31 жовтня 2022р.

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

1.Формальні методи

2.Верифікація комп'ютерних систем

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

№ з/п	Питання, що підлягає дослідженню	Строк виконання	Примітка
1.	Аналіз предметної області.	02.06.2022	
2.	Моделювання системи	09.07.2022	
3.	Дослідження методів та засобів	18.09.2022	
4.	Результати дослідження	26.10.2022	
5.	Попередній захист	31.10.2022	
6.	Захист	17.12.2022	

Дата видачі завдання "29" жовтня 2021 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., професор

Лахно В.А. **Виконав**

Колосовський М.В.

ЗМІСТ

НУБІП України

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ МЕРЕЖ «SMART HOME».....	10
1.1 Основні поняття розумного будинку.....	10
1.2 Системи домашньої автоматизації.....	13
1.3 Вимоги до системи «Smart Home».....	19
1.4 Системи та кінцеве обладнання мереж «Smart Home».....	20
1.4.1 Стартовий комплект Fibaro Starter Kit.....	20
1.4.2 Стартовий набір Easy Smart Box.....	21
1.4.3 Готове рішення системи розумний будинок SenseHome Mini.....	22
1.4.4 Система автоматизації Inwion.....	23
1.4.5 Система домашньої автоматизації MajorDoMo.....	24
1.5 Протоколи і інтерфейси в системі розумного будинку.....	26
1.5.1 Протокол X10.....	26
1.5.2 Комунікаційний протокол Modbus.....	26
1.5.3 Інтерфейс RS-485.....	27
1.6 Безпроводові технології в системі «розумний» будинок.....	27
Висновки до 1 розділу.....	28
2 ТЕХНОЛОГІЇ, СТАНДАРТИ ТА ПРОТОКОЛИ «РОЗУМНИХ» МЕРЕЖ.....	29
2.1 Технологія Ethernet та локальні проводові мережі.....	29
2.2 Технологія безпроводової локальної мережі Wi-Fi.....	34
2.3 Технології безпроводових мобільних мереж 3G/4G.....	37
2.4 Багатошарові моделі: TCP / IP, OSI.....	39
2.5 Протокол UDP.....	42
2.6 Типи адрес та портів (інтерфейсів).....	43
2.7 Порівняння протоколів HTTP та MQTT.....	44

2.8	Протокол мережевої безпеки NAT	48
	Висновки до 2 розділу	49
3	ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЦИФРОВОЇ «РОЗУМНОЇ» МЕРЕЖІ	51
3.1	Опис можливостей програми імітаційного моделювання Cisco Packet Tracer версії 7.3.1	51
3.2	Опис інтерфейсу середовища моделювання Cisco Packet Tracer	51
3.3	Побудова телекомунікаційної мережі	56
3.3.1	Сегмент локальної телекомунікаційної мережі «Smart Home»	56
3.3.2	Модель «розумної» мережі енергопостачання житлового будинку	61
3.3.3	Пристрої та компоненти IoT цифрової мережі «Smart Home»	64
	Висновки до 3 розділу	67
4	ПРОГРАМУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ІОТ «РОЗУМНОЇ» МЕРЕЖІ	68
4.1	Схема мережі «розумний гараж»	68
4.2	Програмне керування пристроями IoT, що розташовані по периметру «Smart Home»	75
	Висновки до 4 розділу	81
	Висновки	81
	Перелік посилань	83
	Додаток А. Алгоритми керування роботою IoT схеми «розумний» гараж	87
	Додаток Б. Код програми мікроконтролера. Налаштування сенсорів системи «розумний» гараж	93
	Додаток В. Код програми мікроконтролера системи охорони периметру	102
	Додаток Г. Презентація	104
	Додаток Д. Тези конференції	119
	ВСТУП	

Домашня автоматизація державного управління і управління домашніми об'єктами за допомогою мікроконтролера або комп'ютерних технологій стає на сьогодні все більш розповсюдженою [1-3]. Мережі та системи домашньої автоматизації нині мають велику популярність у світі. Їх будують з нуля,

купають і інсталиують в процесі ремонту, а також збирають з доступних комплектуючих.

Системи домашньої автоматизації вирішують наступні завдання [4]:

- 1) дистанційне керування електроприладами. Воно може бути як усередині приміщення так і за його межами;
- 2) забезпечення комфортного середовища;
- 3) збільшення вільного часу, який використовувався на виконання рутинних завдань;
- 4) підвищення якості життя людини в цілому.

Часто в якості синоніма терміну «система домашньої автоматизації» використовують поняття «Розумний» будинок («Smart Home»), але це не зовсім точно. Поняття «Розумний» будинок дещо ширше. «Розумний» будинок, окрім

сценаріїв управління побутовими приладами і інженерними системами, забезпечує спільну, скоординовану роботу усіх систем. Управління «розумним» будинком здійснюється на основі сценаріїв. Усі системи розумного будинку використовують показники сенсорів, і на їх основі реалізують ті або інші сценарії. Складність сценаріїв може бути різною: від простих автоматів до використання компонентів штучного інтелекту. У «розумному» будинку завжди

має бути закладений компенсаторний варіант роботи системи, коли при відмові якого-небудь устаткування система не виходить з ладу, а використовує альтернативний сценарій роботи. «Розумний» будинок повинен працювати, ґрунтуючись на стилі життя хазяїна. Система повинна легко перебудовуватися на різні режими та умови роботи, наприклад, враховувати вихідні, відпустку, прихід гостей, день, ніч і т.п.

Технологія автоматизації в даний час заснована на використанні з'єднання різних об'єктів - Інтернет речей (IoT), що спілкуються в мережі Інтернет. За допомогою мережевої технології інтернет, IoT об'єкти інтегровані в системи автоматизованого керування для їх дистанційного та локального управління [2,3]. Використання для побудови «розумних» будинків різних мережевих технологій та великого різноманіття IoT-пристроїв і компонентів, інтерфейсів

керування та програмних продуктів від різних виробників, призведе до складності їх проектування, розгортання, забезпечення узгодженості та не дає змогу їх широкого впровадження. Тому розробка моделі «розумної» цифрової мережі на базі уніфікованого телекомунікаційного обладнання одного виробника Cisco з узгодженою роботою, підключених до неї широкого спектру IoT пристроїв є актуальним завданням. Саме вирішенню цих задач і присвячена дана робота.

Метою роботи є побудова імітаційної моделі цифрової розумної мережі індивідуального житлового будинку на базі обладнання Cisco Systems.

Об'єктом досліджень є процеси обміну телеметричною інформацією в мережах різного типу.

Предметом досліджень є імітаційна модель цифрової розумної мережі індивідуального житлового будинку.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Розроблена-удосконалена імітаційна модель цифрової розумної мережі індивідуального житлового будинку на базі обладнання Cisco Systems з використанням динамічного соціального середовища Packet Tracer, що дозволило вирішити проблеми узгодження IoT пристроїв та мережевого устаткування та дослідити поведінку IoT щодо імітованого навколишнього середовища.

Практична значимість отриманих результатів:

1. Проведений аналіз існуючих рішень побудови «розумних» мереж.

Показано, що застосування на практиці мереж різних стандартів та пристроїв IoT з різними інтерфейсами та протоколами їх роботи від різних виробників, призведе до труднощів забезпечення складеної роботи систем «Smart Home» та телекомунікаційної мережі в цілому. Наведені рекомендації, щодо вибору телекомунікаційного обладнання одного виробника Cisco, що надасть

можливість забезпечити апаратну та програмну реалізацію «розумної» мережі.

2. Проведений аналіз основних технологій, стандартів та протоколів. Надані рекомендації, щодо побудови провідових мереж стандартів Ethernet та

безпроводових мереж стандартів Wi-Fi та 3G/4G при організації та впровадженні абонентського доступу до мережі Інтернет.

3. Проведене конфігурування окремих сегментів «розумної» мережі «Smart Home» за допомогою віртуального обладнання Cisco та симулятора Packet Tracer 7.3.1. Описана поведінка роботи підключених до мережі IoT пристроїв та правила їх спрацьовування.

4. Розроблене алгоритмічно – програмне забезпечення з використанням мови програмування JavaScript, яке дозволило забезпечити автоматичне керування IoT пристроями «розумної» мережі напряму через мережу Інтернет з любого комутаційного пристрою.

Апробація результатів дослідження: Результати досліджень представлені у вигляді доповіді на науково-практичній інтернет - конференції молодих науковців і студентів «Інтелектуальний потенціал-2020».

Дипломна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 81 сторінку комп'ютерного тексту, у тому числі: 48 рисунків, 5 таблиць, список використаних джерел вміщує 38 найменувань.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВИХ МЕРЕЖ «SMART HOME»

1.1 Основні поняття розумного будинку

Історія «Розумного будинку» почалася ще в середині двадцятого століття з появою поняття "Інтернет речей" або англійською – Internet of Things [1]. Вже тоді люди замислилися над тим, як зробити своє життя комфортніше. Основним питанням того часу була можливість передачі декількох сигналів по одному кабелю. Проте проектування системи у той час займало надто багато часу і прогрес сильно випереджав її реалізацію.

На початок 70-х з'явився термін «Розумний будинок» (від англійського «Smart home»), який визначав, що ця будівля, яка забезпечує продуктивне і ефективно використання робочого простору. І вже в 1978 році була запущена первинна ідея управління різними системами і сенсорами через електропроводку будинку.

Десь в 90-х роках ця ідея стала просуватися на вітчизняному ринку. З'явилися відео- і аудіосистеми, розвивалися комп'ютерні технології, телекомунікації, інформаційні - системи, які мали попит у власників великих компаній та багатих олігархів.

З кожним роком оснащення квартир ускладнювалося, росла кількість пристроїв, що формують комфортне домашнє середовище, автоматиці доручали все більші завдання [5].

На даний момент «розумний» будинок є системою [4,5], яка об'єднує усі підсистеми в єдине ціле та здійснює контроль за ними. При цьому, роль людини в управлінні окремими процесами зводиться до мінімуму, усе покладається на автоматику.

«Розумний» будинок - житловий автоматизований будинок сучасного типу. Під одним з понять «розумний» будинок слід розуміти систему, яка не тільки вміє зчитувати дані з сенсорів, але і передавати їх. Вона також вміє розпізнавати певні ситуації, що відбуваються в приміщеннях. Якщо ситуація визначена, то і система відповідним чином буде на них реагувати. Основною особливістю інтелектуальної будівлі є об'єднання окремих підсистем в єдиний керований комплекс.

На рисунку 1.1 наведені всі організації альянсу взаємодії між виробниками електроніки та систем проводового та безпроводового зв'язку, які розробляють «розумні» системи та мережі автоматизації [1].



Рисунок 1.1 – Альянс взаємодії між виробниками електроніки та систем

проводового та безпроводового зв'язку

Самими необхідними компонентами системи «Smart Home», як показують дослідження, стали смарт - реле, системи безпеки, «розумні» електричні лампочки, мережеві камери відеоспостереження, аудіосистеми, що охоплюють, відразу декілька приміщень. Для управління сучасними системами інтелектуального будинку використовуються технології мобільного або фіксованого зв'язку. Центр управління може бути підключений до Інтернету і до хмарного сервісу постачальника устаткування або постачальника сервісу «розумний» будинок. Таке рішення дозволяє істотно спростити застосування програмного забезпечення і взаємодію «Smart Home». У спеціальному застосуванні або за допомогою веб-інтерфейсу відбувається управління усіма

параметрами системи: включаються або відключаються пристрої, задаються їх бажані налаштування [3].

Однією з найважливіших функцій «Smart Home» являється створення спеціалізованого автоматизованого середовища з компенсаторними функціями для людей з обмеженими можливостями здоров'я. Система «Smart Home» може забезпечити людям з обмеженими можливостями здоров'я високу якість життя. Така система може виконувати багато функцій, які людина або не може виконувати зовсім, або йому це робити важко.

Для споживача система «Smart Home» частенько є елементом елітного життя і як наслідок має дуже високу вартість [3]. Замовниками рішень для «Smart Home», як правило, виступають власники котеджів і приватних будинків. Зараз до них підключаються і власники квартир. Системи домашньої автоматизації нині мають велику популярність у світі. Їх будують з нуля, купують і інстальнують в процесі ремонту, а також збирають з доступних комплектуючих.

Інтернет речей проникає в самі різні пристрої і додатки, які можуть використовуватися в усіх галузях промисловості. За останні п'ять років, в якості облаштування зв'язку, лідирують смартфони, які допомагають вирішувати повсякденні завдання. Далі слідують планшети, з мобільною операційною системою і сенсорним інтерфейсом. Як тільки Інтернет-речей стане буденним, легко уявити цілі категорії споживчих застосувань і бізнес-додатків, задіяних в цій новій системі, яку можна описати поняттям "Підключене життя". Це включає будівельну і побутову автоматизацію, системи опалювання і кондиціонування повітря, управління дорожнім рухом (наприклад, «розумний» світлофор), організацію гурботи про літніх людей, системи безпеки, а також підключені до Інтернету автомобілі і зовнішня реклама.

1.2. Системи домашньої автоматизації

Сьогодні ринок «розумних» будинків тільки починає своє формування. У Європі і Америці 30% будинків використовують системи домашньої автоматизації.

Найбільшу долю постачачь на даному ринку займають компанії Philips Lighting, Honeywell, Belkin, Nest, Ecobee, MyFox, Sonos, Canary, Netatmo і D-Link [5, 8].

Системи домашньої автоматизації вирішують наступні завдання щодо створення комфортного середовища, а саме (рисунк 1.2):

5) дистанційне керування електроприладами. Воно може бути як усередині приміщення так і за його межами.

6) збільшення вільного часу, який використовувався на виконання рутинних завдань.

7) забезпечення моніторингу стану об'єкта – зчитування сенсорів виду ввіключено/виключено, яскравість, вологість, відеоінформація, аудіоінформація.

8) підвищення якості життя людини в цілому.

Домашня автоматизація	Турбота про сім'ю
	- моніторинг за дітьми та літніми особами
- адаптивне освітлення	- моніторинг за станом здоров'я
- автоматизація виробництва	
- моніторинг середовища	- допомога у тринуванні
- адаптивне використання енергії	- цифрові фото рамки
- контроль застосування (нагрів, сенсори, гараж ...)	- датчики домашніх тварин
- керування садом та полем	- навчання

НУБІП України

НУБІП України

Домашня безпека	Інші напрямки
- контроль вторгнення	- доставка та відправлення пошти
- моніторинг будинку	
- запобігання пожежам	- сервіси з прив'язкою до місцеположення
- симуляція підтримки	- енергетичні сервіси
- відео контроль	- заряд електроавтомобілів
- авторизація входу	- сервіси домашньої мережі

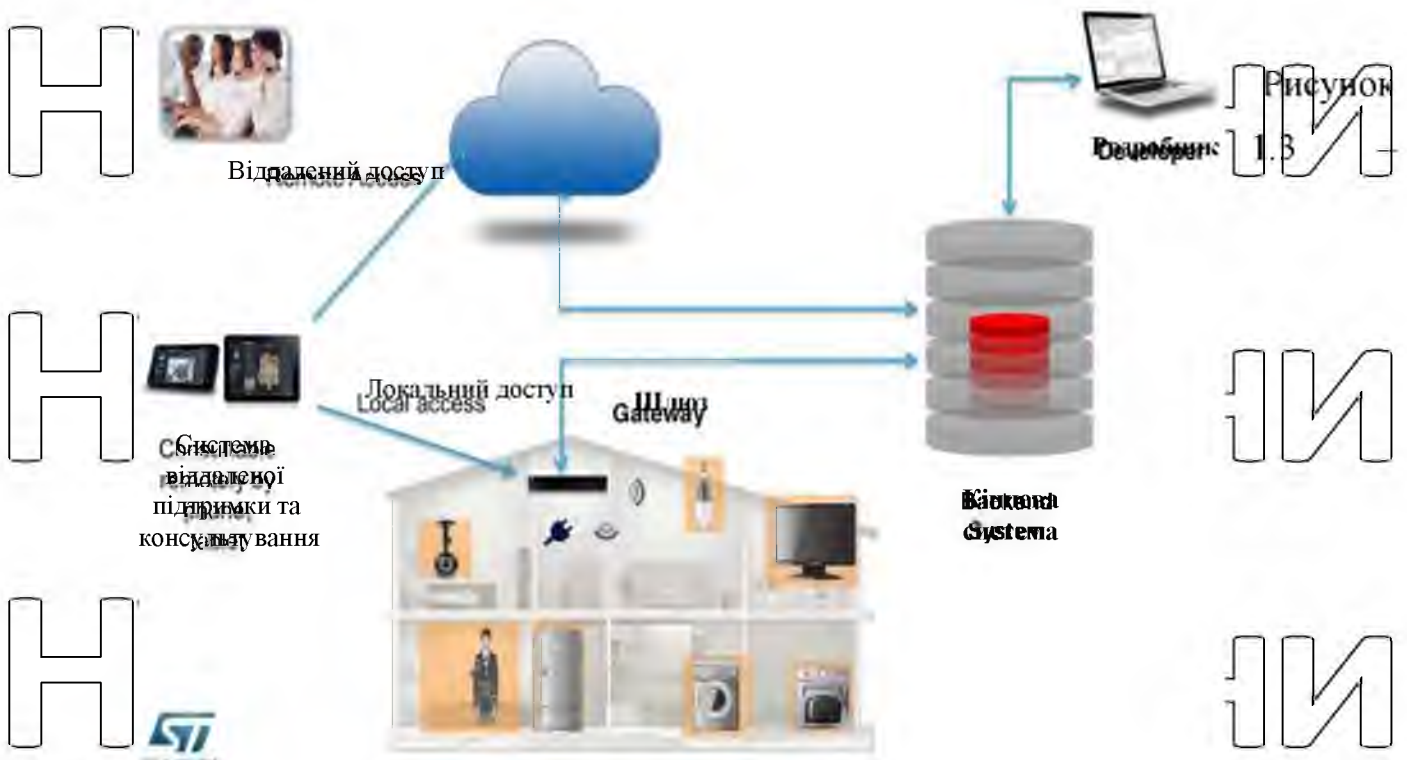
НУБІП України

НУБІП України



Рисунок 1.2 – Приклади використання Smart технології

«Розумний» будинок, окрім сценаріїв управління побутовими приладами і інженерними системами, забезпечує спільну, об'єднану роботу усіх систем. Управління «розумним» будинком здійснюється на основі сценаріїв [4,5]. Усі системи «розумного» будинку використовують показники сенсорів, і на їх основі реалізують ті або інші сценарії. Складність сценаріїв може бути різною: від простих автоматів до використання компонентів штучного інтелекту. У розумному будинку завжди має бути закладений компенсаторний варіант роботи системи, коли при відмові якого-небудь устаткування система не виходить з ладу, а використовує альтернативний сценарій роботи. «Розумний» будинок повинен працювати, ґрунтуючись на стилі життя хазяїна. Система повинна легко перебудовуватися на різні режими та умови роботи у вихідні, під час відпустки та приходу гостей, у день та вночі і т.п. Структура «розумного» будинку з точки зору взаємодії вузлів (рисунок 1.3).



Структура «розумного» будинку з точки зору взаємодії вузлів

Система керування будинком повинна відповідати трьом найважливішим критеріям: доступна ціна, якісні комплектуючі, можливість розширення функціонала шляхом додавання нових апаратних і програмних модулів.

Дані про життєве середовище мають збиратися з різних сенсорів:

освітлення, вологості, температури, звуку, сенсорів типу сухий контакт і так далі.

Сучасна система «Smart Home» не є тільки системою введення сигналів від сенсорів та керування типу "включити – виключити". Доступним є також генерування звукових повідомлень, керування зовнішніми пристроями з інфрачервоним керуванням. Інтерфейс системи Smart Home реалізується з урахуванням потреб розробника.

Підключення провідних та безпроводових сенсорів дозволяє контролювати незакриті дверці кухонних шаф і інші меблеві двері і не засунуті ящики. Система інтерфейсу від домофону до телефону, із застосуванням відповідного обладнання, дозволяє переадресувати вхідні домофонні дзвінки на мобільний телефон хазяїна. Усі процеси можливо контролювати як з домашнього комп'ютера, так і з мобільного телефону [8-10].

Застосування загальної концепції (рисунок 1.4) дозволяє виконати взаємодію на різних рівнях системи.



Рисунок 1.4 – Загальна структура програмного стеку мережі «розумного» будинку

На рисунку 1.5 показаний один з варіантів безпроводового способу управління, що відповідає загальній ідеології «Smart Home» та структурі програмного стеку (рисунок 1.4) системи «розумного» будинку. У цих системах на відміну від проводових, сигнал від пристроїв управління до виконавчих пристроїв передається радіоканалом. Це дозволяє скоротити кількість проводів, грошові витрати, а також заощадити час на інсталяцію системи. Ці системи можна монтувати на об'єкти з готовим ремонтом з класичною проводкою. Кожен безпроводовий "вимикач" є ще і радіопередавачем, який зв'язується з усіма іншими "вимикачами". Таким чином можна отримати максимальну ефективність і роботу «розумного» будинку.



1 – блок перетворення сонячної енергії; 2 – блок передачі інформації в мережу; 3, 4 – побутові пристрої; 5 – зарядний пристрій для електроавтомобіля [6, 7]

Рисунок 1.5 - Безпроводова система автоматизації

1.3 Вимоги до системи «Smart Home»

Система Smart Home повинна задовольняти наступним критеріям [8]: -

- цінова доступність;

- модульність;

- масштабованість, тобто можливість додавання устаткування

для розширення функціонала системи;

- містити інтуїтивно зрозумілий призначений для користувача

інтерфейс, що адаптується до потреб користувача;

- адаптація системи, тобто можливість підстроювання не лише

інтерфейсу, але і функціонала системи під вимоги і особливості

конкретних користувачів;

- наявність власного виробництва елементів «Smart Home»;

- підтримка устаткування різних виробників;

використання відкритого програмного забезпечення;
 підтримка великої кількості протоколів взаємодії компонентів системи;
 - розвинена технічна підтримка.

На українському ринку представлені не так багато компаній, які б частково відповідали цим критеріям. Розглянемо наявні системи.

На рисунку 1.6 наведена типова мережа «розумного» будинку та їх взаємодія з мережею Інтернет [9]

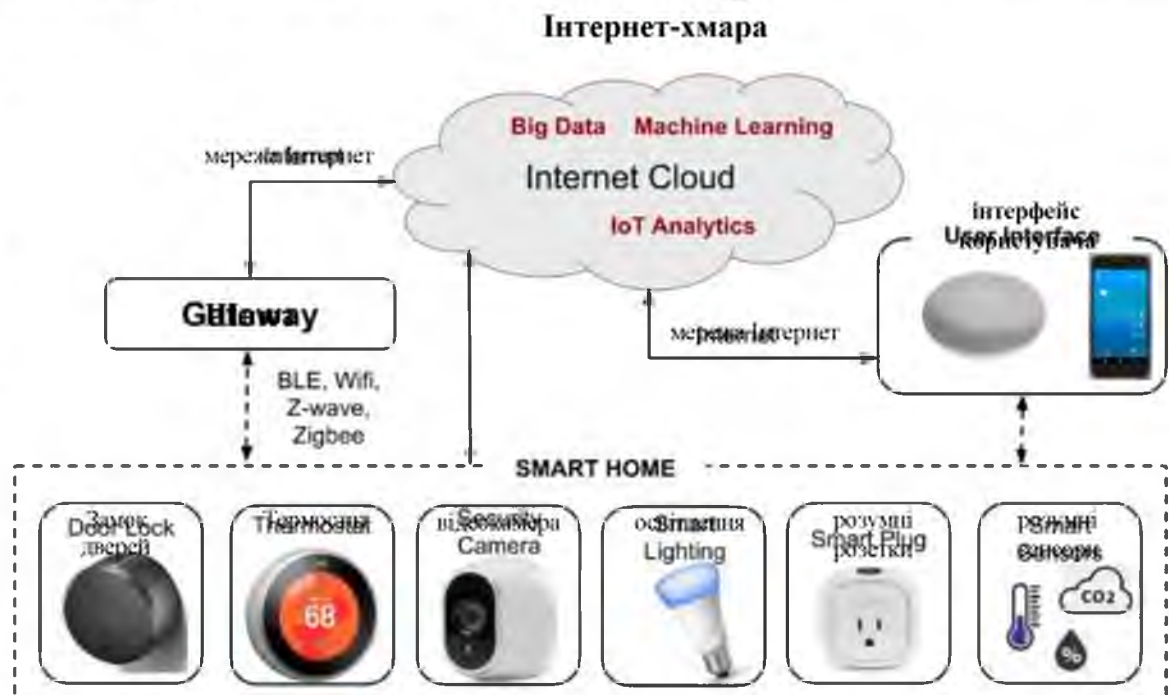


Рисунок 1.6 - Типова мережа «розумного» будинку та IoT взаємодія з мережею Інтернет

1.4. Системи та кінцеве обладнання мереж «Smart Home»

Розглянемо існуючі типи кінцевого обладнання мереж «Smart Home».

1.4.1 Стартовий комплект Fibaro Starter Kit

Стартовий комплект Fibaro Starter Kit (FIB_Start) [11] є набором, що складається з центрального контролера Fibaro, сенсора руху, диму, протікання, відкриття дверей і вікна, модуля в розетку для управління електроприладами (рисунки 1.7). Вартість устаткування складає до 1000 доларів США.



Рисунок 1.7 - Стартовий комплект Fibaro Starter Kit [11]

Цей комплект є стартовим набором з можливістю розширення. Зв'язок модулів здійснюється за допомогою радіоканалу. Є можливість додати в систему сенсори температури, вологості, освітленості, а також інші модулі для управління електроприладами.

1.4.2 Стартовий набір Easy Smart Box

Easy Smart Box [12] пропонує стартовий набір для «розумного» будинку, який включає наступні можливості:

- управління освітленням, функції протипаварійної сигналізації;
- управління електричними навантаженнями без контролю потужності;
- функції охоронної сигналізації;
- управління і моніторинг системи в реальному часі;
- програмне забезпечення з графічним інтерфейсом;
- робота з будь-якими мобільними телефонами;
- можливість віддаленого управління розумним будинком.

Систему можна розширити, але на обмежену кількість пристроїв.

Устаткування працює під управлінням ПЛК ОВЕН [12]



Сенсори

Контролер

Панелі HMI-інтерфейсу

Рисунок 1.8 – Стартовий набір Easy Smart Box [12]

Система частково може реалізувати запрошені критерії, але оскільки виробник не дає точних даних про використовувані сенсори і модулі, не можна достовірно сказати про функціональність усієї системи в цілому. Спираючись на знання про те, що в системі центральною ланкою є ПЛК Овен можна зробити висновок, що система дуже обмежена в модернізації. Досить складно долати устаткування, яке спочатку не підтримується цим контролером [12].

1.4.3 Готове рішення системи розумний будинок SenseHome Mini

SenseHome Mini – готове рішення системи розумний будинок, яке швидко і легко встановлюється і настраюється. Монтаж можливо виконувати людині без спеціальної освіти. Ця система має наступні можливості [6]:

- 4 групи комутованого світла до 300 Вт;
- 6 груп включення та вимкнення світла;
- управління з IOS і Android;
- контроль 4 зон температури;
- 1 лінія розеток, що відключаються.

За додаткову плату можна підключити контроль протікань, охоронну систему і т. п. В комплект не входять електроклапани, вимикачі, кнопки і лише інженерне устаткування.



