

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО» ПРИМІЩЕННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

«Интеллектуальный» будинок містить велику кількість інженерних підсистем, кожна з яких виконує свою функцію. Вибір проектного рішення визначається багатокритеріальним задачею оптимізації структури системи. Пропонується використовувати метод векторного синтезу при обмеженні кількості критеріїв. Вибрані основні показники якості для системи «інтелектуального» будинку.

«Интеллектуальный» дом содержит большое количество инженерных подсистем, каждая из которых выполняет свою функцию. Выбор проектного решения определяется многокритериальной задачей оптимизации структуры системы. Предлагается использовать метод векторного синтеза при ограничении количества критериев. Выбраны основные показатели качества для системы «интеллектуального» дома.

A «intellectual» house contains plenty of engineering subsystems, each of which executes the function. The choice of project decision is determined by the multicriterion task optimization of structure the system. The method of vectorial synthesis for limitation an amount of criteriat is suggested to use. The basic indexes of quality are chosen for the system of «intellectual» house.

У даний час збільшується кількість спеціальної і побутової електронної апаратури, яка використовується в системі «інтелектуального» будинку. Через розходження інтерфейсів взаємодії, виробників, режимів керування неможливо визначити загальну структуру системи. Для цього необхідно обґрунтовано зробити вибір проектного рішення з урахуванням показників якості для визначених критеріїв. Саме багатокритеріальний підхід з обмеженням кількості критеріїв дозволяє вибрати те проектне рішення, що виправдано і за структурою і по витратах. Проблеми синтезу структури «інтелектуального» будинку з різних підсистем з урахуванням їх показників якості (ваги) присвячена дана стаття.

Постановка проблеми. Задача вибору проектного рішення (оптимізації структури) системи «інтелектуального» будинку є актуальною. Для рішення цієї задачі необхідно:

- проаналізувати проблемну область дослідження (виникнення, розвиток проблеми);
- проаналізувати існуючі стандарти і технології за якими виконуються підсистеми, наприклад підсистема мережевих рішень, підсистема радіодоступу (або віддаленого керування), підсистема шин взаємодії як складової підсистеми мережевих рішень;
- проаналізувати методи оптимізації, які застосовані для вибору проектного рішення систем;
- визначити критерії – показники якості при оптимізації підсистем, що розглядаються;
- застосувати найвідповідніший метод оптимізації за обраними критеріями, визначити вагові коефіцієнти.

Повну оптимізацію структури системи можна чекати лише при комплексному підході з урахуванням усіх складових підсистем.

Аналіз останніх досягнень. Задача векторного синтезу з найкращим вектором показників якості $K = \langle k_1, \dots, k_i, \dots, k_m \rangle$ зводиться до пошуку системи S , що задовольняє сукупності вихідних даних (умов, обмежень) і показникам якості цього вектора з обраними критеріями переваги.

Під показниками якості k_i розуміється числова характеристика системи, яка пов'язана монотонною залежністю з її якістю: чим більше (менше) величина k_i , тим краще система за інших рівних умов. Показники якості $k_i (i = 1, m)$ мають неоднакові розмірності, тому складовими вектора K є не самі величини k_i , а їхні нормовані значення. Порівняння систем за вектором якості K неможливо без додаткових критеріїв переваги. У цьому зв'язку розглядають безумовні критерії переваги (критерії Парето), умовні критерії переваги і комбінації даних підходів.

Кращим є те значення вектора K , при якому зважена сума вигляду:

$k_p = c_1 k_1 + \dots + c_i k_i + \dots + c_m k_m$ показників якості має менше (більше) значення. Для спрощення задачі будемо вважати k_i «рівновеликими» стосовно «основної задачі» і для складання якісного «цілого» не будемо враховувати взаємний вплив цих критеріїв один на одного.

Для обґрунтування вибору проектного рішення з оцінкою якості на основі векторного синтезу системи «інтелектуального» будинку необхідно розглянути визначення вагових коефіцієнтів. Як приклад визначимо такі коефіцієнти для підсистеми радіодоступу (віддаленого керування) та інших, див. рисунок 1.

