УДК 004.031.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДУ ВЕБ-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОТОТИПУВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ СМАРТ СИСТЕМ

Пархоменко А.В., Туленков А.В., Соколянський О.В., Гладкова О.М., Залюбовський Я.І.

RESEARCH&DEVELOPMENT OF WEB-BASED PROTOTYPING METHOD FOR SMART SYSTEMS DESIGN

Parkhomenko A.V., Tulenkov A.V., Sokolyanskii O.V., Gladkova O.M., Zalyubovskiy Ya.I.

У статті розглянуто питання застосування технологій прототипування при створенні смарт систем. Виконано огляд наявних методів прототипування та показано можливості використання віддалених лабораторій для веб-орієнтованого прототипування смарт систем. Представлено інфраструктуру віддаленої лабораторії, що може використовуватись в якості засобу побудови прототипу смарт системи, з метою дослідження принципів її функціонування та контролю. Представлено метод веб-орієнтованого прототипування системи Розумний будинок на основі технологій віддаленої інженерії.

Ключові слова: *прототипування, Розумний будинок, віддалена лабораторія, інфраструктура, програмно-апаратна платформа, протокол, сервер управління, веб-сервіс.*

Вступ. Сьогодні технології Інтернету речей (IoT) стрімко змінюють світ, оскільки суттєво розширюють можливості збору, аналізу, збереження та розповсюдження інформації. Зростає вплив IoT на всі сфери управління, проектування та виробництва, що сприяє підвищенню ефективності бізнес-процесів [1].

Дуже часто концепція IoT пов’язана зі смарт технологіями, пристроями та системами: Розумне місто, Розумний транспорт, Розумний будинок, Розумний бізнес та ін. [2]. Зокрема, концепція таких систем, як Розумне місто та Розумний будинок, є популярною у всьому світі. Основними регіонами, які активно впроваджують такі системи, є Північна Америка, Азіатсько-Тихоокеанський регіон та Західна Європа [3].

В Україні ринок інтелектуальної домашньої автоматизації також активно розвивається, про що свідчить поява значної кількості компаній, що займаються розробкою систем типу Розумний будинок. Реалізація концепції такої смарт системи пов'язана з проблемою одночасного виконання декількох критичних вимог: використання широкої номенклатури контрольно-виконавчих пристроїв, забезпечення високого рівня захисту даних та мінімізації витрат, пов'язаних з використанням ресурсів [4-6]. Залежно від вимог замовника, архітектура смарт системи, а також набір апаратних та програмних рішень може суттєво відрізнятися. З одного боку, на ринку існує величезна кількість пристроїв, платформ та технологій для створення смарт систем. З іншого боку, проблеми з уніфікацією та сертифікацією пристроїв, а також їх інтеграція в єдину, легко налаштовувану систему, залишаються відкритими. Наслідком для галузі в цілому є уповільнення ринкових темпів. Вимоги щодо зменшення часу розробки смарт систем та збільшення їх складності вимагають нових способів реалізації інноваційних ідей, удосконалення наявних та впровадження нових методів проектування смарт систем.

У відповідь на ці виклики, промисловість та академічні спільноти пропонують спектр технологій, які допомагають розробляти нові продукти та розширювати кількість альтернативних варіантів [7-8]. Прикладами цих технологій є функціональний дизайн, дизайн для аналізу технологічності, моделювання, обчислювальні, віртуальні та фізичні прототипи.

Прототипування - це назва декількох суміжних технологій, які сьогодні активно використовуються при проектуванні об’єктів та процесів [9-10]. Дослідження віртуального прототипу дозволяє: скоротити час розробки; дослідити більше альтернативних варіантів конструкції; не створювати фізичні прототипи, які багато коштують; виконати дослідження прототипу, які є неможливими в реальних умовах на макеті; не проводити фізичні експерименти, що потребують

значного часу. Але, водночас, більшість дизайнерів погоджуються, що "отримання фізичної швидкості" має часто вирішальне значення для вивчення концепцій дизайну. Чим швидше дизайнери експериментують з новими продуктами, тим швидше вони отримують потрібні дані для подальших змін у проекті. Крім того, створення прототипу – це зручний спосіб отримання зворотнього зв'язку з замовником.

Тому, завдання удосконалення наявних та розробки нових методів прототипування для підвищення ефективності проектування смарт систем є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботі [11] наведено класифікацію методів прототипування інформаційних систем, яка охоплює наступні типи: швидке, еволюційне, інкрементальне та екстремальне. При швидкому прототипуванні створюється прототип, який не входить до складу готової системи, але використовується для досліджень на етапі узгодження кінцевих вимог до проектованої системи та її функціональних та конструктивних характеристик. Саме даний вид прототипування доцільно використовувати при проектуванні смарт систем.

