

УДК 004.9: 681.518

DOI: 10.20998/2411-0558.2021.01.08

О. В. МНУШКА, ст. викл. ХНАДУ, Харків,
С. Ю. ЛЕОНОВ, д-р. техн. наук, проф. НТУ "ХПІ", Харків,
О. П. ШАПОШНИКОВА, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харків,
В. М. САВЧЕНКО, канд. техн. наук, Globallogic Україна, Харків

МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДДАЛЕНОГО МОНІТОРИНГУ ІЗ МОЖЛИВІСТЮ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ТА ОБ'ЄКТАМИ

Розглянуто питання моделювання інформаційної технології віддаленого моніторингу технологічних процесів та об'єктів із можливістю керування станом об'єктів моніторингу. Визначено основні задачі та обмеження у вигляді стандартів та рекомендацій ISO/IEC/ПС. Згідно з методологією структурного аналізу та дизайну визначено набір вхідних та вихідних параметрів, механізми та обмеження, що впливають на операції та потоки даних. Побудовано концептуальну модель інформаційної технології для систем моніторингу та виконано її декомпозицію у нотатції IDEF0 та показано можливість її реалізації на прикладі блоку отримання даних – інтелектуального роутера, що забезпечує збирання, обробку, тимчасове зберігання даних та комунікацію із сервером оброблення даних. Іл.: 4. Бібліогр.: 21 назв.

Ключові слова: моделювання інформаційної технології; технологічні процеси; концептуальна модель; системи моніторингу; інтелектуальний роутер.

Постановка проблеми. Впровадження систем моніторингу технологічних процесів та об'єктів є комплексом заходів, що включає вирішення науково-технічних та організаційних задач побудови цифрових підприємств Індустрії 4.0. Означений моніторинг є складовою загальної системи управління підприємством на рівні технологічних процесів основною метою яких є отримання, обробка та надання актуальної інформації про стан процесів або об'єктів. Інтелектуалізація процесу обробки даних на основі використання баз знань та штучних нейронних мереж надає інструменти для поглибленого аналізу та прогнозування як основи для систем підтримки прийняття рішень.

Різні аспекти цифрової трансформації підприємств на основі промислового Інтернету речей відображені у серії міжнародних стандартів та рекомендацій:

– ITU-T Series Y.3500-Y.3599: Cloud Computing, що визначають вимоги та архітектурні фреймворки хмарно-орієнтованих рішень включно із основними типами хмарних сервісів [1];

– ITU-T Series Y.4000-Y.4999: Global information infrastructure, Internet protocol aspects, next-generation networks, Internet of things and

smart cities. Internet of things and smart cities and communities. Requirements and use cases, вимоги, галузі застосувань, інфраструктуру, архітектурні фреймворки, питання менеджменту та безпеки рішень екосистеми "розумних рішень" у галузі застосування Інтернету речей до автоматизації процесів на місцевому, регіональному та глобальному рівнях [2];

– The Industrial Internet of Things Volume Gx, що визначають технічні, організаційні, бізнесові та інші питання, пов'язані із впровадженням рішень на основі промислового Інтернету речей. З практичної точки зору реалізації інформаційних технологій інтерес представляють рекомендації та best practices побудови загальної архітектури підприємств (організацій) та архітектури відповідних додатків [3];

– ISO/IEC 27000-27050 Information technology – Security techniques визначають перелік ризиків та методи менеджменту питань безпеки роботи підприємств, пов'язаних із інформацією та її обробкою, в тому числі із використанням сучасних хмарно-орієнтованих технологій [4];

– ISO/IEC 7498, ISO/IEC 8473, ISO/IEC 10589, ISO/IEC 11571-11579, ISO/IEC TR 12861, ISO/IEC TR 12862, які визначають архітектуру, способи та методи побудови мереж та міжмережного обміну даними у комп'ютерних та телекомунікаційних мережах [5].

Означені стандарти та рекомендації застосовують для аналізу та синтезу систем промислового призначення без прив'язки до конкретної галузі на різних етапах розробки систем. Галузево-орієнтовані стандарти, на кшталт IEC 61850 [6, 7] є основними документами для розробників систем автоматизації та віддаленого моніторингу в енергетиці на рівні розподільчих підстанцій та визначають коло технічних питань від моделювання до реалізації, включно із протоколом обміну даними GOOSE (Generic Object Oriented Substation Event), орієнтованим на стек TCP/IP швидкісний промисловий Ethernet.

Веб-орієнтовані інформаційні технології віддаленого моніторингу із можливістю керування поступово витісняють традиційні системи керування, але їх розробка вимагає урахування багатьох факторів, серед яких в першу чергу питання безпеки та можливість використання у режимі реального часу.

Розробка інформаційних технологій сучасних веб-орієнтованих систем моніторингу із можливістю керування є актуальною науково-технічною задачею, спрямованою на побудову ефективних систем підтримки прийняття рішень для систем керування підприємства на

основі використання методів штучного інтелекту та інших методів інтелектуальної обробки даних моніторингу.

Для рішення поставлених задач потрібно проаналізувати сучасний стан питання із урахуванням тенденцій Індустрії 4.0, Інтернету речей та переходу на швидкісний мобільний Інтернет, що дозволить побудову систем реального часу на основі використання веб-орієнтованих технологій за рахунок суттєвого збільшення швидкості та надійності мобільних мереж передавання даних.