Рисунок 1.9 – Комплекти рішень сенсорів та керованих пристроїв системи [6]

Як можна помітити, обмежений функціонал пропонується за досить високу ціну. Розробники цієї системи не публікують технічних характеристик устаткування, тому дуже складно зробити якісь висновки відносно розширюваності і функціонала. Така система абсолютно не підходить під задані критерії вибору устаткування для «Smart Home».

1.4.4 Система автоматизації Inwion

Рішення Inwion [7] підходить як для приватного домовладіння, так і для великих офісних структур (контролер підтримує від 1 до 50 сенсорів). Система повністю безпроводова, тобто може бути встановлена в приміщенні, де вже зроблена чистова обробка. Забезпечує можливість контролювати з єдиного інтерфейсу різно-віддалені одне від одного приміщення. Установка не вимагає спеціальних технічних навичок і може бути зроблена користувачем самостійно з коробки. Система допускає подальше нарощування функціонала. Він може бути доданий на будь-якій стадії. Інтелектуальний запуск відеозапису по подіях і набір сенсорів дозволяють настроїти систему відеоспостереження для вирішення конкретних завдань [7].

Цей підхід реалізує більше охоронну систему, чим автоматизований «Smart Home». Планка в 50 сенсорів різко знижує функціонал і можливість нарощування системи. Таке устаткування може підійти для певних завдань, але не для повної автоматизації.

1.4.5 Система домашньої автоматизації MajorDoMo

Система домашньої автоматизації MajorDoMo (Major Domestic Module або Головний Домашній Модуль) є безкоштовною і відкритою програмною платформою для комплексного управління домашньою автоматикою, а так само для інформаційної підтримки життєдіяльності [13]. Ця система може бути встановлена практично на будь-який персональний комп'ютер (на платформі Windows і Linux) і абсолютно не вимоглива до ресурсів. Є присутньою повна оптимізація для мікроконтролерів Raspberry. Навіть без прив'язки до устаткування вона може бути використана для організації персональної інфомережі. Цей проект є частиною екосистеми SmartLiving, яка, до речі, має прекрасні можливості для подібних проектів.

Основні можливості MajorDoMo, згідно з сайтом розробників [13]:

- проста і швидка установка;
- кросс-платформеність ПЗ керування (Windows/Linux);
- безкоштовна для особистого або комерційного використання;
- велике і активне співтовариство навколо проекту;
- підтримка різного устаткування, у тому числі і ZigBee;
- веб-доступ з будь-якого пристрою;
- веб-інтерфейс з оновленням в реальному часі;
- GPS-трекінг і реакція на місце розташування користувачів;
- голосові повідомлення і розпізнавання голосу;
- PUSH-повідомлення;
- інтеграція із сторонніми веб-сайтами і сервісами;
- управління мультимедіа;
- модель безпеки з розмежуванням доступу між користувачами;
- сервіс Connect;
- CloudSync - хмарна синхронізація і простий доступ з будь-якого місця;
- система оновлень в один клік;
- побудована на веб-технологіях (PHP/JS/HTML5);

- програмування за допомогою PHP і/або візуального середовища Blockly;
- розширений аналіз стану і само-діагностування;
- магазин доповнень;
- підтримка динамічних 3d-сцен (WebGL) (рисунок 1.10).



Рисунок 1.10 - Скриншот з програми MyDoMo [13]

Існує велика кількість як сертифікованих для ZigBee димерів (рисунок 1.11), так і їх аналогів, в різних форм реалізації: кнопкові, поворотні, сенсорні. Такий пристрій, обладнаний приймачем, приймаючи сигнали від головного пристрою, здатний управляти певною ділянкою освітлення, плавно збільшуючи або зменшуючи яскравість світла. До того ж у разі виходу, з ладу усієї системи зможе автономно існувати у вигляді звичайного димеру [15].



Рисунок 1.11 - Димери поворотний і ZigBee цокольний [15].

1.5 Протоколи і інтерфейси в системі розумного будинку

1.5.1 Протокол X10

Протокол X10 є однією з перших технологій для розумного будинку. Вона була розроблена компанією Pico Electronics в 1970 році [15]. Протокол заснований на передачі інформаційних сигналів по наявній електричній проводці у будинку. Тобто, побудувати мережу X10 можливо простим підключенням пристроїв в електричні розетки. Плюсом такого рішення є простота налаштування і установки. Мінусом же є повільна передача даних, відсутність зворотного зв'язку і погана заводозахищеність лінії.

1.5.2 Комунікаційний протокол Modbus

Комунікаційний протокол Modbus, заснований на клієнт-серверній архітектурі [16], розроблений для використання в програмованих логічних контролерах. Нині є дуже поширеним протоколом, використовуваних в різних промислових системах. Приміром, цей протокол використовується в контролерах крокових двигунів. Широко використовується для передачі даних по послідовній лінії зв'язку, заснованих на інтерфейсах RS-485, RS-422, RS-232. На початку розвитку застосовувався інтерфейс RS-232, як один з найбільш простих промислових інтерфейсів для послідовної передачі даних. Нині протокол часто використовується поверх інтерфейсу RS-485, що дозволяє добитися високої

швидкості передачі, великих відстаней і об'єднання декількох пристроїв в єдину мережу, тим більше що протокол Modbus підтримує адресацію. Широка поширеність протоколу Modbus, обумовлена його простотою і надійністю, дозволяє легко інтегрувати пристрої, підтримувальні Modbus, в єдину мережу.

Основною особливістю протоколу є наявність в мережі одного провідного пристрою - master. Тільки провідний пристрій може опитувати інші пристрої мережі, які є веденими (slave). Підпорядкований пристрій не може самостійно ініціювати передачу даних або просити які-небудь дані у інших пристроїв, робота мережі будується тільки за принципом "запит-відповідь". Майстер може так само видати широкомовний запит, адресований усім пристроям в мережі, у такому разі повідомлення у відповідь не посиляється [16].

1.5.3 Інтерфейс RS-485

Мережа, побудована на інтерфейсі RS-485, є приймачами, сполученими за допомогою виті пари - двох скручених проводів [17].

В основі інтерфейсу RS-485 лежить принцип диференціальної (балансної) передачі даних. Суть його полягає в передачі одного сигналу по двох проводах. Причому по одному проводу (умовно А) йде оригінальний сигнал, а по-іншому (умовно В) - його інверсна копія. Іншими словами, якщо на одному проводі "1", то на іншому - "0" і навпаки. Таким чином, між двома проводами виті пари завжди є різниця потенціалів: при "1" вона позитивна, при "0" - негативна.

Саме цією різницею потенціалів і передається сигнал. Такий спосіб передавання забезпечує високу стійкість до синфазної перешкоди.

1.6 Безпроводові технології в системі «розумний» будинок

Попри те, що в якості основної реалізації комунікаційної підсистеми вибрана проводова, очевидно, що оскільки надалі можливе розширення і доповнення функціонала, необхідно передбачити і можливість безпроводового зв'язку.

Z-Wave - безпроводовий протокол, який є технологією в основі якої лежить комірчаста мережа (mesh - мережа) [18].

Кожен пристрій в мережі Z-Wave є як приймачем, так і передавачем. Завдяки цьому збільшується надійність мережі (при виході з ладу одного пристрою, сигнал піде через сусідній), а зона покриття розширюється простим додаванням нових пристроїв.

У мережі Z-Wave не потрібні додаткові повторювачі і підсилювачі сигналу, досить, щоб будь-яке облаштування мережі Z-Wave знаходилося в радіусі дії сусіднього пристрою.

Wi-Fi (абр. Wireless Fidelity - безпроводова висока точність) - це технологія дозволяє передавати дані на високих швидкостях [10]. Робоча частота Wi-Fi 2,4 ГГц і 5 ГГц. Як стандарти на даний момент прийняті 802.11a, 802.11b і 802.11g зі швидкостями 54 Мбіт/с, 11 Мбіт/с і 100 Мбіт/с, відповідно. Ця технологія має високу захищеність і завадостійка.

Також в «розумних» будинках використовується технологія Bluetooth [19]. Оскільки Bluetooth має малий радіус дії, то його зручно використати для ідентифікації користувача. Наприклад, по мобільному телефону.

Радіоканал широко використовується в розумних будинках для дистанційного керування [14]. Безліч радіопультів і сенсорів мають вбудований радіопередавач, який відправляє дані на радіоприймач головного контролера. Можна використати як закодований, так і відкритий радіоканал. Інфрачервоне управління використовується в основному в кондиціонерах, а також теле- і аудіоапаратурі [20].

Висновки до 1 розділу

1. Огляд існуючих «розумних» систем та мереж показав, що майже усі існуючі рішення мають закрите програмне забезпечення і обмежену розширюваність. У вільному доступі відсутні їх повні технічні характеристики. Устагкування, зазвичай обслуговується однією компанією і має малу підтримку

сторонніх виробників. У зв'язку з цим прийнято рішення про створення власної системи «Smart Home», що задовольняє заявленим критеріям.

2. В «розумних» будинках застосовують рішення, побудовані на різних інтерфейсах від різних виробників. Тому застосування на практиці компонентів, контролерів та сенсорів системи від різних виробників має принципову складність через неузгодженість необхідних інтерфейсів.

3. Для забезпечення роботи вузлів мережі повністю інтегрованих між собою вимагається застосування єдиного підходу. Такий підхід можливий із застосуванням обладнання від відомих світових виробників, які здатні забезпечити апаратну та програмну реалізацію, надають інтегровані рішення щодо розробки інтерфейсу взаємодії. До таких виробників відноситься Cisco Systems, який має понад 70% обсягу мережевих рішень в світі.

2 ТЕХНОЛОГІЇ, СТАНДАРТИ ТА ПРОТОКОЛИ «РОЗУМНИХ» МЕРЕЖ

Перш ніж проектувати цифрову мережу «Smart Home» розглянемо коротко основні мережні технології, стандарти та протоколи її роботи.

2.1. Технологія Ethernet та локальні проводові мережі

Ethernet - домінуюча технологія проводових локальних мереж. Роберт Метклаф винайшов її в 1973 році в Xerox для того, щоб до одного лазерного принтера підключити якомога більше комп'ютерів [21].

Надалі Xerox, DEC, Intel вирішують використовувати Ethernet в якості стандартного мережевого рішення (Ethernet II). 1, вже у 1982 виходить специфікація IEEE 802.3 для стандартизації Ethernet.

На рисунку 2.1 показане місце Ethernet в моделі OSI [21]:



Рисунок 2.1- Місце Ethernet в моделі OSI [21]

Існує декілька типів мереж стандарту Ethernet, які відрізняються швидкістю та використанням середовищем передачі (типом кабелю).

Є дві технології Ethernet [21]:

- 1 Класичний Ethernet - розділюване середовище (Ethernet - Gigabit Ethernet).
- 2 Комутований Ethernet (точка-точка). З'явився в Fast Ethernet і це єдиний варіант в 10G Ethernet.

Таблиця 2.1 - Типи Ethernet [21]

Типи Ethernet			
Назва	Швидкість	Кабель	Стандарт
Ethernet	10 Мб / с	Товстий, тонкий коаксіал, Витя пара, оптика	802.3
Fast Ethernet	100Мб / с	Витя пара, оптика	802.3u
Gigabit Ethernet	1Гб / с	Витя пара, оптика	802.3z, 802.3ab
10G Ethernet	10Гб / с	Витя пара, оптика	802.3ae, 802.3ap

Класичний Ethernet. В якості загальної шини використовувався коаксіальний кабель. У подальшому така схема була замінена на концентратори Ethernet (hub). Використовується фізична топологія – «зірка» та логічна топологія – «загальна шина», де комп'ютери підключаються до концентратора за

допомогою кручених пар, але всередині - загальна шина, тобто всі дані, які приходять на одну порт, передаються на всі інші порти.

Для ідентифікації мережевих інтерфейсів вузлів всередині мережі Ethernet використовуються MAC-адреси. Очевидно, що вони повинні бути унікальні в одному сегменті мережі. Якщо кілька мають один і той же MAC, то один з них працювати не буде і який саме не регламентоване.

Стандартами Ethernet є [21]:

1. Перший варіант - експериментальна реалізація в Xerox.
2. Ethernet II (Ethernet DIX) - фірмовий стандарт Ethernet компанії Xerox, Intel, DEC.

2. IEEE 802.3 - юридичний стандарт Ethernet.

Ethernet II і IEEE 802.3 розрізняються незначно. Перший з них історично раніше з'явився і з появою другого багато обладнання було на Ethernet II. Зараз підтримуються обидва. Різниця в тім, що в Ethernet II передавався тип протоколу, а по IEEE 802.3 замість нього передавалася довжина поля даних.

Ethernet II

Preamble 8 байт	DA 6 байт	SA 6 байт	Type 6 байт	Data	FCS 4 байт
--------------------	--------------	--------------	----------------	------	---------------

802.3 Ethernet

Preamble 8 байт	DA 6 байт	SA 6 байт	Lenght 2 байти	Data	FCS 4 байт
--------------------	--------------	--------------	-------------------	------	---------------

Рисунок 2.2- Порівняння кадрів Ethernet II і IEEE 802.3 [21]

Опишемо основні поля кадру Ethernet II та наведемо його відмінності від кадру 802.3 – Ethernet [21]:

1. Препамбула (8 байт) являє собою схему чергування одиниць і нулів закінчення двома одиницями. Коли цей шаблон отриманий, відомо, що все, що йде після цього шаблону, є фактичним кадром.

2. Адреса призначення. Перші шість байтів з кадру Ethernet складають адресу призначення. У DA (Destination Address) вказується, до якого адаптера кадр даних надсилається. Адреса призначення зі всіх одиниць вказує на Broadcast повідомлення, що читається всіма адаптерами приймаючими Ethernet. Перші три байти призначаються адресі IEEE постачальником адаптера і є специфічними для постачальника. MAC джерела та призначення використовується для перемикання на основі MAC.

3. Адреса джерела. Наступні шість байтів кадру Ethernet складають адресу джерела. В адресі джерела вказується, з якого джерела виникло повідомлення. Як і адреса призначення, перші три байти визначають постачальника картки (адаптера). Формат адреси призначення ідентичний у всіх реалізаціях Ethernet.

4. Ефір. За адресою джерела є 2-байтове поле, яке називається Ethertype.

Ethertype визначає буфер пам'яті, щоб помістити цей кадр. Ether Types; 0800 – IPv4; 86DD – IPv6; 0806 – ARP. Якщо розглядати формати кадру 802.3 та Ethernet II: обидва формати вказують 2-байтове поле після адреси джерела (Ethertype у Ethernet II та поле Length у 802.3). Усі типи ефірів мають значення більше, ніж 05DC, або 1500. Оскільки максимальний розмір кадру в Ethernet становить 1518 байт, немає сенсу перекривати між типами Ethernet і довжинами. Якщо поле, яке слідує за адресою джерела, перевищує шістнадцяткове значення 05DC, кадр - це версія II, інакше це щось інше (або 802.3, 802.3 SNAP, або Novell Proprietary).

5. Дані (46-1500 байт). Після поля Ethertype йде 46-1500 байт даних, які, як правило, складаються із заголовків верхнього рівня, таких як TCP / IP або IPX, а потім фактичних даних користувача.

6. Поле FCS: останні 4 байти. В останніх 4-х байтах, адаптер читає кадр Check Sequence або CRC - циклічної перевірки надмірності. Коли напруга на провіді в нулі, адаптер перевіряє останні 4 байти, які він отримав, та порівнює з контрольною сумою, яку він генерує через складний поліном. Якщо обчислена

контрольна сума не відповідає контрольній сумі на кадрі, кадр відкидається і ніколи не досягає буферів пам'яті на станції.

Кожен тип кабелю Ethernet, який вказаний в EIA / TIA, має властивість загасання, яке визначається як втрата потужності сигналу при проходженні довжини кабелю та вимірюється в децибелах (дБ). Кабелі, що використовуються на корпоративних та внутрішніх ринках, вимірюються в категоріях. Кабель вищої якості матиме вищу номінальну категорію та нижчий рівень затухання.

До специфікацій стандарту IEEE 802.3 належать [21]:

1. 10Base2 10 Мбіт / с, технологія базової смуги, довжиною до 185 метрів. Відомий як тонкий і може підтримувати до 30 робочих станцій на одному сегменті. Використовує фізичну та логічну шину з розняттям AUI. Число 10 означає швидкість - 10 Мбіт / с, Base означає технологію базової смуги, а число 2 означає майже 200 метрів. Карти Ethernet 10Base2 використовують BNC (British Naval Connector, Bayonet Neill Concelman або Bayonet Nut Connector) і T-з'єднувачі для підключення до мережі.

2. 10Base5 10 Мбіт / с, технологія базової смуги, довжиною до 500 метрів. Відомий як товстий. Використовує фізичну та логічну шину з розняттями AUI. До 2500 метрів з ретрансляторами та 1024 користувачами для всіх сегментів.

3. 10BaseT 10 Мбіт / с із використанням проводки UTP категорії 3. На відміну від мереж 10Base2 та 10Base5, кожен пристрій повинен підключатися до концентратора або комутатора, і, при цьому, можна мати лише один хост на сегмент або провід. Використовується розняття RJ-45 (8-контактне модульне розняття) з фізичною топологією «зірка» та «логічна шина».

До розширених специфікацій IEEE Ethernet 802.3 належать:

1. 100BaseTX (IEEE 802.3u). Використовує кабель EIA / TIA категорії 5, 6 або 7 UTP двопарну проводку. Має можливість підключення одного користувача на сегмент, довжиною до 100 метрів. Він використовує розняття RJ-45 з фізичною топологією «зірка» та логічною шиною.

2. 100BaseFX (IEEE 802.3u). Використовує волоконно-кабельне 62,5/125 мікронне багатомодове волокно. Топологія точка-точка, довжиною до 412 метрів. Він використовує роз'язтя ST або SC, які є роз'язтям мультимедійного інтерфейсу.

3. 1000BaseCX (IEEE 802.3z). Використовується мідна вита пара, яка називається twipax (збалансована коаксіальна пара), яка може застосовуватись до 25 метрів.

4. 1000BaseT (IEEE 802.3ab). Використовується кабель 5 категорії, чотири пари UTP-проводки довжиною до 100 метрів.

5. 1000BaseSX (IEEE 802.3z). Використовується для передачі мультимедійний формату (MMF) даних з використанням ядра 62,5 та 50 мкм; використовує 850-нанометровий лазер і може досягати 220 метрів з 62,5 мкм, 550 метрів з 50 мкм.

6. 1000BaseLX (IEEE 802.3z). Одномодове волокно, яке використовує 9 мікронне ядро і 1300 нанометровий лазер, і може простягатись на відстані від 3 до 10 кілометрів.

2.2. Технологія безпроводової локальної мережі Wi-Fi

Wi-Fi - це популярна технологія безпроводових мереж. Wi-Fi означає «вірність безпроводового зв'язку». Wi-Fi був винайдений корпорацією NCR / AT & T в Нідерландах в 1991 році. За допомогою цієї технології можна обмінюватися інформацією між двома або більше пристроями. Wi-Fi розроблений для мобільних обчислювальних пристроїв, таких як ноутбуки, але зараз він широко використовується для мобільних додатків та побутової електроніки, таких як телевізори, DVD-програвачі та цифрові камери і інш. У спілкуванні із з'єднанням Wi-Fi повинно бути дві можливості, які можуть здійснюватися через точку доступу до підключення клієнта або від підключення клієнта до клієнта. Wi-Fi - це один із видів безпроводової технології локальної мережі. Технологія Wi-Fi дозволяє локальним мережам працювати без кабелю та

проводки. Це робить його популярним для вибору і використання в домашніх та ділових мережах.

В даний час існує чотири основних типи технологій Wi-Fi: Wi-Fi-802.11a; Wi-Fi-802.11b; Wi-Fi-802.11g; Wi-Fi-802.11n [22].

- 802.11a - серія безпроводових технологій, що визначає формат і структуру радіосигналів, які розсилаються мережевими маршрутизаторами Wi-Fi з антенами.

- Wi-Fi-802.11b - серія безпроводових технологій, що підтримує пропускну здатність 11 Мбіт / с. Сигнал у нерегульованому частотному спектрі становить близько 2,4 ГГц. Це більш низька частота порівняно з Wi-Fi-802.11a, означає, що вона працює на розумній відстані. Діапазон сигналу, який використовується для побутової техніки.

- серія Wi-Fi-802.11g, яка з'явилась у 2002 та 2003 роках. Ця технологія підтримує нові продукти. Ця технологія переважає над технологіями 802.11a та 802.11b завдяки швидкого доступу і максимальної швидкості. 802.11g підтримує пропускну здатність до 54 Мбіт / с і використовує частоту 2,4 ГГц для більшого діапазону. Але вартість підключення перевищує 802.11b.

- Wi-Fi-802.11n - це найновіша технологія Wi-Fi. Він був розроблений для поліпшення на 802.11g. Обсяг смуги пропускання підтримується за рахунок використання декількох безпроводових сигналів та антен замість однієї. Він підтримує пропускну здатність 100 Мбіт / с та збільшену інтенсивність сигналу.

Розглянемо принцип роботи WiFi [10,22].

Wi-Fi - це високошвидкісне підключення до Інтернету та підключення до мережі без використання будь-яких кабелів або проводів. Безпроводова мережа працює з трьома важливими елементами - радіосигналами, антеною та маршрутизатором. Передача здійснюється радіохвилями. Для зв'язку по Wi-Fi мережі, комп'ютери та мобільні телефони повинні мати Wi-Fi адаптери.

Wi-Fi дозволяє людині отримати доступ до Інтернету в будь-якому місці фактично охопленого ним району. Радіосигнали передаються від

маршрутизаторів, а сигнали приймаються приймачами Wi-Fi, наприклад, комп'ютерами та стільниковими телефонами, з вбудованими Wi-Fi-адаптерами. Всякий раз, коли комп'ютер отримує сигнали в межах області охопту маршрутизатора, він негайно підключає пристрій.

Діапазон Wi-Fi залежить від навколишнього середовища, типу приміщень або відкритого простору. Адаптери Wi-Fi зчитують сигнали та створюють з'єднання з Інтернетом між користувачем та мережею. Швидкість пристрою, що використовує з'єднання Wi-Fi, збільшується, коли комп'ютер наближається до основного джерела, і, навпаки, швидкість зменшується, коли комп'ютер віддаляється.

У багатьох нових ноутбуках, мобільних телефонів є вбудовані Wi-Fi-прийомо-передавачі (рис. 2.3).

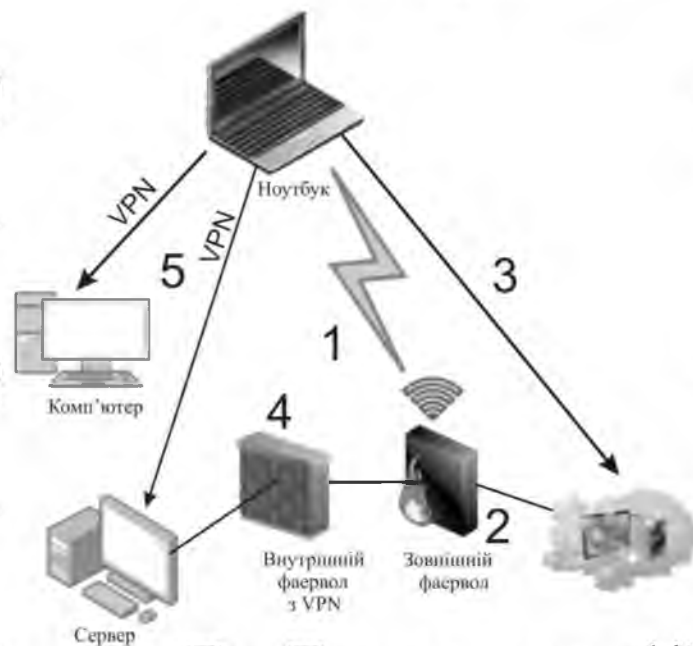


Рисунок 2.3 – Мережа WLAN Wi-Fi

Безпроводовий маршрутизатор - це один із видів апаратних пристроїв, який зазвичай використовується в закритих приміщеннях. Цей пристрій, в основному, використовується постачальниками Інтернет-послуг для підключення свого Інтернет-кабелю, який називають пристроєм WLAN Wi-Fi (безпроводова локальна мережа) [22].

Основна функція цього маршрутизатора - об'єднати мережеві функції маршрутизатора та безпроводові точки доступу. Подібно до мережі, заснованої на проводах, концентратор розташовується в центрі мережі і усі комп'ютери підключені до нього для забезпечення мережевого доступу. В даний час доступні безпроводові концентратори, які працюють як маршрутизатори в називаються шлюзами.

Найпоширеніший спосіб безпроводового з'єднання користувачів з Інтернетом можливий за допомогою настільного маршрутизатора Wi-Fi невеликого розміру з антеною. Цей пристрій передає сигнал на робочому місці або вдома. Але сигнали таких Wi-Fi маршрутизаторів є досить слабким, що потребує спеціальних подовжувачів діапазону Wi-Fi розміщених у масиві, щоб збільшити охоплення Інтернетом.

До недоліків WiFi слід віднести: обмеженість асортименту; наявність перешкод від інших пристроїв, таких як мікрохвильові печі, телефони тощо; велике споживання енергії; наявність ризиків безпеки даних, особливо в суспільних зонах користування; існування певних обмежень на передачу даних та неможливість передавати дані на великі відстані.

Впровадження Wi-Fi є дуже дорогим порівняно з проводовим з'єднанням.

До переваг технології WiFi можна віднести наступне: безпроводові пристрої можна переносити з одного місця в інше; використання комунікаційних пристроїв в мережі Wi-Fi зменшує вартість мережі, за рахунок економії коштів на провід; налаштування Wi-Fi легше, ніж процес підключення кабелів, тому це повністю безпечно і не заважатиме роботі жодної мережі; можливість підключення Інтернет через гарячі точки безпроводовим середовищем.

2.3. Технології безпроводових мобільних мереж 3G/4G

До технологій безпроводових мобільних мереж відносяться система 3G, яка використовує CDMA (множинний доступ з кодовим поділом) і WCDMA (широкосмуговий множинний доступ з кодовим поділом). CDMA - це метод, в

якому унікальний код призначається кожному користувачеві, що використовує канал в цей час. Після призначення унікального коду в ньому ефективно використовується повністю доступна смуга пропускання. Завдяки цьому дуже велика кількість користувачів можуть використовувати канал в один і той же час, в порівнянні з TDMA і FDMA [23].

3G використовує частотний діапазон від 15 МГц до 20 МГц, а смуга частот для 3G становить від 1800 МГц до 2500 МГц. Максимальна швидкість близько 2 Мбіт / с досягається в базовій системі 3G. WCDMA, також відома як UMTS (універсальна система мобільного зв'язку), використовує набагато більшу частоту кар'єрного зростання, завдяки чому можна розмістити більшу кількість користувачів у порівнянні з CDMA [23]. Базова мережа, яка використовується в системах 3G, являє собою комбінацію комутації каналів і комутації пакетів.

Високошвидкісний пакетний доступ HSPA (абр. High Speed Packet Access) і HSPA +, забезпечують передачу даних на широкосмугових швидкостях. Концепція MIMO (англ. Multiple Input/Multiple Output) була вперше представлена в HSPA+. MIMO - це метод, в якому концепція багатопроменевого поширення використовується для поліпшення радіолінії. Один і той же сигнал приймається кілька разів на стороні приймача. За рахунок цього ймовірність помилки зменшується, а загальна продуктивність поліпшується. Завдяки цьому швидкість передачі даних може досягати 42 Мбіт / с [23]. HSPA і HSPA + можна розглядати як 3,5G і 3,75G відповідно. Тип модуляції, яка використовується в HSPA + це 64-бітова QAM (англ. Quadrature Amplitude Modulation – модуляція методом квадратичних амплітуд).

