

I.V. ГУЛА, К.Л. ГОРЯЩЕНКО, В.В. МІШАН, Д.В. КУХАР
Хмельницький національний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ МІМО ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРИСТРОЯМИ РОЗУМНОГО ДОМУ

Розумний дім є складним апаратно-програмним комплексом. Впровадження системи розумного дому вимагає розробки єдиного протоколу взаємодії між його частинами. Реалізація протоколу вимагає розуміння апаратного забезпечення. Існують різні варіанти протоколів, що забезпечують як швидкість так і зручність масштабування системи, частина з них є комерційними та закритими системами.

Ключові слова: протокол, автоматизація.

I.V. GULA, K.L. HORIASCHENKO, V.V. MISHAN, D.V. KUHAR
Khmelnitskiy national university, Ukraine

USAGE OF MIMO TECHNOLOGY FOR MANAGEMENT OF SMART HOME DEVICES

Smart home is a complex hardware and software systems. the introduction of smart home requires the development of a single protocol interaction between its parts. implementation of the protocol requires an understanding of the hardware. there are different versions of protocols that provide the speed and ease of scalability of the system, some of them are commercial and closed systems.

keywords: protocol automation.

Вступ. Під терміном «розумний дім» зазвичай розуміють інтеграцію наступних систем в єдину систему управління будівлею. Тобто це комплекс систем автоматизації / автоматики, який полегшує Ваш побут. По цій темі працюють такі гіганти, як Siemens, General Electric і ін. Багато компаній працює над розробкою технологій і пристроїв для розумного будинку. Приєдналися, здавалося б, не зовсім профільні компанії, такі як Microsoft, Google, Apple, Samsung.

Зокрема компанія Samsung запустила сервіс Samsung Smart Home. Завдяки сервісу Samsung Smart Home користувач може управляти всією технікою в будинку за допомогою однієї програми, інтегрованої платформи і сервера, об'єднуючи в домашню мережу

Проте єдиного стандарту комунікацій між елементами системи немає, так само як немає інструкції, тому теоретично побудувати свій розумний будинок може кожен і саме так, як йому заманеться.

Основна частина

Серед протоколів бездротової передачі даних, що використовуються в системах «розумний будинок», цікаво відзначити найбільш поширений на сьогоднішній день протокол Z-Wave, який з'явився в 2001 році і на сьогоднішній день підтримується обладнанням близько 250 виробників, і його ймовірний конкурент - протокол різьблення, який тільки повинен з'явитися в 2015 році. Обидва протоколи забезпечують побудову з пристроїв, що підключаються так званої сітки-мережі, в якій передача між пристроями можлива не тільки безпосередньо, але і через сусідні пристрої. Найсуттєвіше відміну протоколів полягає, мабуть, не в використовуваних частотах, потужності передачі або алгоритмі рішення задачі маршрутизації, а тому, що Z-Wave - це протокол, що поставляється на спеціально для нього розробленої мікросхемі (система-на-чипі), в той час як ПРОТОКОЛ Тема буде працювати на існуючих сьогодні мікросхемах IEEE 802.4 (тих же, на яких побудовані пристрої стандарту ZigBee) і використовувати відкритий (6LoWPAN Протоколи, IPv6 / UDP). Тим самим, протокол Тема краще вкладається в парадигму інтернету речей і тому, на мій погляд, має хороші шанси на успіх.

Говорячи про майбутнє «розумному будинку», не можна не згадати компанію Nest – виробника системи управління кліматичним устаткуванням і, до речі, одного з головних розробників і лобістів протоколу різьблення. Її купила Google, заплативши більше 3 мільярдів доларів (для порівняння: за YouTube всього декількома роками раніше заплатили в два рази менше)! Що ж революційного зробила Nest? Найцікавіше в ній – це здатність помітно економити електроенергію, помічаючи звички мешканців будинку і догоджаючи їм. Така система буде автоматично підлаштовуватися під їх спосіб життя, роблячи життя людей набагато зручніше.

Оскільки поки що не має єдиного протоколу для Smart Home більшість розробників розроблять свої протоколи під конкретні задачі. В таблиці 1 показано їх властивості [1, 2, 3, 4].

