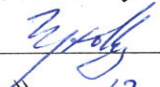


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МЕДИЦИНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

УДК 004.896

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри
комп'ютерних технологій у
медицині та телекомунікаціях
к.т.н., доц. Чухов В.В.


« 19 » 12 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Системний підхід до проектування SMART-житла з використанням
методу аналізу ієрархій»

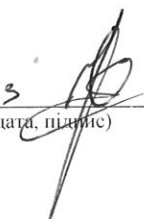
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
освітній ступінь «магістр»

Виконавець роботи
студент 2 курсу, гр.ТРМ-22-1

19.12.23. 
(дата, підпис)

Жукова О.О.

Керівник роботи
к.т.н., доц.

19.12.2023 
(дата, підпис)

Коломієць Р.О.

Житомир
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МЕДИЦИНІ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної магістерської роботи

на тему «Системний підхід до проектування SMART-житла з використанням методу аналізу ієрархій»

Виконав: студент 2 курсу,
групи ТРм-22-1 спеціальності
172 «Телекомунікації та
радіотехніка»

Жукова О.О.

Керівник Коломієць Р.О.

Рецензент Нікітчу Т.М.

Житомир
2023

«Затверджено»

Завідувач кафедри комп'ютерних
технологій у медицині та
телекомунікаціях

 Владислав ЧУХОВ

« 27 » 10 2022 р.

Завдання на кваліфікаційну магістерську роботу

Жукова Олена Олександрівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Системний підхід до проектування SMART-житла з використанням методу аналізу ієрархій»

затверджено наказом по університету від «__» _____ 2023 р. № _____

2. Мета дослідження полягає у демонстрації підходу до розроблення системи типу «розумний будинок» з використанням методу аналізу ієрархій

3. Вихідні дані (характеристики об'єкта, умов дослідження та ін.

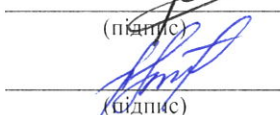
4. Основні задачі дослідження _____

5. Термін подання роботи до захисту грудень 2023

6. Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2022 р.

Науковий керівник

Завдання прийняв
до виконання


(підпис)

(підпис)

Коломісць Р.О.
(прізвище, ініціали)
Жукова О.О.
(прізвище, ініціали)

Анотація

Стисла характеристика розділів роботи: у першому розділі роботи здійснено огляд теоретичних основ побудови SMART-житла, зокрема класифікація видів систем типу «розумний будинок» за різними ознаками, розглянуті архітектури (топології) подібних систем, а також питання безпеки; у другому розділі наведено принципи методу аналізу ієрархій та показано, яким чином його можна застосувати при проектуванні системи типу «розумний будинок»; у третьому розділі проведено синтез функціональної схеми SMART-житла з використанням методу аналізу ієрархій.

Пропозиції, винесені студентом, рівень їх наукового обґрунтування: проблема побудови функціональної схеми SMART-житла є однією з логіко-комбінаторних задач і зводиться до оптимального підбору елементів системи для забезпечення певного рівня її функціональності. У загальній постановці ця задача не має чіткого розв'язання, однак із застосуванням методу аналізу ієрархій можливо отримати чіткі критерії для її розв'язання та на основі таких критеріїв обрати такий варіант функціональної схеми, що найбільш повно реалізує потрібну функціональність.

Практичне значення роботи: показано, як застосування методу аналізу ієрархій для проектування SMART-житла може бути використаний для синтезу та оптимізації функціональної схеми системи типу «розумний будинок».

Abstract

A brief description of the sections of the work: the first section of the work provides an overview of the theoretical foundations of SMART-housing, in particular, the classification of types of smart home systems by various features, the architectures (topologies) of such systems, as well as security issues; the second section presents the principles of the hierarchy analysis method and shows how it can be applied to the design of a smart home system; the third section synthesizes the functional scheme of SMART-housing using the hierarchy analysis method.

Proposals made by the student, the level of their scientific substantiation: the problem of building a functional diagram of a SMART-housing is one of the logical combinatorial problems and is reduced to the optimal selection of system elements to ensure a certain level of its functionality. In the general formulation, this problem does not have a clear solution, but using the hierarchy analysis method, it is possible to obtain clear criteria for its solution and, based on such criteria, to choose the variant of the functional scheme that most fully realizes the required functionality.

The practical significance of the work: it is shown how the application of the hierarchy analysis method for the design of SMART-housing can be used to synthesize and optimize the functional scheme of a smart home system.

Реферат

В даній кваліфікаційній роботі на здобуття освітнього ступеня магістра зі спеціальності 172 – «Телекомунікації та радіотехніка» досліджуються можливості та перспективи застосування методу аналізу ієрархій на прикладі проектування SMART-житла.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра складається з вступу, трьох розділів, висновку та списку використаних джерел. Загальний об'єм роботи становить 60 сторінок. Робота містить 16 рисунків та 2 таблиці. В списку використаних джерел 19 посилань.

У першому розділі роботи здійснено огляд теоретичних основ побудови SMART-житла, зокрема класифікація видів систем типу «розумний будинок» за різними ознаками, розглянуті архітектури (топології) подібних систем, а також питання безпеки.

В другому розділі наведено принципи методу аналізу ієрархій та показано, яким чином його можна застосувати при проектуванні системи типу «розумний будинок».

В третьому розділі проведено синтез функціональної схеми SMART-житла з використанням методу аналізу ієрархій.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи побудови SMART-житла	9
1.1. Коротка історія створення систем типу «розумний будинок»	9
1.2. Технології та обладнання для систем розумного будинку	13
1.3. Класифікація систем типу «розумний будинок»	14
1.3.1. Функціональна класифікація	15
1.3.2. Класифікація по способу керування окремими пристроями	19
1.3.3. Класифікація по способу передачі даних	23
1.3.4. Класифікація по виду протоколу обміну даними	25
1.4. Питання безпеки систем типу «розумний будинок»	26
РОЗДІЛ 2. Метод аналізу ієрархій	30
2.1. Загальні теоретичні основи методу аналізу ієрархій	30
2.2. Аналіз системи типу «розумний будинок» з точки зору класичної моделі OSI	34
2.3. Аналіз ієрархії в системі типу «розумний будинок»	43
РОЗДІЛ 3. Проектування SMART-житла з використанням методу аналізу ієрархій	47
3.1. Вхідні дані	47
3.2. Формування матриць попарних порівнянь альтернатив	48
3.3. Визначення вагових коефіцієнтів факторів	50
3.4. Остаточна оцінка альтернатив	51
3.5. Загальна схема системи типу «розумний будинок»	53
ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

ВСТУП

Актуальність роботи обумовлена потребою в уніфікації підходів до проектування систем типу «розумний будинок» та удосконаленні методів та засобів їх розробки.

Мета роботи полягає у демонстрації підходу до розроблення системи типу «розумний будинок» з використанням методу аналізу ієрархій.

Об'єкт дослідження: системи типу «розумний будинок».

Предмет дослідження: застосування методу аналізу ієрархій для проектування системи типу «розумний будинок».

Практична цінність: здобуття навичок використання методу аналізу ієрархій для проектування інформаційних мереж на прикладі системи типу «розумний будинок».

Завданням даної кваліфікаційної роботи є аналіз класифікацій систем типу «розумний будинок», огляд методу аналізу ієрархій та побудова структури системи типу «розумний будинок» за допомогою методу аналізу ієрархій.

У першому розділі буде розглянуто теоретичні основи побудови систем типу «розумний будинок», наведено їх класифікацію, розглянуто питання інформаційної безпеки при побудові таких систем.

У другому буде розглянута принципи використання методу аналізу ієрархій, аналіз структури систем типу «розумний будинок» з точки зору класичної моделі OSI та порівняння цього аналізу з методом аналізу ієрархій.

Третій розділ присвячений розробці SMART-житла з використанням методу аналізу ієрархій на практиці.

Структура роботи: кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра зі спеціальності 172 – «Телекомунікації та радіотехніка» складається з вступу, трьох розділів, висновку та списку використаних джерел. Загальний об'єм роботи становить 60 сторінок. В списку використаних джерел 19 посилань.

Ключові слова: розумний будинок, метод аналізу ієрархій.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ SMART-ЖИТЛА

На сьогоднішній день smart-житлом (а також «розумним будинком», smart home, digital house, intelligent building) прийнято називати систему домашніх пристроїв, здатних виконувати дії і вирішувати повсякденні завдання без участі людини [1]. Функціонально пов'язуються між собою майже всі електроприлади будівлі, якими можна керувати централізовано – з пульта-дисплею. Прилади можуть бути під'єднані до комп'ютерної мережі, що дозволяє керувати ними за допомогою ПК та надає віддалений доступ до них через Інтернет.

Завдяки інтеграції інформаційних технологій у домашні умови, усі системи та прилади узгоджують виконання функцій між собою, порівнюючи задані програми та зовнішні показники обстановки.

Розумний дім створюється за допомогою професійного проектування та програмування компаніями, що займаються розробкою проектів smart-home. Програми, що вводяться до алгоритмів multi-room розумного дому, розраховані на певні потреби мешканців та ситуації, пов'язані із зміною середовища або безпекою. Особливістю smart-home є керування за допомогою пульта, на котрому людина може натиснути одну-єдину клавішу для створення певної обстановки. При цьому, сама multi-room аналізує навколишню ситуацію та параметри усередині приміщення, та, керуючись власними висновками, виконує задані користувачем команди із відповідними налаштуваннями. Окрім того, електронні побутові прилади, встановлені у розумному будинку, можуть бути об'єднані у домашню Universal Plug'n'Play – мережу із виходом до інтернету.

1.1. Коротка історія створення систем типу «розумний будинок»

Розумні будинки, як і більшість досягнень сучасної техніки, початково з'явилися на сторінках фантастичних оповідань. Але матеріалізовуватись ідея почала лише у XX-му сторіччі після широкого введення електрики у будівлях і розвитку інформаційних технологій. Перше повідомлення про віддалені прилади

контролю можна віднести до розробки Ніколою Тесла дистанційного керування судами та транспортними засобами у 1898 році [2].

Електричні побутові прилади почали з'являтися у 1915-1920 роках і продемонстрували готовність суспільства замінити роботу домашнього персоналу дешевими механічними пристроями. Правда, на той час, проблема енергозбереження при використанні нових технологій ще вирішена не була, і тому тоді новітні технології були доступні лише дуже заможним людям.

Ідеї більш розвинені до понять сучасних систем автоматизації будинку були продемонстровані на ярмарках у Чикаго (1934) та Нью-Йорку (1935). У середині XX століття з'явилися перші, поодинокі спроби домашньої автоматизації у сучасному розумінні. Для свого часу вони виглядали футуристичними експериментами та примхами винахідників та практичного поширення не отримали. Найбільш відомими були «Будинок з кнопками» (Push-Button Manor, 1950) американського інженера Еміля Матіаса, де розташовані по всьому будинку кнопки автоматизували виконання основних побутових завдань, та комп'ютер Echo IV (1966) американського інженера Джеймса Сазерленда, який міг регулювати роботу домашньої кліматичної техніки, включати та вимикати деякі прилади та роздруковувати списки покупок.

У 1975 році шотландська фірма Pico Electronics розробила перший спеціалізований стандарт управління домашніми пристроями – X10. Для передачі сигналів використовувалися стандартна електрична мережа. Крім того, творці передбачили бездротове керування радіочастотою 433 МГц (у США 310 МГц). Нова система дозволяла включати та вимикати прилади та змінювати яскравість світла, а також отримувати дані про поточний стан приладів. Для управління X10 були розроблені спеціальні пульти та комп'ютерний інтерфейс. Широкому поширенню систем на X10 сприяли простота їх встановлення та низька ціна.

У 1980-х основним ринком X10 стали США, а в Європі пристрої на X10 використовувалися значно менше, насамперед через особливості державного регулювання, згідно яких не дозволялося застосовувати весь функціонал пристроїв. Водночас, європейські електротехнічні компанії готували власні

аналоги X10. Щоб ефективніше просувати свої розробки, німецькі компанії на чолі з Siemens вирішили використати єдиний стандарт, який назвали Європейською інсталяційною шиною (EIB, 1990). Група компаній на чолі із французькою Electricité de France створила стандарт BatiBus. Голландська Philips, німецька Daimler Benz, французька Thomson Consumer Electronics, British Telecom та інші створили Європейську асоціацію домашніх систем (EHSA, 1991) і третій європейський стандарт – EHS.

У 1984 році американська Асоціація житлово-будівельних компаній (National Association of Home Builders) винайшла для будинків з використанням автоматизації термін «розумний будинок» (smart house), а в 1999 студія Disney випустила фільм Smart House, що представив ідею розумного будинку широкому загалу.

В 1988 Nippon Homes Corporation і ще 15 японських компаній різного профілю об'єдналися для будівництва розумного будинку майбутнього. Загальне керівництво, розробку дизайну та архітектури здійснював на той час вже відомий у Японії Кен Сакамура (坂村健). Проект отримав назву TRON Intelligent House та був реалізований до липня 1989 року.

За цим, віддалені інтелектуальні технології керування були прийняті будівельною промисловістю, яка поступово почала вводити їх не лише у бізнес установах, але і у домашніх помешканнях. Під час активної домашньої автоматизації 90-х років XX століття інформатика та телевізійні системи були поєднані для підтримки інтелектуальних можливостей приміщень [3]. У 1995 році винахідники технології Java оголосили одним із основних призначень даної технології «збільшення інтелекту побутових приладів».

У 1999 році компанії, які виробляли пристрої на трьох європейських стандартах, домовилися про об'єднання та створення єдиного протоколу KNX, який був представлений у 2002 році та став відкритим.

Переворот у технологіях домашньої автоматизації стався у 2010-х, поштовхом до нього стала поява iPhone (2007) та інших смартфонів. На ринку домашньої автоматизації з'явилися відразу кілька проривних розробок, за якими пішли сотні нових пристроїв. У 2010 році фірма Dropcam представила недорогу

(\$200) камеру відеоспостереження із сучасним дизайном, онлайн-доступом до відео зі смартфона та можливістю зберігати записи у «хмарі». У 2011 році компанія Nest представила програмований термостат, покликаний вирішити проблеми попередніх: вони були надто складними, і користувачі були не в змозі налаштовувати їх так, як хотіли, і економити енергію [4]. На відміну від них, термостат Nest був самонавчальним, а крім того, давав можливість керування зі смартфона. 2014 року обидві компанії купила Google.

У 2012 році на ринку було представлено смарт-систему домашнього освітлення на основі ламп з регульованим спектром та яскравістю світіння під маркою Philips HUE. У кожную лампу цієї системи вбудовано свій мікроконтролер, який має радіоінтерфейс ZigBee.