З метою зменшення витрат на створення таких прототипів та, відповідно їх вартості, можуть використовуватись веб-орієнтовані технології швидкого прототипування на основі засобів віддаленої інженерії [12]. До таких засобів перш за все відносяться віддалені лабораторії, які використовуються у всьому світі. Найбільш популярними є наступні: iLab, WebLab Deusto, VISIR, GOLDi, RELLE, WEBENCH, Labshare, RELDES та інші [13].

Як показали проведені дослідження, засоби гібридної віддаленої лабораторії GOLDI (Grid of Online Lab Devices Ilmenau), яку розроблено на кафедрі інтегрованих систем зв'язку Технологічного університету Ільменау (Німеччина) [14], забезпечують можливості веб-орієнтованої розробки та перевірки прототипів цифрових систем. Це дозволяє отримувати корисну для прийняття проектних рішень інформацію за умови спільного використання програмних та апаратних засобів, що є актуальним в умовах фінансово-економічних обмежень. Але, серед чисельних експериментів лабораторії немає експериментів щодо створення та дослідження прототипу саме систем типу Розумний будинок.

Засоби віддаленої лабораторії RELDES (Remote Laboratory for Design of Embedded Systems) дозволяють швидко створювати прототипи вбудованих систем на основі повторно використовуваних апаратних та програмних рішень, що також сприяє зниженню витрат на прототипування [15-17]. Оскільки саме вбудовані системи є основою реалізації IoT технологій, лабораторія може бути використана як основа для створення інструментарію прототипування смарт систем.

Є також декілька рішень саме для прототипування систем типу Розумний будинок. Зокрема, це стенд, створений корпорацією Intel Corp. [18], а також віддалена лабораторія, створена у Корнельському університеті (Ітака, США) [19]. Але, як показали проведені дослідження, лабораторія Intel базується лише на апаратурі компанії, з метою її просування, а лабораторія Cornell працює під управлінням голосу, що не є зручним для людей з голосовими розладами.

Інший лабораторний стенд для дистанційного вивчення принципів функціонування, програмування та практичного освоєння сучасних мікропроцесорних систем управління [20] складається з мікроконтролера, що встановлений на монтажну плату, програматора, кнопкової клавіатури, цифрового індикатора, п'єзодинаміка, датчика температури, лічильника реального часу, інтерфейсного блоку, зовнішнього контактного рознімача, блоку світлодіодної індикації, комп'ютера, матричного графічного дисплея, блоку зовнішньої пам'яті, блоку імітації дій користувача та оглядової цифрової відеокамери. Завдяки блоку імітації дій користувача та відеокамері можливе дистанційне вивчення та виконання практичних завдань щодо віддаленого програмування та контролю роботи мікропроцесорних систем. Головним недоліком конструкції є те, що у даному лабораторному стенді відсутні апаратні та програмні засоби для дистанційного вивчення та виконання практичних завдань щодо віддаленого програмування та контролю роботи систем типу Розумний будинок. Зокрема, відсутній достатній набір датчиків та виконавчих пристроїв, а також програмні засоби для їх опитування та зміни станів. Крім того, не передбачені можливості дистанційного вивчення та управління процесами функціонування в режимі реального часу одночасно декількома користувачами.

Постановка проблеми. Таким чином, наявні віддалені лабораторії та лабораторні стенди з дистанційною взаємодією не надають повного набору можливостей щодо створення та дослідження прототипу системи Розумний будинок.

Отже, завдання розробки віддаленої лабораторії для веб-орієнтованого швидкого прототипування систем Розумний будинок з метою їх дослідження та подальшого прийняття проектних рішень щодо використовуваних схем, компонентів, протоколів, інтерфейсів та алгоритмів управління, є актуальним.

Мета статті. Для ефективної реалізації веб-орієнтованого прототипування смарт систем на основі засобів віддаленої інженерії, необхідно розробити систему управління інфраструктурою віддаленої лабораторії, реалізувати апаратне та програмне забезпечення та запропонувати метод створення та дослідження прототипу.

Результати досліджень. В якості основи розробки віддаленої лабораторії було обрано систему управління інфраструктурою будинку "Розумний дім" [21], яка складається з датчиків,

відеокамер і виконавчих пристроїв, що з'єднані з сервером управління. В якості серверу управління використовується шлюз, що містить безпровідний приймально-передавальний елемент і забезпечує вихід в мережу Ethernet, а мережею Інтернет зв'язаний з хмаровим сервером. Web-сервіс у хмаровому сервері забезпечує реєстрацію пристроїв і конфігурування алгоритмів їх взаємодії з подальшою передачею конфігурації у шлюз. Шлюз забезпечує також керування системою за допомогою Android планшета або смартфона через домашню систему Wi-Fi.