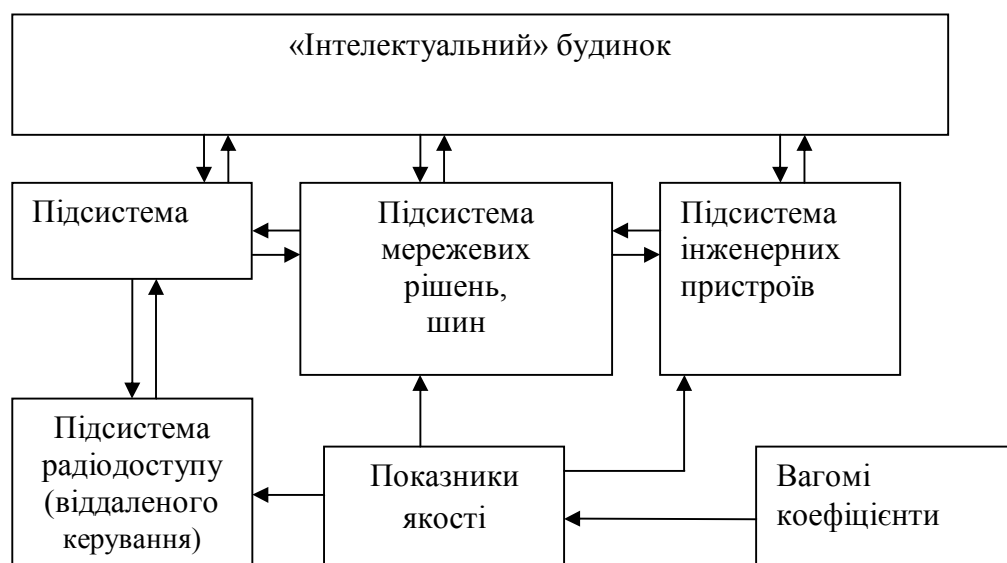


Рис.1. Підсистеми, що визначають проектне рішення

Для системи «інтелектуального» будинку були запропоновані показники якості у вигляді чотирьох основних характеристик тобто $i = 4$ будь-якої його підсистеми, це:

- надійність роботи і передачі даних;
- інтеграційна здатність;
- швидкість взаємодії;
- ціна.

Позитивні вагові коефіцієнти c_1, \dots, c_m – визначалися для підсистеми радіодоступу для модулів GSM: КСИТАЛ GSM-12M, TEGHAN AT-200, Teltonika T-BoxN12R, SPRUT Universal, СтражGSM SMS4x4, SiemensMC39i, REEF GSM-2000, Сокол GSM PRO2, G6x2V1, для підсистеми мережевих рішень розглядалися технології мережі: FDDI, 100VG – AnyLAN, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, для шин (протоколів) оцінювалися:

EIB, LON, HOME-PUTER, LCN, Шина-Z, PHC, Konnex, радіошинні системи, BacNet, LanDrive, Modbus и RS-485, Profibus DP.

У розрахунку вагових коефіцієнтів використовувався підхід, який визначає для C_{\max} – умовну одиницю «1» тобто 100% – найкращий показник, а щодо нього розраховувалися інші вагові показники:

$$C_i = \frac{1}{C_{\max}}$$

або усереднений показник з ряду відносних показників, що складає

основну вагу k_i .

Для визначення якісних параметрів GSM модулів були визначені кількісні характеристики параметрів: робочий діапазон температур, в якому працює модуль; кількості телефонних номерів для розсилання SMS і для додзвону; кількості зон контролю для підключення сигнальних шлейфів з датчиками; кількості виконавчих пристроїв; швидкості взаємодії; ціни. Їх відносні вагові показники розраховувалися з урахуванням їх зміни відносно максимально можливого значення показника.

Наприклад, для «робочого діапазону температур»: вибирався модуль з максимальним значенням $t_{роб}$ і було привласнене йому значення «1».

$$\text{Тоді } t_{роб} = t_{\min} + t_{\max}$$

і розрахунок коефіцієнта робочого діапазону температур, в якому працює модулі для інших розраховувалися як

$$t_k = t_{роб} \cdot \left(\frac{1}{t_{роб.\max}} \right).$$

Для розрахунку вагового коефіцієнта «кількості телефонних номерів для розсилання SMS і для додзвону» вибирався модуль з максимальною кількістю номерів для розсилання SMS і для додзвону і привласнювалося йому значення «1», наприклад

$$N_{\max} = 10, \text{ тоді } N_k = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ і вагомий коефіцієнт розраховувався як}$$

$$N_{\text{номерів}} = N_k \cdot N_i,$$

де N_i - даний параметр для i -го модуля.