Аналіз літератури. Методологія структурного проектування (SADT) надає засоби для представлення моделі системи (або процесу) у вигляді послідовності операцій, що виконуються системою включно із описом взаємозв'язків між даними, та використовується для моделювання бізнес-процесів у складних системах [8 – 10].

Комбінування IDEFx та UML методів моделювання оперативних задач дозволяє описати процеси точніше, включаючи різні типи часових та логічних взаємозв'язків між різними операціями [11].

У [12] функціональний підхід на основі методології IDEF0 застосовано для визначення функцій програмної системи для автоматизації управління газотранспортною системою, а також показано, що отримана модель є основою для розробки архітектури програмних систем автоматизації управління.

У [13] функціональний підхід та IDEF0 використано для моделювання динамічної частини системи.

У [14] на основі методології IDEF0 представлено інформаційну технологію керування обладнанням із використанням нейронних мереж та у відповідності до стандарту IEC61850.

Якість даних та їх аналіз є одними із основних складових систем підтримки прийняття рішень та є визначним фактором для розвитку Індустрії 4.0. У [15] аналізується питання готовності систем до автоматичної обробки даних та якість даних. Запропоновано використовувати наступні категорії для оцінки процесу роботи із даними: Data acquisition, Data sources, Data formats, Data coding, Sample size, Temporal consistency. Показано, що основними напрямками покращення роботи із даними є автоматизація та централізоване зберігання даних, стандартизація форматів представлення даних, збільшення терміну зберігання (як основа якісної аналітики), забезпечення підтримки цілісності даних.

Аналіз публікацій показує можливість застосування технологій структурного проектування до розробки моделей інформаційних технологій різного призначення та дозволяє точно описати процеси, для управління якими розробляють інформаційну технологію.

Метою публікації є розробка функційної моделі інформаційної технології веб-орієнтованої системи віддаленого моніторингу із можливістю керування технологічними процесами та об'єктами.

Модель інформаційної технології віддаленого моніторингу із можливістю керування. Попит на системи віддаленого моніторингу постійно зростає, що обумовлено сталим розвитком технологій Інтернету речей та промислового Інтернету речей. Архітектура таких систем та виконувані функції [16 – 18] визначаються набором факторів серед яких відзначимо вимоги до системи (Requirements) серед яких:

1) на наш погляд найбільше значення мають вимоги замовника (Customer Reqs), що визначають загальні вимоги до майбутньої системи, як з точки зору технічних характеристик, так і з точки зору економічної ефективності проекту.

2) вимоги безпеки (Safety Reqs) визначають обмеження системи з точки зору її безпечного впливу на людину та/або оточуючого середовища. Ці вимоги не розповсюджуються на питання кібербезпеки, економічної безпеки та інше [19].

3) вимоги до кібербезпеки (Cyber Security Reqs.) визначають обмеження системи з точки зору безпеки під час обміну загальними каналами комунікацій та визначають використання захищених протоколів обміну, а також інших апаратно-програмних рішень, в залежності від спрямованості системи.

4) вимоги до енергоефективності (Power Consumption Reqs) визначають обмеження до апаратної частини віддалених систем (сенсорів, актуаторів, розумних сенсорів та інше).

5) вимоги до продуктивності (Performance Reqs) визначають обмеження до апаратної частини та програмного забезпечення серверного та інших компонентів системи.

Додатково обмеженнями таких систем є набір протоколів обміну даними (Data Exchange Protocols) [20], що є характерними для даної предметної галузі, набір специфікацій параметрів (Parameters Specification), які належить моніторити; міжнародні, державні та галузеві стандарти, регламенти, технічні умови та інші регулюючі документи (Standards and Technical Regulations), частину яких було розглянуто вище.

З точки зору уніфікації системи моніторингу важливо відмовитись від орієнтації на конкретний тип обладнання, і в якості вхідного параметру використовувати дані визначених типів, які попередньо можуть бути конвертовані у цифровий формат відповідними сенсорами [21], або безпосередньо отриманими з обладнання, за станом якого здійснюється моніторинг (Parameters, Equipment Parameters).

Інформаційна технологія, що проектується, призначена для формування вихідних даних в залежності від потреб замовника (клієнта) та щонайменше повинна містити інформацію про поточний стан системи (Reports) та попередження про вихід параметрів за встановлені межі (Alarms). Також можливо формування повідомлень (Notifications) сигналів керування (Controls) та інформації про можливий майбутній стан системи (State (Faults) Prediction). Це є не обов'язковим, але надає системі деякі інтелектуальні можливості з обробки даних.

Розробка інформаційної технології базується на знаннях експертів у даній предметній галузі, використовує методи обробки даних імітаційного моделювання процесів та систем. Апаратним забезпеченням таких систем є технологічне обладнання, локальні SCADA-системи, комп'ютерні мережі промислового та загального призначення. З урахуванням вищесказаного, концептуальна модель інформаційної технології віддаленого моніторингу із можливістю керування може мати вигляд представлений на рис. 1.