Ще одна перевага в системі 3G - Hand-off. При цьому для користувача устаткування підключається до двох вишок одночасно, через що під час передачі не відбувається скидання виклику.

LTE (абр. Long Term Evolution) - це стандарт мобільного зв'язку 4G, таких технологій, як GSM / EDGE і UMTS / HSPA. LTE використовує CDMA або мультиплексування з ортогональним частотним поділом - OFDM [24].

Діапазон частот, що використовується в 4G, становить від 2000 МГц до 8000 МГц і використовує спектр частот від 5 МГц до 20 МГц. В системах LTE досягається максимальна швидкість низхідної лінії зв'язку близько 100 Мбіт / с і швидкість висхідної лінії зв'язку близько 50 Мбіт / с. Завдяки забезпечення високої швидкості LTE дозволяє підтримувати додатки, що вимагають великої пропускної здатності, такі як онлайн-ігри, потокове відео високої чіткості, передача голосу по IP [24].

Тип базової мережі, використовуваної в 4G, заснований на IP. Мережа 4G має дуже низькі затримки, має більш широкий канал і агрегацію носійних до 100 МГц.

2.4. Багатошарові моделі: TCP / IP, OSI

На теперішній час існує дві багатошарові моделі, оскільки модель TCP / IP вперше була визначена Американським Міністерством Оборони, яке мало лише одну конкретну мету - створити загальнодержавну мережу. Модель OSI - це стандартна модель, створена Міжнародною організацією зі стандартизації (ISO), яка визначає, як програмні та апаратні компоненти, що беруть участь у мережевій комунікації, повинні розподіляти роботу та взаємодіяти між собою. Іншими словами, модель OSI - це концептуальна модель, яка використовується для зв'язку телекомунікаційних або обчислювальних систем, яка ігнорує внутрішню структуру або технологію [25-27].

Модель TCP / IP [25-27], де в назві, TCP - транспортний протокол або управління передачею та IP або Інтернет-протокол, які є двома стандартами.

Модель TCP / IP набагато більш вільна та відкрита, ніж модель OSI, тому має лише чотири шари, і вони не цілком відповідають кожному шару моделі OSI.

Рівні TCP / IP наступні [25-27]: шар додатків; транспортний рівень; інтернет-шар; шар мережевого інтерфейсу.

На рисунку 2.4 наведені деякі протоколи / послуги, які пов'язані з відповідним рівнем [27].

TCP/IP модель Протоколи та сервіси

Додатки	HTTP, FTP, Telnet, NTP, DHCP, PING
Транспорт	TCP, UDP
Мережі	IP, ARP, ICMP, IGMP
Мережні інтерфейси	Ethernet

Рисунок 2.4 – Протоколи / послуги на кожному рівні TCP / IP [27]

Розглянемо структуру моделі наведену на рисунку 2.4 [23-27]:

– 4 рівень - рівень додатків (рівень програми) визначає протоколи та те, як хост-програми взаємодіють із послугами транспортного рівня для використання мережі.

– 3 шар - транспортний рівень. Транспортний рівень забезпечує управління сеансом зв'язку між головними комп'ютерами. Визначає рівень обслуговування та статус з'єднання, що використовується при транспортуванні даних.

– 2 рівень - рівень Інтернету. Рівень Інтернету пакує дані в IP-дейтаграми, які містять інформацію про адресу джерела та адреси, яка використовується для пересилання дейтаграми між хостами та між мережами. Він також виконує маршрутизацію дейтаграм IP.

– 1 рівень - рівень мережевого інтерфейсу. Рівень мережевого інтерфейсу визначає деталі того, як дані фізично передаються через мережу. Він також додає інформацію MAC-адреси, щоб вказати, з якого апаратного пристрою надійшло повідомлення, і на який апаратний пристрій надходить повідомлення.

CP визначає, як правильно і надійно встановити, доставити та закрити канали зв'язку (визначаючи отримані пакети). Оскільки він встановлює зв'язок, гарантує наявність приймального кінця, отже, це протокол, орієнтований на

зв'язок, тоді як IP ні. Зв'язок TCP закінчується, коли програми на обох кінцях успішно завершують надсилання та отримання даних.

TCP гарантує доставку фрагментів даних (протоколів даних), званих пакетами. Дані програми розділені на фрагменти з заголовком. Це створює фрагмент під назвою сегмент. Він використовує вікна для управління контролем потоку, щоб уникнути помилок.

TCP є наступним вищим рівнем IP. Він взаємодіє з прикладним рівнем IP. Причому, IP в основному допомагає знайти необхідний пункт призначення (маршрутизацію та адресацію) та доставити дані з комп'ютера на інший комп'ютер через мережний носій. Це протокол без зв'язку.

Пакети з рівня TCP інкапсулюються в дейтаграми IP і пересилаються на наступний рівень. Тут мало механізмів уникнення певних помилок.

Формат сегменту TCP (TCP Header Format) наведений на рисунку (RFC 793).

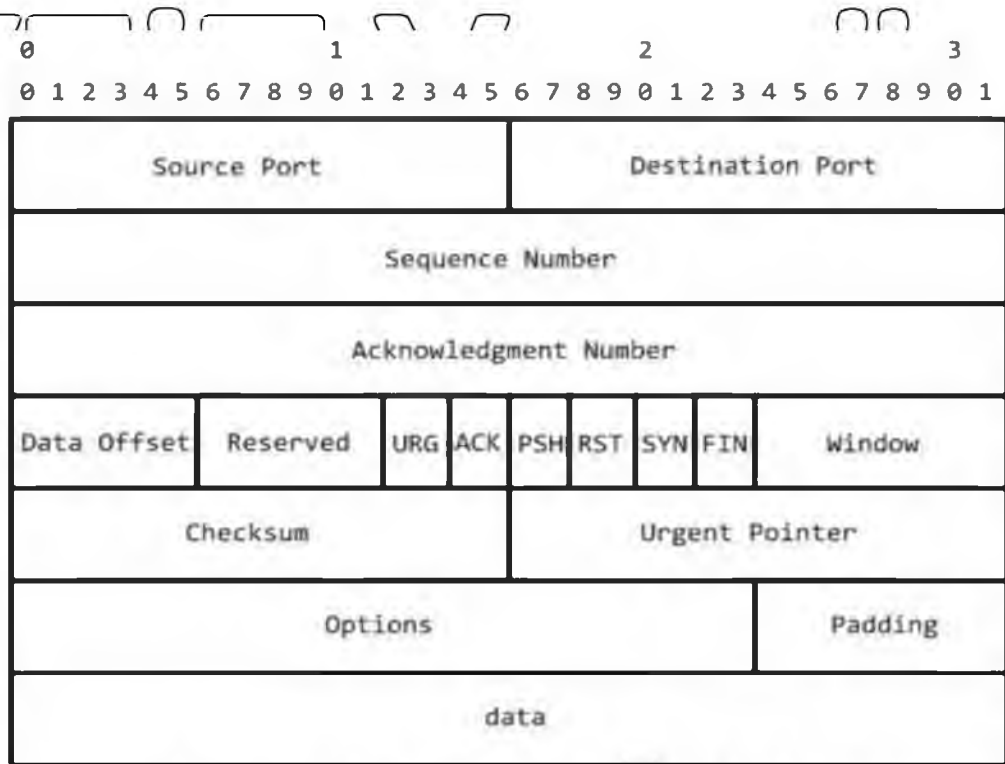


Рисунок 2.5 - Формат сегменту TCP [RFC 793]

Для порівняння з попередньо описаною моделлю, модель OSI не призначена для роботи в мережі, але завдяки добре продуманій структурі більшість протоколів та систем дотримуються цієї моделі досить тісно.

Основною метою цієї моделі є обговорення або опис окремих функцій мережі, щоб хтось міг їх зрозуміти. Модель OSI має сім шарів (рисунок 2.5): застосування; презентації; сесії; транспорту; мережі; посилань на тип даних; фізичний.

Опишемо дані рівні [23]:

- 7 рівень - рівень додатків. Цей рівень працює з прикладним програмним забезпеченням, щоб забезпечити функції зв'язку за необхідності. Він перевіряє наявність комунікаційного партнера та ресурси для підтримки будь-якої передачі даних.

- 6 шар - шар презентації. Цей рівень перевіряє, чи дані сумісні з ресурсами системи зв'язку. Він також обробляє будь-яке форматування даних або перетворення коду, які можуть знадобитися.

- 5 шар - шар сеансу. Цей шар обробляє функції автентифікації та авторизації. Він також управляє зв'язком між двома пристроями зв'язку. Він встановлює зв'язок, підтримує зв'язок і розриває зв'язок.

- 4 рівень - транспортний рівень. Цей рівень забезпечує функції якості обслуговування, щоб забезпечити повну доставку даних. Цілісність даних гарантується на цьому рівні через виправлення помилок та подібні функції.

- 3 шар - мережевий рівень. Мережевий рівень обробляє упаковану маршрутизацію за допомогою логічної адресації та комутації.

- 2 шар - шар каналу даних. Цей рівень лінії передачі даних розпаковує дані у кадри, які можуть передаватися через фізичний носій.

- 1 рівень - фізичний рівень. Фізичний рівень визначає рівні логіки, швидкості передачі даних, фізичний носій та функції перетворення даних, які складають бітовий потік пакетів, що надсилаються з одного пристрою на інший.

2.5. Протокол UDP

До протоколу на рівні моделі OSI транспорт використовується також протокол UDP (англ. User Datagram Protocol, RFC 768), який проектувався для створення в об'єднаній системі комп'ютерних мереж з комутацією пакетів режиму передачі дейтаграм клієнта.

Протокол UDP надає прикладній програмі процедуру для відправки повідомлень іншим програмам, причому механізм протоколу мінімальний. Даний протокол передбачає, що нижчестоящим протоколом є IP. Протокол UDP не орієнтований на транзакції, отримання дейтаграм і захист від дублювання ним не гарантований.

Формат дейтаграми UDP (UDP Header Format) представлений на рисунку 2.6 (RFC 768).

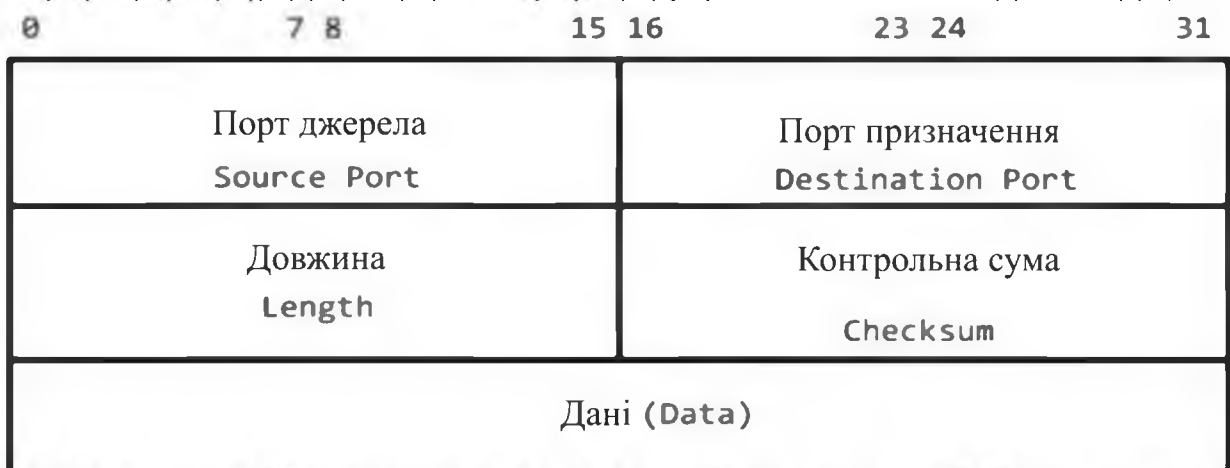


Рисунок 2.6 - Формат дейтаграми UDP (RFC 768)

2.6. Типи адрес та портів (інтерфейсів)

Нижче наведені типи адрес та портів (інтерфейсів):

1. IP-адреса (публічна IP-адреса). Інтернет-рівень використовує ці адреси для маршрутизації дейтаграм IP.
2. Адреси - приватні IP (діапазон 192.168.0.0 - 192.168.255.255).
3. IP Loopback Address. Це віртуальний інтерфейс - дані не передаються до фактичних мережеских інтерфейсів, але циклічно повертаються (блок адрес - 127.0.0.0/8). Це також відображається на імена хостів, такі як localhost.

4. MAC-адреса (рівень доступу до мережі), призначається мережевому інтерфейсу. Ці адреси використовуються як мережеві адреси на згаданому рівні (тобто з мережевими технологіями IEEE, такими як Ethernet та WiFi). Це адреса трансляції.

5. Порт 80 використовується протоколом HTTP (Web), який відноситься до рівня додатків. Порти використовуються для встановлення каналів зв'язку (розеток). Веб-сервер прослуховує вхідні запити через цей порт. Це класифікується як добре відомий порт (від 0 до 1023 класифікуються як добре відомі порти). Вони використовуються системними процесами та для надання різноманітних послуг. Міжнародний орган IANA відповідає за розподіл портів та підтримання доручень.

5. Зареєстровані порти, які використовуються для конкретних послуг. Однак ці порти також можуть бути використані для звичайних завдань. Діапазон - від 1024 до 49151. Порт 2000 використовується Cisco, службою викликів та іншими програмами (включаючи шкідливе програмне забезпечення).

2.7. Порівняння протоколів HTTP та MQTT

Протокол MQTT - телеметрія транспорту черг повідомлень (англ. message queuing telemetry transport) [28], створили Енді Стенфорд-Кларк та Арден Ніппер. Це протокол взаємодії IoT, заснований на моделі видавець/підписник (Publish/Subscribe). Ця модель є простою моделлю, яка забезпечує підтримку якості обслуговування (QoS). Завдяки своїм можливостям його можна знайти в кожному другому пристрої на основі IoT. Цей протокол має багато функцій, оскільки він працює над протоколом TCP і використовує SSL / TLS для безпеки. Для обміну повідомленнями між сервером він використовує CONNECT, PUBLISH, SUBSCRIBE, DISCONNECT тощо [28]. Тому що MQTT - це протокол на основі TCP / IP то спочатку встановлюється з'єднання TCP, а потім відбувається передача даних. Зв'язок MQTT відбувається в три етапи [28]:

- 1) встановлення з'єднання TCP;

2) встановлення з'єднання MQTT та публікація даних; 3) припинення з'єднання TCP.

Розглянемо їх [28]:

1. Встановлення з'єднання TCP - це тристороннє рукостискання, яке досягається шляхом відправки 3 пакетів між клієнтом і сервером. Сервер (брокер) завжди знаходиться в режимі прослуховування. Перший клієнт (видавець) надсилає повідомляє серверу у вигляді запиту на підключення пакет із позначкою $SYN = 1$ та $ACK = 0$. Після отримання пакету запиту на підключення, сервер надсилає пакет підтвердження з $SYN\ Flag = 1$ і $ACK = 1$ для повідомлення клієнту, що сервер отримав запит підключення пакета і готовий спілкуватися. Клієнт, після отримання $SYN\ Flag = 1$ та $ACK = 1$ в пакеті підтвердження від сервера, буде відправляти пакет підтвердження з $SYN\ Flag = 0$ & $ACK = 1$, щоб повідомити сервер, що клієнт отримав підтвердження про підключення та готовий до спілкування. Передача даних відбудеться лише після успішного рукостискання TCP.

2. Після успішного рукостискання TCP першим пакетом, надісланим від видавця брокеру, є пакет CONNECT, який є нічим іншим, як пакетом запиту на підключення до сервера. Після прийому запиту на з'єднання пакетний брокер надішле видавцю пакет підтвердження із зазначенням того, що брокер отримав пакет запиту на з'єднання і готовий до спілкування. Як тільки видавець отримає пакет підтвердження від сервера або брокера, видавець зрозуміє, що сервер також готовий до спілкування, і видавець почне публікувати повідомлення. Після публікації повідомлення видавець від'єднається від посередника, відправивши пакет запиту на відключення. Рукостискання видавця MQTT з брокером відрізняється для різних рівнів якості обслуговування. Описаний вище алгоритм рукостискання видавця з брокером MQTT стосується рівня QOS 0.

3. Завершення з'єднання TCP відоме як симетричне вивільнення. Кажуть, що підключення припиняється, коли клієнт і сервер відправляють один одному пакет із позначкою $FIN = 1$. Коли клієнт хоче розірвати зв'язок із сервером, то він надсилає пакет запиту на відключення із позначкою $FIN = 1$, вказуючи, що хоче

припинити спілкування. Після прийому пакету запиту на відключення сервер надішле два пакети, перший пакет буде пакетом підтвердження з $ACK = 1$ клієнту, який повідомляє йому, що сервер отримав запит на припинення з'єднання, а другий пакет буде пакетом запиту на припинення з'єднання з FIN Flag = 1 та $ACK = 1$ з боку сервера, вказуючи, що сервер також хоче припинити з'єднання. Після прийому з сервера пакета завершення з'єднання з FIN Flag = 1 та $ACK = 1$, клієнт зрозуміє, що сервер також відправив термінацію зі свого боку. Тоді клієнт надішле на сервер пакет підтвердження з $ACK = 1$, вказуючи, що запит на припинення з'єднання отриманий і одразу розірве з'єднання (рисунок 2.7).

2.7).

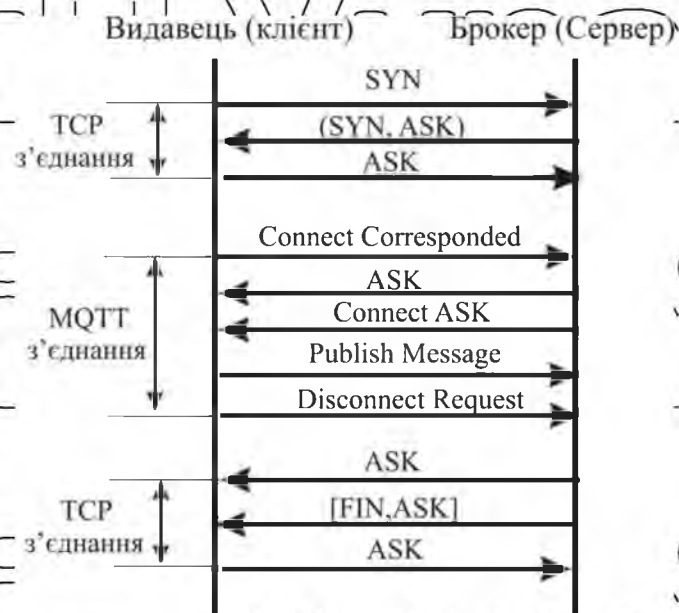
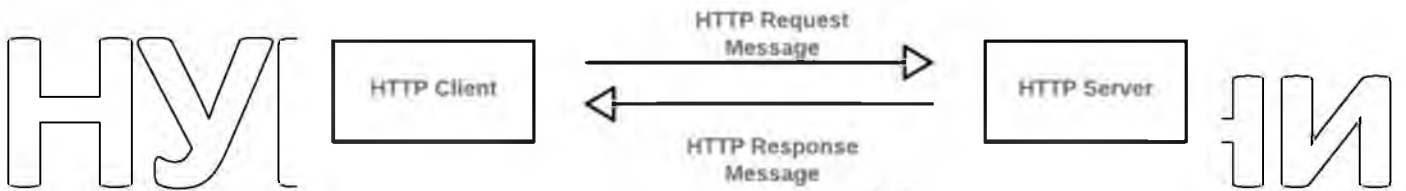


Рисунок 2.7 – Етапи встановлення зв'язку MQTT [28]

Протокол передачі гіпертексту (HTTP) використовується Всесвітньою павутиною (WWW) для визначення способу передачі та форматування його повідомлень [29]. Цей протокол відповідає за дії, які повинен виконати сервер під час надсилання інформації по мережі. Коли URL-адреса вводиться в браузер, цей протокол надсилає HTTP-запит на сервер, а потім HTTP-відповідь надсилається назад у браузер. Цей протокол також відповідає за контроль вебсторінок у Всесвітній павутині для їх форматування та представлення (рисунок 2.8).



HTTP Client – клієнт; HTTP Server - сервер; HTTP Request Message –повідомлення HTTP запиту; HTTP Response Message – повідомлення HTTP відповіді

Рисунок 2.8- Модель протоколу HTTP [29]

Різницю між протоколами MQTT і HTTP зведемо до таблиці 2.2: Таблиця

2.2- Порівняння протоколів MQTT і HTTP

Параметр	MQTT	HTTP
Скорочення	Телеметрія транспорту черг повідомлень	Протокол передачі гіпертексту
Архітектура	Модель публікації / підписки	Модель запиту / відповіді
Складність	Меншої складності	Складніше
Принцип роботи	Працює за протоколом управління передачею	Працює за протоколом User Datagram User
Конструкція протоколу	Конструкція орієнтована на дані	Конструкція орієнтована на документ
Розмір повідомлення	Розмір повідомлення, що генерується, менший, оскільки використовується двійковий формат	Розмір повідомлення, що генерується, більший, оскільки він використовує формат ASCII
Розмір заголовка	2 байти	8 байт
Номер порту	Порт 1883	Порт 80 або 8080

Захист даних	Не забезпечує безпеку, але створений для цього
Забезпечує безпеку даних за допомогою SSL / TLS	

2.8. Протокол мережевої безпеки NAT

Розумні мережі IoT потребують певних механізмів захисту від різного роду зловмисних проникнень. Одним з механізмів, який дозволяє підтримувати мережеву безпеку є технологія NAT [30] (англ. Network Address Translation - перетворення мережних адрес) - це механізм в мережах TCP/IP, що дозволяє здійснювати заміну IP-адрес транзитних пакетів (описаний в RFC 1631, RFC 3022).

За допомогою пристрою NAT (Source NAT) здійснюється заміна адреси джерела (source), адреси призначення (destination) у відповідному пакеті, або номерів портів джерела [30].

Користувач «розумної» мережі відправляє запит в Інтернет з локальної мережі, який надходить на внутрішній інтерфейс маршрутизатора, сервера доступу або брандмауера. Пристрій NAT отримує пакет і робить запис в таблиці відстеження з'єднань, яка управляє перетворенням адрес.

Пристрій NAT, в свою чергу, отримавши цей пакет, відшукує відправника вихідного пакета в таблиці відстеження з'єднань, замінює IP-адресу призначення на відповідну приватну IP-адресу і передає пакет на вихідний комп'ютер.

Оскільки пристрій NAT посилає пакети від імені всіх внутрішніх комп'ютерів, він змінює вихідний мережевий порт і дана інформація зберігається в таблиці відстеження з'єднань.

Для захисту IoT мережі будемо використовувати концепцію трансляції адрес - статичний NAT, або SAT (англ. SAT, Static Network Address Translation), що дозволяє кільком окремим пристроям виходити і отримувати доступ в Інтернет через єдину публічну адресу. Для цього потрібно здійснити

перетворення приватної IP-адреси в загальнодоступну IP-адресу. Процес і основні правила перетворення описані в документації RFC 1631.

Перевагами такої трансляції адрес є: мінімізація використання публічних адрес; підвищена гнучкість використання адрес; можливість зміни зовнішніх адрес без необхідності змінювати адресний план локальної мережі; підвищена безпека в зв'язку з тим, що з інтернету можна звернутися до внутрішніх пристроїв безпосередньо.

Висновки до 2 розділу

Проведений аналіз основних технологій, стандартів та протоколів, які слід використовувати для побудови «розумних» мереж. Зроблено наступні висновки:

1. Стандарти телекомунікаційних мереж - Ethernet II і IEEE 802.3 описують декілька типів мереж: класичний Ethernet – розділюване середовище та комутований Ethernet (точка-точка) та які описуються різними специфікаціями роботи: 10Base2 10 Мбіт / с; 10Base5 10 Мбіт / с; 10BaseT 10 Мбіт / с; 100BaseTX; 100BaseFX; 1000BaseCX; 1000BaseT; 1000BaseSX; 1000BaseLX, які відрізняються швидкістю та використовуваним середовищем передачі (типом кабелю).

2. Wi-Fi є економічно ефективною технологією, що дозволяє простим способом підключати до Інтернету користувачів мережі без використання проводів. З кожним днем Wi-Fi зростає завдяки зменшенню витрат, а також свободі, яку він надає користувачам. Різні пристрої, такі як ноутбуки, iPod, планшети можна підключати до стаціонарного пристрою безпроводовим з'єднаннями з наданням можливості їх підключення до мережі Інтернет.

3. Для підключення абонентів «розумних» мереж до мобільного оператора зв'язку необхідна наявність включених мобільних точок доступу

3G/4G - портативних пристроїв в мобільному телефоні користувачів, які використовують стільникові вишки для передачі сигналів. Це надасть змогу абонентам отримати безпроводовий доступ до мережі мобільного Інтернету.

4. Для зв'язку телекомунікаційних та обчислювальних систем слід використовувати концептуальну модель OSI та відкриту модель TCP / IP, яка описує транспортний протокол або управління передачею - TCP та Інтернетпротокол - IP, які є двома стандартами.

5. Для організації телеметрії «розумного» будинку та забезпечення підтримки якості обслуговування (QoS) слід використовувати рекомендації протоколу MQTT телеметрії транспорту черг повідомлень. Це протокол взаємодії IoT-MQTT, заснований на моделі видавць/підписник (Publish / Subscribe), який має багато функцій. Завдяки своїм можливостям його можна знайти в кожному другому пристрої на основі IoT.

6. Розумні мережі IoT потребують певних механізмів захисту від різного роду зловмисних проникнень. Одним з механізмів, який дозволяє підтримувати мережеву безпеку є технологія NAT - перетворення мережних адрес - механізм адресації в мережах TCP / IP. Перевагами трансляції адрес NAT є: підвищена гнучкість використання адрес; можливість зміни зовнішніх адрес без необхідності змінювати адресний план локальної мережі; підвищена безпека з наданням можливості звернутися до внутрішніх пристроїв безпосередньо з інтернету.

3 ПОБУДОВА МОДЕЛІ ЦИФРОВОЇ «РОЗУМНОЇ» МЕРЕЖІ

3.1. Опис можливостей програми імітаційного моделювання Cisco Packet Tracer версії 7.3.1

Cisco Packet Tracer [31-34] (остання версія 7.3.1 для Windows / Linux / macOS) - це комплексна програма імітаційного моделювання та вивчення мережевих технологій, яка пропонує унікальну комбінацію реалістичного досвіду моделювання та візуалізації, можливостей для багатокористувацької співпраці та конкуренції. Інноваційні функції Packet Tracer можуть допомогти в побудові реалістичної цифрової розумної мережі, вирішити проблеми узгодження IoT пристроїв та мережевого устаткування з використанням динамічного соціального середовища. Деякі переваги Packet Tracer [34]:

1. Забезпечує реалістичне середовище для моделювання та візуалізації, включаючи можливість бачити внутрішні процеси в режимі реального часу, які зазвичай приховані на реальних пристроях.
2. Забезпечує багатокористувацьку співпрацю в реальному часі.
3. Дозволяє створювати різноманітні моделі телекомунікаційної та розумної мережі, дає можливість досліджувати концепції, проводити експерименти та перевіряти своє розуміння побудови мережі.
4. Дозволяє проектувати, будувати, конфігурувати та вирішувати складні мережі за допомогою віртуального обладнання.
5. Підтримує розширення функцій за допомогою зовнішніх додатків, що використовують API для поліпшення функціональних можливостей Cisco Packet Tracer, надає можливість працювати з реальним обладнанням та взаємодіяти з ним.