Інші коефіцієнти розраховувалися аналогічно. Результати розрахунку коефіцієнтів зведені в таблицю 1.

Таблиця 1. Результати розрахунку вагових коефіцієнтів показників якості

GSM-модулі	Робочий діапазон температур, °С	Кількість номерів для розсилання SMS і для додзвону	Кількість зон контролю	Кількість виконуючих пристроїв	Максимальна швидкість взаємодії	Ціна, грн.
КСИТАЛ GSM-12M	0,82	1	1	0,3	1	0,41
TEGRAN AT-200	0,73	1	0,58	0,7	1	0,49
TeltonikaT-BoxN12R	1	1	0,66	0,9	1	0,48
SPRUT Universal	1	1	0,83	1	1	0,39
СтражGSM SMS4*4	1	0,9	0,33	0,4	1	0,59
SiemensMC39i	0,82	1	0,41	0,7	1	0,84
REEF GSM-2000	0,68	0,3	0,24	0,1	1	0,1
Сокол GSM PRO2	0,73	0,6	0,66	0,1	1	0,25
G6x2V1	0,73	0,8	0,41	0,1	1	0,2

Для зведення цих показників до обраних чотирьох за: надійністю роботи і передачі даних, інтеграційної здатності; швидкості взаємодії, ціни, – необхідно, щоб ці відносні коефіцієнти були перераховані. Скористаємося усередненим значенням, тому що надійність роботи і передачі залежить від двох наданих характеристик, від робочого діапазону температур і кількості номерів для розсилання SMS і для додзвону.

Тому надійність роботи і передачі розраховуємо як

$$P_{роб.перед} = \frac{t_k + N_{номерів}}{2}.$$

Інтеграційна здатність розраховується як середній параметр по кількості зон контролю $Z_{контроля}$ і кількість виконавчих пристроїв $Y_{устр}$.

$$I = \frac{Y_{устр} + Z_{контроля}}{2}.$$

Середній показник якості

$$K = \frac{P_{роб.перед} + I + S_{взаємод} + C}{4},$$

де $P_{роб.перед}$ – надійність роботи і передачі;

I – інтеграційна здатність;

$S_{взаємод}$ – швидкість взаємодії;

C – ціна.

Середній показник якості сприяє швидкому вибору того або іншого елемента підсистеми.

Остаточно представимо вагові коефіцієнти для чотирьох параметрів GSM-модулів у таблиці 2.

Таблиця 2. Вагові коефіцієнти GSM-модулів

GSM-модулі	Надійність роботи і передачі, c_1	Інтеграційна здатність, c_2	Швидкість взаємодії c_3	Ціна, грн., c_4	Середній показник якості
КСИТАЛ GSM – 12M	0,91	0,65	1,00	0,41	0,74
TEGRAN AT-200	0,87	0,64	1,00	0,49	0,75
Teltonika T-Box N12R	1	0,78	1,00	0,48	0,82
SPRUT Universal	1	0,92	1,00	0,39	0,83
Страж GSM SMS 4*4	0,95	0,37	1,00	0,59	0,73
Siemens MC39i	0,91	0,56	1,00	0,84	0,83
REEF GSM-2000	0,49	0,17	1,00	0,1	0,44
Сокол GSM PRO 2	0,67	0,38	1,00	0,25	0,58
G6x2 V1	0,77	0,26	1,00	0,2	0,56

Діаграма середнього показника якості для розглянутих модулів зображена на рисунку 2.