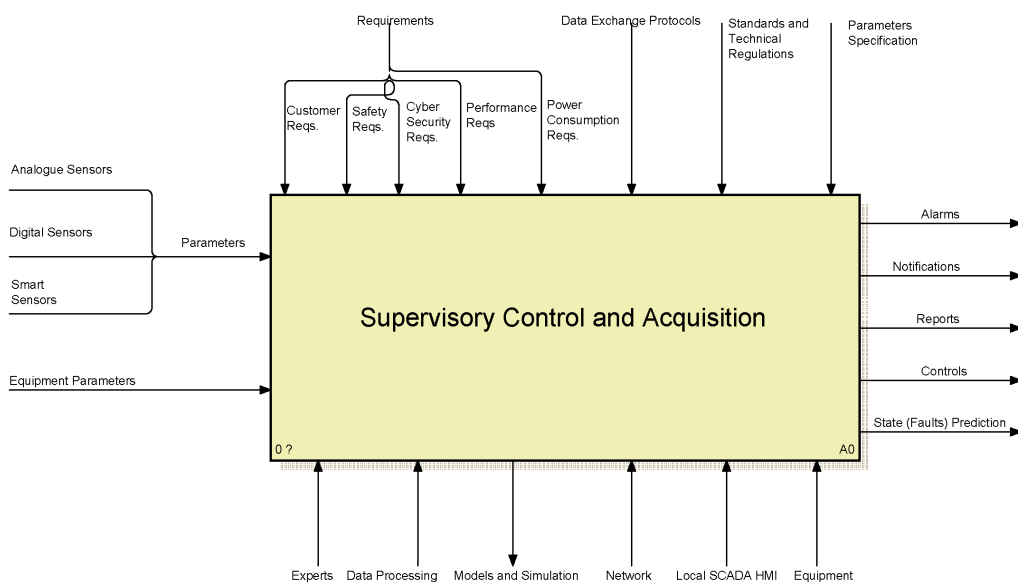


Рис. 1. Концептуальна модель інформаційної технології віддаленого моніторингу із можливістю керування

Питання віддаленого керування є складним з технічної точки зору та залежить від призначення системи. Реалізація цього механізму вимагає більш жорстких обмежень, в першу чергу з точки зору безпеки системи та забезпечення гарантованої системи доставки сигналів керування до системи.

Проведено декомпозицію запропонованої інформаційної технології віддаленого моніторингу із можливістю керування за допомогою засобів функціонального моделювання засобів та систем (рис. 2).

Дані у систему (Parameters) потрапляють двома каналами: дані П (Parameters) та параметри з обладнання І2 (Equipment Parameters) через блок отримання даних А2 (Data Acquisition) на виході якого формується параметризований сигнал (Parameterized Data) та безпосередньо від обладнання. Блок отримання даних А1 (Data Acquisition) використовує стандартні та промислові мережі для отримання даних, а також локальні Scada для безпосереднього контролю, для нього у якості обмежень використовують специфікації параметрів С8 (Parameters Specification), вимоги до кібербезпеки С3 (Cyber Security Reqs.), рівень енергоспоживання С5 (Power Safety Reqs. Consumption Reqs.) та протоколи обміну даними С6 (Data Exchange Protocols).

Ці сигнали є вхідними для модуля обробки та зберігання даних А2 (Data Processing and Storing). У цьому блоці відбувається обробка даних з метою виявлення можливих помилок (Faults) та підготовка даних для наступного етапу (Cleared Data). Обмежуючими факторами для цього блоку є: вимоги до продуктивності С4 (Performance Reqs.), специфікація параметрів С8 (Parameters Specification), вимоги до безпеки С2 (Safety Reqs.) та протоколи С6 (Data Exchange Protocols). У цьому блоці аналізуються отримані сигнали. Як механізм використовуються методи обробки даних М2 (Data Processing) та експертна оцінка отриманих даних М1 (Experts).

У блоці прийняття рішень А3 (Decision Making) на основі експертної оцінки даних М1 та з урахуванням відповідних стандартів та технічних регламентів С7 (Standards and Technical Regulations) формуються дані про поточний стан системи (States), події (Events) та за необхідності сигнали керування (Controls). Події (Events) можуть бути двох типів: повідомлення О2 (Notifications) та попередження О1 (Alarms).

Визначення типу події та його розшифровка відбуваються у блоці підготовка звітів А4 (Reports Generation) на виході якого дані представлені у вигляді зручному для розуміння людиною (Human-Ready Data). Всі попередньо підготовлені дані поступають на вход блоку підготовки та публікації результатів А5, який є веб інтерфейсом системи та може формувати на виході інформацію про п'ять основних станів: у вигляді таблиць, графіків, мнемосхем тех. процесів та інше. Вигляд інформації залежить від вимог користувача С1 (Customer Reqs.) та має відповідати прийнятним у галузі стандартам та регламентам С7. За необхідності локальні Scada можуть мати пріоритет над внутрішньою обробкою даних, особливо у системах реального часу.