3.2. Опис інтерфейсу середовища моделювання Cisco Packet Tracer

Середовище моделювання Cisco Packet Tracer (CPT) має наступні можливості для створення та налаштування IoT рішень [33].

В Packet Tracer 7.3 Components Box присутні панелі телекомунікаційного обладнання, яка містить (рисунок 3.1): мережеві пристрої, кінцеві пристрої, компоненти, різні типи з'єднань, піктограми різне та з'єднання для роботи в багатокористувацькому режимі.



Рисунок 3.1 – Панель телекомунікаційних пристроїв

Для побудови мережі «Smart Home» використаємо наступні кінцеві пристрої: ноутбук (Generic); безпроводовий планшет (Wireless tablet) та смартфон (Smart device). На рисунку 3.2 (вкладка наявних в СРТ кінцевих пристроїв) ці пристрої позначені жовтим кольором.



Рисунок 3.2 - Вкладка наявних в СРТ кінцевих пристроїв

На додаток до класичних мережевих пристроїв, таких як маршрутизатори та комутатори, доступні в попередніх версіях, Packet Tracer 7.3 Components Box тепер містить широкий спектр розумних речей та компонентів:

У вкладці телекомунікаційних пристроїв знаходиться елемент «Домашній шлюз», який використовується при побудові «Smart Home» в якості пристрою комунікації (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Вкладка телекомунікаційних пристроїв

Розглянемо основні поняття IoT.

1. Розумні речі - це фізичні об'єкти, які можуть підключатися до серверу реєстрації або домашнього шлюзу через мережевий інтерфейс. Вони розділені на 4 підкатегорії: будинок, розумне місто, промислові та електричні мережі.

На рисунку 3.3, в логічному інтерфейсі CPT наведена більшість з існуючих пристроїв IoT.

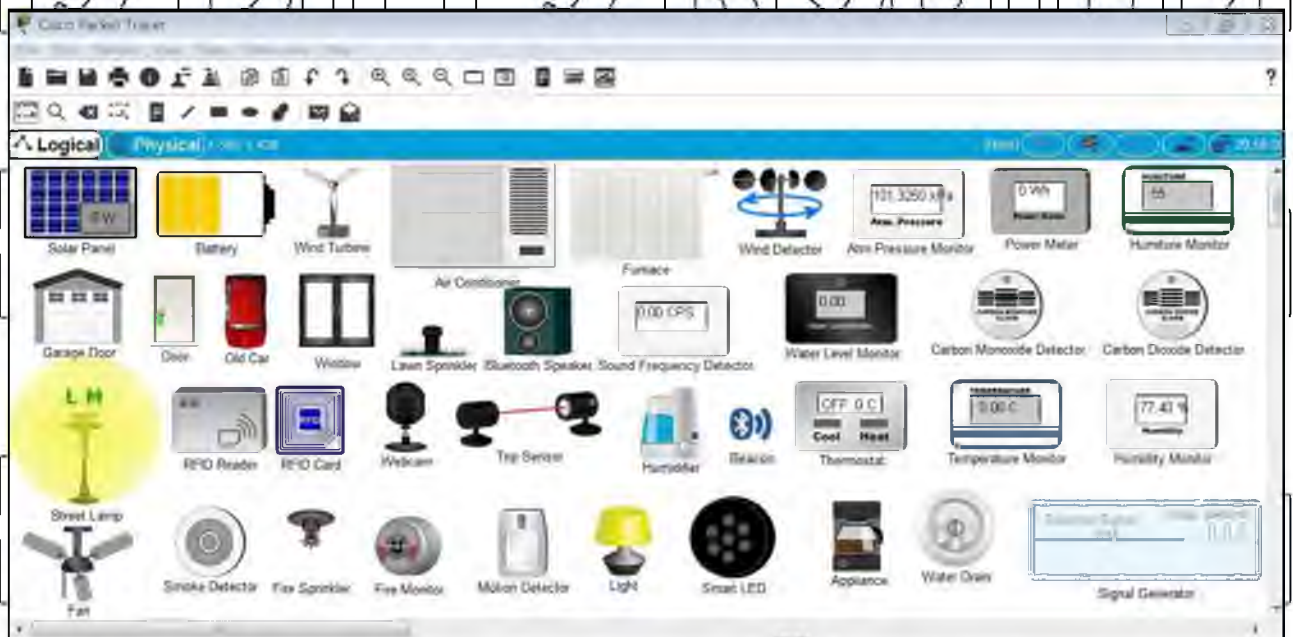


Рисунок 3.3 – Елементи IoT вкладок CPT

Вкладка панелі «розумний будинок» містить наступні елементи IoT (рисунок 3.4) [33]: 1- розумний кондиціонер; 2- розумну кавоварку; 3- батарею (акумулятор); 4- блютуз динамік; 5 - детектор карбону; 6- детектор діо- та монооксиду; 7 - розумний вентилятор на стелі; 8-розумні двері; 9 - розумний нагрівач; 10 - розумні двері гаражу; 11 - домашній динамік; 11- розумний зволожувач; 12- контролер зволоження; 13- розумний вимірник вологості; 14 - монітор вологості та температури; 15- розумний полив газону; 16 - розумну

лампу, 17- детектор руху, 18 - портативний музичний програвач, 21 - детектор диму, 22- сонячну панель; 23 – звуковий частотний детектор (вимірювач); 24 - контролер температури; 25 - розумний термостат; 26 - розумний водостікач.



Рисунок 3.4 - Вкладка панелі «розумний будинок»

До вкладки панелі «розумне місто» входять наступні IoT пристрої

(рисунок 3.4) [33]: 1-контролер атмосферного тиску; 2- акумулятор (батарея); 3 - передавач блютуз маяків beacon; 4- детектор карбон монооксиду; 5- розумний вентилятор на стелі; 6- стара машина; 7- вимірювач напруги; 8 - картка радіочастотної ідентифікації; 9 - зчитувач карток радіоактивної ідентифікації; 10 - розумна LED лампа; 11 - сонячна панель; 12 - розумний вуличний ліхтар; 13- детектор вітру.



Рисунок 3.4 - Вкладка панелі «розумне місто»

Для побудови розумної мережі енергозабезпечення також будемо використовувати вкладку «Зелена енергетика» (рисунок 3.5), яка містить наступні пристрої: акумулятор (батарею); повітродувку; вимірювач напруги; сонячну панель; детектор вітру; вітрогенератор;



Рисунок 3.5 - Вкладка «Зелена енергетика»

2. Компоненти - це фізичні об'єкти, які підключаються до мікроконтролера (MCU-PT) або одноплатних комп'ютерів (SBC-PT). Зазвичай вони не мають

мережевого інтерфейсу, і для доступу до мережі вони покладаються на MCU-PT або SBC-PT (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Панель CPT-компоненти

Це прості пристрої, які спілкуються лише через свої аналогові або цифрові слоти. Таких компонентів в CPT є три вкладки [33]:

1) плати мікроконтролери (MCU-PT), одноплатні комп'ютери (SBC-PT) та спеціальний пристрій під назвою Thing, який використовується для створення самостійних фізичних об'єктів, таких як кавоварки або димові сигналізатори (рисунок 3.6).

2) пускачі, або виконавчі механізми ці компоненти маніпулюють навколишнім середовищем, собою або територією навколо них. Вкладка містить 1 - охолоджувач повітря; 2 - лампу тривоги; 3 - розбризкувач на стелі; 4 - затемнену лампу; 5 - розбризкувач на підлозі; 6 - нагрівальний елемент; 7 - LCD; 8 - LED; 9 - мотор; 10 - п'єзодинамік; 11 - кольорова LED; 12 - серводвигун; 13 - розумна LED - лампа; 14 - динамік (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Вкладка «пускачі, або виконавчі механізми»

3) сенсори: ці компоненти відчувають середовище (фотодетектори, сенсор температури), область навколо них (RFID, металевий сенсор) або взаємодії (потенціометр, кнопка). Вкладка (рисунок 3.8) містить наступні типи сенсорів: 1 - сенсор гнучкості; 2 - сенсор навколишнього середовища; 3 - сенсор який можна створити і запрограмувати; 4 - сенсори вологи; 5 - сенсор

дискомфорту (вологість та температура); 6 - мембранний потенціометр; 7 - сенсор металу; 8 - сенсор руху; 9 - фото (світловий) сенсор; 10 - потенціометр; 11 - кнопку перемикання; 12 - кнопку з одноразовим натиском; 13 - вмикач; 14 - сенсор диму; 15 - сенсор звуку; 16 - сенсор температури; 17 - кнопку з постійним натиском; 18 - лазерний сенсор руху; 19 - детектор води; 20 - сенсор води; 21 - сенсор вітру.

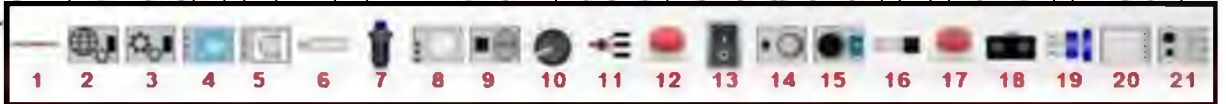


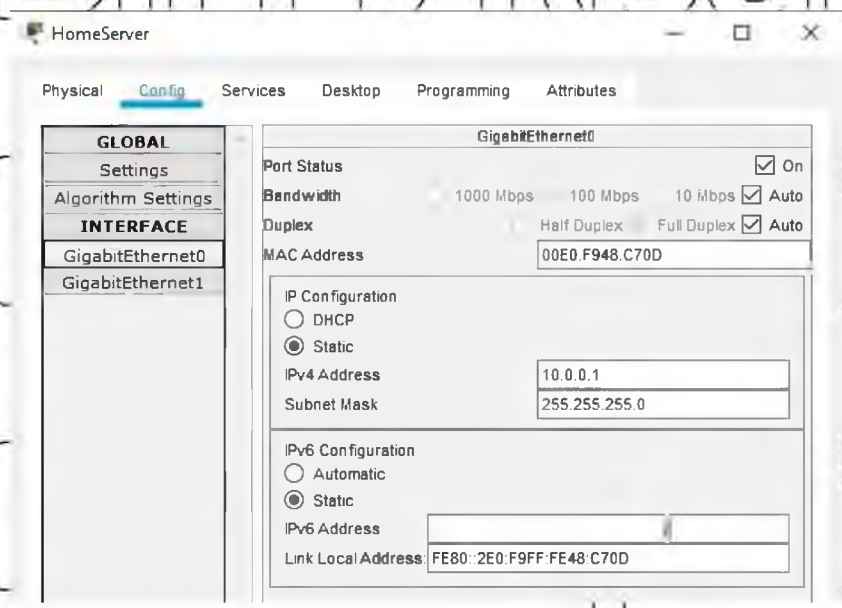
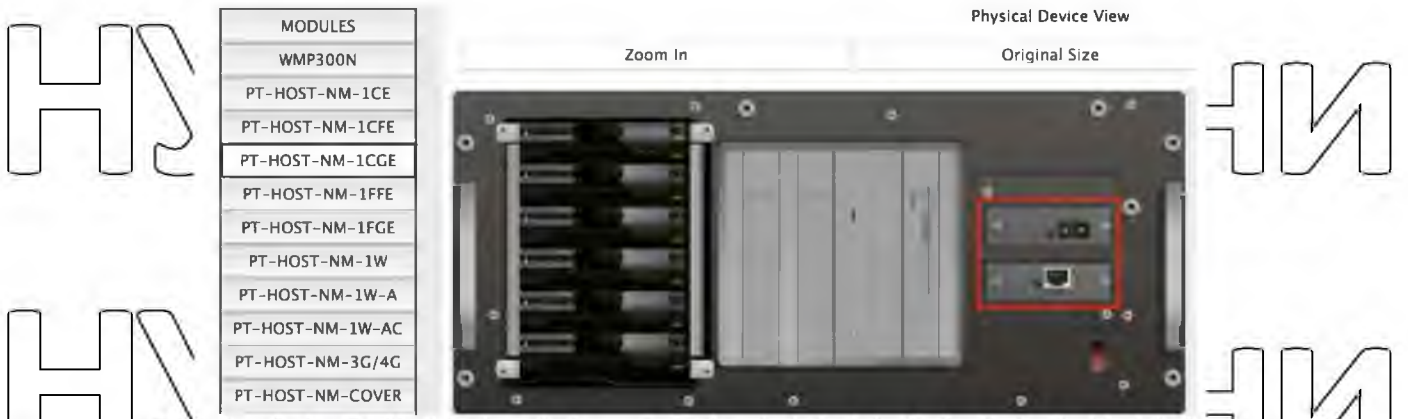
Рисунок 3.7 –Вкладка «сенсори»

3.3. Побудова телекомунікаційної мережі

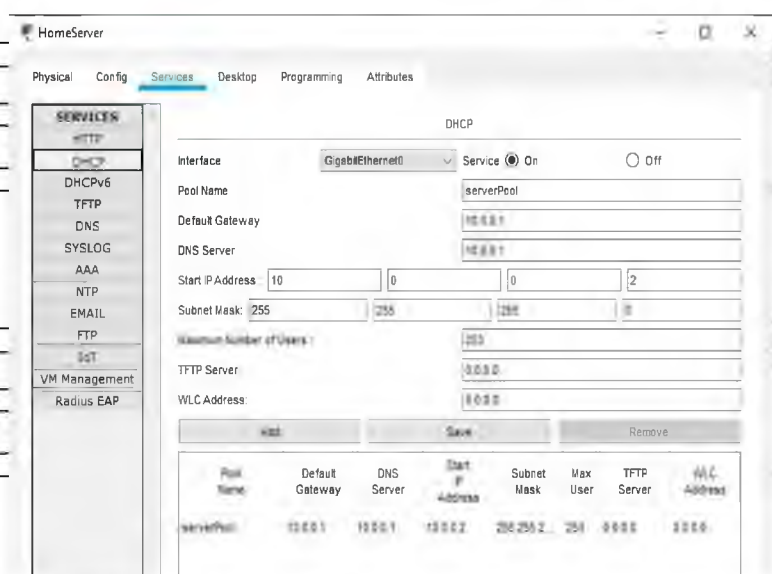
3.3.1 Сегмент локальної телекомунікаційної мережі «Smart Home»

Комп'ютерна мережа житлового будинку складається з 3-х комутаторів Cisco. До центрального комутатору (Switch) підключені два комутатори Garden Switch, Garage Switch та один персональний настільний комп'ютер за топологією «зірка». Для керування роботою локальної мережі будинку та отримання доступу користувачів будинку до мережі Інтернет сконфігуровані Домашній/ DHCP сервер / (в даній роботі розподіл адрес мережі здійснюється за допомогою протоколу DHCP). Зовнішній вигляд серверу, вікна конфігурацій домашнього сервера (Home server) та сервера DHCP домашньої мережі наведено на рисунку 3.8, а, б, в відповідно.

Безпроводова локальна мережа (ЛМ) Wi-Fi реалізована на базі обладнання – домашнього шлюзу (Home Gate Way) Cisco, що дозволяє надати безпроводовий доступ до мережі Інтернет мешканцям будинку з комунікаційних пристроїв (1 планшет, 3 смартфони).



б)



в)

Рисунок 3.8 - Зовнішній вигляд серверу (а), вікна конфігурації домашнього сервера (Home server) (б) та сервера DHCP ЛМ (в) Для роботи ЛМ за

протоколом Gigabit Ethernet в 2 слоти домашнього серверу (Home server) додано інтерфейсні плати PT-HOST-NM-1CGE: Copper Gigabit Ethernet (1000Mb), до якого підключається провід кручена пара 6 категорії.

Home server містить також вбудовані модулі WMP300N Linksys (рисунок 3.8,а). Ім'я Linksys стало наслідком рішення світового лідера з виробництва комунікаційного мережного обладнання компанії Cisco Systems, вийти на ринок бюджетної продукції. WMP300N забезпечує один безпроводовий інтерфейс 2,4 ГГц, придатний для підключення до безпроводових мереж. Модуль підтримує протоколи, які використовують Ethernet для доступу до локальної мережі (рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд модуля WMP300N Linksys (а) та домашнього шлюзу з вкладки CPT фізичний вигляд (б)

У випадку виходу з ладу безпроводового домашнього шлюзу мережі Wi-Fi передбачене підключення мешканців будинку до мобільної мережі 3G/4G, для чого, в один із слотів серверу доданий модуль PT-HOST-NM-3G/4G CPT, що забезпечує один стільниковий інтерфейс, придатний для підключення до мереж 3G / 4G (рисунок 3.9, а).

Вікна налаштування центрального серверу для його підключення до мобільного оператора 3G/4G Central Office Server0 та інтерфейсу Baskbone наведені на рисунку 3.10, а,б, відповідно

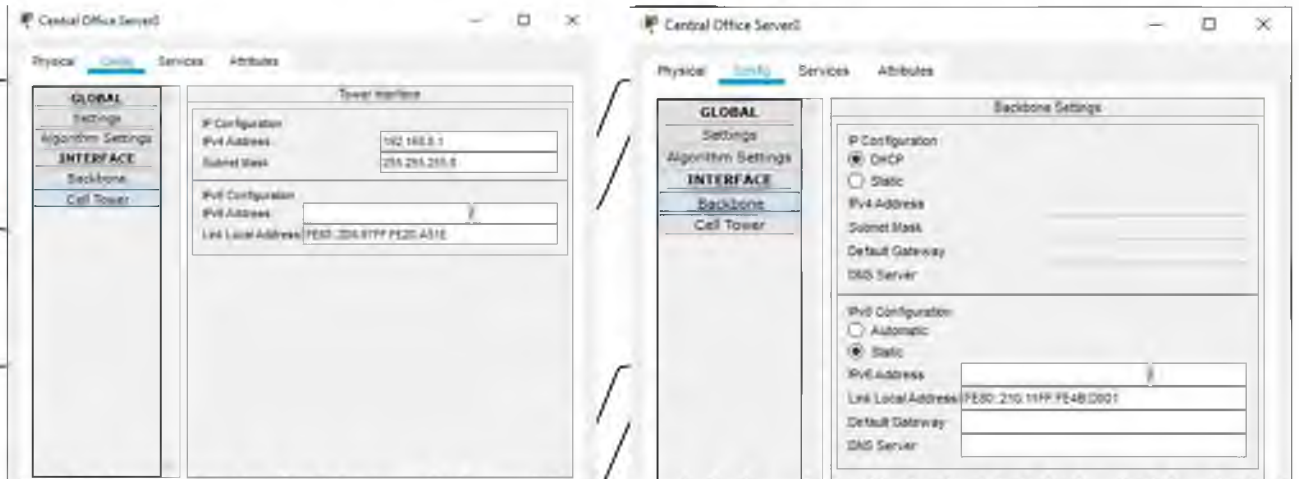
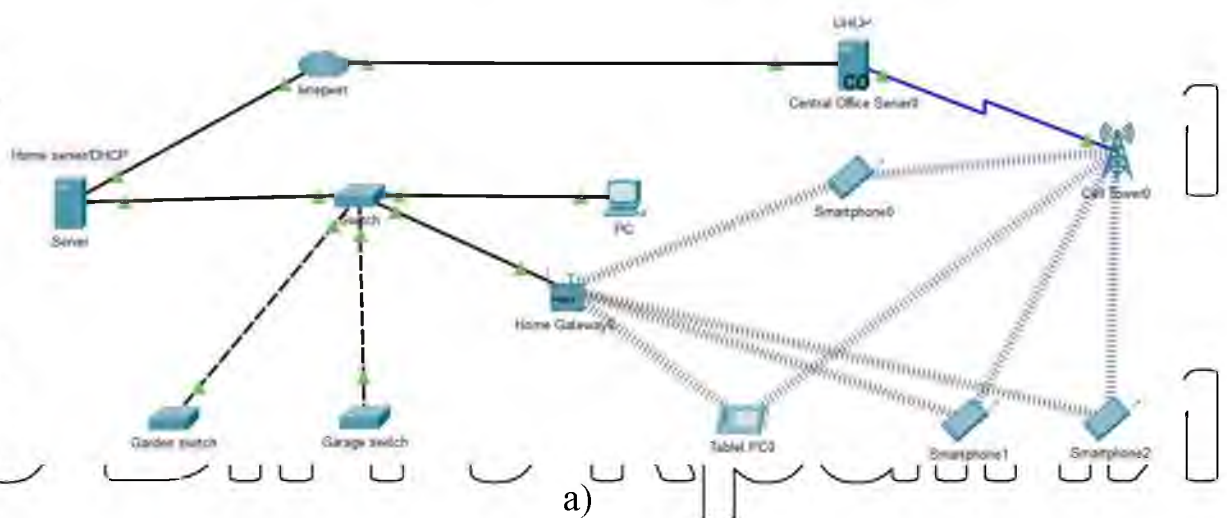


Рисунок 3.10 - Вікна налаштування центрального серверу для його підключення до мобільного оператора 3G/4G Central Office Server0 та інтерфейсу Baskbone

На рисунку 3.11,а наведена побудована модель домашньої телекомунікаційної мережі та вікно режиму симуляції її роботи (рисунком 3.11,б) що забезпечує доступ до послуг абонентського доступу мережі Інтернет за допомогою проводових Gigabit Ethernet (1000Mb) з'єднань; безпроводових Wi-Fi з'єднань та мобільного зв'язку 3G/4G через налаштований сервер оператора (Central Office Server0/DHCP), який в свою чергу підключений до базової станції мобільного оператора (Cell Tower0).



а)

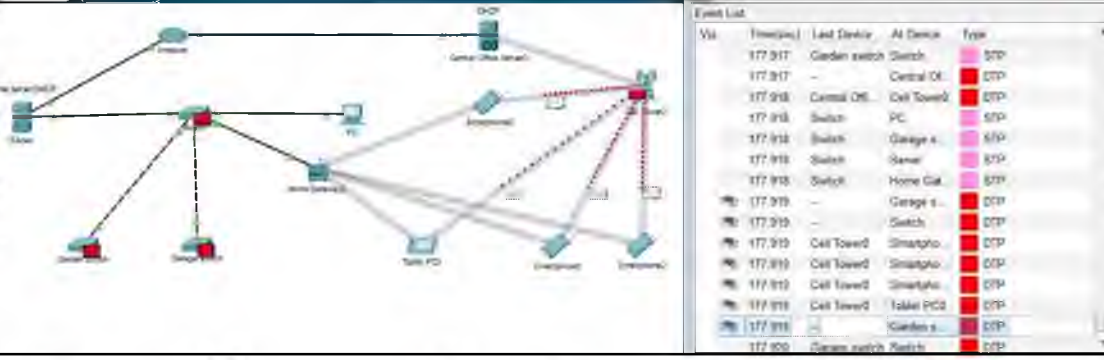
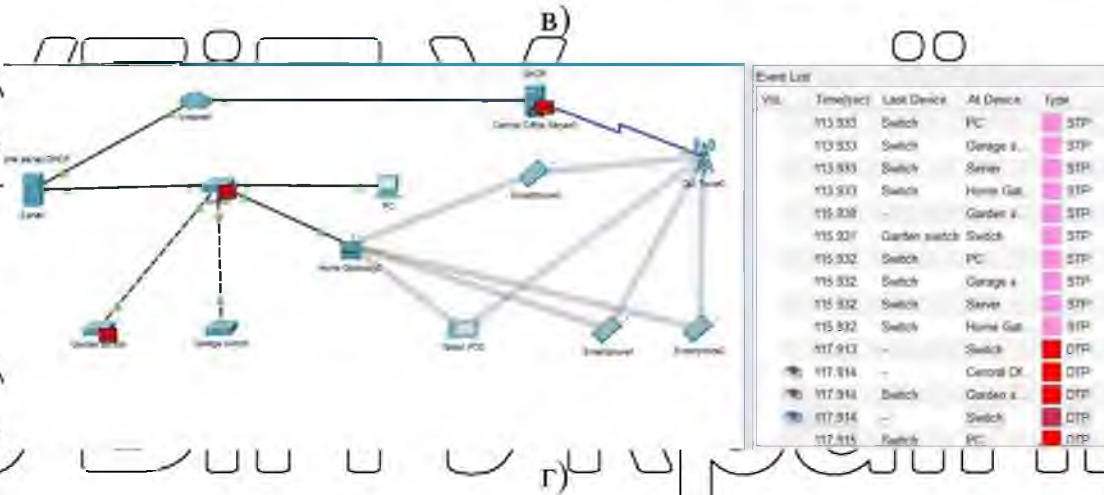
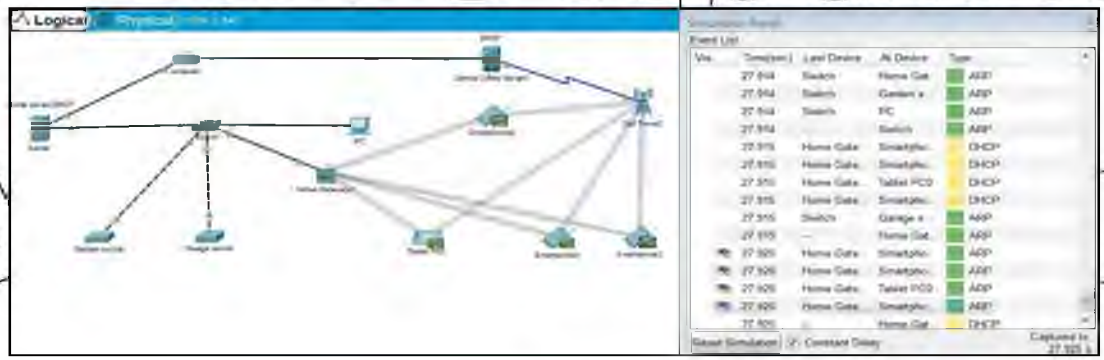
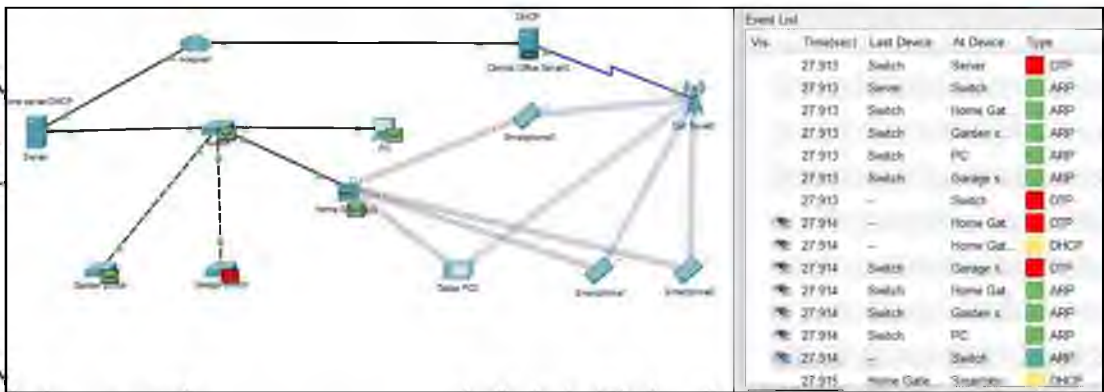


Рисунок 3.11 - Побудована модель домашньої телекомунікаційної мережі (а) та симуляція її роботи в СРГ (б, в, г, д)

На рисунку 3.12 наведена побудована схема розміщення обладнання телекомунікаційної мережі на плані першого поверху розумного будинку.