Головним недоліком цієї системи управління є те, що шлюз виконує одночасно функції сервера управління та інтерфейсного модуля зв'язку з периферійною системою, що знижує гнучкість системи. Крім того, робота шлюзу безпосередньо залежить від конфігурації, отриманої через Інтернет з хмарового серверу, що знижує рівень надійності системи. Користувачам надаються два рівні взаємодії з системою: через Web-сервіс можливо створити та передати конфігурацію до шлюзу, а через домашню систему Wi-Fi видавати оперативну інформацію про стан контрольованого об'єкту на планшет або смартфон користувача, що обмежує можливості дистанційної взаємодії користувача з системою через Web-сервіс в реальному часі. Все це не дозволяє використовувати систему для дистанційного вивчення та виконання практичних завдань щодо віддаленого контролю роботи в режимі реального часу одночасно декількома користувачами.

Таким чином, в основу розробки було поставлено завдання вдосконалення системи управління інфраструктурою віддаленої лабораторії шляхом заміни серверу управління та Web-сервісу у хмаровому сервері з метою забезпечення гнучкості та надійності системи, можливості дистанційного вивчення та віддаленого контролю роботи систем типу Розумний будинок одночасно декількома користувачами в режимі реального часу.

Вирішення цієї задачі досягається шляхом створення системи управління інфраструктурою віддаленої лабораторії на основі розробки та використання серверу управління та Web-сервісу, що забезпечують можливість дистанційної взаємодії користувача з системою в режимі реального часу з метою віддаленого опитування та зміни параметрів датчиків та станів виконавчих пристроїв, за умови забезпечення режиму, розрахованого на багато користувачів.

Саме реалізація серверу управління на основі структури «центральний блок опитування та зміни станів – конвертори інтерфейсів - модулі» дозволяє підвищити гнучкість та надійність системи шляхом розподілу функцій управління та зв'язку з периферійною системою.

При цьому, як центральний блок опитування та зміни станів використано міні-комп'ютер Raspberry Pi 2 з встановленою платформою домашньої автоматизації OpenHAB, яка забезпечує опитування параметрів датчиків та станів виконавчих пристроїв та організацію виводу інформації у структуру REST API, що реалізує віддалений доступ для контролю поточних параметрів та станів. В якості конверторів інтерфейсів використано COM-RS485 та RS485-UART, а в якості модулів апаратно-програмні платформи Arduino Nano з встановленим розробленим програмним забезпеченням. Розроблене оригінальне програмне забезпечення для модулів зчитує параметри аналогових або цифрових датчиків, встановлює стани виконавчих пристроїв та відтворює роботу надійного промислового протоколу Modbus з інтерфейсом RS485 для можливості обміну даними з сервером управління. Використання протоколу Modbus надає можливість подальшого розширення системи шляхом збільшення кількості модулів або навіть лабораторних стендів, на основі єдиного протоколу.

Вихід в мережу Інтернет забезпечує підключений до серверу управління мережевий маршрутизатор Dlink Dir300 A1, що підтримує мережеву структуру з відеокамерою D-Link DCS-910 та забезпечує зв'язок з Web-сервісом у хмаровому сервері. Для кожного виду обладнання, що використовує мережеве з'єднання, було створено статичну маршрутизацію, шляхом використання якої мережева інфраструктура залишається завжди незмінною. В якості Web-сервісу використано розроблений інтерфейс RELDES, що виконує запити до REST API на сервері управління та надає можливість віддаленого керування апаратними засобами, зчитування параметрів та встановлення необхідних станів. При цьому, Web-сервіс RELDES реалізує доступ до модулів, розрахований на багато користувачів. Саме так забезпечується віддалений контроль роботи системи декількома користувачами одночасно в режимі реального часу.

Таким чином, шляхом реалізації системи управління інфраструктурою віддаленої лабораторії на основі заміни серверу управління та Web-сервісу, гнучкого розподілу функцій серверу управління на основі структури «центральний блок опитування та зміни станів – конвертори інтерфейсів - модулі», а також контролю роботи системи декількома користувачами у режимі реального часу через інтерфейс RELDES з застосуванням відеокамери, створено ефективний засіб прототипування смарт системи на основі засобів віддаленої інженерії. Дана віддалена лабораторія надає можливість створення та дослідження прототипів системи Розумний будинок в режимі реального часу одночасно декількома користувачами [22-24].