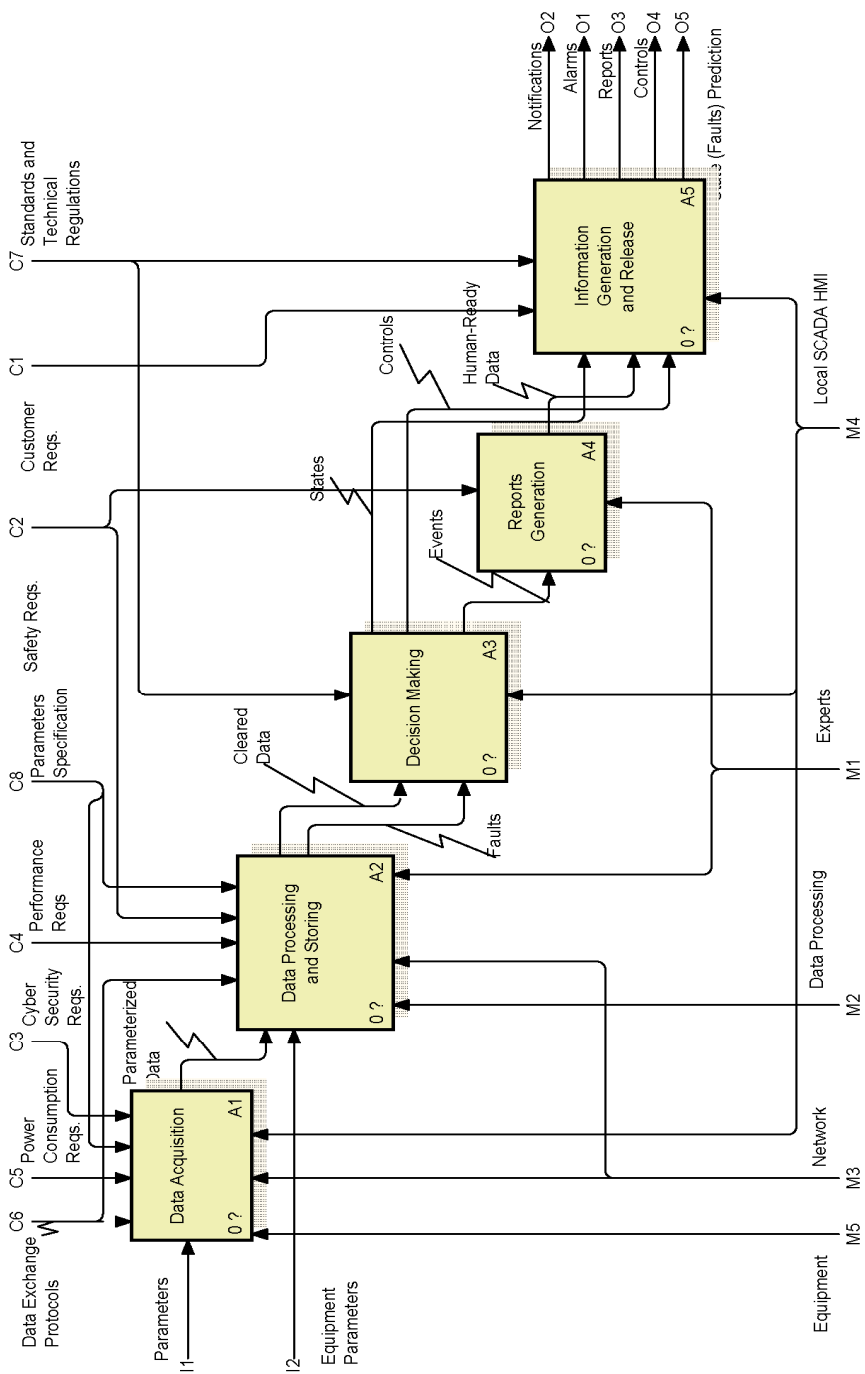


Рис. 2. Декомпозиція інформаційної технології віддаленого моніторингу із можливістю керування

Продуктування інформації про можливий майбутній стан системи дозволяє забезпечити більший термін безаварійної роботи обладнання, покращення планування технічного сервісу, що є основою для підвищення якості прийнятих рішень у системах підтримки прийняття рішень.

Для деяких застосувань більш зручним способом представлення є функціональна декомпозиція інформаційної технології у вигляді деревовидної діаграми (рис. 3) на якій інформаційну технологію представлено у стислому вигляді, що дозволяє оцінити призначення блоків інформаційної технології без урахування потоків даних, вхідних і вихідних сигналів, тощо.

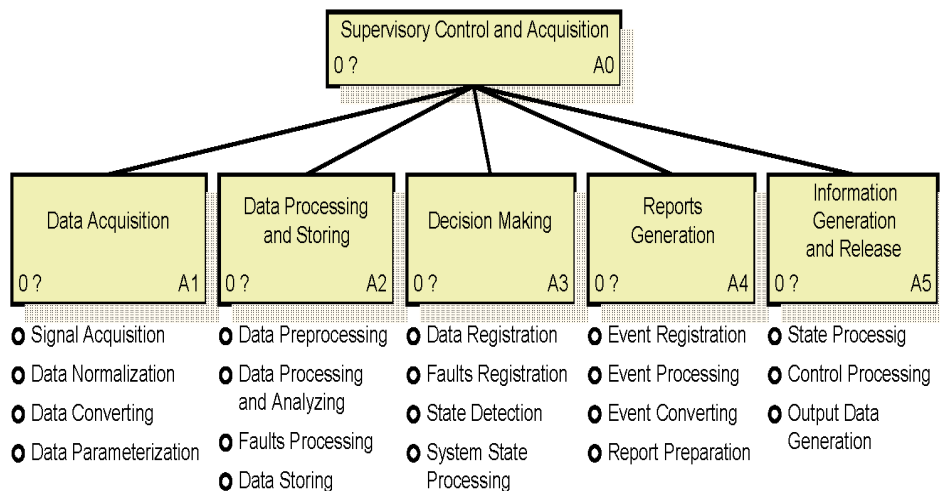


Рис. 3. Функціональна декомпозиція інформаційної технології у вигляді деревовидної діаграми