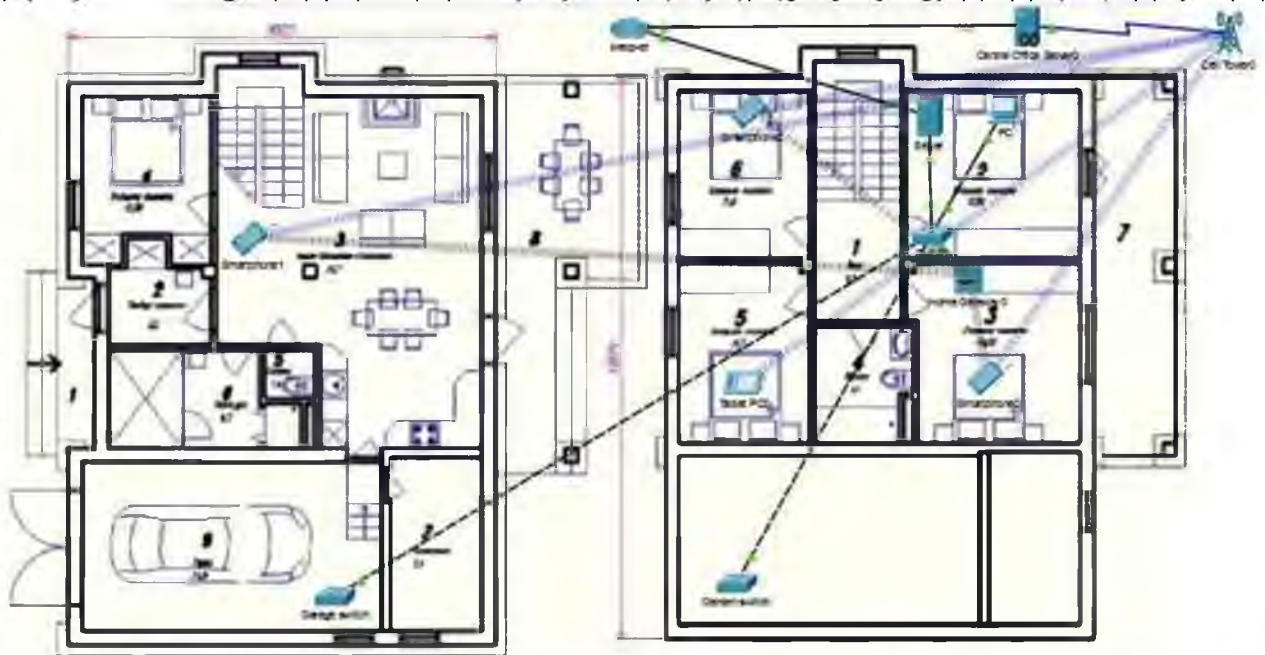


Рисунок 3.12. Схема розміщення обладнання телекомунікаційної мережі на плані першого поверху розумного будинку

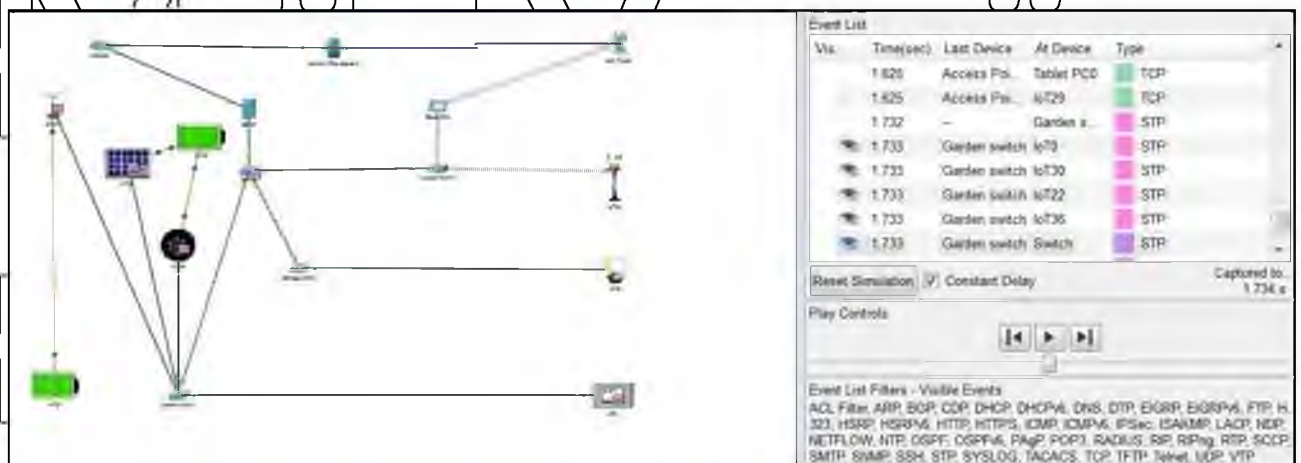
3.3.2 Модель «розумної» мережі енергопостачання житлового будинку

В країнах ЄС активно впроваджуються «інтелектуальні» мережі Smart Grid, які поєднують в собі елементи традиційної електроенергетики та новітні електроенергетичні технології, комплексні інструменти контролю та моніторингу, інформаційно-комунікаційні технології та «інтелектуальні» вимірювальні системи [35,37].

В Україні на даний момент показник втрат електроенергії досягає 15%. При цьому в розвинених країнах Європи він становить лише 6%. Домогтися таких же показників на українській території може допомогти впровадження технології Smart Grid. Оптимальний результат досягається за рахунок впровадження інноваційних рішень, ефективного регулювання і управління розподілом електроенергії [35-37].

В даній роботі побудована імітаційна модель «розумної» мережі енергопостачання житлового будинку в симуляторі Cisco Packet Tracer [13], яка забезпечує абонента мережі послугою автономного енергозабезпечення (рисунок 3.13).

Сонце заряджає сонячну панель, завдяки чому вироблений електричний струм заряджає акумулятор. Цю електричну енергію зчитує вимірювач потужності, підключений між ними. Потім акумулятор розподіляє живлення на кожен підключений пристрій. Сервер реєстрації зчитує потужність, вироблену від сонячної панелі (рисунок 3.13).



a)

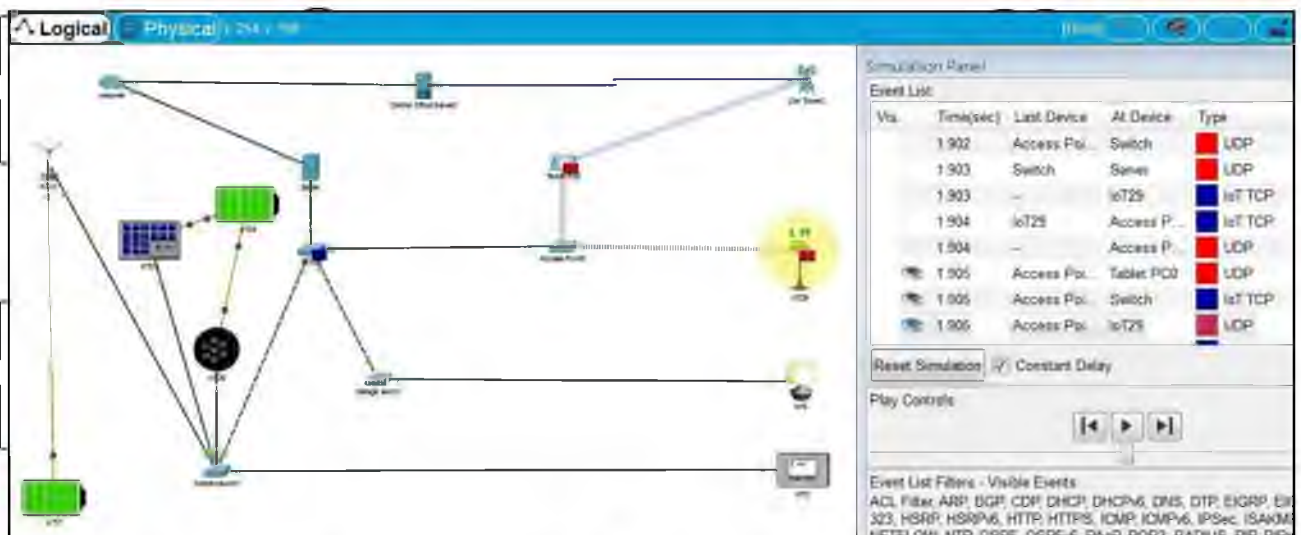


Рисунок 3.13 - Імітаційна модель «розумної» мережі енергопостачання житлового будинку (2 етапи проходження пакетів (а,б))

Джерелами, від яких проєктована мережа може отримувати електроенергію, зазвичай є великі підстанції енергосистеми або місцеві електростанції, що входять в енергосистему. В обох випадках, в години найбільших навантажень необхідно мати резерв джерела по активній потужності, достатній для підключення додаткових абонентів проєктованої мережі. Для цього, у розробленій «розумній» мережі енергопостачання (рисунок 3.13) передбачено два джерела перетворювана енергії - сонячна панель і вітряна турбіна, як призначені для перетворення сонячної енергії та енергії вітру в постійний електричний струм. На рисунку 3.14 наведена побудована модель енергетичної мережі на плані житлового будинку.



Рисунок 3.14. Імітаційна модель енергетичної мережі розміщена на плані житлового будинку

Керування роботою всієї мережі енергопостачання здійснює центральний сервер. За допомогою використання протоколу DHCP, який відповідає за динамічну видачу IP-адрес пристроям, що підключаються до мережі, спрощується адміністрування мережею [38]. За потреби забезпечення високим

вимог до безпеки мережі, усім пристроям мережі адміністратором вручну призначаються IP - адреси та MAC за попередньо складеним IP - планом.

Наявність IoT монітору симулятора CPT дозволяє здійснювати моніторинг системи енергозабезпечення, наочно відстежувати процес підключення пристроїв IoT, здійснювати опитування інформації про стан будь-якого пристрою IoT мережі, усувати неполадки, пов'язані з функціональністю їх роботи, а також управляти оновленнями програмного і мікропрограмного забезпечення.

Абонент енергетичної мережі має змогу здійснювати автоматичне та ручне керування енергозабезпеченням будинку, настройку пристроїв IoT, а також отримувати різні вимірювальні дані за допомогою спеціального програмного забезпечення, що встановлюється на смартфон, ноутбук або персональний комп'ютер.

3.3.3 Пристрої та компоненти IoT цифрової мережі «Smart Home»

Протокол MQTT та додатки були додані в Packet Tracer 7.3 для поліпшення зв'язку між пристроями IoT.

Пристрої IoT можна безпосередньо зареєструвати на домашньому шлюзі або на серверному пристрої, налаштованому на службу IoT (рисунок 3.15).

Домашній шлюз забезпечує 4 порти Ethernet, а також безпроводову точку доступу, налаштовану за допомогою SSID "HomeGateway" на каналі 6. Також присутня можливість налаштування захисту безпроводових з'єднань за допомогою технологій WEP / WPA-PSK / WPA2.

На рисунку 3.16 показане підключення усіх пристроїв та компонент IoT, які приєднані до домашнього шлюзу, або до комутатора мережі Ethernet проводним з'єднанням. Домашній шлюз підключений до Інтернету через свій порт WAN Ethernet.

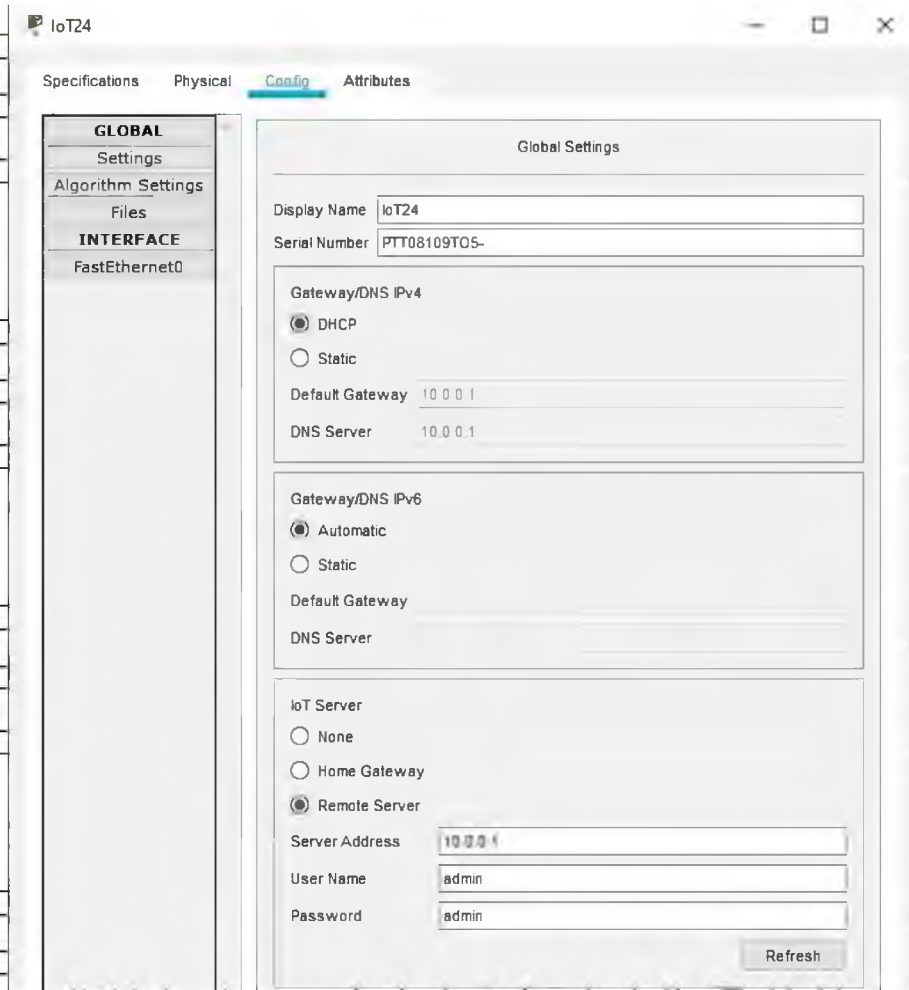


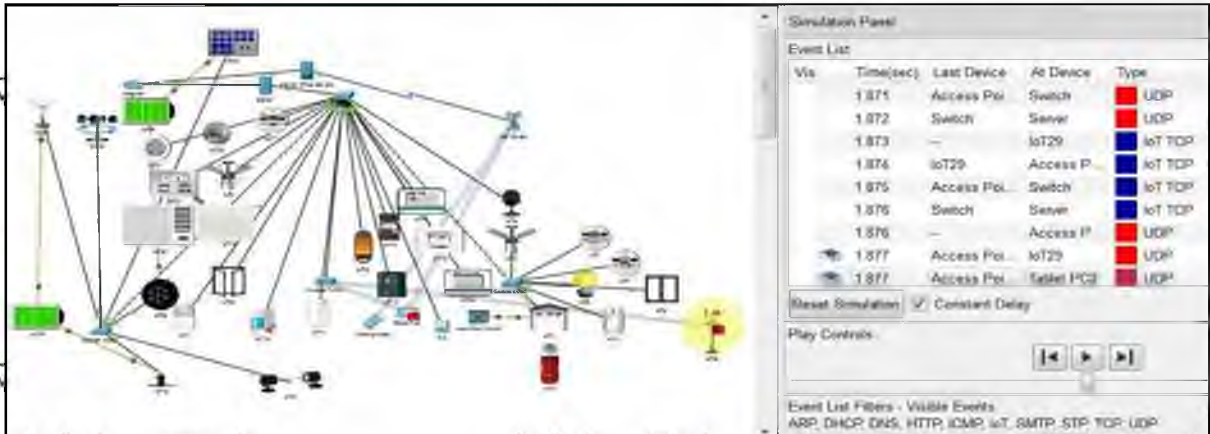
Рисунок 3.15 – Приклад конфігурації IoT пристрою (IoT24)

Вікно налаштування серверу для підтримки IoT пристроїв наведено на рисунку 3.16.



Рисунок 3.16 - Налаштування серверу для підтримки IoT пристроїв

Побудована модель цифрової розумної мережі «Smart Home» з доданими пристроями та компонентами IoT, що розміщено на фасаді (режим симуляції роботи мережі) та на плані будинку наведено на рисунку 3.17, а, б, в, відповідно.



а)



б)



в)

Рисунок 3.17 - Модель цифрової розумної мережі «Smart Home»: режим симуляції роботи в СРТ (а,б); розміщення пристроїв та компонентів IoT на плані житлового будинку (в)

За допомогою графіку (рисунок 3.18), який показує налаштовані імітовані показники навколишнього середовища (вкладка Environment, а саме інтенсивність сонячного світла (червоний графік) та температуру навколишнього середовища (синій графік). За показниками графіку можна спостерігати за роботою розробленої моделі цифрової розумної мережі «Smart Home»»

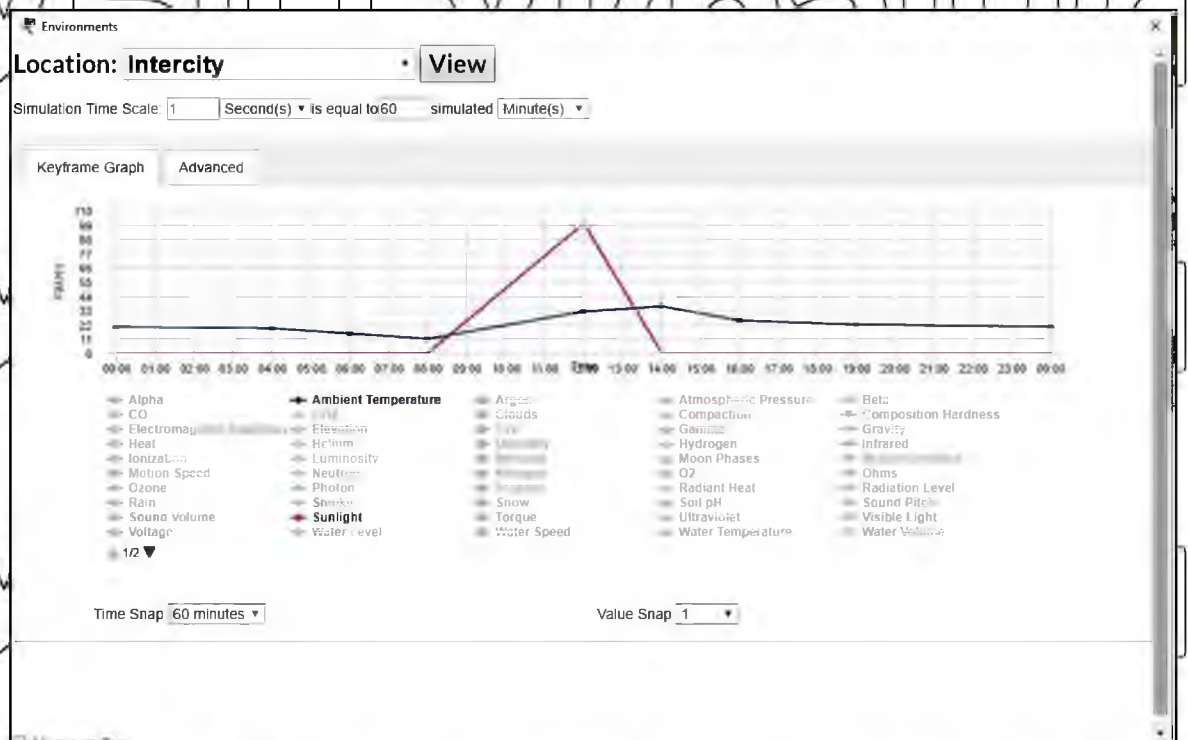


Рисунок 3.18 Вкладка СРТ «Environment» та налаштовані імітовані параметри температури та інтенсивності сонячного світла протягом доби

Висновки до 3 розділу

1. Завдяки використанню інноваційних функцій Packet Tracer в даному розділі побудована реалістична цифрова «розумна» мережа індивідуального житлового будинку на базі обладнання Cisco Systems.

2. Використання динамічного соціального середовища Packet Tracer дозволило вирішити проблеми узгодження IoT пристроїв та мережевого устаткування.

3. Розглянуто внутрішні процеси в режимі реального часу обміну телеметричної інформації в мережах проводового та безпроводового типу

Показано, що безпроводова мережа, яка побудована на базі обладнання Cisco, полегчить реєстрацію нових IoT пристроїв в локальній мережі, підключивши їх до Інтернету та надасть хорошу підтримку мобільним користувачам для організації їх роботи.

4. Побудовані різноманітні моделі телекомунікаційної та «розумної» мережі «Smart Home», досліджені основні концепції її побудови, проведенні експерименти з підключення різного типу обладнання мережі, що дало змогу перевірити своє розуміння побудови мережі та отримати робочу модель, яку можна використовувати при розгортанні реальних телекомунікаційних «розумних» мереж.

4 ПРОГРАМУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ІОТ «РОЗУМНОЇ» МЕРЕЖІ

4.1.Схема мережі «розумний гараж»

На рисунку 4.1 наведено схему мережі «розумний гараж», що розташований в житловому будинку.

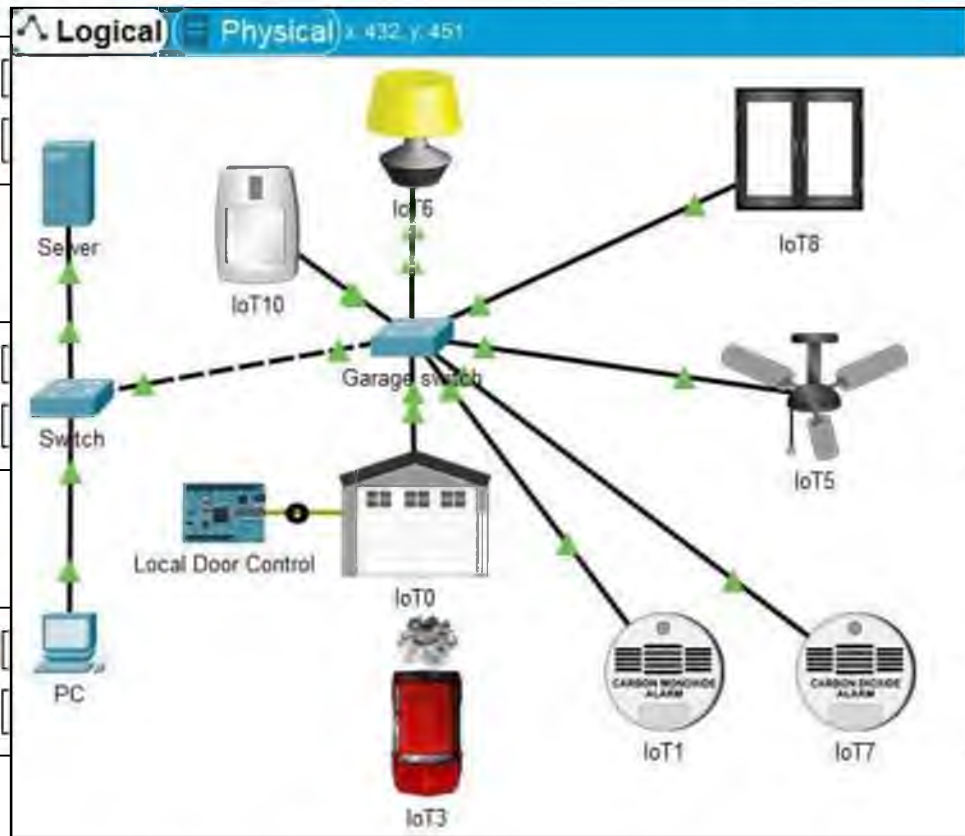


Рисунок 4.1 – Схема мережі «розумний гараж»

У таблиці 4.1 перелічено всі IoT речі, що розташовані в «розумному гаражі» та доступні в Packet Tracer 7.3.1, з описом їх поведінки щодо імітованого середовища.

Таблиця 4.1 – Річ IoT та її поведінка щодо навколишнього середовища

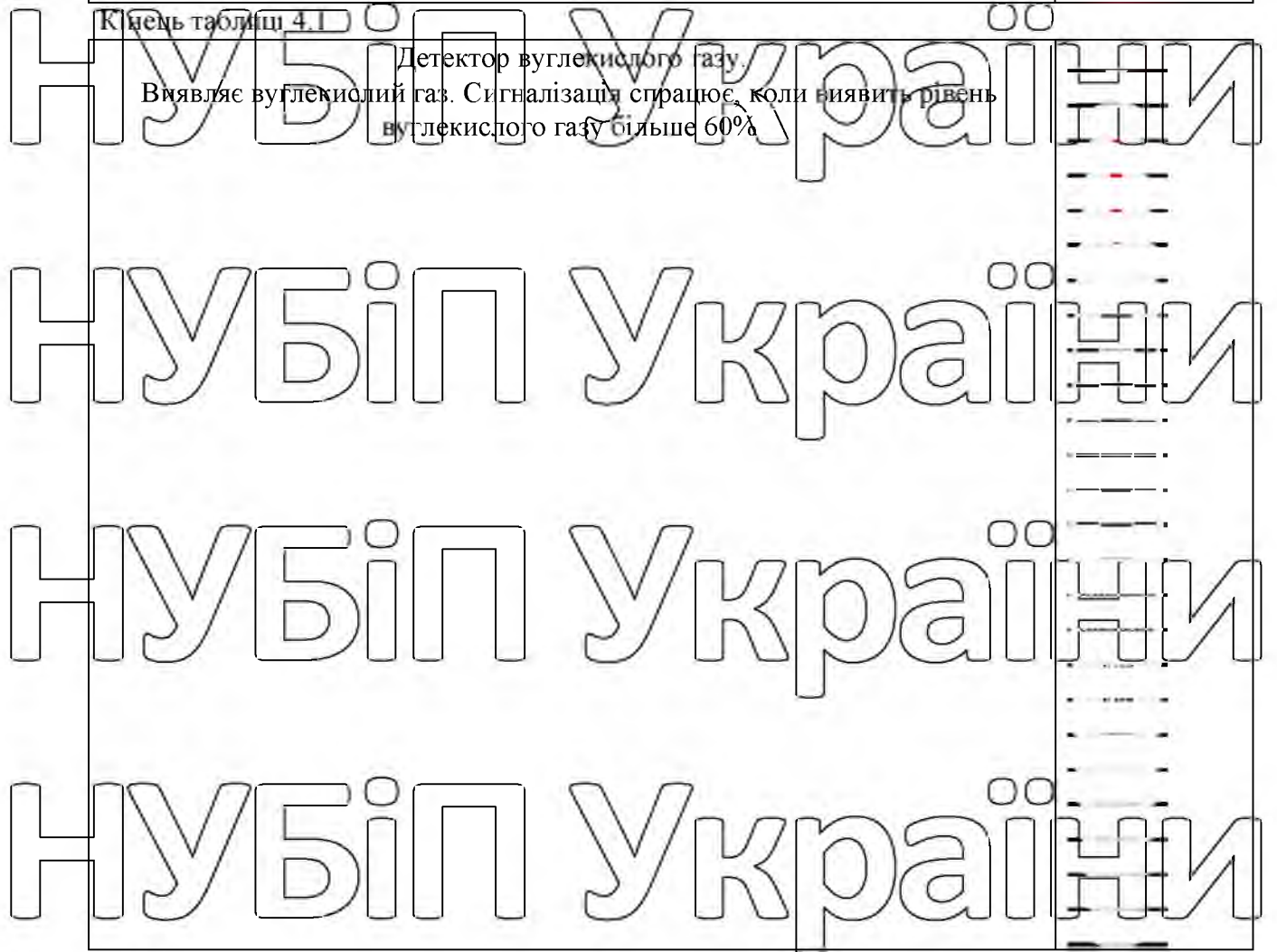
Річ IoT / Поведінка щодо навколишнього середовища	Позначення Cisco
Стара машина. Впливає на чадний газ зі швидкістю 1% на годину.	CSCO
Впливає на вуглекислий газ зі швидкістю 2% на годину.	
Впливає на дим зі швидкістю 3% на годину.	
Впливає на температуру навколишнього середовища зі швидкістю 1% на годину.	