У 2012 році ще одна компанія з Кремнієвої долини SmartThings представила проривну систему домашньої автоматизації, що коштувала в сотні разів менше аналогів, що існували досі: хаб за 100 доларів, датчики по 30...40 доларів, розетки і вимикачі по 50 доларів та ряд інших пристроїв. До того ж SmartThings підтримувала понад 100 тисяч сторонніх пристроїв та додатки 8 тисяч сторонніх розробників. 2014 року компанію купила Samsung.

У 2014 році з'явилася перша «розумна колонка» Amazon Echo – невеликий пристрій із вбудованим розумним помічником Alexa з голосовим керуванням. Вона дозволяла отримувати відповіді на побутові питання та керувати домашніми пристроями. У 2016 році з'явився аналог Google Home на основі свого розумного помічника Google Assistant. Компанія Apple у 2017 році випустила розумну колонку Apple HomePod на базі голосового помічника Siri. Китайська Xiaomi представила свій варіант розумної колонки Xiaomi Mi AI Speaker у 2017 році.

Сьогодні технології дозволяють збирати домашню автоматизацію покомпонентно: обирати лише ті функції розумного будинку, які дійсно потрібні користувачу. Тепер новітні технології керування приміщенням з'являються щодня. Навіть речі, котрі раніше розглядалися лише як красиві предмети інтер'єру – тепер можуть виконувати ряд мультимедійних або побутових функцій.

У зв'язку з тим, що «розумні будинки» міцно входять у наш побут, з'являється нова термінологія. Слово «domotics» є скороченням латинського слова, що означає будинок (domus) і слова robotics [5]. Слово «розумний» у слові «розумний дім» означає, що система «усвідомлює» стан своїх пристроїв, що здійснюється за допомогою протоколу інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та Інтернету речей (IoT) [6].

1.2. Технології та обладнання для систем розумного будинку

Розумний будинок має конструкцію модульного типу, що включає розмежовані за функціональністю блоки. Вони частково чи повністю інтегровані у спільну мережу. Кожен із цих модулів-блоків виконує власне завдання, але вони здатні взаємодіяти і між собою. Будь-який базовий комплект обладнання системи, як правило, включає такі елементи:

- *Центральний керуючий контролер.* Об'єднує всі елементи системи та забезпечує їхню взаємодію. Як керівний елемент застосовується одноплатний комп'ютер (Raspberry PI або Orange PI) у промисловому виконанні, але можна використовувати звичайний системний блок ПК із певним ПЗ.
- *Кліматична система.* Забезпечує комфортний мікроклімат, складається з модулів керування кондиціонуванням та опаленням. Її управління реалізується за допомогою аналізу даних, що надійшли від детекторів температури та рівня вологості.
- *Система управління світлом та комутацією споживачів енергії.* Для її реалізації монтуються датчики присутності та ступеня освітленості або їх комбіновані моделі. Використання диммерів дозволяє проводити плавне регулювання.
- *Система безпеки та охорони.* Поділяється на три підсистеми. Охоронно-пожежна сигналізація обладнується датчиками присутності, магнітоконттактними детекторами, аналізаторами витоку газу, диму та температури. Підсистема контролю доступу включає різні ідентифікатори та пристрої блокування. Підсистема

відеоспостереження є комплексом із відеокамер та обладнання для обробки та збереження отриманого відеосигналу.

Для нормального функціонування системи необхідно забезпечити зв'язок між її елементами. Для цього прокладається локальна мережа, яка може бути виконана в рамках бездротової або дротової технології. Керує цією мережею маршрутизатор. Він здійснює контроль над кожним мережевим приладом та захищає його від стороннього доступу.

1.3. Класифікація систем типу «розумний будинок»

«Розумна» система – це система, що гнучко налаштовується [7]. Достатньо додати відповідні аксесуари, які регулюватимуть опалення, освітлення, спрацьовування сигналізації, закриття жалюзі, управління кавоваркою, телевізором та іншими приладами. Управління будинком здійснюється зручно з мобільного додатка або бездротових контролерів. У той же час всім можливо керувати вручну – вмикати та вимикати світло, змінювати температуру в будинку тощо. У разі відключення інтернету роботу розумної системи не буде порушено.

Наразі в основу класифікації систем типу «розумний будинок» покладають такі ознаки:

- функціональність: що конкретно в будинку «розумне» і які функції воно виконує;
- спосіб керування окремими пристроями, що входять до складу «розумного будинку»: як відбувається керування окремими пристроями;
- фізичний спосіб зв'язку елементів «розумного будинку»: дротовий чи бездротовий.
- протокол обміну даними між окремими елементами системи: відкритий чи закритий.

Розглянемо детальніше ці класифікації.

1.3.1. Функціональна класифікація

В основу цієї класифікації покладені функції, які виконують окремі елементи системи типу «розумний будинок». Ілюстрацією цієї класифікації може служити рис. 1.1, на якому приведені окремі елементи такої системи.

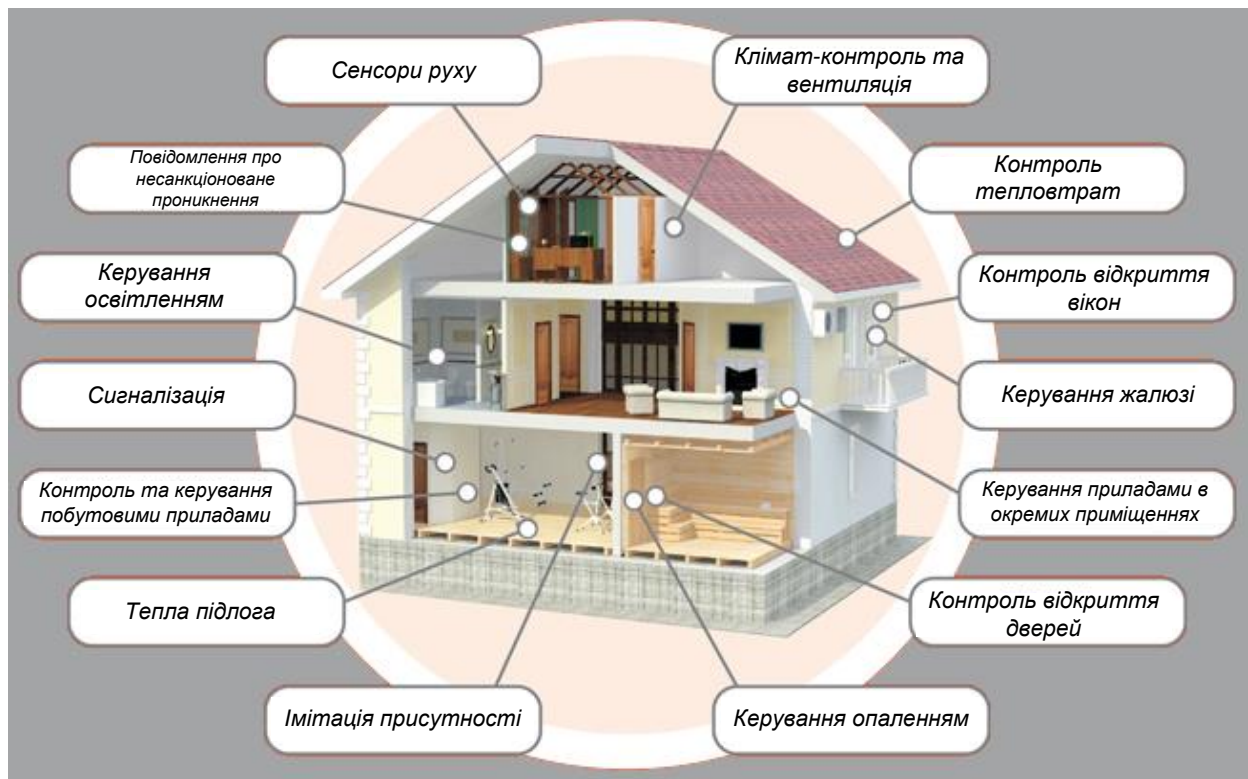


Рис. 1.1. Пристрої, що входять до складу системи типу «розумний будинок»

Слід відзначити, що реальні системи типу «розумний будинок» можуть не мати в своєму складі всіх тих складових, що представлені на рис. 1.1. В залежності від потреб користувача, системи типу «розумний будинок» можуть мати в своєму складі підсистеми, які умовно можна поділити на категорії, представлені на рис. 1.2.

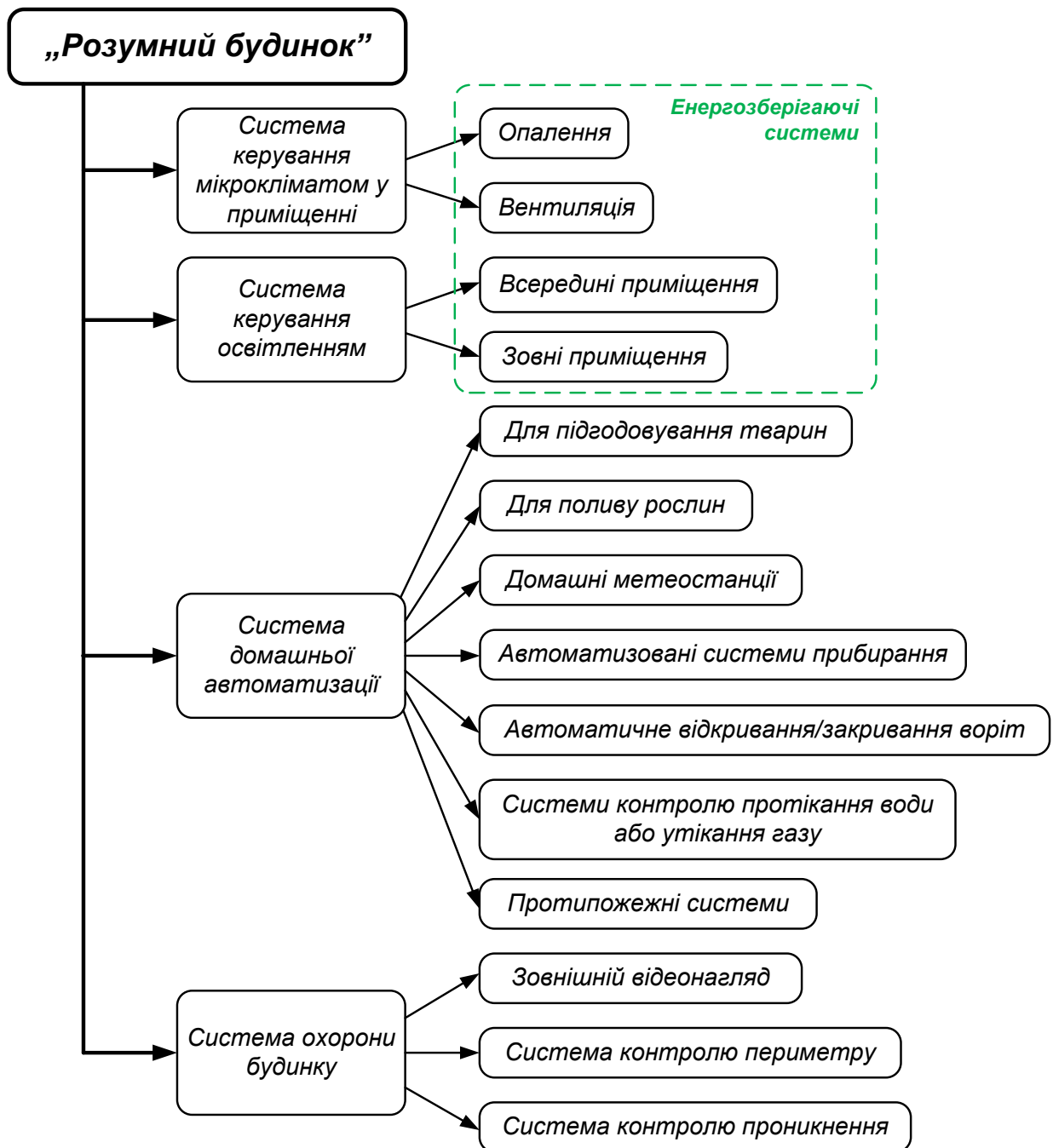


Рис. 1.2. Категорії пристроїв, що можуть входити до складу системи типу «розумний будинок»

Наприклад, система керування мікрокліматом у приміщенні може включати в себе систему керування температурою (опалення) та вентиляцією. Система керування опаленням обов'язково включає в себе сенсори (датчики) температури та елементи керування опалювальними приладами (термостати). Система керування вентиляцією включає в себе сенсори рівня вуглекислого газу CO_2 (а коли в будинку використовується не електричне опалення - то й угарного газу CO та метану CH_4), сенсори температури і вологості, а також – рекуператори

(пристрої, що забезпечують підігрівання повітря, яке надходить до приміщення за рахунок температури повітря, яке виходить з приміщення).

Системи керування освітленням поділяють на зовнішні та внутрішні. Такий поділ вельми умовний, оскільки системи для зовнішнього освітлення відрізняються від систем внутрішнього освітлення лише можливістю працювати при мінусових температурах та конструктивною захищеністю від впливу вологи. Такі системи оснащуються сенсорами руху (як правило – пірометричними, з лінзами Френеля) і включають освітлення тоді, коли ці сенсори спрацьовують. Крім того, системи зовнішнього освітлення ще можуть оснащуватися контролером рівня природного освітлення (автоматично включаються з настанням темного часу доби), та/або сонячними батареями з акумуляторами (з метою автономного електроживлення).

Системи автоматизованого керування опаленням, вентиляцією та освітленням часто об'єднують в єдиний комплекс, основна мета функціонування якого – заощадження газу/тепла/електроенергії, тобто це є енергозберігаюча технологія.

Найбільш об'ємна та всеохоплююча група пристроїв – це, безперечно, системи домашньої автоматизації. Основним завданням цих пристроїв є полегшення повсякденної рутинної роботи. Наприклад, системи автоматичного поливу рослин складаються із сенсорів вологості ґрунту, pomp для закачування води у ємності для поливу та клапанів, що регулюють подачу води через крапельні системи. Системи автоматичного підгодовування тварин по таймеру дозовано насипають корм та сигналізують, коли корм в годівниці закінчується. Автоматизована система прибирання на сьогоднішній день представлена ринку великою кількістю моделей роботів-пилосмоків, які прибирають приміщення у той час, коли вдома нікого немає і таким чином нікому не заважають шумом та переміщенням. Домашні метеостанції найчастіше не є самостійними пристроями і комбінуються з системами керування мікрокліматом (при різкому похолоданні включається додатковий рівень опалення, під час дощу автоматично відкриваються водозбірники для збирання води для технічних потреб тощо). Сучасні ворота можуть бути обладнані системою автоматичного відкривання

при наближенні машини власника будинку та автоматично закриватися після заїзду/виїзду. Сучасні будинки можуть бути обладнані системами протікання води (тоді автоматично перекривається водопостачання будинку), системами утікання газу (тоді, відповідно, припиняється газопостачання), а також електроприлади можуть включатися у так звані «smart-розетки» (тоді, забувши вчасно вимкнути вдома праску, можна зробити це дистанційно дорогою на роботу після отримання відповідного sms-повідомлення). Також у сучасних будинках ставляться системи протипожежної сигналізації, контролю загоряння, сенсори диму – для попередження пожеж та мінімізації збитків.