Система МІМО та необхідність її застосування для систем "розумного дому"

У сучасних системах зв'язку, наприклад, в стільникових системах зв'язку, високошвидкісних локальних обчислювальних мережах і ін., існує необхідність підвищення пропускної спроможності. Пропускна спроможність може бути збільшена шляхом розширення смуги частот або підвищення випромінюваної потужності. Проте, застосовність цих методів обмежена із-за вимог біологічного захисту, обмеженої потужності джерела живлення (у мобільних пристроях) і електромагнітної сумісності. Тому якщо в системах зв'язку ці підходи не забезпечують необхідну швидкість передачі даних, то ефективним може опинитися застосування адаптивних антенних ґрат із слабо корельованими антенними елементами. Системи зв'язку з такими антенами отримали назву систем МІМО.[1]

Параметри фізичних реалізацій протоколів розумного будинку

Реалізація	Переваги	Недоліки
1- wire		неможлива ініціалізація передачі slave-пристроєм дуже повільна (~ 1000 мс на передачу пакету даних) використовується окрема 2-провідна лінія
RS-485 + ModbusRTU	легкість реалізації масштабування будь-яка топологія стійка до завад простота реалізації багатоканальності	неможлива ініціалізація передачі slave-пристроєм швидкість 9600-115200 біт/с використовується окрема 2-провідна лінія
Ethernet	можливість ініціалізації події slave-пристроєм можливість розширення мережі за допомогою бездротового зв'язку швидкість 10-1000 МБіт/с	Потрібні додаткові пристрої (хаби) для розв'язання мережі використовується окрема 4/8-провідна лінія
X10	використовується силова лінія живлення силові трансформатори блокують розповсюдження сигналу	швидкість 50 біт/с лише 16 пристроїв сучасні імпульсні БЖ спотворюють сигнали X10 в мережі
Wi-Fi	можливість ініціалізації події slave-пристроєм швидкість 30-300 МБіт/с	створення електромагнітних завад для інших пристроїв чутливість до зовнішніх джерел радіосигналів

Для систем "розумного дому" здається немає необхідності впровадження такого рішення як MIMO. Проте сучасність внесла корективи і в це твердження.

Перш за все, впровадження "розумного дому" пов'язано із процесом проектування та будівництва нових об'єктів промислового та господарського застосування. Дійсно, в процесі проектування існує набагато більше можливостей для прокладання локальної провідникової мережі, що поєднує контролюючі та виконавчі системи.

По-друге, впровадження "розумного дому" має місце вже для побудованих об'єктів. Якщо оцінювати як основу для розгортання "розумного дому" окремі будівлі (наприклад, складські або окремі офісні приміщення) де немає проблеми із взаємодією з іншими джерелами радіосигналу, а існує необхідність для швидкого розгортання системи, то застосування радіоканалів не є обмеженим.

Набагато більше проблем виникає при впровадженні "розумного дому" для щільно розміщених приміщень – квартир та офісів в багатоповерхових будівлях або рядом розміщених котеджних комплексів. Включення одночасно десятків радіопередавачів створюють проблеми один одному через постійні колізії в передачі інформаційних пакетів.

Канал MIMO

MIMO (англ. *Multiple Input Multiple Output*) метод просторового кодування сигналу, що дозволяє збільшити смугу пропускання каналу, в якому передача даних і прийом даних здійснюються системами з декількох антен. Передавальні і приймальні антени розносять так, щоб кореляція між сусідніми антенами була слабкою.

У загальному випадку в каналі спостерігаються міжсимвольна інтерференція і частотна селективність [2], але у багатьох випадках тривалість імпульсів в безпроводних системах зв'язку набагато більше затримок сигналів, що поступають на приймальну антену, що дає можливість нехтувати міжсимвольною інтерференцією в каналі. Частотну селективність також доводиться брати до уваги [2] наприклад, в системах зв'язку стандарту IEEE 802.11 [3] де використовується технологія OFDM. Проте в деяких ситуаціях можна використовувати модель каналу без частотної селективності.

Розробка системи на базі Wi-Fi мереж є сучасною реалізацією із застосуванням найбільш передових апаратних та програмних засобів. Слід відзначити, що система на базі Wi-Fi мережі є радіовипромінюючою, а отже можуть виникати проблеми з електромагнітною сумісністю з іншими пристроями.

Також технологія MIMO знайшла практичне застосування в безпроводних локальних мережах стандарту IEEE 802.11n, а також в безпроводних мережах мобільного зв'язку WIMAX і LTE.