Кінець таблиці 4.1

Детектор вуглекислого газу.

Виявляє вуглекислий газ. Сигналізація спрацює, коли виявить рівень вуглекислого газу більше 60%



НУБІП України

Детектор чадного газу. Виявляє чадний газ

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Вентилятор на стелі. Впливає на швидкість вітру, вологість та температуру навколишнього середовища в гаражі

Низька швидкість вентилятора встановлюється при швидкості вітру - 0,4 км/год. Швидкість охолодження температури навколишнього середовища встановлена на -1°C / год. Швидкість зниження вологості встановлена на 1% на годину.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Гаражні ворота. При перевищенні вуглекислого газу та оксиду вуглецю гаражні ворота автоматично відкриваються для провітрювання від надлишків вуглекислого газу та оксиду вуглецю

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України




НУБІП України

Вікно. Вікно, яке можна відкрити або закрити.

Можливість видалення вуглекислого газу та оксиду вуглецю.

Вікно працює з об'єктом Environment, який зчитує зміни

НУБІП України

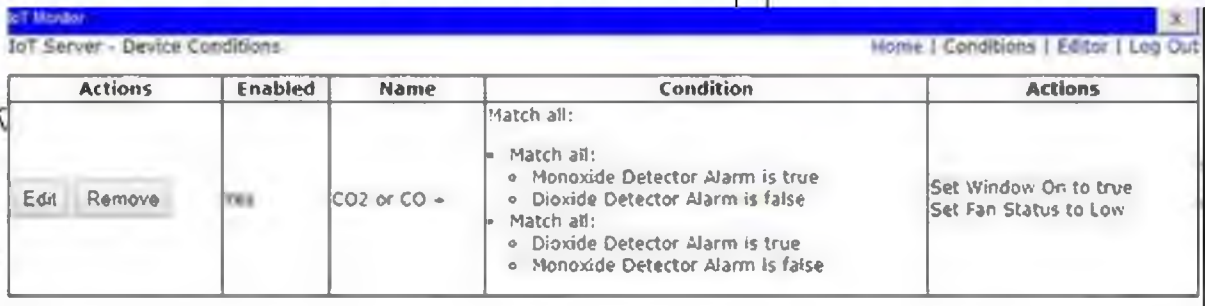
<p>CARBON DIOXIDE і CARBON MONOXIDE, що встановлені в об'єкті Environment, і змінило ці зміни, коли користувачі активу. відкриття / закриття вікна</p>	
<p>Детектор руху. Спрацьовує на наведенні манипулятора «мишь» на позначення детектора. Автоматично вимикається через 5 секунд без руху миши.</p>	
<p>Лампа, яку можна вмикати або вимикати автоматично. Випромінює світло в навколишнє середовище</p>	

Встановимо правила спрацьовування кожного IoT пристрою з таблиці 4.1.

Для цього запускаємо IoT Monitor на PC.

Якщо спрацював один з детекторів вуглекислого газу або чадного газу (рисунок 4.2):

- відкриваємо вікно;
- вмикаємо вентилятор на низьких обертах.

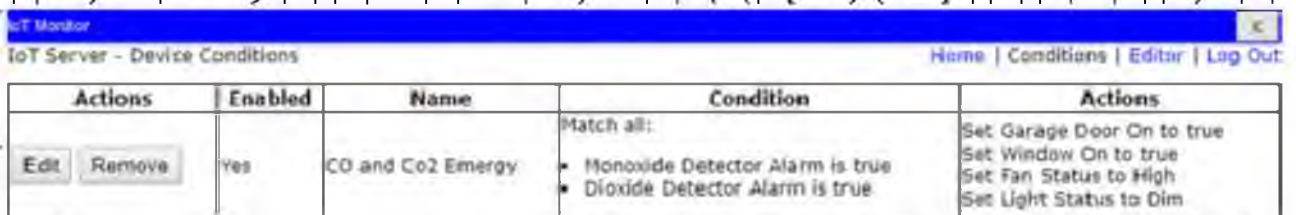


Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	yes	CO2 or CO -	Match all: <ul style="list-style-type: none"> Match all: <ul style="list-style-type: none"> Monoxide Detector Alarm is true Dioxide Detector Alarm is false Match all: <ul style="list-style-type: none"> Dioxide Detector Alarm is true Monoxide Detector Alarm is false 	Set Window On to true Set Fan Status to Low

Рисунок 4.2 - Вікно 1 налаштування стану пристроїв IoT

Якщо спрацювали обидва сенсори - детектор вуглекислого газу та детектор чадного газу (рисунок 4.3):

- відкриваємо вікно;
- вмикаємо вентилятор на високих обертах;
- відкриваємо гаражні ворота;
- переводимо світло в режим DIM.



Actions	Enabled	Name	Condition	Actions
<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Remove"/>	yes	CO and Co2 Emery	Match all: <ul style="list-style-type: none"> Monoxide Detector Alarm is true Dioxide Detector Alarm is true 	Set Garage Door On to true Set Window On to true Set Fan Status to High Set Light Status to Dim

Рисунок 4.3 - Вікно 2 налаштування стану пристроїв IoT

НУБІП України

Якщо не спрацював ні один із детекторів вуглекислого газу та чадного газу:

- закриваємо вікно;
- вимикаємо вентилятор.

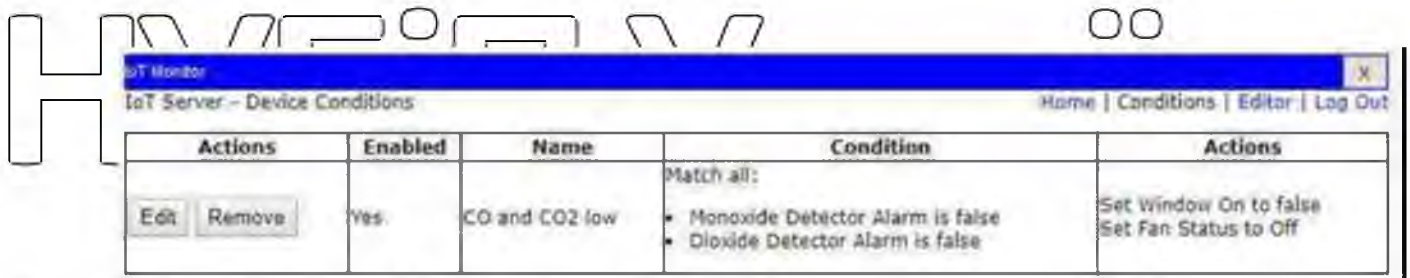


Рисунок 4.3 - Вікно 3 налаштування стану пристроїв IoT

НУБІП України

Якщо спрацював сенсор руху та не спрацював ні один із детекторів вуглекислого газу та чадного газу то вмикаємо світло (рисунок 4.4).

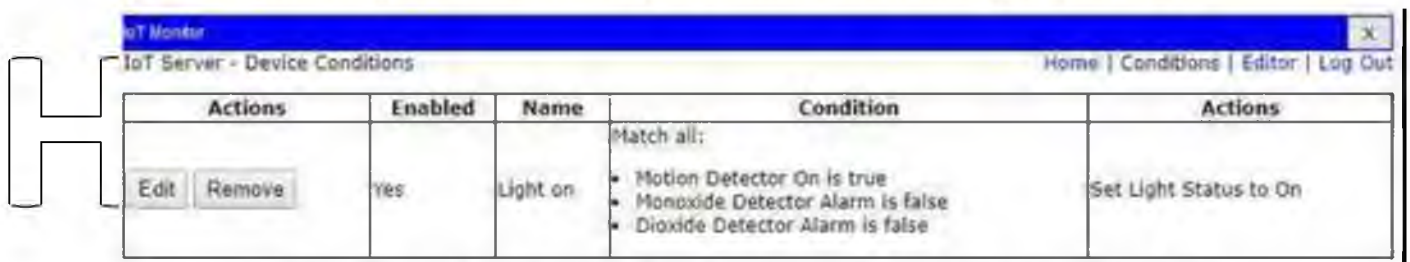


Рисунок 4.4 - Вікно 4 налаштування стану пристроїв IoT

НУБІП України

Якщо не спрацював сенсор руху та не спрацював ні один із детекторів вуглекислого газу та чадного газу то вимикаємо світло (рисунок 4.5).

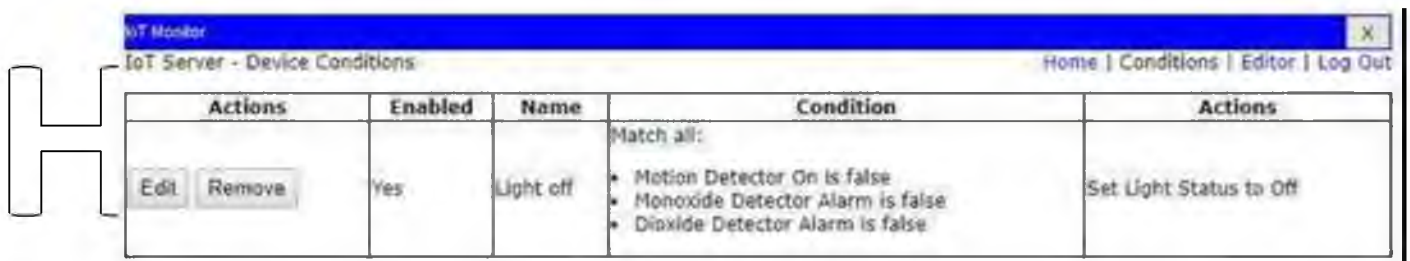


Рисунок 4.5 - Вікно 5 налаштування стану пристроїв IoT

НУБІП України

Усі фізичні об'єкти, що розташовані в «розумному гаражі» і які не мають мережевого інтерфейсу було підключено до мікроконтролера MCU-PT. Це далі




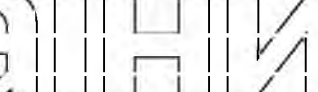




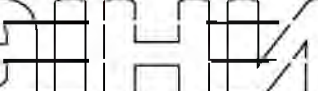
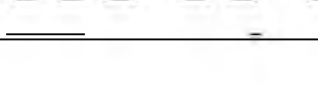
можливість завдяки розробленій програмі керування, завантаженої в мікроконтролер MCU-PT побудувати систему локального та віддаленого керування через мережу Інтернет.

Розроблені алгоритми та код програми на мові Javascript керування пристроями IoT сегменту мережі «розумний» гараж (рисунок 4.1) наведені в додатках А та Б, відповідно.

4.2. Програмне керування пристроями IoT, що розташовані по периметру «Smart Home»

У таблиці 4.2 перелічено всі IoT речі, що розташовані по периметру «Smart Home» (рисунок 3.13) та доступні в Packet Tracer 7.3.1, з описом їх поведінки щодо імітованого середовища.

Таблиця 4.2 - Річ IoT та її поведінка до навколишнього середовища

Річ IoT / Поведінка до навколишнього середовища	Позначення Cisco
Сенсор перетину Сенсор перетину - це тип детектора руху, який може виявляти рух через лазерний промінь. Активується при спрацюванні лазера	
	
	
	
	
	
	
	
	
	

НУБІП України

НУБІП України

Кінець таблиці 4.2

Вуличний ліхтар. Відповідає рівню "СВІТЛО" властивості довкілля.
Очікуване значення - від 0 до 1000. Коли достатньо темне (СВІТЛО < 330), загоряється індикатор лампи. Світло стає яскравішим, якщо стає темніше, досягаючи повної яскравості, коли $LIGHT \leq 0$.

Відображає його стан за допомогою піктограми L зеленим кольором в стані «Увімкнено» та червоним для стану «Вимкнено».

Якщо в зоні сенсора руху з'являється людина, то реагує на присутність у робочій області. При цьому, відображає його стан за допомогою піктограми M зеленим кольором в стані «Увімкнено» та червоним в стані «Вимкнено». Стан увімкнення активний, коли в безпосередній близькості від вуличного ліхтаря є інші об'єкти.





Сонячна панель. Виявляє та відображає кількість генерованої енергії.

Генерує енергію на основі інтенсивності сонячного світла в навколишньому середовищі.

Надсилає генеровану потужність іншому пристрою, такому як акумулятор.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України	
Впливає на видиме світло з максимальною потужністю 5%	Smart LED
Поливач газонів. Поливає газон. Впливає на рівень води зі швидкістю 0,1 см в секунду	

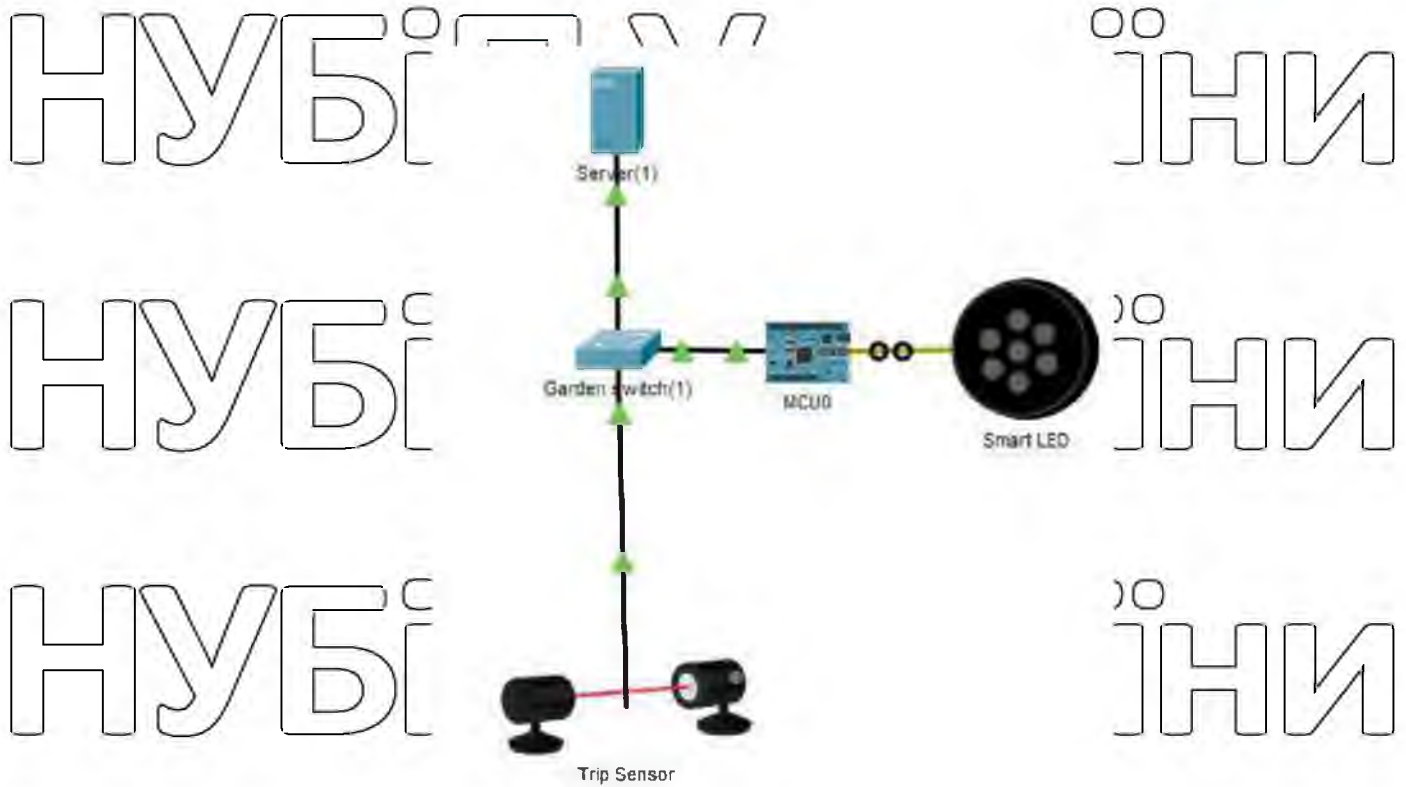


Рисунок 4.6 – Система виявлення руху об’єктів по периметру будинку

НУБІП України

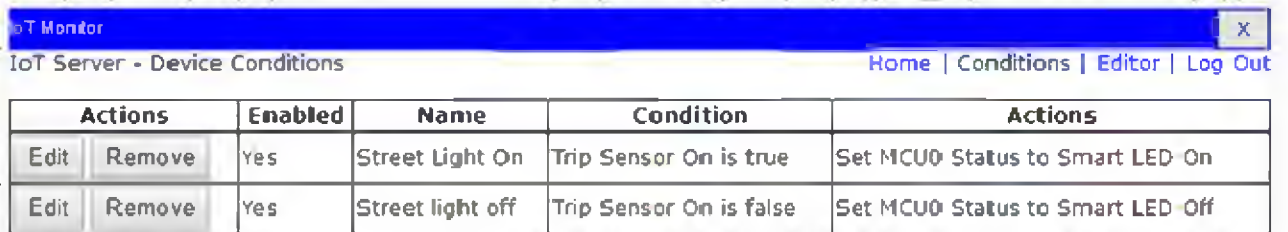
На рисунку 4.7 у вікні IoT монітору наведене вікно з кодом програми керування пристроями IoT сегменту мережі (рисунк 4.6) для мікроконтролеру, що написаний на мові програмування JavaScript. Повний код програми наведений в додатку В.

Рисунок 4.7 – Вкладка MCU з кодом програми керування

Повний список налаштованих пристроїв моделі цифрової «розумної» мережі «Smart Home»: режими симуляції роботи в СРТ (рисунк 3.17) наведений у вікні IoT монітору (рисунк 4.8).

Рисунок 4.9 – Вікно IoT серверу з налаштованими пристроями за схемою (рисунк 4.6)

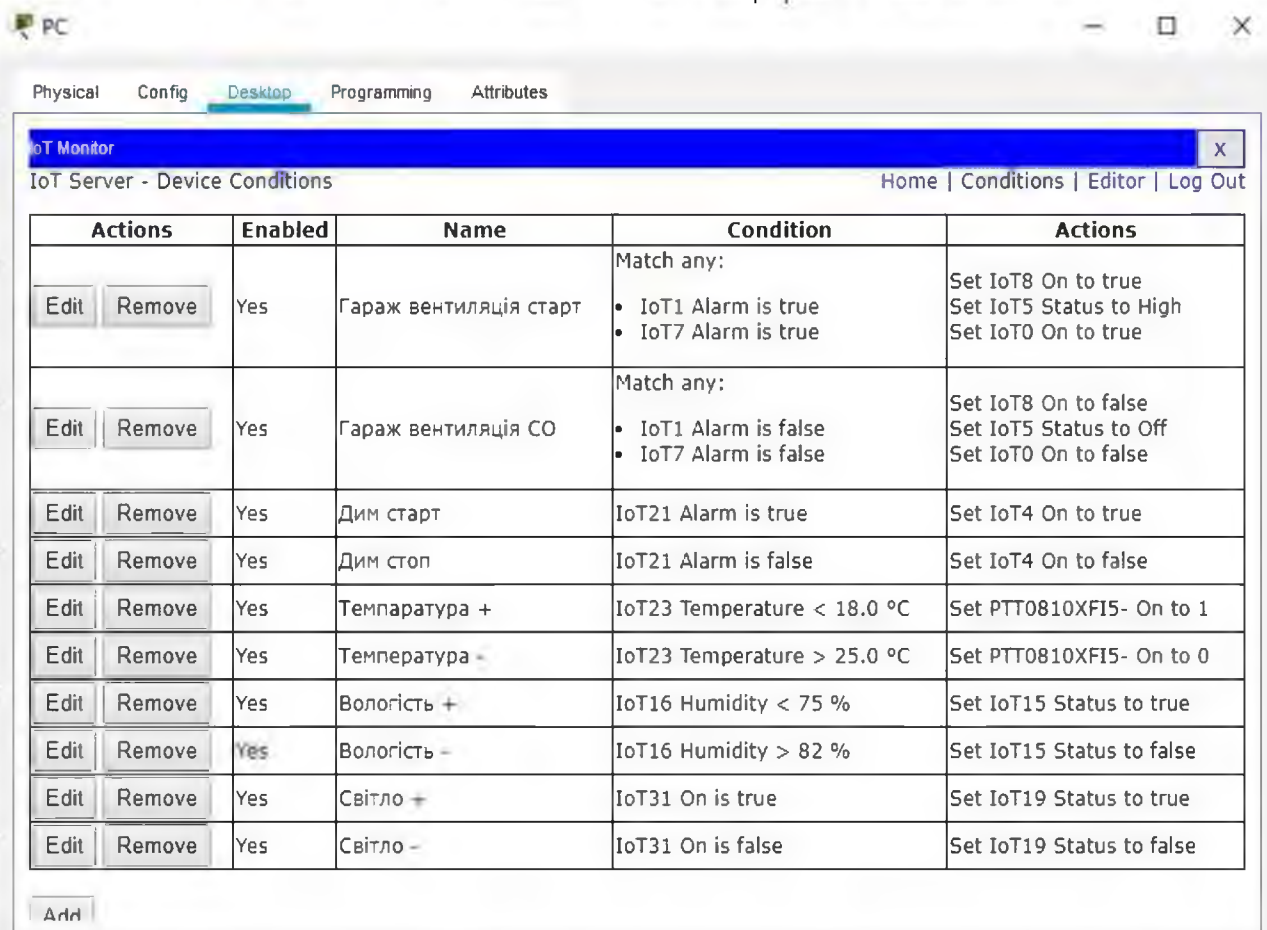
Задаємо правила спрацювання: якщо спрацював сенсор перетину то увімкнути світло, або якщо сенсор перетину не спрацював вимкнути світло (рисунок 4.10)



Actions		Enabled	Name	Condition	Actions
Edit	Remove	Yes	Street Light On	Trip Sensor On is true	Set MCU0 Status to Smart LED On
Edit	Remove	Yes	Street light off	Trip Sensor On is false	Set MCU0 Status to Smart LED Off

Рисунок 4.10 – Вкладка умов спрацювання пристроїв IoT за схемою рисунку 4.6

Інші налаштування пристроїв IoT моделі «розумної» мережі (рисунок 3.7) та правила їх спрацювання у вкладці Сервер та IoT монітор наведені на рисунку 4.11 та, відповідно.



Actions		Enabled	Name	Condition	Actions
Edit	Remove	Yes	Гараж вентиляція старт	Match any: • IoT1 Alarm is true • IoT7 Alarm is true	Set IoT8 On to true Set IoT5 Status to High Set IoT0 On to true
Edit	Remove	Yes	Гараж вентиляція CO	Match any: • IoT1 Alarm is false • IoT7 Alarm is false	Set IoT8 On to false Set IoT5 Status to Off Set IoT0 On to false
Edit	Remove	Yes	Дим старт	IoT21 Alarm is true	Set IoT4 On to true
Edit	Remove	Yes	Дим стоп	IoT21 Alarm is false	Set IoT4 On to false
Edit	Remove	Yes	Температура +	IoT23 Temperature < 18.0 °C	Set PTT0810XF15- On to 1
Edit	Remove	Yes	Температура -	IoT23 Temperature > 25.0 °C	Set PTT0810XF15- On to 0
Edit	Remove	Yes	Вологість +	IoT16 Humidity < 75 %	Set IoT15 Status to true
Edit	Remove	Yes	Вологість -	IoT16 Humidity > 82 %	Set IoT15 Status to false
Edit	Remove	Yes	Світло +	IoT31 On is true	Set IoT19 Status to true
Edit	Remove	Yes	Світло -	IoT31 On is false	Set IoT19 Status to false

Top

НУВІІІ | укрaїни

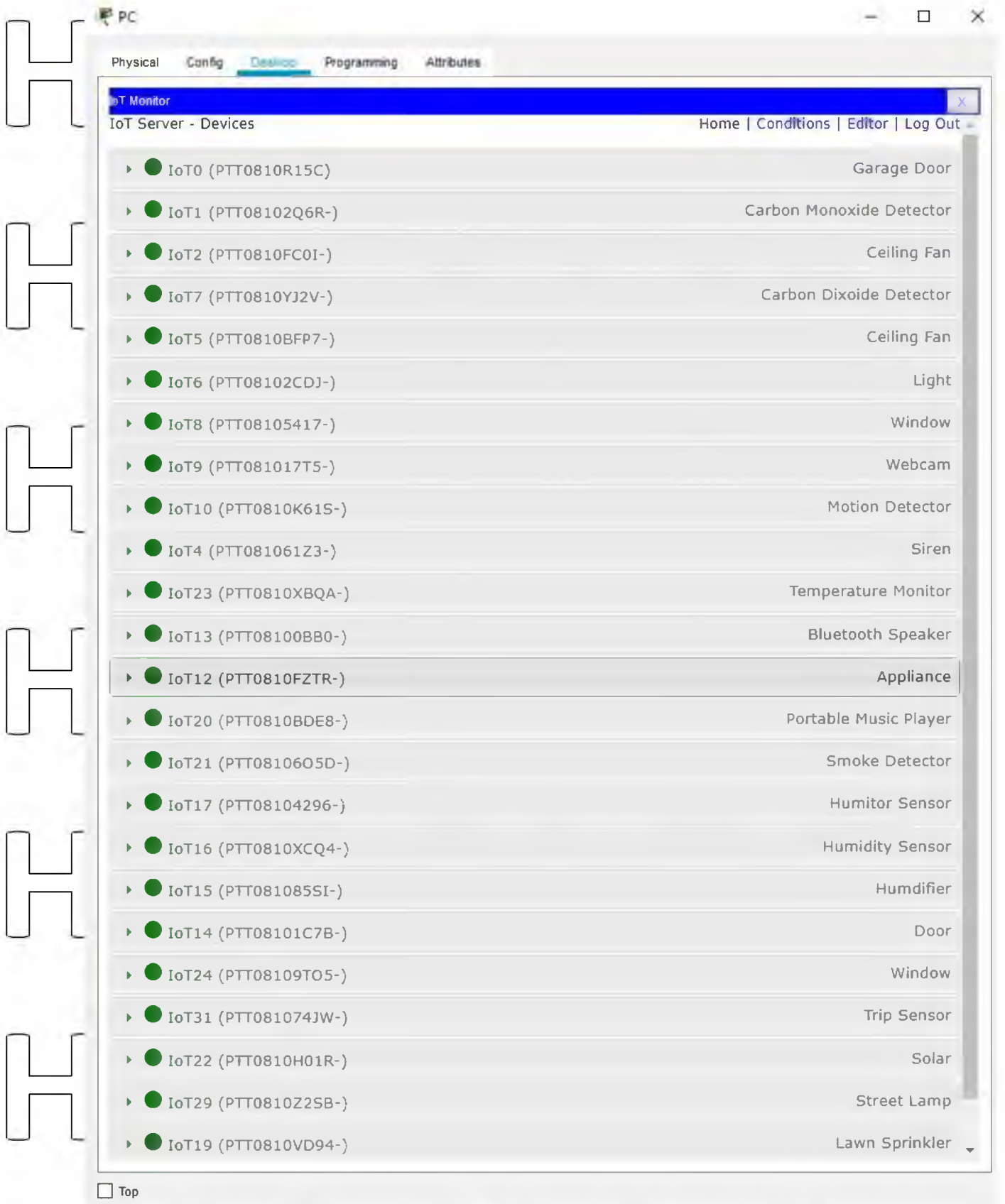


Рисунок 4.1 – Вікно налаштування параметрів та правил спрацювання IoT пристроїв розробленої моделі «розумної» мережі (рисунок 3.17)

Висновки до 4 розділу

У результаті проведених експериментів з використанням імітаційного середовища Packet Tracer 7.3.1 та побудованої моделі «розумної» мережі «Smart Home» в даному розділі дипломної роботи:

1. Проведено налаштування пристроїв IoT розробленої «розумної» мережі «Smart Home». Досліджена їх поведінка щодо імітованого навколишнього середовища. Наведені приклади конфігурації IoT пристроїв.