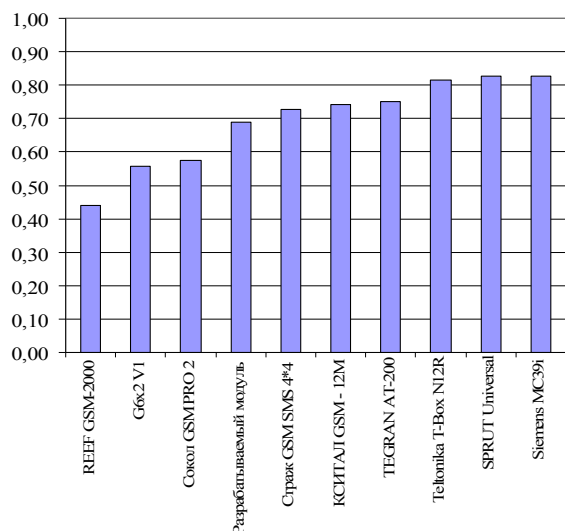


Рис. 2. Діаграма середнього показника якості для GSM модулів

Для системи шин скористаємося уже відомим методом вагових коефіцієнтів. Порівняльна характеристика шин з урахуванням вагових коефіцієнтів наведена в табл. 3.

Таблиця 3. Порівняльна характеристика шин з урахуванням вагових коефіцієнтів

Шини і протоколи	Швидкість взаємодії, c_1	Надійність роботи і передачі даних, c_2			Інтеграційна здатність, c_3	Ціна, c_4	Середній показник якості
		Алгоритм принцип реалізації	Віддаленість, м	Сприйнятливість до завад			
EIB	0,2	0,5	1	0,5	1	0,75	0,79
LON	0,75	0,75	0,5	0,5	1	0,75	0,95
HOME-PUTER	0,5	0,5	0,1	1	0,5	0,75	0,67
LCN	1	0,6	1	1	0,5	0,75	0,97
Шина-Z	0,2	0,5	0,25	0,75	0,5	1	0,44
PHC	0,2	0,4	0,250-0,3	0,75	1	0,2	0,57
Коннех	0,2	0,5	0,35-0,45	0,75	1	0,2	0,59
Радіошинні системи	0,55	1	1	0,75	0,5	0,2	0,8
BacNet	0,5	0,75	0,75	0,75	1	1	0,95
LanDrive	0,5	0,5	0,5	0,75	1	0,2	0,65
Modbus и RS-485	0,2	0,75	0,15	0,75	1	0,5	0,67
Profibus DP	0,7	0,5	0,25	0,75	1	0,2	0,68

Одержані дані представимо у вигляді діаграми, яка відображає параметри середнього показника якості для вибору тієї або іншої шини, див. рис. 3.

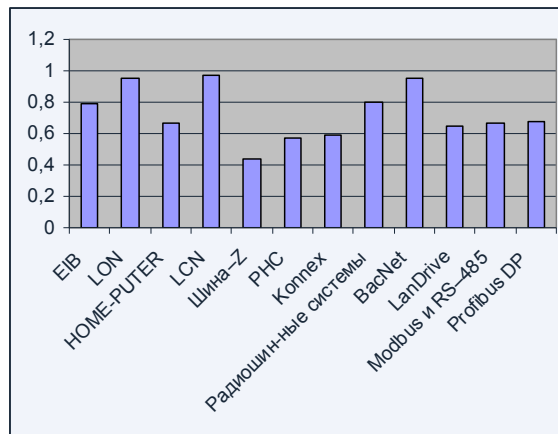


Рис. 3. Порівняльна діаграма шин за середнім показником якості

Надійність роботи і передачі в локальних мережах можна розділити на відмовостійкість, надійність передачі і продуктивність мережі. Одержані в результаті відносних коефіцієнтів розрахунків заносимо до табл. 4.

Таблиця 4. Надійність роботи і передачі даних мережевих технологій

Вид технології мережі	Відмовостійкість	Надійність передачі	Продуктивність	Середнє значення коефіцієнтів
FDDI	1	0,8	1	0,93
100VG – AnyLAN	0,5	1	0,75	0,75
Fast Ethernet	0,5	0,5	0,25	0,42
Gigabit Ethernet	0,5	0,2	0,5	0,4

Під інтеграційною здатністю розумітимемо такі кількісні показники якості, як максимальну кількість абонентських станцій (АС), максимальну відстань між сусідніми вузлами і сумарну протяжність мережі.