В окрему групу підсистем «розумних будинків» виділяють охоронні системи. До них відносяться системи відеонагляду, системи контролю периметру, системи контролю проникнення. Системи відеонагляду включають в себе сервери для зберігання відеозаписів і для їх аналізу (сучасні алгоритми оброблення потокового відео позбавляють потреби зберігання всього відеопотоку, зберігаються лише ті частини відео, де щось суттєво змінюється – тобто в полі зору відеокамери з'являється хтось вартий уваги). Системи контролю периметру можуть взагалі бути без відеокамер, доволі часто периметри території оточується лазерними променями і сигналізація спрацьовує коли хтось цей промінь перетинає. Також будинки і квартири обладнують сенсорами відкриття вікон і дверей, які спрацьовують при спробі несанкціонованого проникнення у приміщення.

1.3.2. Класифікація по способу керування окремими пристроями

За способом управління всі «розумні будинки» можна поділити на три групи:

- централізовані автоматизовані системи;
- розподілені, або децентралізовані системи;
- комбіновані схеми керування.

Розглянемо їх детальніше.

Централізовані автоматизовані системи керування

Схема передбачає наявність керуючого логічного модуля, що є «мозком» системи. Пристрій аналізує інформацію, що надходить із численних датчиків, і на підставі цього віддає команди приладам-виконавцям. Як логічний модуль найчастіше використовується вільно програмований контролер з максимальною кількістю виходів.

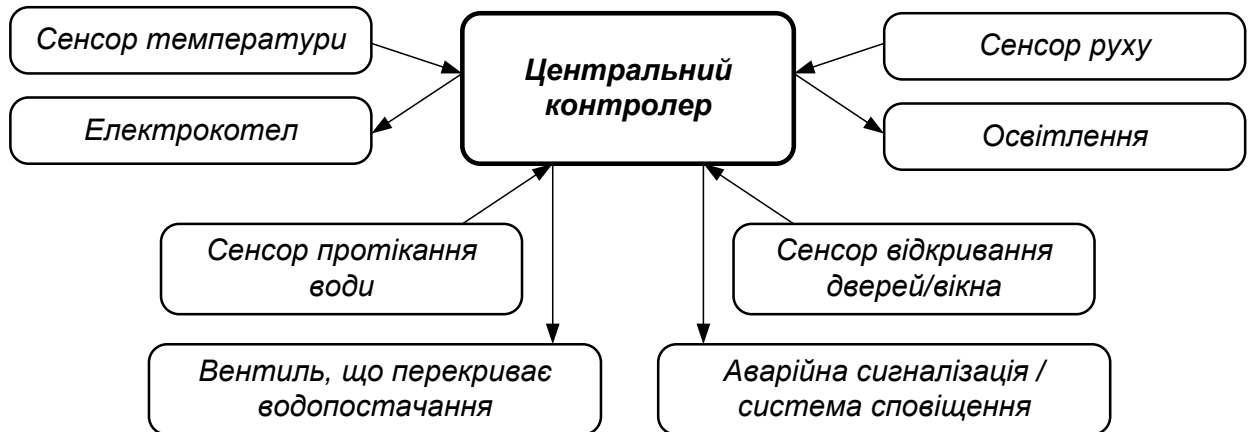


Рис. 1.3. Приклад структурної схеми системи типу «розумний будинок» з централізованим керуванням

На рис. 1.3 наведений приклад структурної схеми подібної системи. Стрілками показані напрямки передачі інформації. Наприклад, при пониженні температури сервер «приймає рішення» збільшити споживану потужність електрокотла, а при підвищенні температури – зменшити потужність. Аналогічно при спрацьовуванні сенсора руху (хтось увійшов до приміщення) сервер «вмикає» світло, а коли з приміщення вийшли – сервер «вимикає» світло (тут слова «вмикає» і «вимикає» взято в лапки, оскільки сервер фізично не може ні вмикнути, ні вимкнути світло напряму. Він подає відповідний сигнал на керуючий елемент (реле), а вже реле власне вмикає або вимикає світло).

Виходячи із завдань, які вирішуватиме конкретна автоматизована система, створюється ПЗ. Софт встановлюється в логічний модуль, у разі потреби в програму можна вносити зміни.

Централізоване управління системою має значні переваги:

- можливість підключення будь-якого потрібного обладнання, у тому числі від різних виробників;

- можливість керування всіма підсистемами «розумного будинку» через загальний інтерфейс;
- можливість створення багатоступінчастих складних сценаріїв взаємодії пристроїв.

Головним уразливим місцем такої схеми вважається недостатня надійність. Її працездатність цілком і повністю залежить від центрального контролера. При його виході з ладу система зупиняється. Теоретично такі прилади мають великий запас міцності, але з огляду на те, що йому доведеться працювати цілодобово протягом тривалого часу, поломка не виключена.

Розподілені, або децентралізовані системи керування

Керування елементами «розумного будинку» здійснюється через мережу периферійних контролерів. Кожен з них є логічним модулем з автономним живленням, який здатний функціонувати незалежно від головного комп'ютера і зберігати в пам'яті певний обсяг інформації, необхідної для управління. Кожен периферійний контролер індивідуально навчається та програмується.

Єдиний керуючий центр у системі відсутній, що дає можливість продовжувати роботу при виході з експлуатації одного з периферійних логічних модулів. Проблеми можуть виникнути лише у підключеній до нього системі.

Перевагами систем розподіленого керування вважаються:

- автономність роботи кожної з підсистем, що значно збільшує надійність функціонування єдиної системи розумного будинку;
- можливість розширення та встановлення додаткових модулів;
- широкий вибір елементів створення такої схеми;

Розподілені системи оптимальні для керування найпростішими механізмами або світлом, контролем над витіканням води, газу тощо. Єдиного інформаційного простору такої системи немає, що суттєво ускладнює діагностику конкретних приладів. Для цього доводиться або опитувати всю мережу, або використовувати пристрої, що фіксують характеристики обладнання. Недостатня гнучкість розподілених систем також створює певні проблеми.

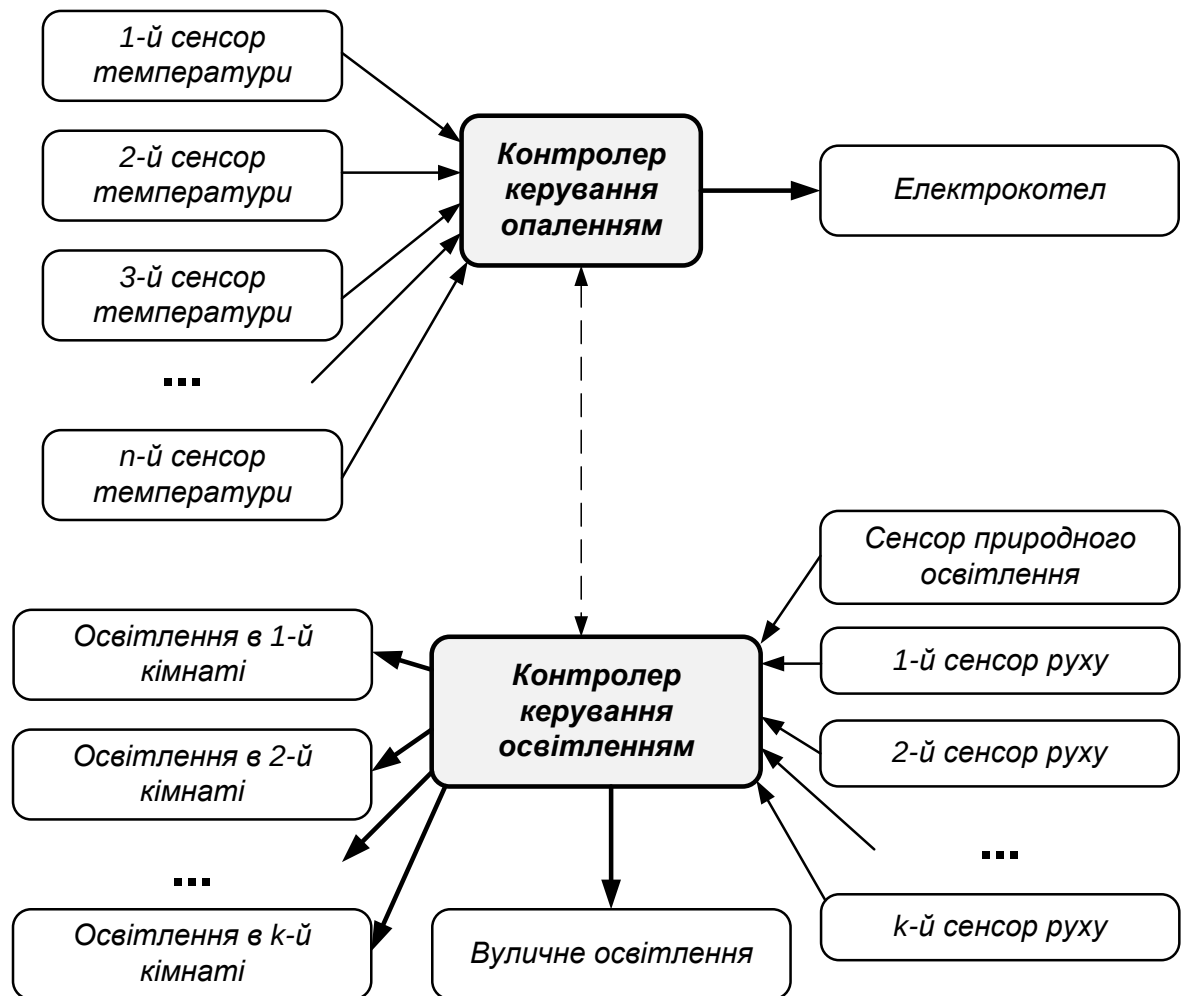


Рис. 1.4. Структурна схема розподіленої системи керування опаленням та освітленням

На рис. 1.4 показаний приклад структурної схеми розподіленої системи керування освітленням та опаленням. Штрихова стрілка, що з'єднує відповідні контролери, символізує те, що реально ці контролери можуть взагалі не бути зв'язаними і не обмінюватися інформацією один з одним. Реально це може бути дві окремі системи, але з точки зору користувача – вони є двома підсистемами загальної системи типу «розумний будинок».

Комбіновані схеми керування

Під комбінованою схемою розуміють сукупність централізованих і розподілених систем із кількома керуючими центрами. Найчастіше така схема включає провідну централізовану систему, яка приймає рішення, та кілька допоміжних децентралізованих та централізованих підсистем. Саме так створюється більшість сучасних розумних будинків.

Схема поєднує два основних типи систем і максимально нівелює їхні недоліки. Переваги такого рішення є очевидними. Налагодження кожної з підсистем значно спрощується, а надійність підвищується, оскільки провідний контролер відстежує працездатність кожної ділянки системи.

На рис. 1.5 наведений приклад структурної схеми комбінованої системи типу «розумний будинок». Така система має в своєму складі центральний контролер, який відслідковує стан всіх підсистем. Але самі підсистеми керуються не центральним контролером, а своїми контролерами. Основною задачею центрального контролера в даному випадку є збір та аналіз інформації від окремих підсистем, а також зв'язок (відправлення відповідних повідомлень та прийом відповідних команд) з користувачем системи через Internet. В якості інтерфейсу між користувачем та центральним контролером виступає, як правило, мобільний застосунок.

Значним недоліком комбінованої схеми вважається складність програмування та зведення всіх підсистем в єдину мережу. І здійснити це може лише добре підготовлений програміст.

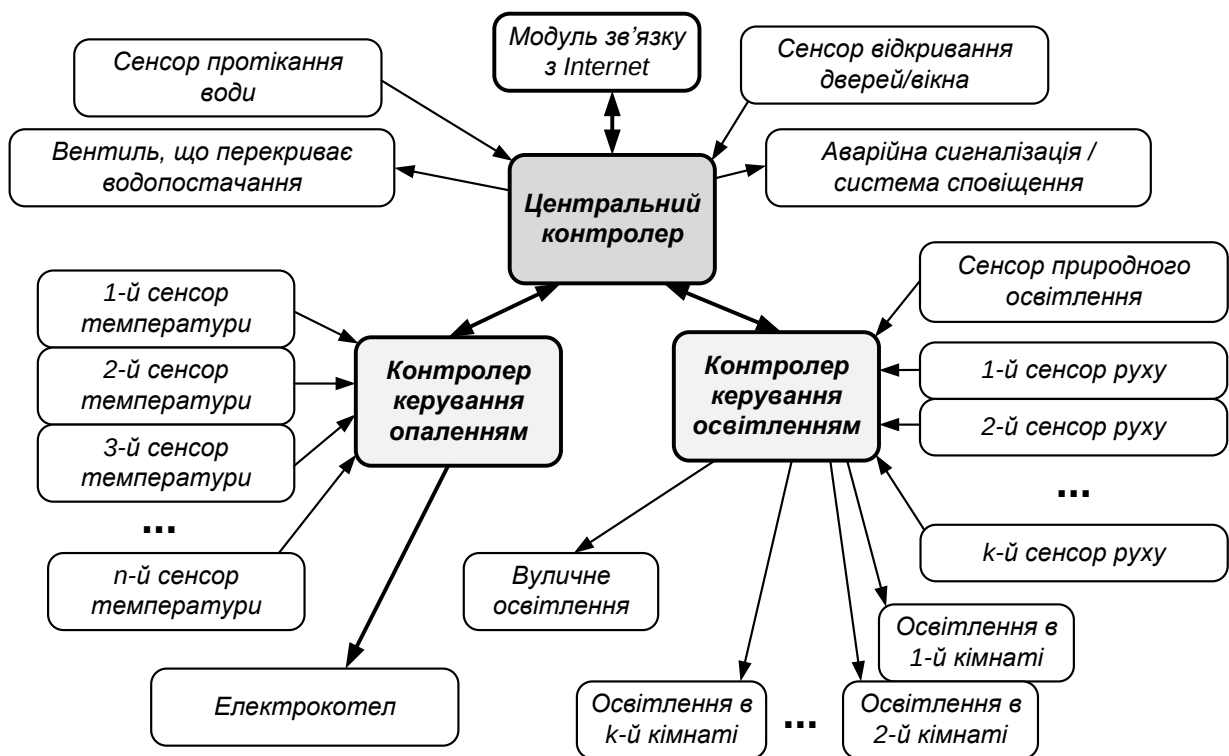


Рис. 1.5. Приклад структурної схеми комбінованої системи типу «розумний будинок»

1.3.3. Класифікація по способу передачі даних

Існує ще одна класифікація систем розумного будинку. За способом передачі їх можна розділити на дві групи: провідні (дротові) і бездротові системи.