Як приклад реалізації компонентів інформаційної технології розглянемо операцію Data Acquisition A1 (рис. 4).

Для таких систем оптимальним є використання проміжних пристроїв, що мають забезпечити підключення обладнання з використанням промислових протоколів обміну даними, а також передавання даних на сервер обміну та обробки даних. Також такі пристрої можуть бути використані для підключення за бездротовою технологією розумних сенсорів та актуаторів.

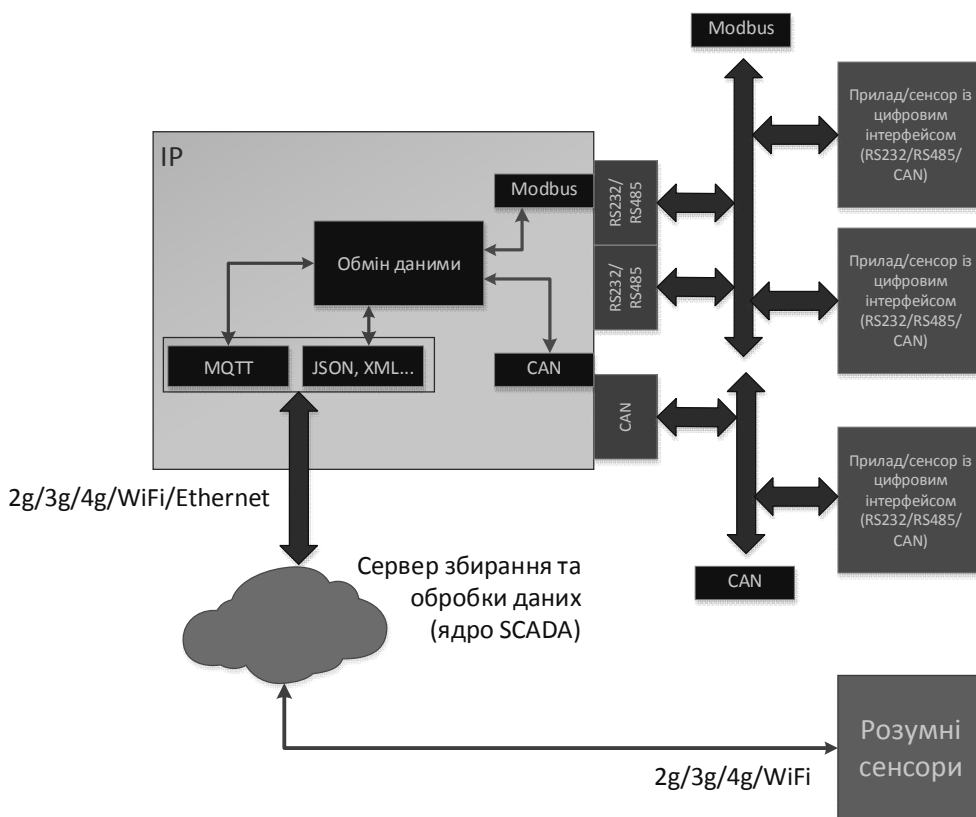


Рис. 4. Реалізація операції A1 Data Acquisition

Дані в систему збираються за допомогою сенсорів, що мають цифровий вихід та можуть бути підключеними до одного із стандартних промислових інтерфейсів, або формується промисловим обладнанням та передаються наприклад по протоколу Modbus. Для деяких застосувань роутер можна застосовувати протокол CAN. Для всіх цих пристроїв роутер може виступати ініціатором збору даних або ретранслятором.

Поширене промислове обладнання часто у якості стандартного використовує послідовні протоколи обміну даними і підключення через інтерфейс RS485, CAN і тому подібне. У нашому випадку пристрої працюють за протоколом Modbus RTU та підключаються через загальну шину. Для такої мережі роутер виступає у якості мастера та здійснює періодичне опитування обладнання (або за запитом із веб-клієнта), обробку отриманих даних та передачу їх на сервер.

Основні вимоги до роутера:

1. Забезпечення роботи із стандартними промисловими

протоколами.

2. Апаратне забезпечення роутера повинне бути розраховано на промисловий діапазон температур.

3. Мати достатню обчислювальну потужність для тимчасового збереження результатів опитування, у випадку неможливості передачі цих даних на сервер.

Обмін даними із сервером може відбуватися за стандартним протоколом (MQTT, https), або спеціально розробленим протоколом для обміну даними. Вартість такого пристрою не повинна перевищувати 100-120 доларів. У нашому випадку використовується система на чіпі на основі процесору i.MX6UL/6ULL, що має достатні потужності для поставлених задач. Також він забезпечує підключення до сервера із використанням технології Ethernet а також технології 2G-4G.