Мережі FDDI і 100VG – AnyLAN не мають обмежень на кількість АС. Технологія Fast Ethernet теоретично може включати до 200 користувачів (АС), на практиці ж ця технологія витримала підключення 500 абонентів, хоч і з помітним падінням продуктивності.

Gigabit Ethernet дозволяє підключити до 1000 користувачів, в основному, за рахунок швидкісніших магістралей.

Максимальна відстань між сусідніми вузлами складає:

- для мережі FDDI – 2 км;
- 100VG – AnyLAN – 550 м;
- Fast Ethernet – 100 м;
- Gigabit Ethernet – всього 25 м (для виті пари 5-ї категорії).

Мережа за технологією FDDI може бути радіусом до 100 км. Для 100VG – AnyLAN цей показник рівний 50 км.

Fast Ethernet і Gigabit Ethernet – 2 км і 1 км відповідно.

Відносні коефіцієнти, які розраховані на підставі одержаних даних, занесемо до табл. 5.

Таблиця 5. Інтеграційна здатність

Вид технології мережі	Максимальна кількість АС	Відстань між сусідніми вузлами	Сумарна протяжність	Середнє значення коефіцієнтів
FDDI	1	1	1	1
100VG – AnyLAN	1	0,5	0,5	0,67
Fast Ethernet	0,25	0,25	0,3	0,27
Gigabit Ethernet	0,5	0,1	0,15	0,25

Швидкість взаємодії можна розділити на швидкість теоретично можливу (перспективну) і реальну швидкість мережі.

Реальна швидкість технологій FDDI і Gigabit Ethernet на сьогодні складає 1000 Мбіт/с. Для 100VG – AnyLAN і Fast Ethernet цей параметр рівний 100 Мбіт/с.

Тоді як теоретично можлива швидкість відповідає таким параметрам:

- FDDI – 200 Гбіт/с;
- 100VG – AnyLAN – 10 Гбіт/с;
- Fast Ethernet – 100 Мбіт/с;
- Gigabit Ethernet – 1000 Мбіт/с.

Розраховані вірності показники зведемо в таблицю 6.

Таблиця 6. Швидкість взаємодії

Вид технології мережі	Швидкість, теоретично можливий параметр	Відносний коефіцієнт теоретично можливого параметра швидкості	Реально досягнутий параметр, Мбіт/с	Відносний коефіцієнт реально досягнутого параметра	Середнє значення коефіцієнтів
FDDI	200 Гбіт/с	1	1000	1	1
100VG – AnyLAN	10 Гбіт/с	0,75	100	0,1	0,43
Fast Ethernet	100 Мбіт/с	0,1	100	0,1	0,1
Gigabit Ethernet	1000 Мбіт/с	0,5	1000	1	0,75

Цінову характеристику можна поділити на три параметри:

- вартість кабелю;
- вартість комутаційного устаткування;
- вартість робіт по прокладці і комутуванню кабелів.

Одержані дані, в перерахунку на відносні коефіцієнти, зведемо в табл. 7.

Таблиця 7. Цінові коефіцієнти

Вид технології мережі	Кабель	Устаткування	Робота	Середнє значення коефіцієнтів
FDDI	0,8	0,2	0,2	0,4
100VG – AnyLAN	0,6	0,5	0,5	0,53
Fast Ethernet	1	1	1	1
Gigabit Ethernet	0,8	0,5	0,8	0,7

Сумарні якісні параметри мережевих технологій занесені в табл. 8

Таблиця 8. Якісні параметри розглянутих технологій

Вид технології мережі	Надійність і роботи передачі, c_1	Інтеграційна здатність, c_2	Швидкість взаємодії, c_3	Ціна, c_4	Середній показник якості
FDDI	0,93	1	1	0,4	0,83
100VG – AnyLAN	0,75	0,67	0,43	0,53	0,60
Fast Ethernet	0,42	0,27	0,1	1	0,45
Gigabit Ethernet	0,4	0,25	0,75	0,7	0,53

Графічно результати розрахунків середнього показника якості зображені на рисунку 4.