Математична модель MIMO-системи

Розглянемо MIMO-систему з N передавальними і M приймальними антенами (антенними

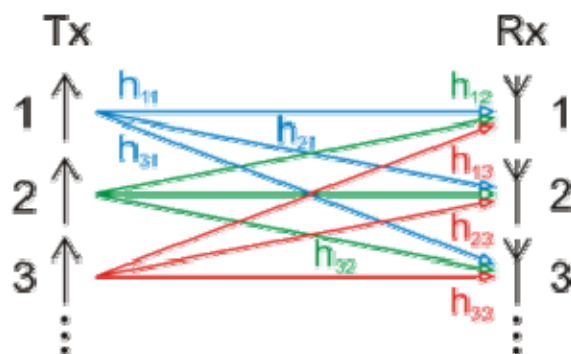


Рис. 1. Модель каналу MIMO

елементами). Властивості МІМО-канала, сполучаючого m -й передавальний елемент з n -м приймальним елементом, описуються комплексними канальними коефіцієнтами, створюючими канальну матрицю розміру $N \times M$. Їх значення випадково змінюються з часом із-за наявності багатопроменевого розповсюдження сигналу. Якщо

\vec{s} – вектор передаваних сигналів;

\vec{z} – вектор власних шумів приймальних елементів антени;

\vec{x} – вектор прийнятого повідомлення

то сигнал на приймальній стороні записується таким чином: $\vec{x} = H \cdot \vec{s} + \vec{z}$

Матриця H вважається нормованою.

Наявність зворотного зв'язку

МІМО-системи можна класифікувати по наявності або відсутності зворотного зв'язку [6]:

1. МІМО з "відкритою петлею" (open-loop). В даному випадку оцінки каналу на приймальному кінці використовуються для корекції спотворень, що вносяться каналом.

2. МІМО з "замкнутою петлею" (closed-loop). Тут, крім оцінки каналу, на прийомі і компенсації перешкод проводиться передача цих оцінок на передавальну сторону по т.з. зворотному (feedback) каналу. Грунтуючись на прийнятій інформації, передавач проводить перерозподіл потужностей в своїх передавальних трактах з тим, щоб збільшити потужність трактів, передавальних по каналах з високою інтенсивністю завмирань, а також внести корекцію по амплітуді і фазі при формуванні діаграми спрямованості антени.

Приклад впровадження технології МІМО

Застосування технології МІМО є необхідною для реалізації багатоканальної системи передачі інформації за умов наявності багатьох джерел радіосигналів. Які функції можуть бути реалізовані?

Управління пристроями (Device Control),

Спостереження за будинком (Home View) і користувацький smart сервіс (Smart Customer Service), - дозволять легко підключатися до пристроїв в будь-який час і в будь-якому місці.

З функцією Device Control користувачі можуть скористатися індивідуальними настройками своїх мобільних пристроїв або Smart TV для моніторингу та управління домашньою технікою. Ця функція дає можливість включати і вимикати кондиціонер або освітлення простим натисканням на значок програми Smart Home на екрані мобільного пристрою, об'єднаного з побутовою технікою в одну мережу, навіть коли користувач знаходиться в подорожі або закордоном.

Функція Home View дозволяє виводити на екран смартфона актуальне зображення зі всіх вбудованих в техніку камер в будинку. А Smart Customer Service надішле нагадування про необхідність перевірки техніки і допоможе звернутися за сервісним обслуговуванням.

Управління пристроями допоможе змінювати налаштування техніки незалежно від того, вдома користувач або за його межами. Можна включати і вимикати кондиціонер або освітлення простим натисканням на значок програми Smart Home на екрані мобільного пристрою, об'єднаного з побутовою технікою в одну мережу. Також передбачена і можливість голосового управління. Досить вимовити команду для мобільного пристрою-контролера, на якому запущено програму, наприклад, сказати «виходжу з дому» для Samsung GALAXY Gear, щоб вимкнути в будинку світло, або «на добраніч» для пульта ДУ, щоб телевізор відключився. Функція спостереження дозволяє виводити на екран смартфона актуальне зображення зі вбудованих в техніку камер в будинку. Smart сервіс надішле нагадування про необхідність перевірки техніки і допоможе звернутися за сервісним обслуговуванням.

Також Samsung розробляє, так званий Smart Home software protocol (SHP), щоб інтегрувати в свою платформу пристрою від інших виробників.

Системи управління і зв'язку

1) Управління з одного місця аудіо-, відеотехнікою, домашнім кінотеатром і ін.

2) Віддалене управління електроприладами, приводами механізмів і всіма системами автоматизації. Електронні побутові прилади в розумному будинку можуть бути об'єднані в домашню Universal Plug'n'Play – мережу з можливістю виходу в мережі загального користування.

3) Механізація будівлі (відкриття / закриття воріт, шлагбаумів, електропідігрів ступенів і інше).

До систем зв'язку відносяться телефонний зв'язок і локальна мережа будівлі.