2. Проведене конфігурування окремих сегментів «розумної» мережі «Smart Home» за допомогою віртуального обладнання Cisco та симулятора Packet Tracer 7.3.1. Описана поведінка роботи підключених до мережі IoT пристроїв та правила їх спрацьовування.

3. Розроблене алгоритмічно – програмне забезпечення для програмування компонентів «розумної» мережі. Розроблені алгоритми роботи та написані коди програм з використанням мови програмування JavaScript (наведені в додатках А та Б), які дозволяють здійснювати автоматичне керування IoT пристроями «розумної» мережі напряму через мережу Інтернет з любого комутаційного пристрою (планшету, ноутбуку, смартфон).

Висновки

В ході виконання дипломної роботи було розкриті наступні питання та вирішенні такі задачі:

1. Проведений в першому розділі аналіз існуючих рішень, за темою роботи показав, що застосування на практиці мереж різних стандартів, з

використанням підключених до них компонентів і сенсорів з різними інтерфейсами, протоколами їх роботи від різних виробників, призведе до принципової складності їх узгодженості при побудові та розгортанні систем «Smart Home» та забезпечені складеної роботи мережі в цілому. Наведені рекомендації, щодо вибору телекомунікаційного обладнання одного виробника з відкритими інтерфесами та протоколами обміну, яким є – корпорація Cisco.

2. В другому розділі роботи, проведений аналіз основних технологій, стандартів та протоколів. Надані рекомендації, щодо використання мереж стандартів Ethernet для побудови локальних та глобальних мереж з забезпеченням провідного доступу та стандартів Wi-Fi та 3G/4G. Це надасть змогу абонентам отримати безпроводовий доступ до мережі мобільного Інтернету. При цьому, слід використовувати концептуальну модель OSI та відкриту модель TCP / IP, яка описує два стандарти TCP та Інтернет-протокол – IP. Для організації телеметрії «розумного» будинку та забезпечення підтримки якості обслуговування (QoS) слід використовувати рекомендації багатофункціонального протоколу взаємодії IoT MQTT, заснований на моделі видавець/підписник.

3. Побудована імітаційна цифрова «розумна» мережа індивідуального житлового будинку на базі обладнання Cisco Systems з використанням динамічного соціального середовища Packet Tracer, що дозволило вирішити проблеми узгодження IoT пристроїв та мережевого устаткування.

4. Проведене конфігурування окремих сегментів «розумної» мережі «Smart Home» за допомогою віртуального обладнання Cisco та симулятора Packet Tracer 7.3.1. Описана поведінка роботи підключених до мережі IoT пристроїв та правила їх спрацьовування.

5. Розроблене алгоритмічно – програмне забезпечення з використанням мови програмування JavaScript, які дозволяють здійснювати автоматичне керування IoT пристроями «розумної» мережі напряму через мережу Інтернет з любого комутаційного пристрою.

Перелік посилань

1. "The Internet of Things in an Enterprise Context" in Future Internet-FIS 2008 Lecture Notes in Computer Science Vol. 5468 2009.
2. Jie, Yin, et al. "Smart home system based on iot technologies." Computational and Information Sciences (ICGIS), 2013 Fifth International Conference on. IEEE, 2013.
3. Soliman, Moataz, et al. "Smart home: Integrating internet of things with web services and cloud computing." Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2013 IEEE 5th International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2013.
4. Chatteraj, Subhankar. "Smart Home Automation based on different sensors and Arduino as the master controller." International Journal of Scientific and Research Publications, 5.10 (2015):p. 1-4.
5. Alam, M.R.; Reaz, M.B.I.; Ali, M.A.M. A review of smart homes-Past, present, and future. IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C 2012, 42, p. 1190–1203.
6. Оборудование для умного дома SenseHome [Электронный ресурс] // Умный дом SenseHome. – Режим доступа: <https://sensehome.ru>
7. InwiON - Видео [Электронный ресурс] // Национальная библиотека
InwiON. – Режим доступа: <http://inwion.ru>
8. V. Ricquebourg, D. Menga, D. Durand, B. Marhic, L. Delahoche, and C. Loge, "The smart home concept: our immediate future," in Proc. of IEEE Int. Conf. E-Learn. Ind. Electron. (ICELIE). Hammamet, Tunisia: IEEE, Dec. 2006, pp. 23–28.
9. N. Dickey, D. Banks and S. Sukittanon, "Home automation using Cloud Network and mobile devices," Southeastcon, 2012 Proceedings of IEEE, Orlando, FL, 2012, pp. 1-4.
10. S. Folea, D. Bordenca, C. Hotea and H. Valean, "Smart home automation system using Wi-Fi low power devices," Automation Quality and Testing Robotics (AQTR), 2012 IEEE International Conference on, Cluj-Napoca, 2012, pp. 569-574.

11. Стартовый комплект «Умный дом» Fibaro Starter Kit (FIB_Start)-назва з екрану [Электронный ресурс] // «Технологии для жизни». – Режим доступа: <http://sweetcheap.online>

12. EasySmartBox - готовые системы Умный Дом от производителя [Электронный ресурс] // EasySmartBox. – Режим доступа: <http://easysmartbox.com>

13. Сообщество MajorDoMo -назва з екрану- [Электронный ресурс]– Режим доступа: <https://mjdm.ru/>

14. Элсенпитер Р.К. Умный Дом строим сами / Элсенпитер Роберт К., Велт Тоби Дж.; под переводом Казаченко В.; КУДИЦ-Образ – 2005 г.

15. X10 Europe – Wireless solutions for 230 volts countries [Электронный ресурс] // [x10europe.com](http://www.x10europe.com). – Режим доступа: <http://www.x10europe.com>

16. Ding, D.; Cooper, R.A.; Pasquina, R.F.; Pasquina, L.F. Sensor technology for smart homes. Maturitas 2011, 69, 131–136.

17. Локотков, А. Интерфейсы последовательной передачи данных. Стандарты RS-422/RS-485 / Локотков А. // СТА – 1997 - №3

18. Z-wave Украина /about_us –название с экрана [Электронный ресурс] Режим доступа: https://z-wave.com.ua/about_us

19. Протоколы Bluetooth IEEE 802.15.1 [Электронный ресурс] // GAW.ru. – Режим доступа: <http://www.gaw.ru>

20. Декодирование сигналов инфракрасного пульта дистанционного управления [Электронный ресурс] // chipenable.ru. – Режим доступа: <http://chipenable.ru>

21. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание. - Учебник для вузов, 2020. – С. 1008. ISBN:978-5-4461-1426-9.

22. IEEE 802.11TM wireless local area networks – Назва з екрану – Режим доступа: <https://www.ieee802.org/11/>

23. ITU paves way for next-generation 4G mobile technologies – Назва з екрану – Режим доступа: <https://cutt.ly/ehGkRjX>

24. Домашня сторінка LTE – Режим доступу:

<https://web.archive.org/web/20081207052302/http://www.3gpp.org/article/lte>

RFC 793 – формат TCP протокола

25. Кручинин С. В. Семиуровневая модель OSI/ISO и стек протоколов

TCP/IP: исследование взаимоотношения и интерпретации. – Научно-исследовательские публикации, 2015, № 5 (25). – С. 115-120.

26. RFC 790, RFC791 – формат IP протокола

27. Таненбаум Э. “Компьютерные сети”. Э. Таненбаум, пер. с англ. В.

Шрага изд. 4-е, Спб-2010.- 992 с.

28. MQTT: The Standard for IoT Messaging. – Назва з екрану. - Режим

доступу: <https://mqtt.org/>

29. Hypertext Transfer Protocol - HTTP/1.1 – Назва з екрану. - Режим

доступу: <https://tools.ietf.org/pdf/rfc2616.pdf>

30. Трансляция сетевых адресов NAT – Назва з екрану. - Режим доступу:

<http://ciscotips.ru/nat>

31. <http://www.packettracenetwork.com/>

32. <http://www.packettracenetwork.com/internet-of-things/pt7->

iotdevicesconfiguration.htm

33. <http://www.netacad.com>

34. Sun, Liangxu, et al. "Comparison between physical devices and simulator software for Cisco network technology teaching" Computer Science & Education (ICCSE), 2013 8th International Conference on IEEE, 2013.

35. «Технологічна карта технологічного плану європейської енергетичної стратегії 2011 р.», 2011/Technology Map of the European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan), – Об'єднаний дослідницький центр Єврокомісії Joint Research Centre (JRC).

36. «Проекты Smart Grid у Європі: отримані уроки та стан розвитку», –

Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments, –

Об'єднаний дослідницький центр Єврокомісії Joint Research Centre (JRC).

37. «Энергоэффективность. Интеллектуальные сети. Разработка европейских стандартов» – Назва з екрану. - Режим доступу: [//www.bntu.com/](http://www.bntu.com/).
38. Dynamic Host Configuration Protocol – Назва з екрану. - Режим доступу: <https://tools.ietf.org/html/rfc2131>

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток А Алгоритми керування роботою IoT схеми «розумний» гараж

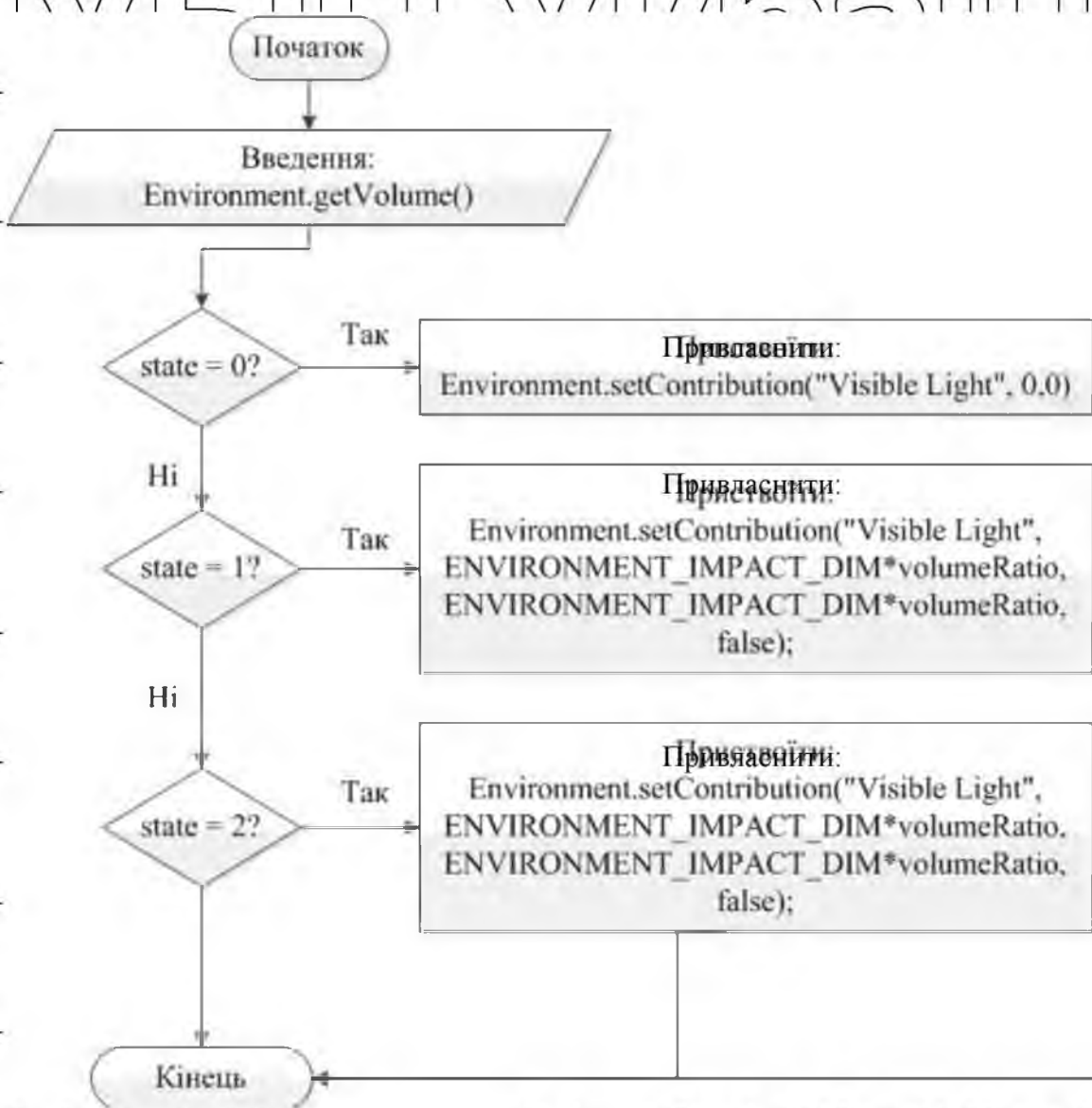
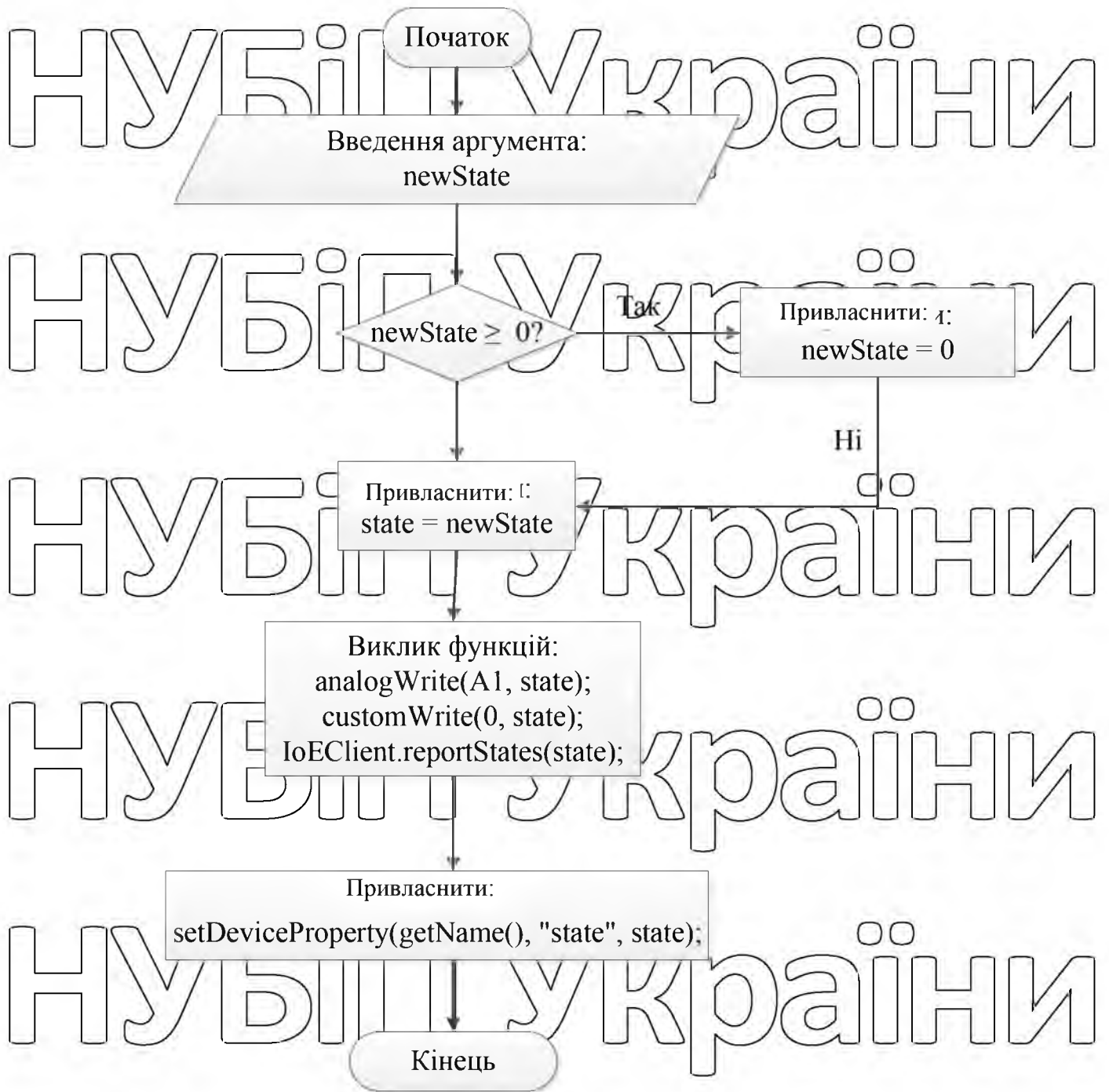


Рисунок А.1 – Блок-схема алгоритму процедури updateEnvironment

Рисунок А.2 – Блок-схема алгоритму процедури `setState`

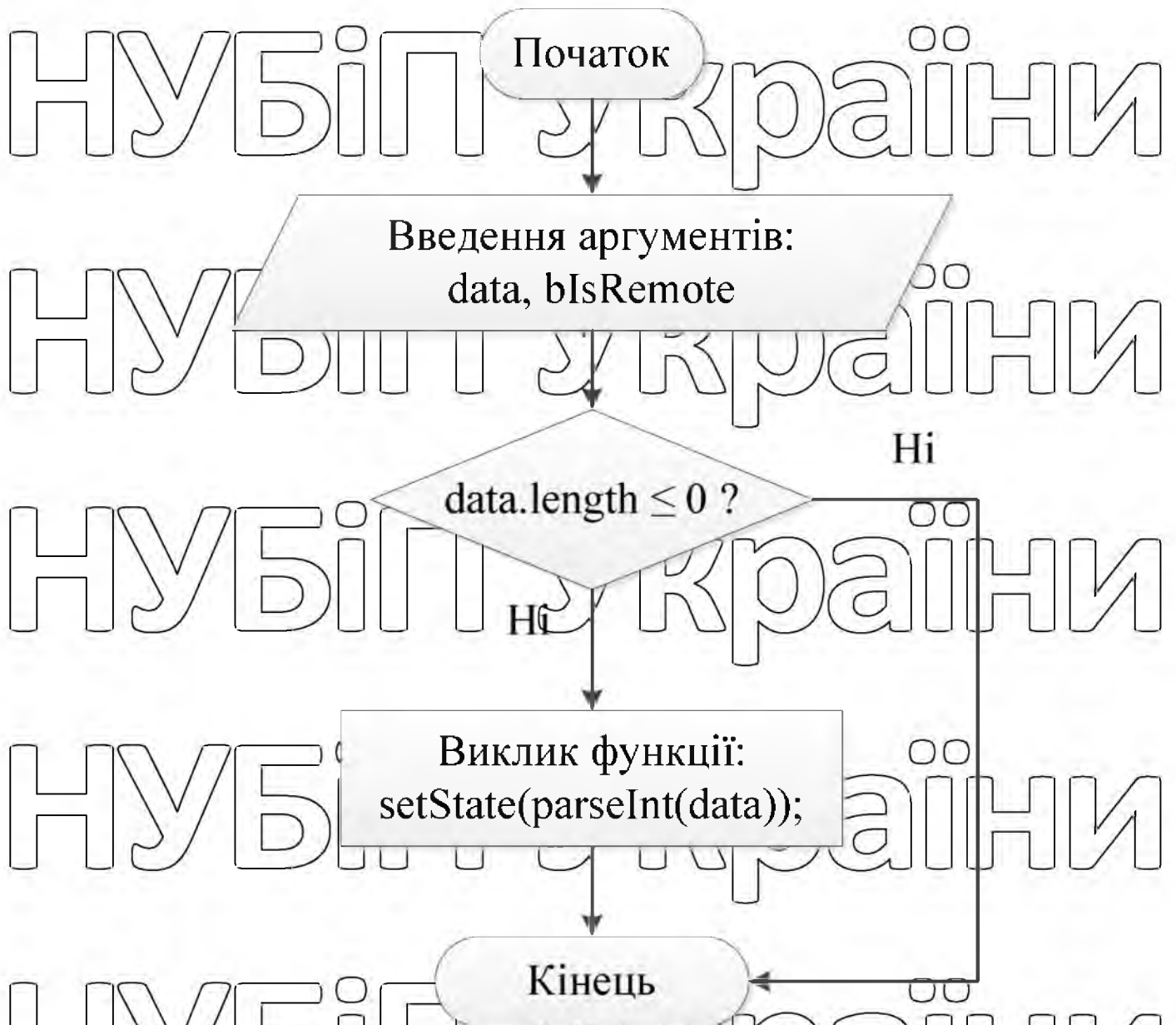
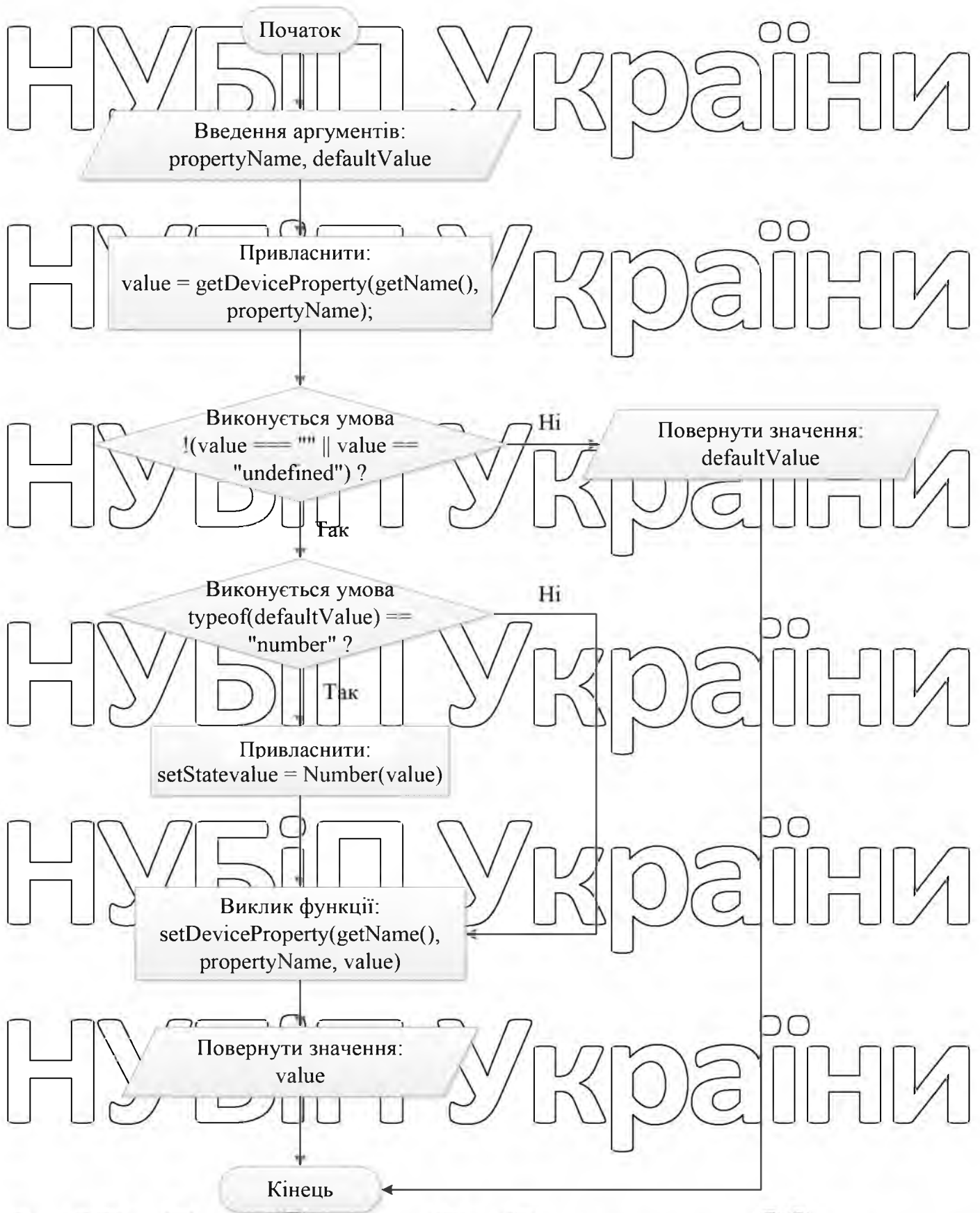