Дротові системи «розумного будинку»

Дротова система є сукупністю пристроїв, об'єднаних у мережу за допомогою кабельних з'єднань. Такі системи відрізняються широким спектром можливостей, що надаються користувачеві, оскільки випускається велика кількість різних комплектуючих для провідних схем. Функціонал цих пристроїв максимально широкий.

Дротові системи надійні, сигнал проходить по кабелю, що виключає можливість його переривання та перехоплення. Система характеризується високою швидкістю інформаційного обміну. Дротова схема дозволяє досить легко інтегрувати додаткові модулі.

Як провідне середовище для інформаційної передачі можуть використовуватися:

- *RS-232/422/485*. Найстаріша з існуючих шин. Характеризується найбільшим часом відгуку. Застосовується для автоматизації побутової техніки, кондиціонерів, контролерів воріт тощо.
- *Ethernet*. Універсальний варіант, що інтегрується з існуючими мережами, що одночасно є гідністю та недоліком. Щоб уникнути проблем, варто фізично розділити мережу на дві лінії: для автоматизації та передачі даних. У системах ДУ Ethernet зазвичай стає шиною, яка пов'язує всі підсистеми.
- *Силова лінія (електроживлення)*. Найбільш перспективне рішення для масового користувача, оскільки присутнє скрізь, де проведено електрику. Розроблено спеціальні протоколи для її використання, наприклад, X10 або більш сучасний Insteon.

- *Власна шина.* Розробляється виробником спеціально для власної продукції. Зазвичай надійніша, ніж аналоги. Перевага такого рішення – шина автоматизації відокремлюється від загальної мережі.

Основним недоліком провідних систем є складний та трудомісткий монтаж. У ході його проведення доводиться прокладати кабель, що пов'язано з необхідністю штробити стіни, демонтувати ділянки підлоги. Тому провідні схеми доцільно проектувати та встановлювати на етапі будівництва або хоча б капремонту.

Бездротові системи «розумного будинку»

У бездротовому «розумному будинку» для передачі даних всередині системи використовується радіосигнал. На відміну від аналогів дротового типу можуть встановлюватися дуже швидко, з мінімальним втручанням у обробку інтер'єру. Це головна перевага таких схем. Перевагою можна вважати і можливість розширення мережі, підключення нових пристроїв відбувається дуже просто.

Найчастіше використовуються такі бездротові середовища:

- *Інфрачервоний канал.* Застосовується управління устаткуванням, які мають іншого методу управління чи, як дублюючий канал керувати ресиверами, телевізорами, деякими контролерами.
- *Z-Wave, ZigBee.* Характеризуються мінімальним енергоспоживанням, тому вважаються найперспективнішими для систем багато будинку.
- *Wi-Fi.* Застосовується для роботи з гаджетами, оснащеними спеціалізованим програмним забезпеченням для управління елементами багато будинку, або для зв'язку з сенсорними бездротовими панелями.

Вибираючи бездротову схему, необхідно врахувати низку моментів. Все обладнання такого типу має обмежений радіус дії. Якщо його недостатньо для роботи приладу, необхідно встановити контролери мережі або репітери. У будівлі можуть існувати «глухі» зони, якими не проходить радіосигнал.

Бездротове обладнання може конфліктувати, необхідно переконатися, що цього не відбувається.

1.3.4. Класифікація по виду протоколу обміну даними

Автоматизовані розумні системи різняться і на кшталт використовуваного у яких протоколу передачі. Він може бути:

- *Відкритим.* Передбачає стандартизований спосіб обміну інформацією, тому обладнання, що з ним працює, не «прив'язується» до певної платформи. Вибір виробників досить широкий. Серед них існує конкуренція, яка змушує їх працювати над функціоналом та якістю пристроїв. Але необхідність дотримуватися заданих стандартів заважає розробляти принципово нові технології. Вартість обладнання трохи вища, ніж у аналогів із закритим протоколом.
- *Закритим.* Протокол розробляється спеціально для продукту певного виробника, тому обладнання несумісне з продукцією інших брендів. При цьому вартість його нижча. Виробник не пов'язаний необхідністю дотримуватися стандартів, тому висока ймовірність отримати цікаве технологічне рішення.

1.4. Питання безпеки систем типу «розумний будинок»

Розумні будинки, один з аспектів Інтернету речей, обіцяють підвищення енергоефективності та контроль над безпекою будинку. Інтеграція різних пристроїв разом може запропонувати користувачам легке програмування багатьох пристроїв у домі, включаючи прилади, камери та датчики сигналізації. Кілька систем можуть впоратися з цим типом завдань, наприклад Samsung SmartThings, Google Brillo/Weave, Apple HomeKit, Allseen Alljoyn, Amazon Alexa, Xiaomi, Ajax Systems.

Але є також ризики для безпеки. Системи розумного дому можуть зробити власників вразливими до серйозних загроз, таких як підпал, шантаж, крадіжка та вимагання. Поточні дослідження безпеки зосереджені на окремих пристроях і на тому, як вони взаємодіють один з одним. Наприклад, систему гаража MyQ можна

перетворити на інструмент спостереження, який попереджає потенційних злодіїв, коли двері гаража відкриваються, а потім зачиняються, і дозволяє їм дистанційно відкривати їх знову після того, як мешканці виїжджають [8]. Популярний комунікаційний протокол ZigBee може дозволити зловмисникам приєднатися до захищеної домашньої мережі [9].

У дослідженнях [8, 10] виділяють дві основні категорії вразливостей систем типу «розумний будинок»: надмірні привілеї (Overprivileged SmartApps) та незахищені повідомлення (Insecure messaging system).

Надмірні привілеї. Щодо надлишкових дозволів або прав з'ясувалися досить дивні та неприпустимі речі: близько половини встановлених додатків мають доступ до набагато більшої кількості даних та можливостей, ніж це необхідно. Крім того, при взаємодії з фізичними пристроями програми обмінювалися повідомленнями, які містили конфіденційні відомості.

Так, додаток контролю рівня заряду автоматичного замку отримувало ще й PIN-код для його розблокування. Програмне забезпечення деяких «розумних» пристроїв генерувало повідомлення, подібні до реальних сигналів від фізичних пристроїв. Такий підхід давав зловмисникам можливість передавати до мережі недостовірну інформацію. В результаті користувач, наприклад, міг бути впевнений, що двері заблоковані, а вони насправді відчинені. Такий підхід давав зловмисникам можливість передавати до мережі недостовірну інформацію. В результаті користувач, наприклад, міг бути впевнений, що двері заблоковані, а вони насправді відчинені.

Крім надмірних дозволів і небезпечних повідомлень, розкрилася ще одна істотна проблема – передача конфіденційної інформації на сервери компаній, що займаються технічною підтримкою цих пристроїв. Тобто гаджети «стежили» за своїми господарями, щохвилини надсилаючи інформацію про їхню взаємодію з пристроями на сервер. Завдяки цій інформації можна відновити точний розпорядок дня мешканців – коли вони прокинулися, почистили зуби, скільки телевізійних каналів дивилися. За два місяці досліджень того «розумного» будинку в цифровому ефірі не було жодної хвилини тиші. До речі, найбільше

«фонила» передачею даних акустична колонка Amazon Echo, що є досить символічно.

Не обійшлося і без класики у сфері інформаційної безпеки – бекдорів. Часто розробники залишають собі «чорний хід», який дозволяє отримати повний доступ або контроль над пристроєм. Виробники виправдовуються необхідністю надавати технічну підтримку користувачам, проте такі створення таких навмисно створених уразливостей суперечать практикам захисту інформації і є справжнісінькою вразливістю. Те, що практично всі виробники програмного забезпечення цим грішать, підтверджується наступним фактом – на конференції Норе Х експерт з IT безпеки Джонатан Здзярські (Jonathan Zdziarski) повідомив про присутність бекдора в операційній системі iOS, існування якого визнала і сама Apple, але назвала його «діагностичним інструментом» [11].

Очевидно, що багато хто, якщо не всі, виробники та компонентів «розумного» будинку залишають для себе «чорний хід». Отже, це потенційна діра у безпеці всього «розумного» будинку, до будь-яких пристроїв якого зловмисник має можливість підключитися.

Небезпечна система обміну повідомленнями. Компоненти «розумного будинку» (точніше, їхнє програмне забезпечення, так звані SmartApps) можуть спілкуватися з фізичними пристроями шляхом обміну повідомленнями, що можна уявити як аналог миттєвих повідомлень, якими обмінюються люди. Пристрої SmartThings надсилають повідомлення, які можуть містити конфіденційні дані, наприклад PIN-код, щоб відкрити певний замок.

Виявляється [8], що поки SmartApp має навіть найпростіший рівень доступу до пристрою (наприклад, дозвіл показати, скільки часу залишилося від акумулятора), він може отримувати всі повідомлення, які генерує фізичний пристрій, а не лише повідомлення про функції. воно має привілеї. Таким чином, програма, призначена лише для зчитування рівня заряду акумулятора дверного замка, може також прослуховувати повідомлення, які містять PIN-код дверного замка.

Крім того, окремі SmartApps можуть «видавати себе за» обладнання розумного дому, надсилаючи власні повідомлення, які виглядають як

повідомлення, створені реальними фізичними пристроями. Шкідливий SmartApp може прочитати ідентифікатор мережі для фізичного пристрою та створити повідомлення з цим вкраденим ідентифікатором. Цей додаток для рівня заряду батареї міг навіть приховано надсилати повідомлення, ніби це був дверний замок, наприклад, помилково повідомляючи, що його відкрили.

SmartThings не гарантує, що лише фізичні пристрої можуть створювати повідомлення з певним ідентифікатором.

Щоб перейти за межі потенційних слабких місць і перейти до фактичних порушень безпеки, ми створили чотири атаки підтвердження концепції, щоб продемонструвати, як зловмисники можуть комбінувати та використовувати недоліки дизайну, які ми знайшли в SmartThings.

У [8] описується експеримент, під час якого була створена програма, що обіцяла відстежувати рівень заряду батареї різних бездротових пристроїв у домі, таких як датчики руху, детектори витоку та дверні замки. Однак після встановлення нічого не підозрюючим користувачем ця, здавалося б, безпечна програма була запрограмована для того, щоб стежити за іншими повідомленнями, надісланими цими пристроями, відкриваючи ключову вразливість.

Коли авторизований користувач створює новий PIN-код для дверного замка, замок сам підтвердить змінений код, надіславши повідомлення з підтвердженням у мережу. Це повідомлення містить новий код, який потім може бути прочитаний шкідливим додатком для моніторингу батареї. Потім програма може надіслати код своєму розробнику за допомогою SMS-повідомлення, фактично надсилаючи ключ від будинку безпосередньо потенційному зловмиснику.

Там же [8] описується і ще один експеримент, під час якого вдалося відстежити нібито безпечний зв'язок між SmartApp та його супутним мобільним додатком для Android. Це дозволило хакеру видавати себе за програму Android і надсилати команди в SmartApp – наприклад, створити новий PIN-код, який дозволяє сторонній особі потрапити до дому.

Цілком можливі сценарії атак, які експлуатують інші недоліки безпеки. Один користувальницький SmartApp міг би вимкнути «режим відпустки» – популярну функцію імітації життєдіяльності у будинку, власники якого тривалий час відсутні (періодичне вмикання/вимикання світла, імітація інтернет-трафіку тощо). Інший користувальницький SmartApp зміг помилково викликати пожежну тривогу, видавши себе за датчик чадного газу.

Як можна бачити, при створенні системи «розумного будинку» варто бути гранично уважними щодо компонентів та їх вразливостям. Практично всі пристрої, підключені до такої системи, так чи інакше підтверджені ризику несанкціонованого доступу (зламу).

РОЗДІЛ 2

МЕТОД АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

2.1. Загальні теоретичні основи методу аналізу ієрархій

Метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process) був запропонований в кінці 1970-х рр. американським математиком Т. Сааті [12, 13]. Метод полягає в декомпозиції проблеми на більш прості складові частини і поетапному встановленні пріоритетів оцінюваних компоненти з використанням парних (попарних) порівнянь.

На першому етапі виявляються найбільш важливі елементи проблеми. На другому – найкращий спосіб перевірки спостережень, випробування та оцінки елементів. На третьому – здійснюється вироблення способу застосування рішення і оцінка його якості.

Весь процес піддається перевірці і переосмисленню доти, поки не буде впевненості, що процес охопив всі важливі характеристики, необхідні для представлення та вирішення проблеми.

Процес може бути проведений над послідовністю ієрархій. При цьому результати, отримані в одній з них, використовуються в якості вхідних даних при вивченні наступної.

У найбільш простий ієрархії, яку Сааті назвав домінантною, він визначає три рівні: верхній рівень мети (або цілей), середній – критерії, нижній – перелік альтернатив (рис. 2.1).

У структурі між метою і альтернативами може бути кілька проміжних рівнів (рис. 2.2). Наприклад, рівень проблем, акторів (рівень діючих сил, в якості яких можуть виступати дії різноманітних факторів). Кожен з критеріїв може поділятися на субкритерії.

Ієрархія вважається повною, якщо кожен елемент заданого рівня функціонує як критерій для всіх елементів нижнього рівня. Ієрархія може бути розділена на під-ієрархії.