Система опалення, вентиляції та кондиціонування

Система опалення, вентиляції та кондиціонування (Heating, Ventilation and Air Conditioning, HVAC) забезпечує регуляцію температури, вологості і надходження свіжого повітря. Крім цього, HVAC економить енергію за рахунок раціонального використання температури середовища.

Система освітлення

Система освітлення (Lighting control systems, LCS) контролює рівень освітленості в приміщенні, в тому числі для економії електроенергії за рахунок раціонального використання природного освітлення.

Система електроживлення будівлі

Системи електроживлення забезпечують безперебійне живлення, в тому числі за рахунок автоматичного перемикавання на альтернативні джерела електроживлення.

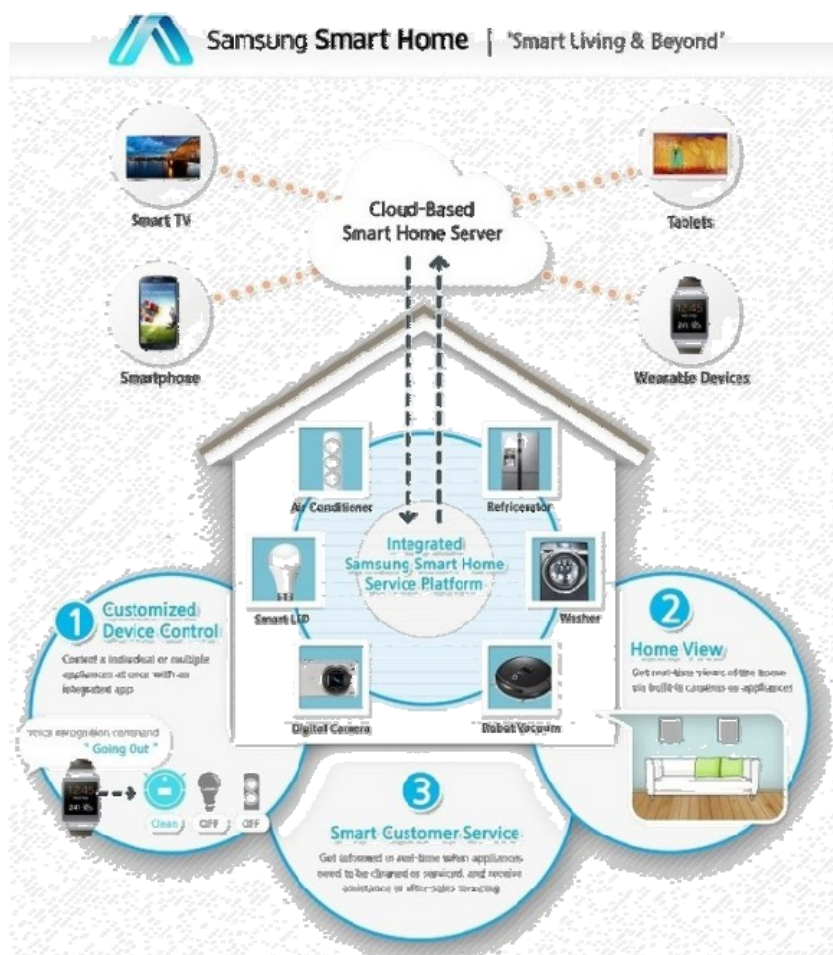


Рис. 2. Samsung Smart Home

Система безпеки і моніторингу

У систему безпеки і моніторингу входять наступні підсистеми:

- 1) система відеоспостереження;
- 2) система контролю доступу в приміщення;
- 3) охоронно-пожежна сигналізація (в тому числі контроль витоків газу);
- 4) телеметрія – віддалене спостереження за системами;
- 5) система захисту від протікання – автоматичне блокування водопостачання при протіканні і затопленні приміщення. Складається з контролюючого пристрою, спеціальних кранів і датчиків, що детектують затоплення (Аквасторож, Neptun, Гідролок і інші);
- 6) GSM-моніторинг – віддалене інформування про інциденти в будинку (квартирі, офісі, об'єкті) і управління системами будинку через телефон. У деяких системах при цьому можна отримувати голосові інструкції по планованим управляючим впливам, а також голосові звіти за результатами виконання дій;
- 7) IP-моніторинг об'єкту;
- 8) імітація присутності.

Висновки

На що слід звернути увагу при проектуванні "розумного дому" ?