Таким чином роутер є проміжною ланкою що забезпечує збирання даних, їх попередню обробку та зберігання у разі тимчасових розривів зв'язку із сервером. 2G-4G та WI-FI модулі є опціональними та можуть бути реалізованими у вигляді окремих модулів або розміщеними на друкованій платі роутера.

На рис. 4 представлено процес обміну даними компонентів системи. Сервер обміну даними забезпечує підключення клієнтів за протоколом TCP. Також у системі є веб-сервер, що разом з клієнтським додатком забезпечує відображення веб-інтерфейсу. MQTT брокер дозволяє підключити пристрої за стандартним протоколом MQTT, який працює у режимі publisher/subscriber.

Висновки. Розроблено функційну модель інформаційної технології віддаленого моніторингу технологічних процесів та об'єктів, що дозволяє поєднувати у якості об'єктів моніторингу як стандартні промислові контролери, так і пристрої Інтернету речей. На прикладі модуля збирання даних показано можливість її реалізації.

Основною метою запропонованої інформаційної технології є надання інструментів з інтелектуального оброблення даних та допомога експертам у відповідній предметній галузі з формування рішень на основі аналізу поточного стану системи (обладнання) даних про прогнозований стан системи або інших у зручному для використання вигляді. Зазначимо, що функція керування (Controls) є не обов'язковою у даному випадку у зв'язку з тим, що важко забезпечити гарантовану доставку сигналів керування через інтернет. Додавання функції керування також може призводити до значного ускладнення системи, що обумовлено необхідністю урахування значної кількості факторів впливу і в першу чергу питань безпеки у всіх її проявах.

Інформаційна технологія також може використовуватися як

додатковий елемент із традиційними системами керування. Самостійне значення система має для проектів орієнтованих на забезпечення моніторингу стану будинків, складських приміщень, територій, а також моніторингу технологічних процесів.

Перспективами подальших досліджень є реалізація модулів прийняття рішень на основі використання бази знань у системі.

Список літератури:

1. ITU-T Recommendations [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www. URL: https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=Y](http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=Y).
2. ITU-T Recommendations. ITU-T Y.4000/Y.2060 (06/2012) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www. URL: https://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559](http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559).
3. The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture. IEC: PUB:G1:V1.80:20170131 – IEC, 2017. – 58 p. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www. URL: https://www.iiconsortium.org/IEC_PUB_G1_V1.80_2017-01-31.pdf](https://www.iiconsortium.org/IEC_PUB_G1_V1.80_2017-01-31.pdf).
4. ISO/IEC 27000:2018 Information technology – Security techniques – Information security management systems [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www. URL: https://www.iso.org/ru/ics/35/x/](https://www.iso.org/ru/ics/35/x/).
5. Publicly Available Standards [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www. URL: https://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/](https://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/).
6. IEC 61850 Tissue Database [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www. URL: https://iec61850.tissue-db.com/parts.msp](https://iec61850.tissue-db.com/parts.msp).
7. IEC 61850 – Communication Networks and Systems in Substations: An Overview of Computer Science [Електронний ресурс] – Режим доступу: [www. URL: http://seclab.illinois.edu/wp-content/uploads/2011/03/iec61850-intro.pdf](http://seclab.illinois.edu/wp-content/uploads/2011/03/iec61850-intro.pdf).
8. *Islamova O.V.* SADT technology as a tool to improve efficiency in the use of process approach in management of engineering enterprise / *O.V. Islamova, A.A. Zhilyaev, A.M. Bozieva* // 2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS). – 2016. – P. 65-68. – doi: 10.1109/ITMQIS.2016.7751903.
9. *Марка Д.А.* Методология структурного анализа и проектирования / *Д.А. Марка, МакГоуэн*. – К.: М.: МетаТехнология, 1993. – 240 с.
10. *Турлакова С.С.* Информационно-коммуникационные технологии развития "умных" производств / *С.С. Турлакова* // Экономика промышленности. – 2019. – № 1 (85). – С. 101-123.
11. *Fu M.* Modeling Method of Operational Task Combined with IDEF and UML / *M. Fu, Wang J. Wang and M. Li* // 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC). – 2018. – P. 1443-1447..
12. *Чекурін В.Ф.* Моделювання функцій програмного комплексу для автоматизації управління газотранспортними системами / *В.Ф. Чекурін, О.М. Химко* // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2018. – Т. 29 (68). – № 2. – С. 192-197.
13. *Sklyar V.* Assurance Case Driven Design for Internet of Things / *V. Sklyar, V. Kharchenko* // WSEAS transactions on computer research. – 2016. – Vol. 4. – P. 173-182.
14. *de Vasconcellos Praxedes A. B.* Intelligent Monitoring Equipment in Power Plants using IEC61850 Sample Values, Paraconsistent Artificial Neural Networks and Condition Based Maintenance / *A.B. de Vasconcellos Praxedes, A.J. Alvares* // 23rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering. – 2015.