Схему розробленої інфраструктури наведено на рис. 1. Вона містить: блок живлення 220В-12В/5В для живлення маршрутизатору, серверу управління, модулів, датчиків і виконавчих пристроїв; сервер управління, що реалізований на базі міні-комп'ютера Raspberry Pi 2 Model B, до якого під'єднані за допомогою конверторів інтерфейсів COM-RS485 та RS485-UART модулі, які реалізовані на базі апаратно-програмних платформ Arduino Nano; датчики та виконавчі пристрої, що під'єднані до модулів; маршрутизатор Dlink Dir300 A1, до якого під'єднано через домашню мережу Ethernet

відеокамеру D-Link DCS-910 для перегляду відео зображення у режимі реального часу. Маршрутизатор забезпечує вихід в мережу Інтернет та зв'язок з хмаровим сервером. Web-сервіс у хмаровому сервері забезпечує дистанційну взаємодію користувачів з системою.

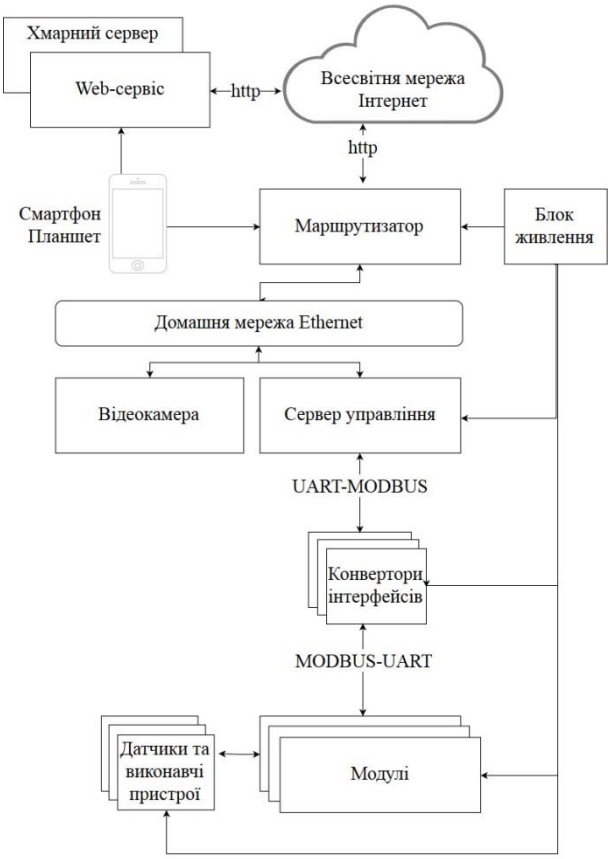

Рис. 1. Інфраструктура віддаленої лабораторії

Процес роботи системи управління інфраструктурою віддаленої лабораторії полягає в опитуванні параметрів датчиків та станів виконавчих пристроїв та їх зміні за допомогою Web-сервісу для дистанційного вивчення та контролю роботи в режимі реального часу одночасно декількома користувачами.

Після підключення напруги живлення до лабораторного стенду, відбудеться автоматичний старт блоку живлення, відеокамери, модулів та завантаження операційної системи на сервері управління. Далі починається запуск платформи домашньої автоматизації OpenHAB. При цьому, обладнання на лабораторному стенді буде встановлено у початкові стани (для випадку, якщо у минулому було виконано незаплановане відключення від живлення). На наступному етапі, відбудеться запуск REST API для організації віддаленого доступу до станів та керування обладнанням. Після цього віддалена лабораторія стає доступною для зовнішніх запитів від користувачів через Web-сервіс RELDES з використанням комп'ютера, смартфона чи планшета.

Основні етапи запропонованого методу веб-орієнтованого прототипування представлено на рис. 2. Для побудови прототипу користувачі, на основі аналізу вимог до проектованої смарт системи, обирають через інтерфейс RELDES потрібні підсистеми за функціональною ознакою (керування освітленням, вентиляційними та опалювальними системами, клімат-контроль, контроль присутності, контроль доступу та безпеки, контроль кібербезпеки та інші). Далі, виконують аналіз апаратного та програмного забезпечення та пропонованих повторно використовуваних рішень (схеми підключення компонентів, типові коди програм та ін.). На наступному етапі формують запити для опитування параметрів датчиків (сенсорів) та станів виконавчих пристроїв (актуаторів). Далі, з метою відпрацювання алгоритму керування системою, проектувальник може сформувати запити щодо зміни станів актуаторів та дослідити результати зміни їх станів, а також параметрів сенсорів. На наступному етапі, система надає користувачам візуальне відображення чисельних параметрів датчиків та станів актуаторів у вікні виводу текстової інформації. Користувачі спостерігають результати зміни станів виконавчих пристроїв у вікні трансляції відео з відеокамери, а також отримують загальний звіт щодо параметрів датчиків та станів всіх виконавчих пристроїв системи у вікні інтерфейсу RELDES, або безпосередньо в інтерфейсі OpenHAB на смартфоні або планшеті. Web-сервіс RELDES виконує автоматичний контроль взаємодії користувачів з інфраструктурою віддаленої лабораторії та коректне завершення роботи з автоматичним переведенням