1. **Користувачі** - подумайте, як з введеною вами системою будуть обходитись користувачі, тобто мешканці Вашого будинку або члени Вашої родини. Чи зможуть цим користуватися не підковані в технічному плані люди (люди похилого віку, діти або дружина - не важливо хто саме).
2. **Технологія** - провідна або безпроводна. Якщо провідна, значить потрібно будувати плани прокладки всіх необхідних кабелів (і краще з великим запасом). Де руйнувати стіни, де розмішувати розетки і елементи автоматизації - все повинно бути на схемі. Якщо система бездротова, то продумайте де будуть стояти передавачі / приймачі, де будуть розміщені повторювачі сигналів.
3. **Виконавець** - хто буде все це робити? Ви самі або найнята фірма, яка спеціалізується по цій темі? Самостійно буде дешевше, але це буде потребувати від Вас глибокого занурення в це питання.
4. **Автономність** - продумуючи функціонал і можливості розумного будинку завжди розраховуйте на те, що в будинку не буде Інтернету. Ваш розумний будинок повинен працювати справно в режимі повної автономності / ізоляції.
5. **«Ядро» Вашої системи автоматизації.** Розумним будинком має керувати «ядро» - окремий і

самостійний пристрій. Ні в якому разі не поєднуйте управління мережевим трафіком і управлінням будинком в одному пристрої. Ваш будинок може залишитися повністю без мережі, але повинна працювати домашня автоматизація або навпаки, домашня автоматизація може не працювати, але це не повинно тягнути на собою відмову в роботі ЛВС (локальної мережі).

6. Витрати – можливо це потрібно було вставити десь ближче до початку, але якщо попередні пункти до кінця не опрацьовані, то до витрат справа може і не дійти.

На сьогодні існує декілька конкуруючих протоколів та технологій їх імплементацій. Як було показано в таблиці 1, протоколи в своїй реалізації дублюють один одного за параметрами середовища розповсюдження, але відрізняються за можливостями. Актуальною проблемою є те, що як тільки відкритий протокол вийде в світ і стане належати багатьом фірмам, з'явиться спокуса внести в нього власні зміни та вести неконкурентну гру користуючись неприступністю цих змін для інших. Для боротьби з цим потрібно добровільні асоціації виробників, які контролюватимуть дотримання правил гри, будуть оцінювати пропозиції щодо поліпшення і публікувати їх. Тільки за цієї умови можна буде забезпечити повну сумісність «кожного з кожним», що і є основною ознакою «розумного будинку» третього покоління

Література

1. Вишне夫斯基, В. М. Широкополосные беспроводные сети передачи информации/В. М. Вишне夫斯基, А. И. Ляхов, С. Л. Портной, И. В. Шахнович. — М.: Техносфера, 2005—592 с.
2. Слюсар, Вадим. SMART-антенны. Цифровые антенные решетки (ЦАР). ММО–системы на базе ЦАР.. В книге «Широкополосные беспроводные сети передачи информации». / Вишне夫斯基 В.М., Ляхов А.И., Портной С.Л., Шахнович И.В. – М.: Техносфера. – 2005. С. 498 – 569 (2005).
3. Бакулин М. Г., Варукина Л. А., Крейнделин В. Б. Технология ММО: принципы и алгоритмы. — М.: Горячая линия - Телеком, 2014. — 242 с. — ISBN 978-5-9912-0457-6.
4. Слюсар В.И. Системы ММО: принципы построения и обработка сигналов. //Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. - № 8. – С. 52 - 58.
5. LON-Technologie : verteilte Systeme in der Anwendung / Dietmar Dietrich ... (Hrsg.).- Heidelberg : Huthig, 1997, ISBN 3-7785-2581-6
6. Дитрих Д. «EIB — Система автоматизации зданий» / Д. Дитрих, В. Кастнер, Т. Саутер, О. Низамутдинов. – пер. с нем. под ред. О. Б. Низамутдинова, М. В. Гордеева, ПермГТУ, г. Пермь, 2001 год. – 378 стр
7. Пасеков В. Платформа KNX: топология и телеграммы / В. Пасеков // Автоматизация зданий: информационный бюллетень. – 2012. – №1(52) февраль. – С.40.
8. Горященко К.Л. Реалізація протоколу Modbus в середовищі Codesys 2.3 / К.Л. Горященко, В.П. Нездоровін, Є.Г. Махрова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – №5. – С. 208-212
9. Горященко К.Л. Розробка автоматизованих систем керування в середовищі CodeSys / К.Л. Горященко, Є.Г. Махрова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2012. – №3. – С. 171-174.

Рецензія/Peer review : 3.5.2016 р. Надрукована/Printed :8.6.2016 р.
Рецензент : д.т.н., проф. Романюк В.В.