15. Bernerstätter R. Data maturity for smart factory applications – an assessment model / R. Bernerstätter // *Acta Technica Corviniensis = Bulletin of Engineerin.* – 11.2018. – No. 1. P. 31-35.
16. Мнушка О.В. Архітектура веб-орієнтованої SCADA-системи / О.В. Мнушка // *Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання.* – Харків, НТУ "ХПІ". – 2018. – № 24 (1300). – С. 117-128.
17. Badii C. Analysis and assessment of a knowledge based smart city architecture providing service APIs / C. Badii, P. Bellini, D. Cenni et al. // *Futur. Gener. Comput. Syst.* – 2017. – Vol. 75. – P. 14–29.
18. Ray P.P. A survey on Internet of Things architectures / P.P. Ray // *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences.* 2018, King Saud bin Abdulaziz University – Vol. 30. – No. 3. – P. 291–319.
19. Mnushka O. Security Model of IOT-based Systems / O. Mnushka, V. Savchenko // 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET), Lviv-Slavske, Ukraine. – 2020. – P. 398-401.
20. Мнушка О.В. Прикладний протокол обміну даними в Інтернеті речей / О.В. Мнушка, О.А. Півнева, В.М. Савченко // *Вісник ХНАДУ.* – Харків. – 2019. – Вип. 87. – С. 54-58.
21. Savchenko V. High-Sensitive Sensors Based on QCR for Smart Devices / V. Savchenko, O. Mnushka // 2020 IEEE XVIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Lviv, Ukraine. – 2020. – P. 72-75.

References:

1. ITU-T Recommendations (2021), available at: www.itu.int/ITU-T/recommendations/index.aspx?ser=Y (accessed May 2021).
2. ITU-T Recommendations. ITU-T Y.4000/Y.2060 (2012), available at: www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=11559 (accessed May 2021).
3. The Industrial Internet of Things Volume G1: Reference Architecture. IIC:PUB:G1:V1.80:20170131 (2017), IIC, 2017, 58 p. available at: www.iiconsortium.org/IIC_PUB_G1_V1.80_2017-01-31.pdf (accessed May 2021).
4. ISO/IEC 27000:2018 Information technology – Security techniques – Information security management systems (2018), available at: www.iso.org/ru/ics/35/x/ (accessed May 2021).
5. Publicly available standards (2021), available at: <https://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/> (accessed May 2021).
6. IEC 61850 Tissue Database (2021), URL: <https://iec61850.tissue-db.com/parts.msp> (accessed May 2021).
7. Zhang, J. and Gunter, C.A. (2011), "IEC 61850 - Communication Networks and Systems in Substations: An Overview of Computer Science", available at: <http://seclab.illinois.edu/wp-content/uploads/2011/03/iec61850-intro.pdf> (accessed May 2021).
8. Islamova, O.V., Zhilyaev, A.A. and Bozieva, A.M. (2016), "SADT technology as a tool to improve efficiency in the use of process approach in management of engineering enterprise", *2016 IEEE Conference on Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies (IT&MQ&IS)*, 2016, pp. 65-68.
9. Marca, D.A. and McGowan, K. (1993), *Structural Analysis and Design Methodology*, M.: MetaTechnology, 240 p.
10. Turlakova, S.S. (2019). "Information and communication technologies for the development of "smart" industries", *Econ. promisl.*, 1 (85), pp. 101-123.
11. Fu, M., Wang, D., Wang, J. and Li, M (2018), "Modeling Method of Operational Task Combined with IDEF and UML", *2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, pp. 1443-1447.

12. Chekurin, V.F. and Kimko, O.M. (2018), "Modeling of functions of the software complex for automation of gas transportation systems management", *Academic notes of Vernadsky Taurida National University. Series : Technical Sciences*, Vol. 29 (68), No. 2, pp. 192-197.
13. Sklyar, V. and Kharchenko, V. (2016), "Assurance Case Driven Design for Internet of Things", *WSEAS transactions on computer research*, Vol. 4, pp. 173-182.
14. de Vasconcellos Praxedes, A.B. and Alvares, A.J. (2015) "Intelligent Monitoring Equipment in Power Plants using IEC61850 Sample Values, Paraconsistent Artificial Neural Networks and Condition Based Maintenance", *3rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering*.
15. Bernerstätter, R. (2018), Data maturity for smart factory applications – an assessment model, *Acta Technica Corviniensis = Bulletin of Engineering*, No 1, pp. 31-35.
16. Mnushka, O.V. (2018), "The architecture of a web-based SCADA system", *Bulletin of the National Technical University KhPI. Series of Informatics and Modeling*, Kharkiv: NTU "KhPI", No. 24 (1300), pp 117-128.
17. Badii, C., Bellini, P., Cenni, D., Difino, A., Nesi, P. and Paolucci, M. (2017), "Analysis and assessment of a knowledge based smart city architecture providing service APIs", *Futur. Gener. Comput. Syst.*, Vol. 75, pp. 14-29.
18. Ray, P.P. (2018), "A survey on Internet of Things architecture" *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, vol. 30, no. 3. King Saud bin Abdulaziz University, pp. 291–319.
19. Mnushka, O. and Savchenko, V. (2020), "Security Model of IOT-based Systems", *2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*, Lviv-Slavske, Ukraine, pp. 398-401.
20. Mnushka, O.V., Pivnieva, O.A. and Savchenko, V.M. (2019), "Application protocol of data transfer in the Internet of Things", *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*, Vyp. 87, Kharkiv, pp. 123-127.
21. Savchenko, V. and Mnushka, O. (2020), "High-Sensitive Sensors Based on QCR for Smart Devices", *2020 IEEE XVIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)*, Lviv, Ukraine, pp. 72-75.