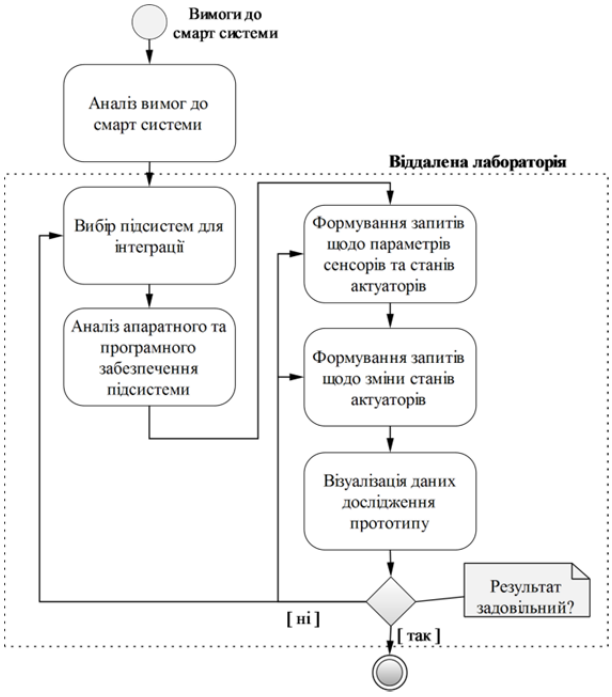

Рис. 2. UML діаграма послідовності етапів методу веб-орієнтованого прототипування

апаратних засобів у початкові стани. За результатами дослідження прототипу, користувач приймає рішення щодо можливих варіантів розвитку проекту смарт системи.

Висновок. В результаті проведених досліджень створено програмне та апаратне забезпечення віддаленої лабораторії для прототипування смарт систем. На основі інфраструктури віддаленої лабораторії можливо виконати інтеграцію підсистем смарт системи, а також дослідити їх функціонування з урахуванням вимог щодо енергоефективності, безпеки та кібербезпеки.

Наукова новизна роботи полягає в тому, що отримав подальший розвиток метод веб-орієнтованого швидкого прототипування інформаційних систем на основі використання засобів віддаленої інженерії.

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблена віддалена лабораторія може бути використана для створення та дослідження прототипу смарт системи на етапах функціонально-логічного, схемотехнічного та конструкторського проектування, що дозволить підвищити точність проектних рішень, знизити витрати на доробку та, таким чином, забезпечити якість та надійність створюваних смарт систем.