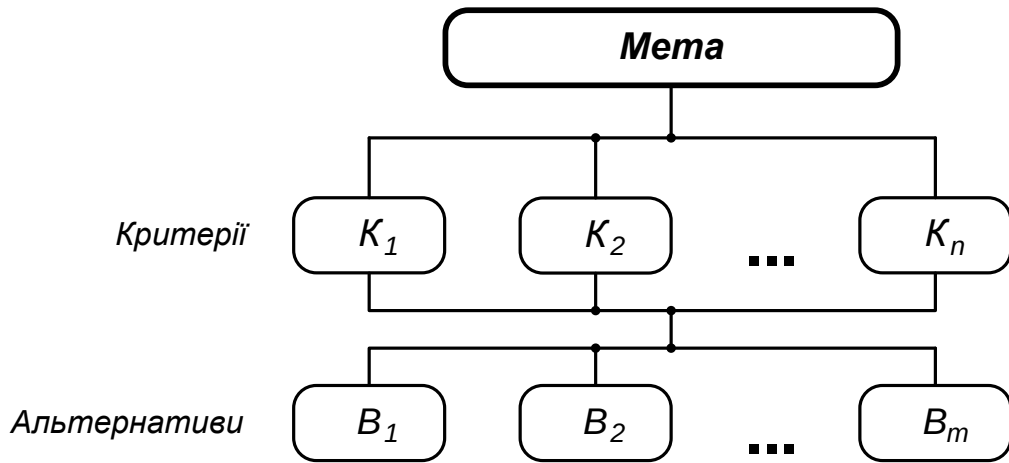


Рис. 2.1. Загальна схема простої (домінантної) ієрархії

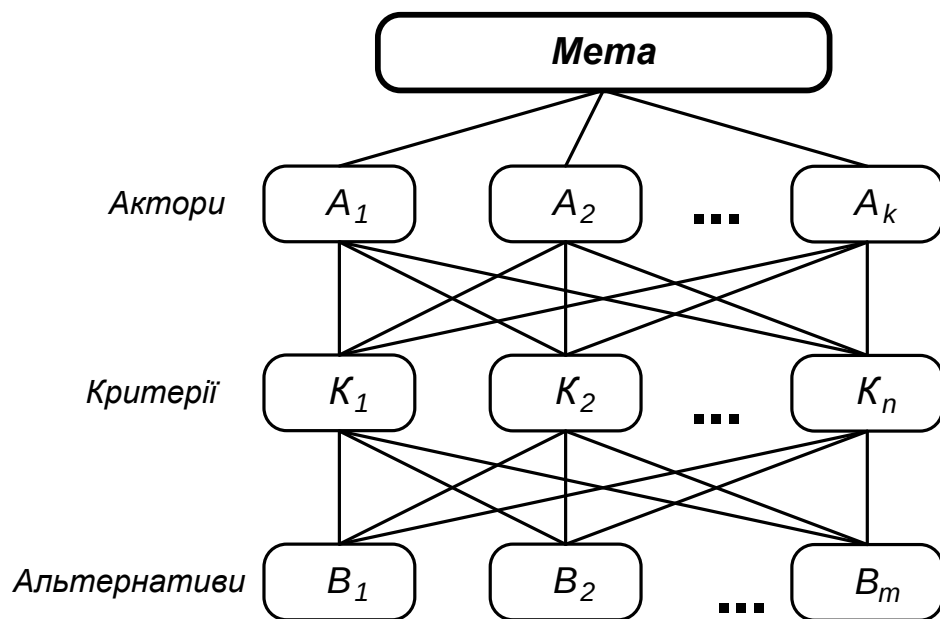


Рис. 2.2. Ієрархічна структура з рівнем акторів

Зв'язки між рівнями часто зображують так, як показано на рис. 2.2.

Для реалізації методу введено закон ієрархічної безперервності, відповідно до якого потрібно, щоб елементи кожного рівня були порівнянні по відношенню до елементів вищого рівня.

Між рівнями будуються матриці. Для структури, наведеної на рис. 2.1, матриці будуються таким способом: одна матриця для порівняння відносної важливості критеріїв по відношенню до мети і матриці для оцінки відносної значущості альтернатив щодо кожного з критеріїв другого рівня. Число матриць між рівнем критеріїв і альтернатив дорівнює числу критеріїв. Загальне число матриць дорівнює числу критеріїв плюс одна для оцінки критеріїв щодо мети.

Використовувані в методі Сааті попарні порівняння призводять до квадратних матриць виду:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Ця матриця має властивість зворотної симетрії, тобто

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}, \quad (2.2)$$

де індекси i, j відносяться до рядку і до колонки відповідно. Зворотні числа використані надалі при обробці матриці.

У матрицях елементи нижчого рівня (альтернативи, варіанти) порівнюються попарно по відношенню до критеріїв, а критерії – по відношенню до мети.

Ці оцінки можуть виходити різними способами. Але в методі Сааті для оцінки компонент рекомендується спеціальна шкала від 1 до 9, в якій компонентам рівної важливості ставиться у відповідність одиниця, при помірній перевазі – 3, при істотній перевазі – 5, значній перевазі – 7 і дуже сильній перевазі – 9. Значення 2, 4, 6 та 8 використовуються як проміжні між двома сусідніми компонентами.

Відносна важливість будь-якого елемента, порівнюваного із собою, дорівнює 1, тобто діагональ матриці складається з одиниць. При заповненні матриці використовується властивість зворотної симетрії: симетричні клітини заповнюються зворотними величинами.

Отримавши сукупність матриць, можна приймати рішення на основі їх змістовного аналізу, представивши особі, що приймає рішення, оцінки альтернатив по враховуються критеріям. Проте бажано отримати узагальнені оцінки альтернатив. Для цього можна застосувати різні способи усереднення.

Сааті пропонує використовувати середньгеометричні усереднення і нормування отриманих узагальнених оцінок. Для матриць попарних порівнянь значенням вагових коефіцієнтів буде власний вектор матриці, такий що

$$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix}, \quad (2.3)$$

або, скорочено:

$$AW = nW, \text{ або } (A - nI)W = 0, \quad (2.4)$$

де I – одинична матриця.

Розрахунок коефіцієнтів власного вектора W_i здійснюється за наступною формулою:

$$W_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}, \quad (2.5)$$

тобто W_i – це нормоване середнє геометричне значень попарних порівнянь по кожному рядку. Слід зауважити, що наведена формула розрахунку власного вектора не є універсальною і спирається на властивість (2.2) матриці порівнянь (в такому випадку вектор W називається вектором Перрона [13]).

Першим кроком у розрахунку пріоритетів альтернатив є попарне порівняння альтернатив за кожним критерієм. Тобто для K критеріїв повинно бути сформовано K матриць попарного порівняння. З матриць попарного порівняння розраховується K векторів

$$W^{(k)} = \begin{pmatrix} W_1^{(k)} \\ \vdots \\ W_n^{(k)} \end{pmatrix}$$

ваг з n елементів кожен де (k) означає k -й критерій, n – кількість альтернатив
З векторів $W^{(k)}$ формується матриця виду

$$\begin{matrix} A_1 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} \begin{pmatrix} W_1^{(1)} & \dots & W_1^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n^{(1)} & \dots & W_n^{(k)} \end{pmatrix},$$

де кожному рядку відповідає одна альтернатива. Зазначена матриця множиться на вектор вагових коефіцієнтів критеріїв:

$$\begin{pmatrix} W_1^{(1)} & \dots & W_1^{(k)} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ W_n^{(1)} & \dots & W_n^{(k)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} W^{(1)} \\ \vdots \\ W^{(k)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_1 \\ \vdots \\ B_n \end{pmatrix}. \quad (2.6)$$

Результатом буде вектор пріоритетів альтернатив. Альтернатива з найбільшим значенням пріоритету має найбільшу перевагу.

2.2. Аналіз системи типу «розумний будинок» з точки зору класичної моделі OSI

Модель OSI (EMBBC) (базова еталонна модель взаємодії відкритих систем, англ. Open Systems Interconnection Basic Reference Model, 1978 р.) – абстрактна мережева модель для комунікацій і розробки мережевих протоколів [14]. Представляє рівневий підхід до мережі. Кожен рівень обслуговує свою частину процесу взаємодії. Завдяки такій структурі спільна робота мережевого обладнання й програмного забезпечення стає набагато простішою, прозорішою й зрозумілішою. За увесь час існування моделі OSI вона не була реалізована, і, швидше за все, не буде реалізована ніколи. Сьогодні використовується тільки деяка підмножина моделі OSI. Вважається, що модель занадто складна, а її реалізація візьме занадто багато часу.

Незважаючи на всю свою «теоретичність», жоден сучасний підручник по інформаційним мережам не обходиться без описання моделі OSI – тому її без

всякого перебільшення можна назвати «класичною». Досить часто модель OSI критикують за її слабкий зв'язок з реальністю, але попри все сама ідея представлення інформаційної мережі як багаторівневої структури, яка від самого початку з'явилася саме в моделі OSI – стала домінуючим принципом розгляду та аналізу мереж. На сьогоднішній день всі мережі прийнято розглядати або з позицій моделі OSI (при цьому, як правило, окремі сусідні рівні моделі OSI об'єднуються), або на основі моделі TCP/IP (а це робиться винятково для мереж, в яких циркулюють великі об'єми даних, як-от Internet та приєднані до нього локальні мережі).

На рис. 2.3 представлена класична інтерпретація моделі OSI у її загальному вигляді. Згідно цієї моделі, будь-яка мережа функціонує на певних «рівнях». Під «рівнем» тут розуміється набір апаратних та програмних засобів, які забезпечують певне представлення інформації як у фізичному (напруги, струми, частоти, модуляції тощо), так і у кодовому (байти, фрейми, пакети, сегменти тощо). Коротко розглянемо ці рівні. Традиційно розгляд рівнів ведеться «знизу вгору».

1. Фізичний рівень – найнижчий рівень моделі, призначений безпосередньо для передачі потоку даних. Здійснює передачу електричних або оптичних сигналів у кабель і відповідно їхній прийом і перетворення в біти даних відповідно до методів кодування цифрових сигналів. Інакше кажучи, здійснює інтерфейс між мережним носієм і мережним пристроєм. На цьому рівні працюють концентратори й повторювачі (ретранслятори) сигналу. Фізичний рівень визначає електричні, процедурні і функціональні специфікації для середовища передачі даних, в тому числі роз'єми, розпаювання і призначення контактів, рівні напруги, синхронізацію зміни напруги, кодування сигналу.

Дані	7 прикладний application	Доступ до мережевих служб
	6 представлень presentation	Представлення і кодування даних
	5 сеансовий session	Управління сеансом зв'язку
Сегменти	4 транспортний transport	Прямий зв'язок між кінцевими пунктами і надійність
Пакети	3 мережевий network	Визначення маршруту і логічна адресація
Кадри	2 каналний data link	Фізична адресація
Біти	1 фізичний physical	Робота з середовищем передачі, сигналами і двійковими даними

Рис. 2.3. Структура моделі OSI

Цей рівень приймає кадр даних від каналного рівня, кодує його в послідовність сигналів, які потім передаються у лінію зв'язку. Передача кадру даних через лінію зв'язку вимагає від фізичного рівня визначення таких елементів: тип середовища передавання (дротовий або бездротовий, мідний кабель або оптичне волокно) і відповідних конекторів; як повинні бути представлені біти даних у середовищі передавання; як кодувати дані; якими повинні бути схеми приймача і передавача.

Фізичним рівнем в лінію зв'язку кадр даних (фрейм) не передається як єдине ціле. Кадр представляється як послідовність сигналів, що передаються один за одним. Сигнали, в свою чергу, представляють біти даних кадру.

В сучасних мережах використовуються 3 основних типи середовища передавання: мідний кабель (copper), оптичне волокно (fiber) та бездротове середовище передавання (wireless). Тип сигналу, за допомогою якого здійснюється передача даних, залежить від типу середовища передавання. Для мідного кабелю сигнали, що представляють біти даних є електричними імпульсами, для оптичного волокна – імпульсами світла. У випадку використання бездротових з'єднань сигнали є радіохвилями (електромагнітними хвилями).

Коли пристрій, що працює на фізичному рівні кодує біти кадру в сигнали для конкретного середовища передавання, він має розрізняти кадри. Тобто позначати, де закінчується один кадр і починається інший. Інакше мережеві пристрої, що здійснюють приймання сигналів, не зможуть визначити, коли кадр буде отриманий повністю. Відомо, що початок і кінець кадру позначається на каналному рівні, але в багатьох технологіях фізичний рівень також може додати спеціальні сигнали, що використовуються тільки для позначення початку і кінця кадру даних.

Технології фізичного рівня визначаються стандартами, що розробляються такими організаціями: The International Organization for Standardization (ISO), The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), The American National Standards Institute (ANSI), The International Telecommunication Union (ITU), The Electronics Industry Alliance/Telecommunications Industry Association (EIA/TIA) тощо. Дані стандарти охоплюють 4 області, що належать фізичному рівню: фізичні та електричні властивості середовища передавання, механічні властивості (матеріали, розміри, розпаювання контактів конекторів), кодування (представлення бітів сигналами), визначення сигналів для управління інформацією. Всі компоненти апаратного забезпечення такі, як мережеві карти (Network interface card, NIC), інтерфейси і конектори, матеріали кабелів та їх конструкція визначаються стандартами фізичного рівня. Можна зазначити, що функції фізичного рівня вбудовані у мережеве обладнання (hardware).

Основними функціями фізичного рівня є: фізичні компоненти, кодування даних, передача даних. Фізичні компоненти – електронне обладнання, середовище передавання і конектори, через які передаються сигнали, що представляють біти даних.

2. Канальний рівень (Data Link layer) – цей рівень призначений для забезпечення взаємодії мереж на фізичному рівні й контролю за помилками, які можуть виникнути. Отримані з фізичного рівня дані він упаковує в кадри даних, перевіряє на цілісність, якщо потрібно – виправляє помилки й відправляє на мережний рівень. Канальний рівень може взаємодіяти з одним або декількома фізичними рівнями, контролюючи цю взаємодію й керуючи нею. Специфікація

IEEE 802 поділяє цей рівень на 2 підрівня — MAC (Media Access Control) регулює доступ до поділюваного фізичного середовища, LLC (Logical Link Control) забезпечує обслуговування мережного рівня. На цьому рівні працюють комутатори, мости й мережеві адаптери.

MAC-підрівень забезпечує коректне спільне використання загального середовища, надаючи його в розпорядження тієї або іншої станції мережі. Також додає адресну інформацію до фрейму, позначає початок і кінець фрейму.

Рівень LLC відповідає за достовірну передачу кадрів даних між вузлами, а також реалізовує функції інтерфейсу з мережевим рівнем за допомогою фреймування кадрів. Також здійснює ідентифікування протоколу мережевого рівня.

У програмуванні цей рівень представляє драйвер мережної карти, в операційних системах є програмний інтерфейс взаємодії канального й мережного рівня між собою, це не новий рівень, а просто реалізація моделі для конкретної операційної системи.