Рисунок А.3 – Блок-схема алгоритму процедури `processData`

Рисунок А.4 – Блок-схема алгоритму процедури `restoreProperty`

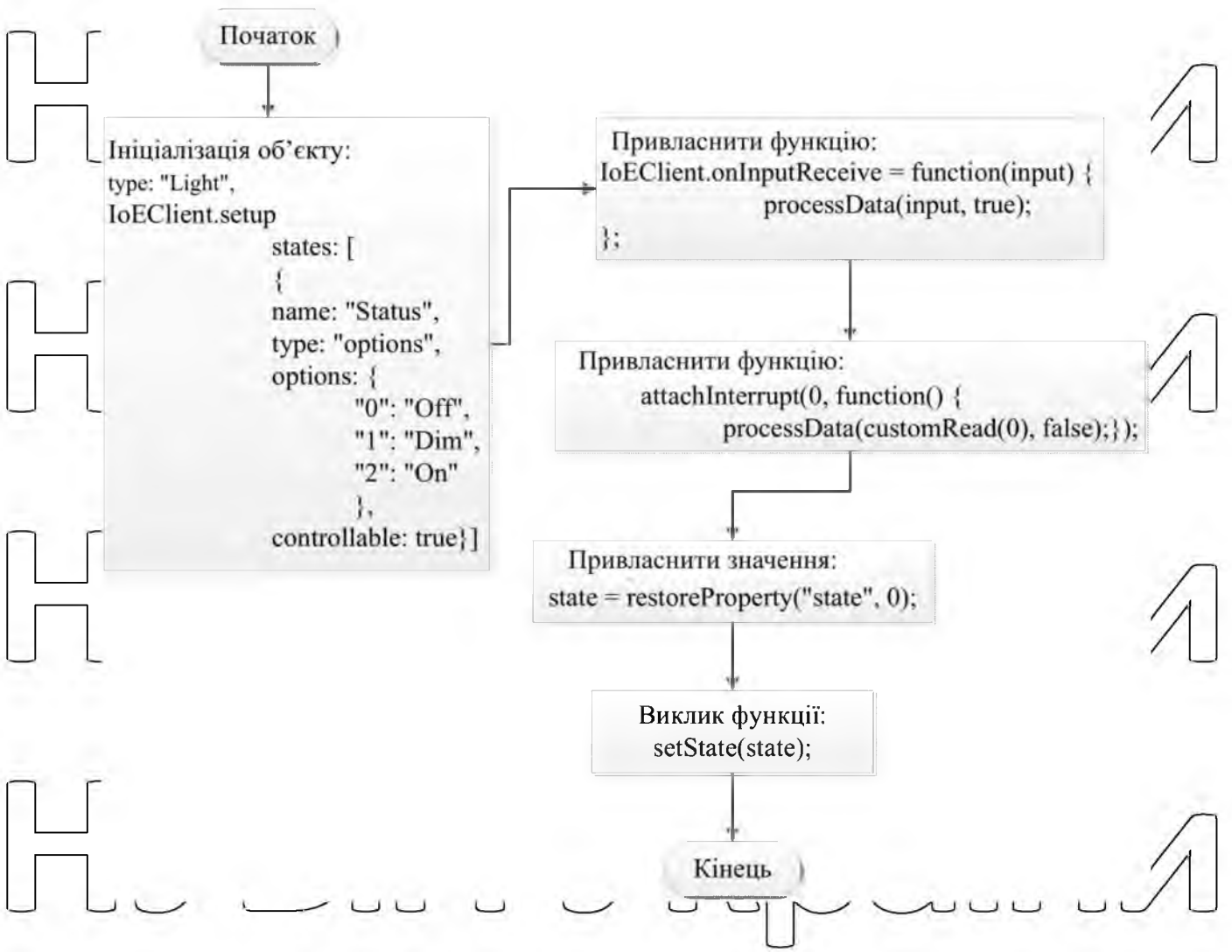


Рисунок А.5 – Блок-схема алгоритму процедури setup

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

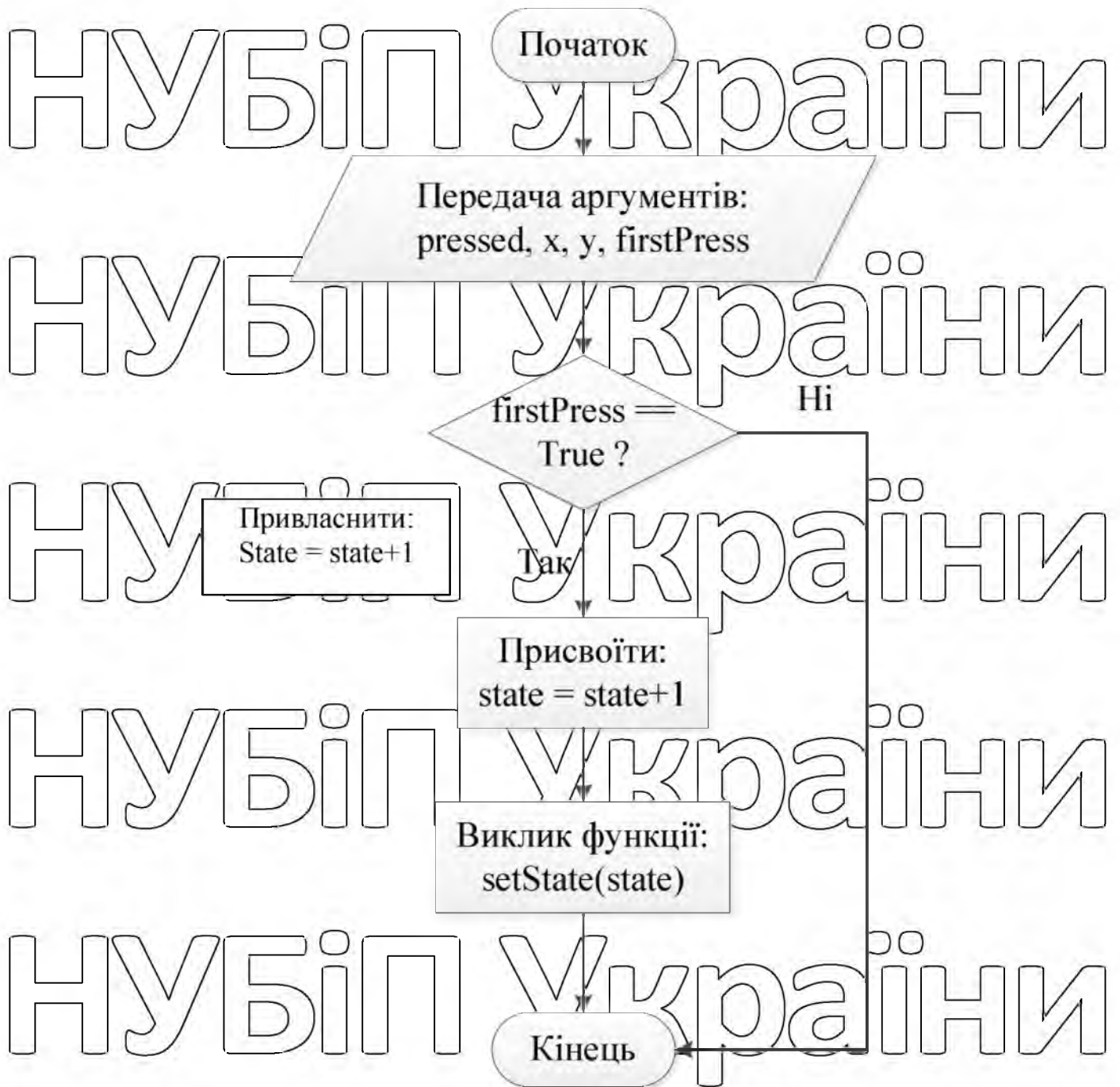


Рисунок А.6 – Блок-схема алгоритму процедури `mouseEvent`

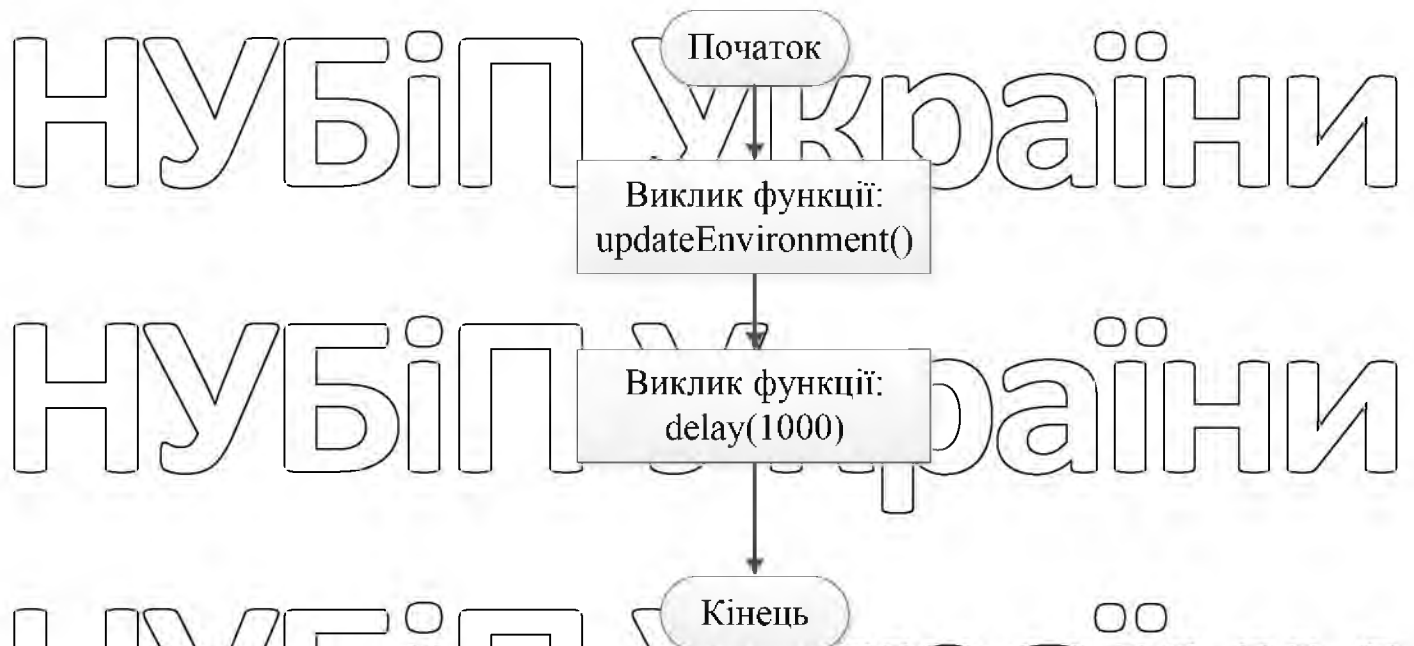


Рисунок А.7 – Блок-схема алгоритму процедури loop

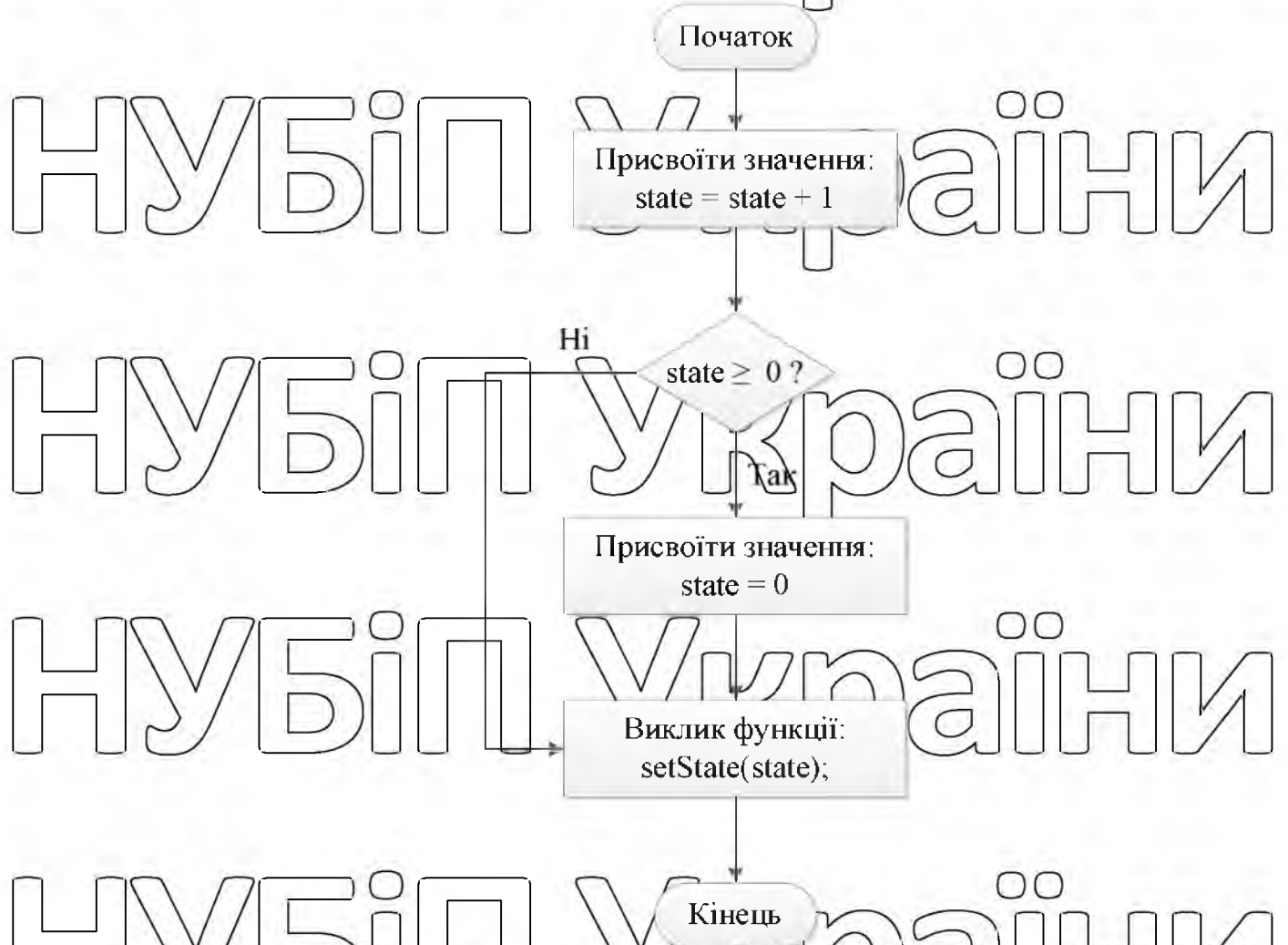


Рисунок А.8 – Блок-схема алгоритму процедури toggleState

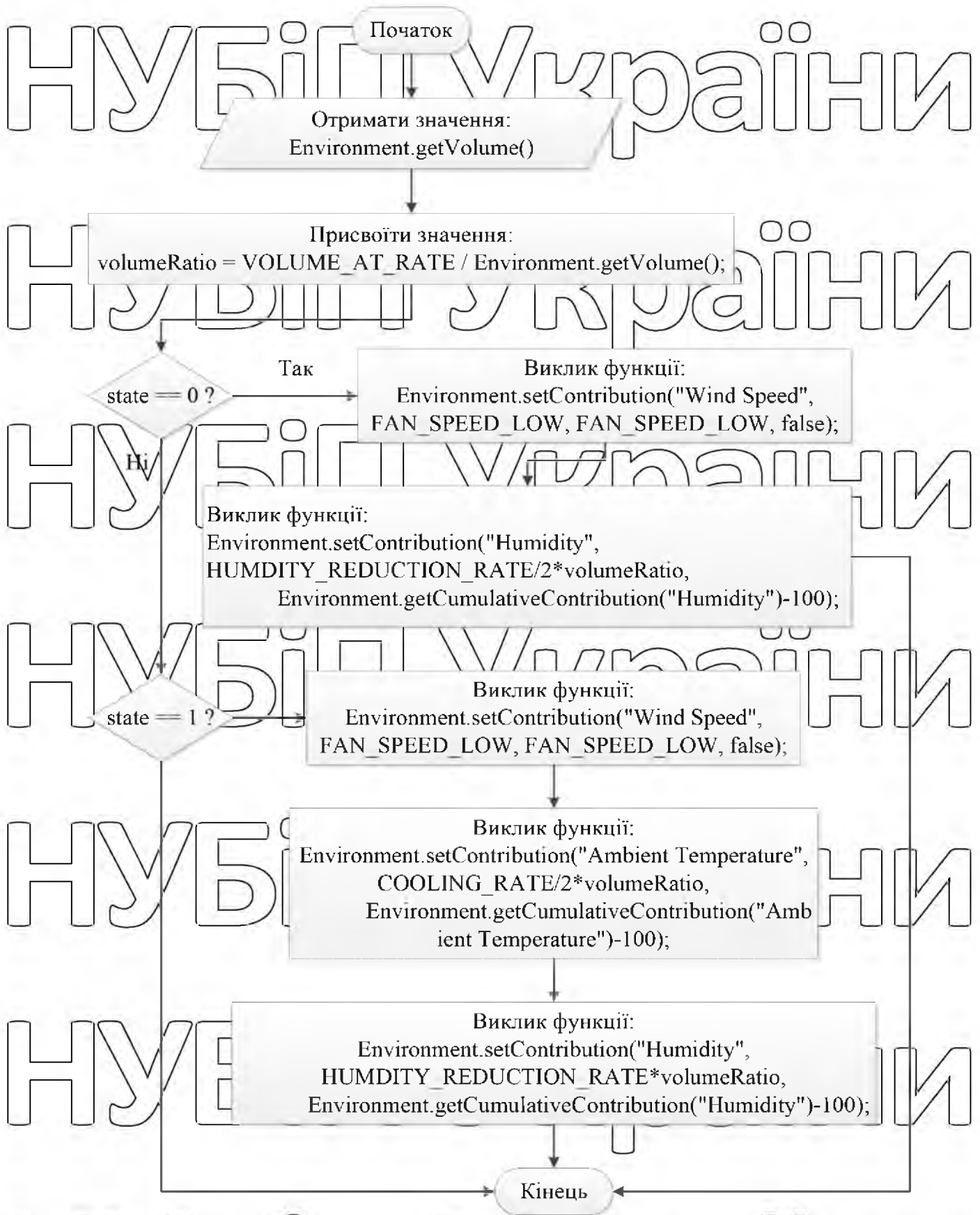


Рисунок А.9 – Блок-схема алгоритму процедури updateEnvironment

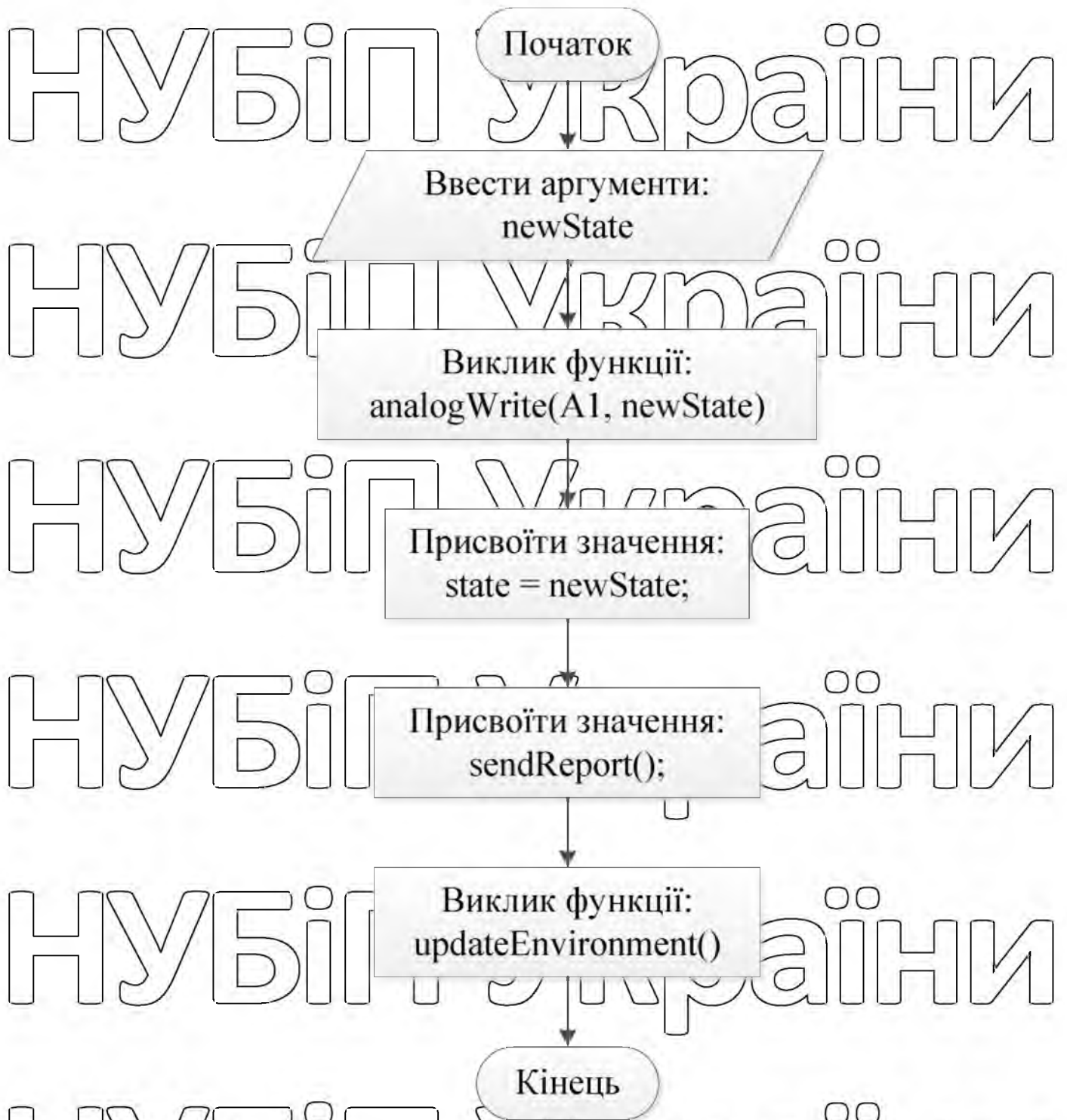


Рисунок А.10 – Блок-схема алгоритму процедури `setState`



Рисунок А.11 – Блок-схема алгоритму процедури processData

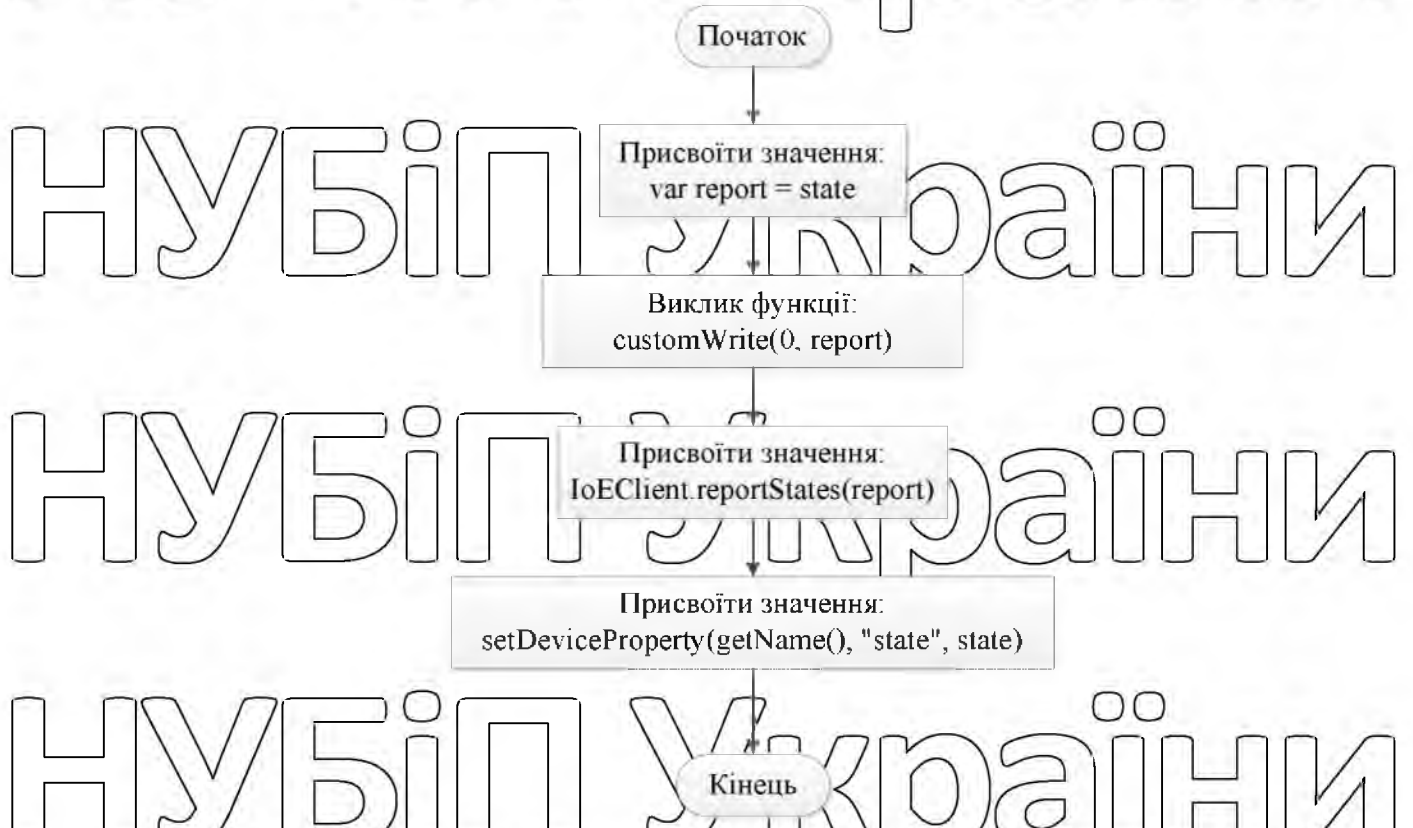


Рисунок А.12 – Блок-схема алгоритму процедури sendReport



Рисунок А.13 — Блок-схема алгоритму процедури restoreProperty



Рисунок А.14 – Блок-схема алгоритму процедури setup

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

Додаток В

Код програми мікроконтролера системи охорони периметру

```

Програма для MCU var state = "0"; //
Початковий стан

function setup() {
  IoEClient.setup({ // Реєструємо на IoT сервісі
    type: "Smart LED",          states: [{
name: "Status",                type: "options",
options: {                      "0": "Off",
                                "1": "On"
                                },
                                controllable: true
  }
  });
  IoEClient.onInputReceive = function(input) { // Задаємо
реакцію на зміну стану
    setState(input);
  }
  setState(state)
}

function setState(newState) { // Описуємо відпрацювання зміни
стану
  var stateValue = 0;
  if (newState == "1") {
stateValue = 1023;
state = "1"
  } else if (newState == "0"){
state = "0"
stateValue = 0;
  } else {
return
  }
  analogWrite(A0, stateValue);
IoEClient.reportStates(state);
  setState(getName(), "state", state);
}

```

НУБІЛ ЦІЯН
и н і е д ж а у к р а ї н и

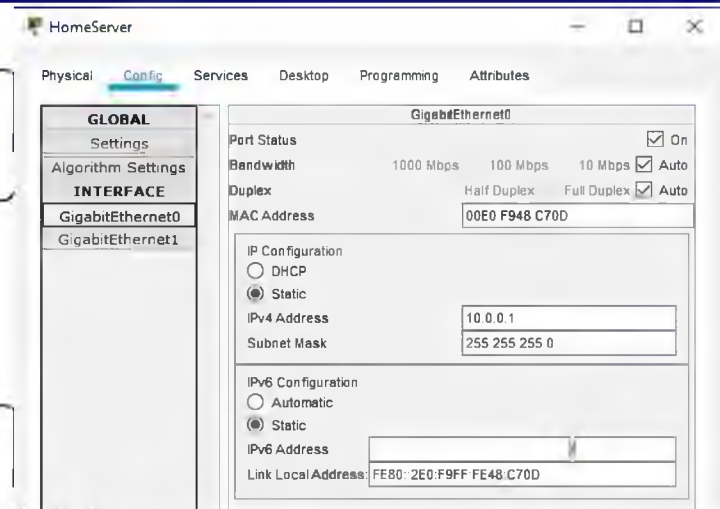
НУБІЛ ЦІЯН
и н і е д ж а у к р а ї н и

НУБІЛ ЦІЯН
и н і е д ж а у к р а ї н и

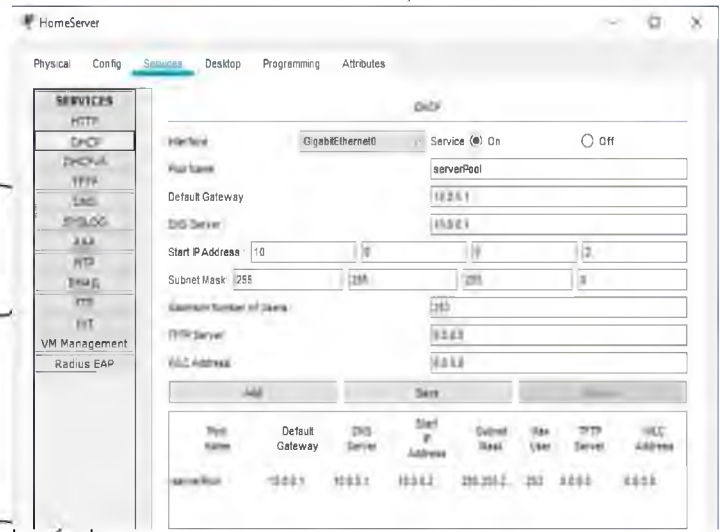
НУБІЛ ЦІЯН
и н і е д ж а у к р а ї н и

З ПОБУДОВА МОДЕЛІ ПИРОГОІ «РОЗУМНОІ» МЕРЕЖІ

Рисунок 6.1/ Телекомунікаційна мережа «Smart Home» та етапи симуляції її роботи



а)



б)

Рисунок 6.2 – Налаштування параметрів HomeServer/DHCP

НУБІП України

3.1 Схема розміщення обладнання телекомунікаційної мережі на плані «Smart Home»

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

PHYSION 7.1