Література

1. Porter M. How Smart, Connected Products Are Transforming Companies / M. Porter, J. Heppelmann // Harvard in Business Review Articles. [Online]. Available: http://www.ptc.com/internet-of-things/harvard-business-review/download-article-2#sthash.L5wGKzcN.dpuf
2. IoT Path to Product: Smart Home. [Online]. Available: http://www.codeproject.com/Articles/1119436/IoT-Path-to-Product-Smart-Home
3. Rucinski A. Disruptive Innovation in the Era of Global Cyber-Society: With Focus on Smart City Efforts / A. Rucinski, R. Garbos, J. Jeffords, S. Chowdbury // Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, University Politehnica of Bucharest. – 2017. – P. 1102-1104.
4. Haller H. Energy Consumption in Smarthome: Persuasive Interaction Respecting User's Values / H. Haller, V.-B. Nguyen, G. Debizet, Y. Laurillau, J. Coutaz, G. Calvary // Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2017. – P. 804-809.
5. Zhang L. Optimization of the Power Flow in a Smart Home / L. Zhang, X. Xiong // Online Engineering & Internet of Things, Lecture Notes in Network and Systems, 2018 – P. 721-730
6. Levshun D. Design Lifecycle for Secure Cyber-Physical Systems based on Embedded Devices / D. Levshun, A. Chechulin, I. Kotenko // Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2017. – P. 277-282.
7. Stamatescu G. Data-driven methods for Smart Building AHU subsystem modelling / G. Stamatescu, I. Stamatescu, N. Arghira, C. Dragana, I. Fagarasan // Proceedings of the International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2017. – P.617-621
8. Teslyuk V. Automation of the smart house system-level design / V. Teslyuk, V. Beregovskyi, A. Pukach // Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, 2013. - Vol. 4. – P. 81-84
9. Liou W.F. Rapid Prototyping and Engineering Applications: A Toolbox for Prototype Development / W.F. Liou // CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton, FL 33487-2742. – 2007. – 592p. [Online]. Available: https://www.taylorfrancis.com/books/9781420014105
10. Бойцов Б.В. Повышение качества подготовки производства применением технологий быстрого прототипирования / Б.В. Бойцов, М.Ю. Куприков, Ю.В. Маслов // Электронный журнал «Труды МАИ». Вып. № 49. [Online]. Available: http://trudymai.ru/upload/iblock/d5f/povyshenie-kachestva-podgotovki-proizvodstva-primeneniem-tekhnologiy-bystrogo-prototipirovaniya.pdf
11. Автоматизація прототипування інформаційних систем. [Online]. Available: http://posibniki.com.ua/post-avtomatizaciya-prototipuvannya--informaciynih-sistem
12. Henke K. Web-based Rapid Prototyping of Digital Systems/ K. Henke, S. Krug // Proceedings of the International Conference on Interactive Computer-Aided Blended Learning. – 2011. – P. 22-27
13. Parkhomenko A. Recommendation System as a user-oriented service for the remote and virtual labs selecting / A. Parkhomenko, O. Gladkova, A. Parkhomenko // Proceedings of the 21th International conference on Interactive collaborative learning and 47th IGIP International conference on engineering pedagogy (ICL2018) The challenges of the digital transformation in education. – 2018. – P. 569-578.
14. Henke K. Using Interactive Hybrid Online Labs for Rapid Prototyping of Digital Systems / K. Henke, G. Tabunshchyk, H.-D. Wuttke, T. Vietzke, St. Ostendorff // Proceedings of the International Conference on Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV2014). – 2014. – P.61-66
15. Parkhomenko A. Development and application of remote laboratory for embedded systems design / A. Parkhomenko, O. Gladkova, E. Ivanov, A. Sokolyanskii, S. Kurson // International Journal of Online Engineering (iJOE), 2015. – Vol.11. – P. 27-31.
16. Parkhomenko A. Internet-based technologies for design of embedded systems / A. Parkhomenko, O. Gladkova, S. Kurson, A. Sokolyanskii, E. Ivanov // Journal of Control Science and Engineering, 2015. – Vol.3(2). – P. 55–63.
17. Parkhomenko A. Reusable solutions for embedded systems' design / A. Parkhomenko, O. Gladkova, A. Sokolyanskii, V. Shepelenko, Ya. Zalyubovskiy // Proceedings of the 13th international conference Remote engineering and virtual instrumentation. – 2016. – P. 313–317.
18. IoT reference implementation: how to build the Smart Home prototype. [Online]. Available: https://software.intel.com/en-us/articles/iot-reference-implementation-how-to-build-the-smart-home-prototype
19. Smart Home system. A wireless, voice-controllable, household system. [Online]. Available: https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/Final

Projects/f2012/jw937_sz369/jw937-sz369/jw937_sz369.html
20. Пат. 86888, МПК (2009) G09B 23/00, G09B 23/18 (2009.01) Лабораторний стенд для дистанційного вивчення мікропроцесорних систем управління / Аврунін О.Г., Семенець В.В., Байбаков В.М., Вечур О.В., Крук О.Я., Носова Т.В., Семенець Р.В., Якомович П.В. // заявник і патентовласник – Харківський національний університет радіоелектроніки. - № с286888; заявл. 30.10.2007; опубл. 25.05.2009, бюл. № 10.
21. Пат. 81054, МПК (2013.01) G08B 19/00. Система управління інфраструктурою будинку «Розумний дім» / Калінін Д.Ю. // заявник і патентовласник - Калінін Д.Ю. - № u201212028; заявл. 19.10.2012; опубл. 25.06.2013, бюл. № 12. [Online]. Available: https://www.smashingmagazine.com/ 2010/06/design-better-faster-with-rapid-prototyping/
22. Parkhomenko A. Integrated complex for IoT technologies study / A. Parkhomenko, A. Tulenkov, A. Sokolyanskii, Y. Zalyubovskiy, A. Parkhomenko // Online Engineering & Internet of Things. Lecture Notes in Network and Systems, 2017. – Vol.22. – P.322-330.
23. Parkhomenko A. The application of the remote lab for studying the issues of Smart House systems power efficiency, safety and cybersecurity / A. Parkhomenko, A. Tulenkov, A. Sokolyanskii, Y. Zalyubovskiy, A. Parkhomenko, A. Stepanenko // Smart Industry & Smart Education. Lecture Notes in Network and Systems, 2018. – Vol.47. – P.395-403
24. Tulenkov A. The features of wireless technologies application for Smart house systems / A. Tulenkov, A. Parkhomenko, A. Sokolyanskii, A. Stepanenko, Y. Zalyubovskiy // Proceedings of the 4th IEEE International symposium on wireless systems within the IEEE International conferences on Intelligent data acquisition and advanced computing systems. – 2018. – P.1-6