3. Мережевий рівень (Network layer) – 3-й рівень мережної моделі OSI, призначений для визначення шляху передачі даних. Відповідає за трансляцію логічних адрес й імен у фізичні, визначення найкоротших маршрутів, комутацію й маршрутизацію пакетів, відстеження неполадок і заторів у мережі. На цьому рівні працює такий мережний пристрій, як маршрутизатор.

4. Транспортний рівень (Transport layer) – 4-й рівень моделі OSI, призначений для доставлення даних без помилок, втрат і дублювання в тій послідовності, у якій вони були передані. При цьому немає значення, які дані передаються, звідки й куди, тобто він визначає сам механізм передачі. Блоки даних він розділяє на фрагменти, розмір яких залежить від протоколу, короткі об'єднує в один, довгі розбиває. Протоколи цього рівня призначені для взаємодії типу точка-точка (peer-to-peer, P2P).

5. Сеансовий рівень (Session layer) – відповідає за підтримку сеансу зв'язку, дозволяючи програмам взаємодіяти між собою тривалий час. Рівень керує створенням/завершенням сеансу, обміном інформацією, синхронізацією завдань, визначенням права на передачу даних і підтримкою сеансу в періоди

неактивності програм. Синхронізація передачі забезпечується розміщенням у потік даних контрольних точок, починаючи з яких відновлюється процес при порушенні взаємодії.

6. Рівень представлення (*Presentation layer*) – цей рівень відповідає за перетворення протоколів і кодування/декодування даних. Запити програм, отримані з прикладного рівня, він перетворить у формат для передачі по мережі, а отримані з мережі дані перетворить у формат, зрозумілий застосункам. На цьому рівні може здійснюватися стиснення/розпакування або кодування/декодування даних, а також перенаправлення запитів іншому мережевому ресурсу, якщо вони не можуть бути оброблені локально.

7. Прикладний рівень (*Application layer*) – найвищий (7-й) рівень моделі, забезпечує взаємодію мережі й користувача. Рівень дозволяє прикладним програмам користувача доступ до мережних служб, таким як обробник запитів до баз даних, доступ до файлів, пересилання електронної пошти. Також відповідає за передачу службової інформації, надає програмам інформацію про помилки й формує запити до рівня представлення .

Строго кажучи, модель OSI є максимально абстрактною, що часто ставлять їй в недолік. Але з іншого боку ця абстрактність також є і перевагою моделі, оскільки вона по суті є універсальною, тобто може бути застосована для описання будь-яких інформаційних мереж. Яскравим прикладом такого підходу є співставлення моделей OSI та TCP/IP (рис. 2.4 – [15]).

Модель TCP/IP була розроблена абсолютно окремо від моделі OSI і часто протиставляється їй як модель, яку було практично реалізовано. Модель (або стек) TCP/IP має чотири рівні, два з яких (транспортний та міжмережний) повністю відповідають моделі OSI, а ще два (інтерфейсний та прикладний) є об'єднанням інших рівнів моделі OSI.

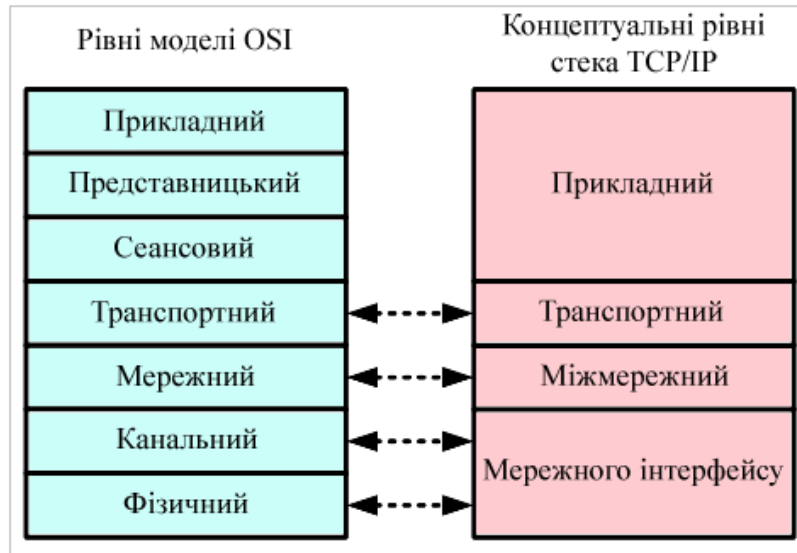


Рис. 2.4. Співставлення моделей OSI та TCP/IP

На жаль, область застосування моделі TCP/IP слабо підходить під задачі проектування мережі «розумного будинку», тому спробуємо співставити рівні мережі «розумного будинку» та модель OSI.

Наприклад, якщо взяти «розумну» систему керування освітленням (у випадку керування температурою/мікрокліматом/енергозбереженням в принципі буде те ж саме), то в мережах систем типу «розумний будинок» можна виділити три рівні: фізичний, мережевий та прикладний – рис. 2.5 [16]. Фізичний (1-й) рівень мережі «розумного будинку» включає в себе фізичний та канальний (тобто 1-й і 2-й рівні). На фізичному рівні вирішуються питання середовища, в якому поширюються сигнали та що вони собою являють (форма і частота, а також вид модуляції). Мережевий (2-й) рівень мережі «розумного будинку» охоплює 3-й, 4-й, 5-й та 6-й (мережевий, транспортний, сеансовий та представницький) рівні моделі OSI. На цьому рівні вирішується переважна більшість питань функціонування мережі: який її розмір та яка в неї логічна топологія, яким чином відбувається кодування та шифрування сигналів? Останній пункт (шифрування) – надзвичайно важлива тема у випадку використання бездротової мережі [11].

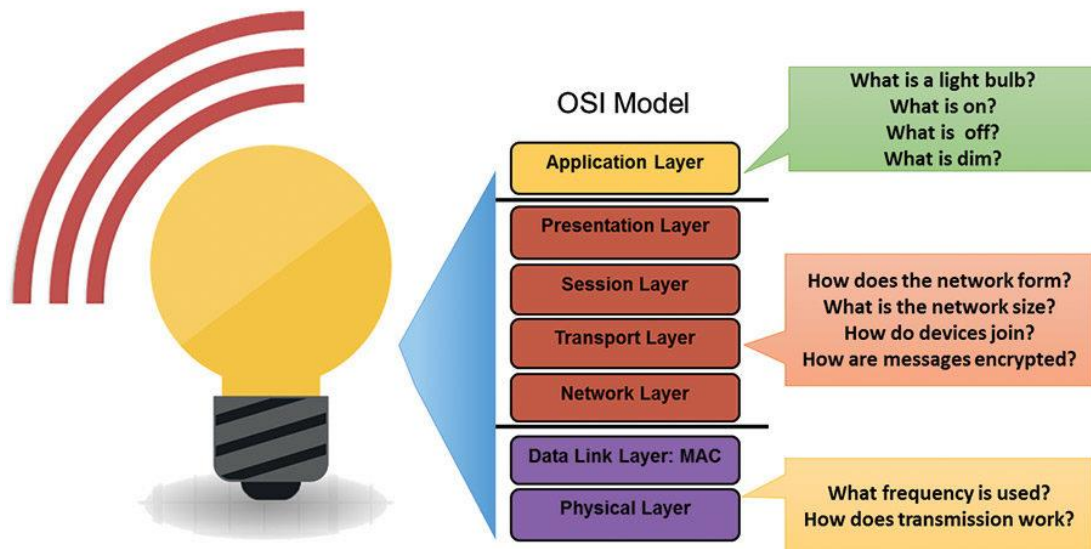


Рис. 2.5. Співставлення моделі OSI та мережі систему типу «розумний будинок»

Останній рівень моделі – прикладний – відповідає такому самому прикладному (7-му) рівню моделі OSI. На цьому рівні вирішуються питання, які виникають винятково у користувача системи: що являє собою пристрій, який є складовою частиною «розумного будинку», як він включається або виключається, що він робить тощо.

В попередньому розділі ми згадували класифікацію систем типу «розумний будинок» по видам протоколів – з відкритими та закритими протоколами. Один з поширених відкритих протоколів – KNX – якраз і базується на моделі OSI [17] – рис. 2.6.

Пристрої KNX зазвичай підключаються шиною витой пари і можуть бути змінені з контролера. Шина маршрутизується паралельно до електроживлення всіх пристроїв і систем, що підключаються до мережі:

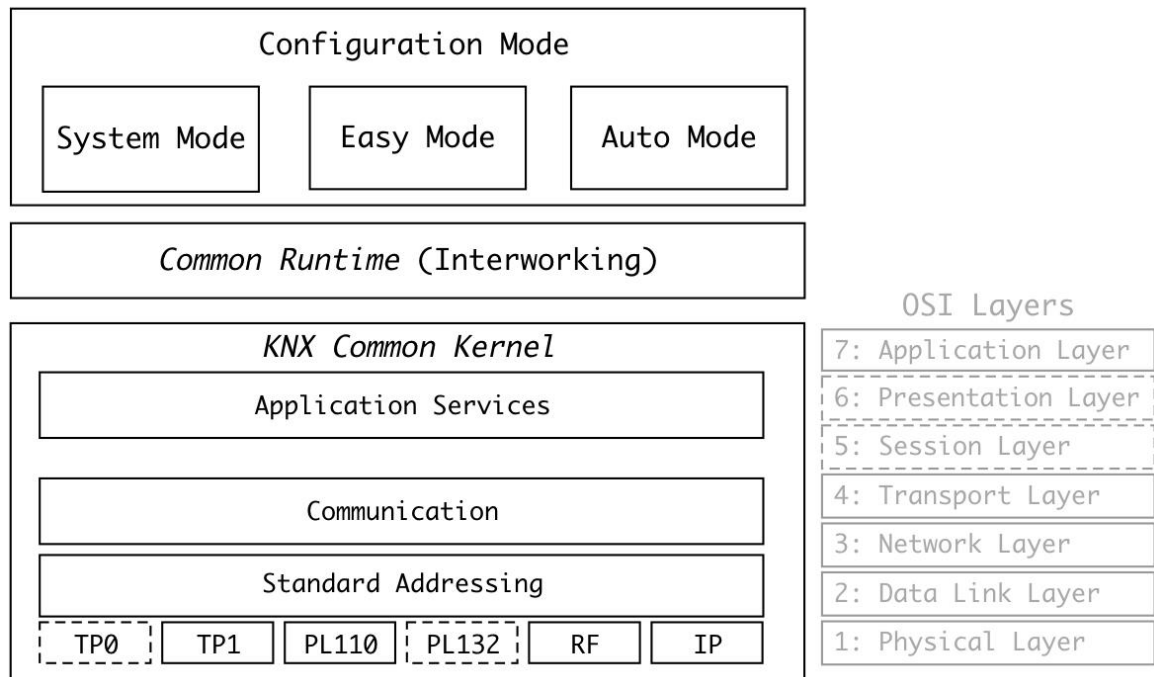


Рис. 2.6. Співставлення моделі OSI та стандарту KNX

- датчики (наприклад, кнопки, термостати, анеометри, рух) збирають інформацію та надсилають її по шині як телеграму даних;
- виконавчі механізми (регулятори, вентиля опалення, дисплеї) отримують телеграми даних, які потім перетворюються в дії;
- контролери та інші логічні функції (контролери кімнатної температури, контролери затворів та інше);
- системні пристрої та компоненти (наприклад, лінійні роз'єми, магістральні роз'єми).

Класифікація пристроїв як «датчик» або «привод» застаріла та спрощена. Багато приводів включають функціональні можливості контролера, а також функції датчиків (наприклад, вимірювання годин роботи, кількості циклів перемикання, струму, споживання електроенергії тощо).

Прикладне програмне забезпечення разом із топологією системи та програмним забезпеченням для введення в експлуатацію завантажується на пристрої через компонент системного інтерфейсу. До встановлених систем можна отримати доступ через локальну мережу, лінії «точка-точка» або телефонні мережі для центрального або розподіленого управління системою за допомогою комп'ютерів, планшетів і сенсорних екранів, а також смартфонів.

Основними особливостями архітектури KNX є:

- взаємодіючі та розподілені прикладні моделі для різних завдань автоматизації будівель;
- схеми для конфігурації та управління ресурсами в мережі, а також для прив'язки частин розподіленої програми в різних вузлах;
- система зв'язку з протоколом повідомлень і моделями для стека зв'язку в кожному вузлі (здатна розміщувати розподілені програми (загальне ядро KNX));
- моделі для реалізації цих елементів при розробці реальних пристроїв, які монтуються та з'єднуються в установку.

2.3. Аналіз ієрархії в системі типу «розумний будинок»

Тепер розглянемо гіпотетичну ситуацію побудови систему типу «розумний будинок» і спробуємо застосувати до процесу розробки метод аналізу ієрархій.

Ієрархія такої системи у першому наближенні буде представлена на рис.

2.7. Другим рівнем у ній виступає функціональність – тобто те, що «вміє» «розумний будинок», а третім (альтернативи) – різні варіанти побудови.

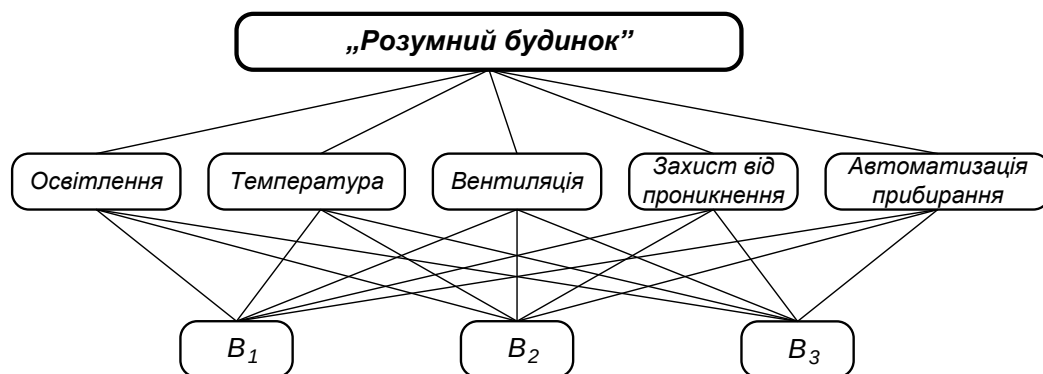


Рис. 2.7. Ієрархія системи типу «розумний будинок» у першому наближенні

Спробуємо побудувати матрицю виду (2.1). Для цього треба попарно порівняти критерії. Для порівняння критеріїв складемо таблицю 2.1. Для скорочення подання приймемо наступні позначення:

- L – освітлення (Lighting);
- T – температура (Temperature);
- V – вентиляція (Ventilation);

- Р – захист від проникнення (**P**rotection);
- С – автоматизація прибирання (**C**leaning).