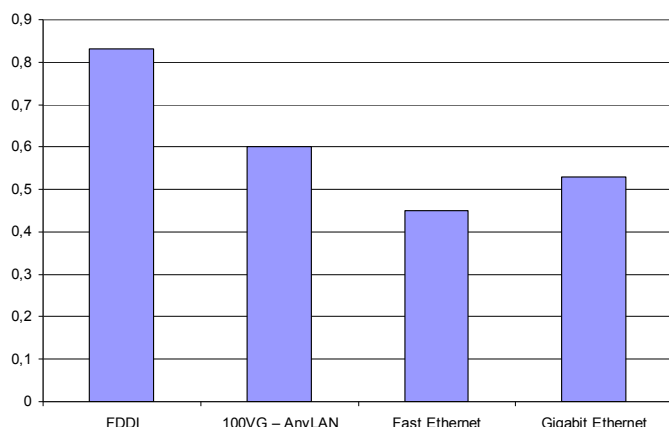


Рис. 4. Діаграма середнього показника якості для даних мережевих технологій

Основні результати досліджень. Після проведеного аналізу за результатами розрахунків можна зробити висновки, що явна перевага в (порядку убавання для трьох компонентів) EIB, LCN, LON; FDDI 100VG – AnyLAN, Gigabit Ethernet SiemensMC39i, SPRUT Universal, Teltonika T-BoxN12R. За одержаними показниками якості і їх ваговими значеннями можна зробити вибір проектного рішення, враховуючи найбільш простий варіант представлення векторів якості, зокрема трьох розглянутих підсистем як:

$$kp_1 = c_1k_1 + \dots + c_4k_4$$

$$kp_2 = c_1k_1 + \dots + c_4k_4$$

$$kp_3 = c_1k_1 + \dots + c_4k_4$$

Вибір проектного рішення визначатиметься загальною формулою для багатокритерійного підходу при умовній рівності всіх чотирьох обраних критеріїв (і, по можливості, найбільших значеннях ваги для конкретної підсистеми) як добуток векторів у вигляді:

$$K_{\text{проекту}} = kp_1 \cdot kp_2 \cdot kp_3$$

Висновок. За результатами розрахунку вагових коефіцієнтів можна провести аналіз підсистем за критеріями якості і визначити найбільш прийнятний варіант проектного рішення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Харке В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве. – Москва: Техносфера, 2006. – 288 с.
2. Гуткин Л.С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества. – М.: Сов. радио, 1975. – 368 с.
3. Галкин П.В. «Задачи оптимизации при построении системы интеллектуального дома»// 12-й міжнародний молодіжний форум «Раеоелектроніка і молодь в ХХІ ст.»: Зб. Матеріалів форуму. Ч.1.– Харків: ХНУРЕ, 2008. – 432 с. С.211.
4. П.В. Галкин, Р.Ю. Косых «Подсистемы бытовой автоматизации интеллектуального дома и их интеграция с GSM–технологиями» // Materialy IV Miedzynarodnoj naukowj-praktycznej konferencj «Nowoczesnych naukowych osiagniec -2008» Tvm 17. Techniczne nauki. Budownictwo I architektura.: Przemysl. Nauka I studia – 96 str. С.67- 69.
5. П.В. Галкин, Л.В. Головкина Р.Р. Остапчук «Питии решения задач оптимизации при построении системы интеллектуального дома»// Сб. научн. труд. международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2007» Том 3. Технические науки.– Одесса: Черноморье, 2007.– С.44-46.
6. П.В. Галкин, Л.В. Головкина, Р.Ю. Косых «Весовые коэффициенты для критериального выбора системы «интеллектуального» дома» // Материали за 4 міжнародна научно практична конференция «Динамика исследования»,- 2008» Том 29. Технлогии. Физика. София «Бял ГРАД-БГ» ООД- 96 с. С.3-5.
7. П.В. Галкин, Л.В. Головкина, Е.В. Рыкун «Критериальный выбор проектного решения для системы «интеллектуального» дома» // Материали за 4 міжнародна научно практична конференция «Динамика исследования».- 2008» Том 29. Технологии. Физика. София «Бял ГРАД-БГ» ООД- 96 с. С.5-7.

Рецензент: **д.т.н., проф. Жердєв М.К.**