R e f e r e n c e s

1. Porter M. How Smart, Connected Products Are Transforming Companies / M. Porter, J. Heppelmann // Harvard in Business Review Articles. [Online]. Available: http://www.ptc.com/internet-of-things/harvard-business-review/download-article-2#sthash.L5wGKzcN.dpuf
2. IoT Path to Product: Smart Home. [Online]. Available: http://www.codeproject.com/Articles/1119436/IoT-Path-to-Product-Smart-Home
3. Rucinski A. Disruptive Innovation in the Era of Global Cyber-Society: With Focus on Smart City Efforts / A. Rucinski, R. Garbos, J. Jeffords, S. Chowdbury // Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, University Politehnica of Bucharest. – 2017. – P. 1102-1104.
4. Haller H. Energy Consumption in Smarthome: Persuasive Interaction Respecting User's Values / H. Haller, V.-B. Nguyen, G. Debizet, Y. Laurillau, J. Coutaz, G. Calvary // Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2017. – P. 804-809.
5. Zhang L. Optimization of the Power Flow in a Smart Home / L. Zhang, X. Xiong // Online Engineering & Internet of Things, Lecture Notes in Network and Systems, 2018 – P. 721-730
6. Levshun D. Design Lifecycle for Secure Cyber-Physical Systems based on Embedded Devices / D. Levshun, A. Chechulin, I. Kotenko // Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2017. – P. 277-282.
7. Stamatescu G. Data-driven methods for Smart Building AHU subsystem modelling / G. Stamatescu, I. Stamatescu, N. Arghira, C. Dragana, I. Fagarasan // Proceedings of the International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. – 2017. – P.617-621
8. Teslyuk V. Automation of the smart house system-level design / V. Teslyuk, V. Beregovskyi, A. Pukach // Informatyka, Automatyka, Pomiary w Gospodarce i Ochronie Środowiska, 2013. - Vol. 4. – P. 81-84
9. Liou W.F. Rapid Prototyping and Engineering Applications: A Toolbox for Prototype Development / W.F. Liou // CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton, FL 33487-2742. – 2007. – 592p. [Online]. Available: https://www.taylorfrancis.com/books/9781420014105
10. Boytsov B.V. Improving the quality of pre-production using rapid prototyping technologies / B.V. Boytsov, M.Yu. Kuprikov, Yu.V. Maslov // Electronic journal "Proceedings of the MAI". Issue № 49. [Online]. Available: http://trudymai.ru/upload/iblock/d5f/povyshenie-kachestva-podgotovki-proizvodstva-primeneniem-tekhnologiy-bystrogo-prototipirovaniya.pdf
11. Automation of the information systems prototyping. [Online]. Available: http://posibniki.com.ua/post-avtomatizaciya-prototipuvannya--informaciynih-sistem
12. Henke K. Web-based Rapid Prototyping of Digital Systems/ K. Henke, S. Krug // Proceedings of the International Conference on Interactive Computer-Aided Blended Learning. – 2011. – P. 22-27
13. Parkhomenko A. Recommendation System as a user-oriented service for the remote and virtual labs selecting / A. Parkhomenko, O. Gladkova, A. Parkhomenko // Proceedings of the 21th International conference on Interactive collaborative learning and 47th IGIP International conference on engineering pedagogy (ICL2018) The challenges of the digital transformation in education. – 2018. – P. 569-578.
14. Henke K. Using Interactive Hybrid Online Labs for Rapid Prototyping of Digital Systems / K. Henke, G. Tabunshchyk, H.-D. Wuttke, T. Vietzke, St. Ostendorff // Proceedings of the International Conference on Remote Engineering & Virtual Instrumentation (REV2014). – 2014. – P.61-66
15. Parkhomenko A. Development and application of remote laboratory for embedded systems design / A. Parkhomenko, O. Gladkova, E. Ivanov, A. Sokolyanskii, S. Kurson // International Journal of Online Engineering (iJOE), 2015. – Vol.11. – P. 27-31.
16. Parkhomenko A. Internet-based technologies for design of embedded systems / A. Parkhomenko, O. Gladkova, S. Kurson, A. Sokolyanskii, E. Ivanov // Journal of Control Science and Engineering, 2015. – Vol.3(2). – P. 55–63.
17. Parkhomenko A. Reusable solutions for embedded systems' design / A. Parkhomenko, O. Gladkova, A. Sokolyanskii, V. Shepelenko, Ya. Zalyubovskiy // Proceedings of the 13th international conference Remote engineering and virtual instrumentation. – 2016. – P. 313–317.