Статтю представив доктор техн. наук, проф. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ХНАДУ Гурко О.Г.

Надійшла (received) 10.05.2021.

Mnushka Oksana, Senior Lecturer, M.S.
Kharkiv National Automobile and Highway University,
Str. Yaroslava Mudrogo, 25, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel.:(+38057)707-37-47, e-mail: mnushka.ov@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-7756-9260

Leonov Sergey, Dr. Tech. Sci., Professor
National Technical University "Kharkiv Politechnical Institute"
Str. Kirpichova, 2, Kharkov, Ukraine, 61002
Tel.: (099) 911-911-3, e-mail: serleomail@gmail.com
ORCID ID: 0000-0001-8139-0458

Shaposhnikova Olena, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor
Kharkiv National Automobile and Highway University,
Str. Yaroslava Mudrogo, 25, Kharkiv, Ukraine, 61002
Tel.:(+38057)707-37-47, e-mail: shaposhnikovaep@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-0405-8205

Savchenko Volodymyr, Candidate of Science (Engineering),
Globallogic Ukraine, Software Engineer, consultant, Kharkiv, Ukraine
Tel.:(+38067)576-78-83, e-mail: savchenko@live.com
ORCID ID: 0000-0001-6548-0891

УДК 004.9: 681.518

Модель інформаційної технології віддаленого моніторингу із можливістю керування технологічними процесами та об'єктами / Мнушка О.В., Леонов С.Ю., Шапошнікова О.П., Савченко В.М. // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2021. – № 1 (5). – С. 99 – 114.

Розглянуто питання моделювання інформаційної технології віддаленого моніторингу технологічних процесів та об'єктів із можливістю керування станом об'єктів моніторингу. Визначено основні задачі та обмеження у вигляді стандартів та рекомендацій ISO/IEC/ІІС. Згідно з методологією структурного аналізу та дизайну визначено набір вхідних та вихідних параметрів, механізми та обмеження, що впливають на операції та потоки даних. Побудовано концептуальну модель інформаційної технології для систем моніторингу та виконано її декомпозицію у нотатції IDEF0 та показано можливість її реалізації на прикладі блоку отримання даних – інтелектуального роутера, що забезпечує збирання, обробку, тимчасове зберігання даних та комунікацію із сервером оброблення даних. Іл. 4. Бібліопр. 21 назв.

Ключові слова: моделювання інформаційної технології; технологічні процеси; концептуальну модель; системи моніторингу; інтелектуальний роутер.

УДК 004.9: 681.518

Модель информационной технологии удаленного мониторинга с возможностью управления технологическими процессами и объектами / Мнушка О.В., Леонов С.Ю., Шапошнікова Е.П., Савченко В.Н. // Вестник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика и моделирование. – Харьков: НТУ "ХПИ". – 2021. – № 1 (5). – С. 99 – 114.

Рассмотрены вопросы моделирования информационной технологии удаленного мониторинга технологических процессов и объектов с возможностью управления состоянием объектов мониторинга. Определены основные задачи и ограничения в виде стандартов и рекомендаций ISO/IEC/ІІС. Согласно методологии структурного анализа и дизайна, определен набор входных и выходных параметров, механизмы и ограничения, влияющие на операции и потоки данных. Построена концептуальная модель информационной технологии для систем мониторинга и выполнена ее декомпозиция в нотации IDEF0, показана возможность ее реализации на примере блока получения данных – интеллектуального роутера, обеспечивающего сбор, обработку, временное хранение данных и коммуникацию с сервером обработки данных. Ил. 4. Библиопр. 21 назв.

Ключевые слова: моделирование информационной технологии; технологические процессы; концептуальную модель; системы мониторинга; интеллектуальный роутер.

UDC 004.9: 681.518

Model of information technology of remote monitoring with a possibility of control of technological processes and objects / Mnushka O.V., Leonov S.Yu., Shaposhnikova E.P., Savchenko V.M. // Herald of the National Technical University "KhPI". Series of "Informatics and Modeling". – Kharkov: NTU "KhPI". – 2021. – № 1 (5). – P. 99 – 114.

In the paper, the issues of modeling information technology for remote monitoring of technological processes and objects with the ability to control the state of monitoring objects are considered. The main objectives and constraints in the form of ISO/IEC/IIC standards and recommendations have been defined. According to the structural analysis and design

methodology, a set of input and output parameters, mechanisms, and constraints affecting operations and data flows have been defined. A conceptual model of information technology for monitoring systems has been built and decomposed in the IDEF0 notation, the possibility of its implementation is shown using the example of a data acquisition unit in the form of an intelligent router that provides collection, processing, temporary storage of data and communication with a data processing server. Figs.: 4, Refs.: 21 titles.

Keywords: information technology modeling; technological processes; conceptual model; monitoring systems; intelligent router.