Таблиця 2.1

Попарне порівняння критеріїв для побудови «розумного будинку»

	L	T	V	P	C
L	1	1/3	4	1/6	1
T	3	1	5	1/2	1
V	1/4	1/5	1	1/7	2
P	6	2	7	1	8
C	1	1	1/2	1/8	1

Логіка заповнення такої таблиці наступна. Для початку по головній діагоналі матриці ставимо одиниці. Потім покладаємо, що керування освітленням важливіша, ніж керування вентиляцією (тому що переважна більшість будинків та квартир будуються таким чином, що в них забезпечується нормальна природна вентиляція) – тому в першому рядку (L) і в стовпчику V ставимо 4. У вентиляції немає ніяких особливих переваг понад прибиранням, тому в стовпчику C ставимо 1. У прибирання також немає переваг понад освітленням, тому в комірці, що відповідає рядку C та стовпчику L, також ставимо 1. Керування температурою важливіше, ніж керування освітленням та вентиляцією, тому у відповідних колонках ставимо 3 і 5. В рядку V можна поставити 2 навпроти прибирання, оскільки пристрої для автоматизованого прибирання можуть в принципі навіть не вбудовуватися у систему типу «розумний будинок», вони функціонують окремо від інших складових системи. Ну, і нарешті підсистема захисту будинку від несанкціонованого проникнення є важливішою від керування температурою (у відповідну колонку ставимо 2), і набагато важливішою, ніж керування освітленням, вентиляцією та прибиранням (тому в таблиці стоять відповідно 6, 7 та 8). Тепер всі комірки, що залишилися пустими, заповнюємо у відповідності із правилом (2.2) (а в таблиці 2.1 це показано стрілками).

Тепер бачимо, що матриця функціональності системи прийме вигляд:

$$F = \begin{pmatrix} 1 & 1/3 & 4 & 1/6 & 1 \\ 3 & 1 & 5 & 1/2 & 1 \\ 1/4 & 1/5 & 1 & 1/7 & 2 \\ 6 & 2 & 7 & 1 & 8 \\ 1 & 1 & 1/2 & 1/8 & 1 \end{pmatrix}. \quad (2.7)$$

Тоді за формулою (2.5) вектор Перрона прийме вигляд:

$$W = \begin{pmatrix} 0,107 \\ 0,216 \\ 0,062 \\ 0,532 \\ 0,083 \end{pmatrix}. \quad (2.8)$$

Тепер розглянемо альтернативи. Припустимо, що альтернатива B_1 – це система, в якій акцент зроблений на керуванні мікрокліматом у приміщенні (контроль температури та вентиляції, присутнє також керування освітленням); альтернатива B_2 – система з акцентом на безпеку (сенсори присутності, сенсори відкривання вікон/дверей) – і ці дві системи мають реалізацію на дротовій архітектурі. А от альтернатива B_3 об'єднує ці дві системи, і реалізована по бездротовій технології. Тоді в ієрархію на рис. 2.7 слід додати ще один рівень акторів – і таким чином отримаємо ієрархію, представлену на рис. 2.8. Важливе зауваження щодо акторів – кожне рішення має свою «ціну», яка виражається не лише у грошовому еквіваленті (вартість), але і у безпековому (криптостійкість). Останній фактор обумовлений тим, що будь-які повідомлення в будь-якій бездротовій мережі в принципі можливо перехопити та підмінити. Єдине, що захищає інформацію від цього – шифрування. Щодо дротових мереж, то вони значно краще захищені від перехоплень та підміни повідомлень. Зокрема відомий прийом перехоплення ван Ейка [18] (теоретично воно може бути застосоване до будь-якої дротової системи, за винятком коаксіального кабелю та оптоволокна) дає можливість лише *перехопити* повідомлення, але аж ніяк не *підмінити* його. Для підміни повідомлень у дротовій мережі в неї потрібно

фізично підключити свій пристрій, або змінити «прошивку» якогось наявного пристрою (себто заразити його ком'ютерним вірусом). Останнє можливе, по великому рахунку, хіба що із сервером, оскільки у різноманітних маршрутизаторів, шлюзів, мостів тощо «прошивка» записана виробником на апаратному рівні і замінити її або неможливо в принципі, або можливо за допомогою спеціальних програматорів.

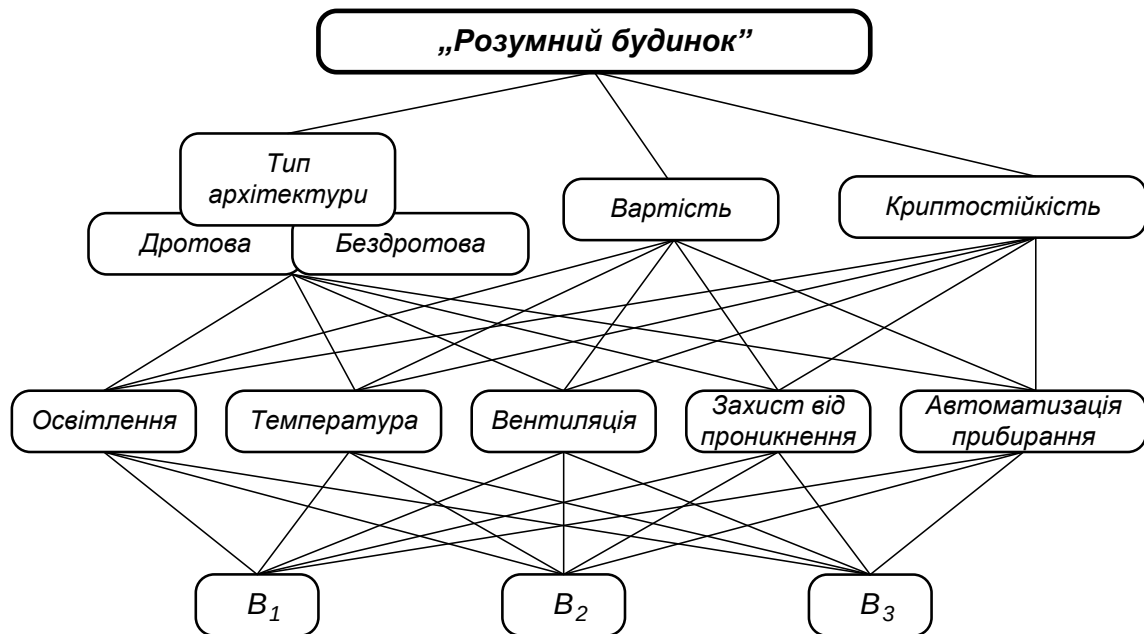


Рис. 2.9. Удосконалена ієрархія системи типу «розумний будинок»

В наступному розділі буде розглянуто аналіз цієї ієрархії.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ SMART-ЖИТЛА З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ

3.1. Вхідні дані

В попередньому розділі було розглянуто загальні принципи побудови та аналізу ієрархії системи типу «розумний будинок». Важливо відзначити, що метод аналізу ієрархій не вказує на пряму шлях проектування архітектури системи, але він дає можливість точно чисельно обґрунтувати вибір тієї чи іншої альтернативи. Тому вхідними даними у нашому випадку повинні в першу чергу бути саме альтернативи:

- B_1 – архітектура дротова, в системі наявне керування мікрокліматом (температура, вентиляція) та освітленням. Вартість системи порівняно середня (щодо ринкових цін). Крипостійкість, можна сказати – абсолютна (оскільки система дротова та автономна, тобто не приєднана до мережі Internet).
- B_2 – архітектура комбінована (тобто всередині будинку вона дротова – але, оскільки в ній зроблений акцент на безпеку приміщення, в системі є центральний контролер, до якого приєднаний модуль бездротового зв'язку (це може бути GSM-shield), задачею якого є відправлення тривожного повідомлення власнику будівлі при проникненні в неї когось стороннього). В системі відсутнє керування мікрокліматом (температура, вентиляція) та освітленням, оскільки вона суто охоронна. Також в системі відсутній відеонагляд, вся система побудована на сенсорах цілісності вікон/дверей, а також по окремим приміщенням стоять сенсори руху. Вартість системи порівняно середня (щодо ринкових цін). Крипостійкість, можна сказати – вище середньої – оскільки система передає повідомлення кінцевому споживачу по бездротовій мережі загального користування, то існує ймовірність того, що злоумисник при проникненні в будинок заглушить справжні сигнали тривоги, але може перед тим може перехопити сигнал «все спокійно» і

відправляти його власнику з метою введення в оману. Проте реалізувати це на практиці може виявитися важко – якщо власнику повідомлення приходять через стільникову мережу, то зловмиснику доведеться підробити SIM-карту, що технічно можливо, але пов’язано з такими труднощами, що цей варіант можна розглядати як малоймовірний.

- B_3 – комбінована система, яка побудована винятково по бездротовій архітектурі, включає в себе як керування мікрокліматом, так і освітленням, і охоронну сигналізацію. Зв’язок з власником – через стільникову мережу. Вартість такої системи, скоріш за все, може бути дещо вище середньоринкової, а от криптостійкість – дещо нижче середньої, оскільки для зламу системи зловмисник може глушити сигнали від бездротових сенсорів та підміняти повідомлення не безпосередньо для власника системи, а для центрального контролера, надсилаючи йому фальшиві повідомлення від сенсорів. Єдиною перевагою такої системи може бути зручність її монтажу та функціональність.

Матриця функціональності цієї ієрархії була розглянута та побудована в попередньому розділі (таблиця 2.1 і формула (2.7)), вектор Перрона заданий формулою (2.8).

Тоді наступним завданням є формування матриць попарних порівнянь альтернатив [13], формування вектора дій (акторів) та визначення оптимальної альтернативи.

3.2. Формування матриць попарних порівнянь альтернатив

На даному етапі потрібно скласти п’ять (по кількості критеріїв) матриць розмірності 3×3 (по кількості альтернатив). Матриці складаються для кожного з критеріїв по точно такому ж принципу, як була складена таблиця 2.1 та матриця F (2.7).

Таблиця 3.1

До визначення матриць попарних порівнянь альтернатив

Освітлення (L)	B_1	B_2	B_3	Власний вектор W_1
--------------------	-------	-------	-------	----------------------

B_1	1	1	3	0,460
B_2	1	1	1	0,319
B_3	1/3	1	1	0,221

Температура (Т)	B_1	B_2	B_3	Власний вектор W_2
B_1	1	5	2	0,607
B_2	1/5	1	3	0,238
B_3	1/2	1/3	1	0,155

Вентиляція (V)	B_1	B_2	B_3	Власний вектор W_3
B_1	1	1	1	0,333
B_2	1	1	1	0,333
B_3	1	1	1	0,333

Захист від проникнення (P)	B_1	B_2	B_3	Власний вектор W_4
B_1	1	1/5	1	0,143
B_2	5	1	5	0,714
B_3	1	1/5	1	0,143

Автоматизація прибирання (C)	B_1	B_2	B_3	Власний вектор W_5
B_1	1	1	1	0,333
B_2	1	1	1	0,333
B_3	1	1	1	0,333

Щодо таблиці 3.1, то окремо треба пояснити матриці для критеріїв V та C. Справа в тому, що керування вентиляцією традиційно відноситься до керування мікрокліматом у приміщеннях, але у правильно спроектованому будинку цілком достатньо природної вентиляції. Вся автоматизація там найчастіше зводиться до

контролю температури рекуператора або автоматичного включення додаткової примусової вентиляції з кухні, на якій використовується газова плита для пошвидшеного витягування вуглекислого газу CO_2 , який утворюється під час згоряння метану. Як правило, ця підсистема «розумного будинку» є дійсно автономною та абсолютно не залежить від архітектури побудови системи, оскільки з неї не відправляються ніякі повідомлення власнику. Тому елементами відповідної матриці є одиниці. Аналогічно з прибиранням – подібні системи (роботи-пилосмоки) просто програмуються обходити приміщення за певною траєкторією (оминаючи меблі) у певний проміжок часу (коли вдома нікого немає). Вони якби і підвищують комфортабельність житла (і тому включаються в систему «розумного будинку»), але в той же час функціонують абсолютно окремо від інших складових загальної системи. Тому елементами цієї матриці також є одиниці.

Що стосується власного вектору, то за рахунок того, що для всіх наведених матриць справедлива формула (2.2), то, згідно теореми Перрона-Фробеніуса [12, 18], його координати можна рахувати за формулою (2.5).

3.3. Визначення вагових коефіцієнтів акторів

Згідно рис. 2.9, в ієрархії системи типу «розумний будинок» присутній рівень акторів. Це фактори, які якби і не є критеріями, але від них залежить кінцевий результат, тобто вибір певної альтернативи. В багатьох технічних системах актори – це фактори вибору тієї чи іншої альтернативи незалежно від критеріїв. Принципова відмінність акторів від критеріїв полягає у тому, що критерії кінцевий споживач може вибирати довільно та їх порівняльні значення майже завжди суб'єктивні, в той час як актори є більш об'єктивними і їх значення кінцевий споживач або взагалі не може задати довільно, або в нього значно звужене коло вибору. В будь-якому випадку актори можуть вважатися об'єктивними параметрами системи і їх значення можна трактувати як ваговий коефіцієнт важливості факторів вибору альтернатив. Значення акторів повинні задовольняти тим же критеріям, що і значення власного вектора: вони повинні бути невід'ємними та їх сума повинна дорівнювати одиниці. Тому, враховуючи

різноманітність систем типу «розумний будинок», які представлені на ринку, можна розподілити значення акторів наступним чином:

- A_1 – архітектура – найменш важливий актор (оскільки кінцевому споживачу, як правило, байдуже чи якийсь компонент передає інформацію дротовим чи бездротовий способом – аби воно працювало). Тому значення цього актора покладемо $A_1 = 0,2$.
- A_2 – вартість – як правило, найважливіший для кінцевого споживача параметр. Покладаємо значення цього актора $A_2 = 0,5$.
- A_3 – криптостійкість – параметр важливий, але в сучасному світі непогано діє правило: «Потенційна вигода від злочину повинна перевищувати витрати на його скоєння». Із застосуванням сучасних методів шифрування процес зламу інформаційних систем частіше зводиться до методів соціальної інженерії, аніж до технічних методів. Тому покладемо значення цього актора по залишковому принципу $A_3 = 0,3$.