18. IoT reference implementation: how to build the Smart Home prototype. [Online]. Available: https://software.intel.com/en-us/articles/iot-reference-implementation-how-to-build-the-smart-home-prototype
19. Smart Home system. A wireless, voice-controllable, household system. [Online]. Available: https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece4760/FinalProjects/f2012/jw937_sz369/jw937-sz369/jw937_sz369.html
20. Patent 86888, IPC (2009) G09B 23/00, G09B 23/18 (2009.01) Laboratory stand for remote study of the microprocessor control systems / O.G. Avrunin, V.V. Semenets, V.M. Baibakov, O.V. Vechur, O.Ya. Kruk, T.V. Nosova, R.V. Semenets, P.V. Yakomovich // Applicant and patent holder – Kharkiv National University of Radioelectronics. – No. c86888; stated. 30.10.2007. published 25.05.2009, bul. No. 10
21. Patent 81054, IPC (2013.01) G08B 19/00. Smart House Infrastructure Control System / Kalinin D.Yu. // Applicant and patent holder - Kalinin D.Yu. - № u201212028; stated. 19.10.2012; published 25.06.2013, bul. No. 12 [Online]. Available: https://www.smashingmagazine.com/ 2010/06/design-better-faster-with-rapid-prototyping/
22. Parkhomenko A. Integrated complex for IoT technologies study / A. Parkhomenko, A. Tulenkov, A. Sokolyanskii, Y. Zalyubovskiy, A. Parkhomenko // Online Engineering & Internet of Things. Lecture Notes in Network and Systems, 2017. – Vol.22. – P.322-330.
23. Parkhomenko A. The application of the remote lab for studying the issues of Smart House systems power efficiency, safety and cybersecurity / A. Parkhomenko, A. Tulenkov, A. Sokolyanskii, Y. Zalyubovskiy, A. Parkhomenko, A. Stepanenko // Smart Industry & Smart Education. Lecture Notes in Network and Systems, 2018. – Vol.47. – P.395-403
24. Tulenkov A. The features of wireless technologies application for Smart house systems / A. Tulenkov, A. Parkhomenko, A. Sokolyanskii, A. Stepanenko, Y. Zalyubovskiy // Proceedings of the 4th IEEE International symposium on wireless systems within the IEEE International conferences on Intelligent data acquisition and advanced computing systems. – 2018. – P.1-6

Пархоменко А.В., Туленков А.В., Соколянский А.В., Гладкова О.Н., Залюбовский Я.И. Исследование и разработка метода веб-ориентированного прототипирования при проектировании смарт систем.

В статье рассмотрены вопросы применения технологий прототипирования при создании смарт систем. Выполнен обзор существующих методов прототипирования и показаны возможности использования удаленных лабораторий для веб-ориентированного прототипирования смарт систем. Представлена инфраструктура удаленной лаборатории, которая может использоваться в качестве средства построения прототипа смарт системы, с целью исследования принципов ее функционирования и контроля. Представлен метод прототипирования системы Умный дом на основе технологий удаленной инженерии.

Ключевые слова: *прототипирование, Умный дом, удаленная лаборатория, инфраструктура, программно-аппаратная платформа, протокол, сервер управления, веб-сервис.*

Parkhomenko A.V., Tulenkov A.V., Sokolyanskii O.V., Gladkova O.M., Zalyubovskiy Ya.I. Research&Development of web-based prototyping method for smart systems design.

The article discusses the usage of prototyping technologies for smart systems creation. The overview of the existing prototyping methods is done and the possibilities of remote laboratories application for web-based prototyping of smart systems are shown. The infrastructure of a remote laboratory is presented, which can be used as a tool for developing a prototype of a smart system, with the aim of studying the principles of its operation and control. The method of Smart House system prototyping is presented which is based on remote engineering technologies.

Keywords: *prototyping, Smart House, remote laboratory, infrastructure, software-hardware platform, protocol, control server, web service.*

Пархоменко А.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: parhom@zntu.edu.ua

Туленков А.В. – аспірант кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: aetulenkov@gmail.com

Соколянський О.В. –аспірант кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: jorapobeditel@gmail.com

Гладкова О.М. –старший викладач кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: gladolechka@gmail.com

Залюбовський Я.І. –аспірант кафедри програмних засобів Запорізького національного технічного університету, e-mail: yarik220v@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. ***Суворін О.В.***

Стаття подана 10.11.2018