3.4. Остаточна оцінка альтернатив

Остаточна оцінка альтернатив проводиться на основі матриці власних векторів (або векторів Перрона), яка складається на основі таблиці попарних порівнянь критеріїв:

$$V = \begin{pmatrix} 0,460 & 0,607 & 0,333 & 0,143 & 0,333 \\ 0,319 & 0,238 & 0,333 & 0,714 & 0,333 \\ 0,221 & 0,155 & 0,333 & 0,143 & 0,333 \end{pmatrix}. \quad (3.1)$$

Спочатку матриця акторів

$$A = (0,2 \quad 0,5 \quad 0,3),$$

множиться зліва на матрицю векторів Перрона V :

$$A \times V = (0,2 \quad 0,5 \quad 0,3) \times \begin{pmatrix} 0,460 & 0,607 & 0,333 & 0,143 & 0,333 \\ 0,319 & 0,238 & 0,333 & 0,714 & 0,333 \\ 0,221 & 0,155 & 0,333 & 0,143 & 0,333 \end{pmatrix} =$$

$$(0,298 \quad 0,287 \quad 0,333 \quad 0,429 \quad 0,333).$$
(3.2)

Тепер для того, щоб отримати матрицю-стовпчик вагових коефіцієнтів альтернатив за формулою (2.6), отриману матрицю необхідно транспонувати і домножити справа на матрицю векторів Перрона:

$$\begin{pmatrix} 0,460 & 0,607 & 0,333 & 0,143 & 0,333 \\ 0,319 & 0,238 & 0,333 & 0,714 & 0,333 \\ 0,221 & 0,155 & 0,333 & 0,143 & 0,333 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} 0,298 \\ 0,287 \\ 0,333 \\ 0,429 \\ 0,333 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,594 \\ 0,691 \\ 0,374 \end{pmatrix}.$$

Таким чином, бачимо, що найкраща альтернатива – B_2 з ваговим коефіцієнтом 0,691. Такий високий ваговий коефіцієнт обумовлений тим, що для цієї альтернативи була обрана бездротова архітектура, яка легка і зручна у монтажу, важлива функціональність (мінімум зайвого) та непогана криптозахищеність. При цьому всьому ціна побудови такої системи (за припущенням) є середньоринковою.

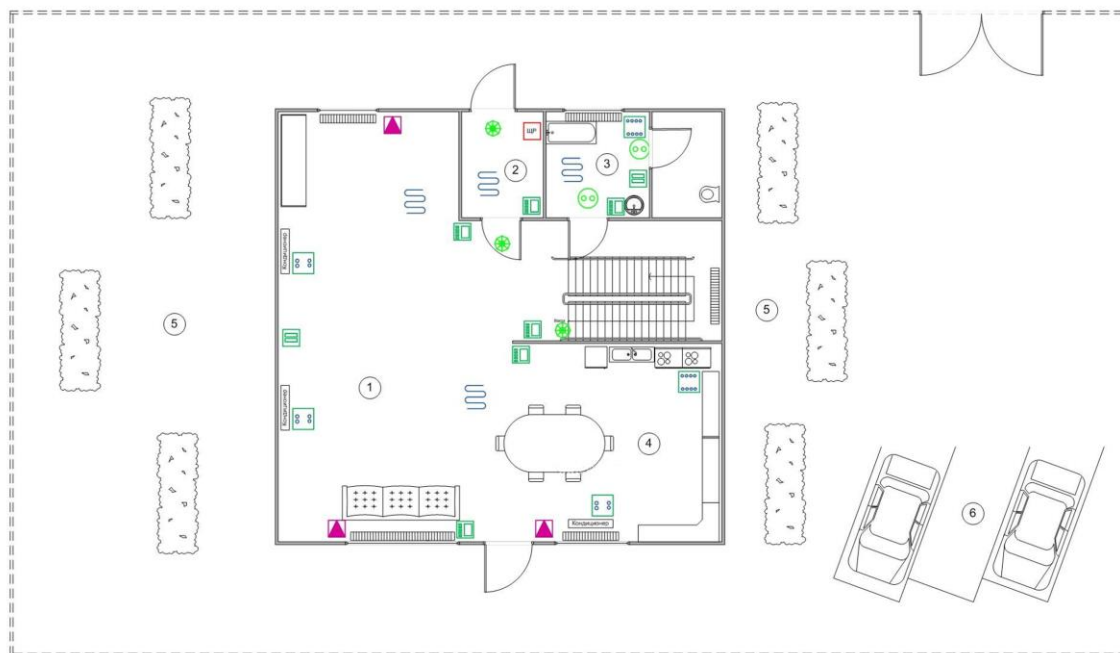
Слід також пояснити значення вагових коефіцієнтів інших альтернатив. У першій альтернативи ваговий коефіцієнт вийшов більший за рахунок дешевизни та найкращої криптостійкості, але за функціональністю (корисністю) вона все ж поступається другій альтернативі. Щодо третьої альтернативи – то основна причина невеликого значення величини вагового коефіцієнта обумовлена вищою вартістю порівняно з першими двома.

3.5. Загальна схема системи типу «розумний будинок»

Отже, знаючи тепер точно основні принципи побудови системи типу «розумний будинок», можна розробити її структуру.

На рис. 3.1 і 3.2 показаний план будинку (відповідно 1-й та 2-й поверхи) з розміщенням елементів SMART-системи. Загальна функціональна схема її подібна до представленої на рис. 1.4.

Модульна система «розумний дім» виконує багато різних задач, вона здійснює управління електроосвітленням, шторами, витяжками, кондиціонерами, теплою підлогою і радіаторами. Також в ній присутня можливість управління стереосистемами, охоронною сигналізацією та іншими інженерними системами. Елегантний дизайн клавійних панелей з LCD екраном зможуть перетворити інтер'єр кожної кімнати в приватному будинку. Для зручності управління інтелектуальною системою застосовуються мобільні гаджети під управлінням операційної системи IOS. Модульна система здійснює управління електроосвітленням на двох поверхах приватного будинку, кондиціонерами, електричним теплою підлогою, радіаторами, витяжками на кухні і в санвузлах, шторами в спальнях, кабінеті кімнати для гостей. Система здатна управляти всіма пристроями, які підтримують керування ІК командами (стерео системи, телевізори та інші пристрої). Для управління в кожній кімнаті передбачені клавійні панелі з LCD екраном. Керування освітленням відбувається з клавійних панелей, так і з допомогою датчиків присутності і датчиків руху. Дані датчики включають освітлення при вході в коридор, санвузли та сауну. Також передбачено управління всією системою «розумний будинок» з допомогою IPAD і iPhone. Проект модульної системи «розумний будинок» передбачає управління: 19 групами вкл/викл та 9 групами регулювання яскравості електроосвітлення; 5-ю кондиціонерами, 9-ю радіаторами; 6-ю шторами (ролетами); теплою підлогою; витяжками на кухні та санвузлах; логічними послідовностями вкл/викл пристроїв; вкл/викл з допомогою клавійних панелей і пристроїв IOS; вкл/викл з допомогою віддаленого доступу. Також є можливість використання вільних груп для управління системою безпеки, стерео системами, телевізорами та іншим електричним обладнанням.



Умовні позначення

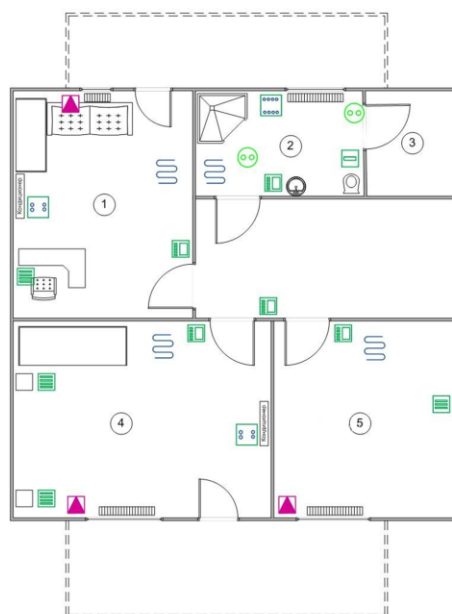
- Розподільчий щит
- DLP-панель
- 4-клавішна панель
- Сенсор руху (змонтований на стелі)
- Сенсор присутності
- Захисні керовані ролети
- Сенсор температури (змонтований у підлозі)

- 4-контактний модуль входів
- ІЧ-трансміттер

Експлікація приміщень

- 1 Вітальня
- 2 Тамбур
- 3 Санвузол 1
- 4 Кухня
- 5 Зелена зона
- 6 Парковка

Рис. 3.1. Планування 1-го поверху будинку з розміщенням елементів SMART-системи



Умовні позначення		Експлікація приміщень
	DLP-панель	① Кабінет
	8-клавішна панель	② Кабінет
	6-клавішна панель	③ Господарське приміщення
	2-клавішна панель	④ Спальня
	Сенсор руху (на стелі)	⑤ Дитяча
	Сенсор присутності	
	4-контактний модуль входів	
	ІЧ-трансмітер	
	Захисні керовані ролети	
	Сенсор температури (змонтований у підлозі)	

Рис. 3.2. Планування 2-го поверху будинку з розміщенням елементів SMART-системи

Виконуються підготовчі роботи для прокладання інформаційної шини: установка, монтаж гофрованої труби. Кабельна траса в кімнатах прокладається по підвісним стелям в гофрованій трубі або вкладається в штроби. У разі потреби робляться прохідні отвори між кімнатами. В коридорі розміщується розподільний щит. У нього встановлюються модулі управління. В зоні теплих підлог встановлюються цифрові датчики температури і підключаються до модулів управління. Біля кожного кондиціонера виконується монтаж ІЧ трансмітерів. У коридорі, санвузлах і на сходах встановлюються датчики руху, датчики присутності. Над вікнами виконується монтаж приводів для карниза, а в кімнатах – монтаж клавішних панелей. Встановлюються 4-канальні модулі входів біля витяжки на кухні і в санвузлах. Все обладнання виробника

підключається до загальної шини HDL-Bus-Pro. Інтелектуальна система «розумний будинок» підключається до чинного електропостачання будинку. Підключення до мережі Інтернет і комп'ютерне обладнання надається замовником. На мобільний пристрій встановлюється і настраюється програмне забезпечення згідно з побажаннями замовника. Установка системи «розумний будинок» включає в себе:

- штроблення стін та підлоги;
- монтаж гофрованих труб;
- прокладку кабелю;
- встановлення розподільчого щита;
- монтаж модулів управління;
- установку датчиків температури;
- монтаж клавішних панелей, датчиків, ІК трансмітерів і 4-канальних модулів входу;
- встановлення приводів для карнизів;
- підключення пристроїв до інформаційної шини; налаштування та програмування пристроїв;
- установку програмного забезпечення на мобільному гаджеті і його налаштування.

ВИСНОВКИ

В даній роботі було продемонстровано інноваційний підхід до розроблення системи типу «розумний будинок» з використанням методу аналізу ієрархій.

Об'єктом дослідження виступали системи типу «розумний будинок».

Предметом дослідження було застосування методу аналізу ієрархій для проектування системи типу «розумний будинок».

Практична цінність роботи полягає у здобутті навичок використання методу аналізу ієрархій для проектування інформаційних мереж на прикладі системи типу «розумний будинок».

В цілому завдання, які були поставлені в даній магістерській роботі, були успішно виконані. Було проведено аналіз класифікацій систем типу «розумний будинок», огляд методу аналізу ієрархій та побудова структури системи типу «розумний будинок» за допомогою методу аналізу ієрархій.

Розроблена система виконана в основному по бездротовій архітектурі, і включає в себе підсистеми керування температурою та охоронну підсистему з використанням сенсорів руху та сенсорів присутності.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електронний ресурс: Вікіпедія. Розумний дім // Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Розумний_дім
2. Tesla Nikola Method of and apparatus for controlling mechanism of moving vessels and vehicles // Patent 613809. – United States Patent and Trademark Office, 8 November 1898.
3. Anogianakis George Advancement of assistive technology. – IOS Press, 1997.
4. Nicola Combe, David Harrison, Hua Dong, Salmaan Craig & Zachary Gill Assessing the number of users who are excluded by domestic heating controls. *International Journal of Sustainable Engineering*, 2011, p. 84-92, DOI: 10.1080/19397038.2010.491563
5. Hill, Jim (12 September 2015). “The smart home: a glossary guide for the perplexed”. T3. Retrieved 27 March 2017 // Режим доступу: <https://www.t3.com/features/the-smart-home-guide>
6. Mandula K., Parupalli R., Murty C. A. S., Magesh E., Lunagariya R. Mobile based home automation using Internet of Things(IoT) // 2015 International Conference on Control, Instrumentation, Communication and Computational Technologies (ICCICCT): 340–343. doi:10.1109/ICCICCT.2015.7475301. Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7475301>
7. Електронний ресурс: Система «розумний будинок». Режим доступу: <https://tech-house.org/sistema-umnyj-dom-cto-eto-tehnologiya-postrojki-i-upravleniya/>
8. Електронний ресурс: Security risks in the age of smart homes. Режим доступу: <https://theconversation.com/security-risks-in-the-age-of-smart-homes-58756>
9. Електронний ресурс: Злам систем розумного будинку на прикладі протоколу ZigBee. Режим доступу: <https://cryptoworld.org/vzlom-sistem-umnogo-doma-ot-a-do-ya-na-primere-protokola-zigbee/>

- 10.Електронний ресурс: «Розумний» дім з точки зору вразливостей: розбираємося з векторами і механіками атак. Режим доступу: <https://techinfo.xyz/company/trendmicro/blog/445538/>
- 11.Електронний ресурс: Jonathan Zdziarski Identifying Back Doors, Attack Points, and Surveillance Mechanisms in iOS Devices // Режим доступу: https://pentest.com/ios_backdoors_attack_points_surveillance_mechanisms.pdf
12. Saaty Thomas The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation // McGraw-Hill, 1980
- 13.Саати Т. Л. Прийняття рішень. Метод аналізу ієрархій (пер. з англ.) – К.: «Радіо та зв'язок», 1989. – 316 с.
- 14.Електронний ресурс: Вікіпедія. Мережева модель OSI. // Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Мережева_модель_OSI
- 15.Електронний ресурс: Вікіпедія. TCP/IP. // Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/TCP/IP>
16. Електронний ресурс: Joan Engebretson – Understanding Home Automation Standards // Режим доступу: <https://www.sdmmag.com/articles/92108-understanding-home-automation-standards>
17. Електронний ресурс: Wikipedia: KNX (standart) // Режим доступу: [https://en.wikipedia.org/wiki/KNX_\(standard\)](https://en.wikipedia.org/wiki/KNX_(standard))
- 18.Електронний ресурс: Wikipedia: Van Eck phreaking // Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Van_Eck_phreaking
- 19.Електронний ресурс: Wikipedia: Perron–Frobenius theorem // Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Perron%E2%80%93Frobenius_theorem