В.Б. Дудикевич, Г.В. Микитин, М.О. Галунець

Національний університет “Львівська політехніка”, Львів

СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ “РОЗУМНОГО МІСТА”

У контексті розгортання Концепції 4.0 в Україні запропоновано системну модель інформаційної безпеки “розумного міста” на рівні: його сегментів; складових – “розумних об’єктів” та багаторівневих кіберфізичних систем (КФС) “фізичний простір (ФП) – комунікаційне середовище (КС) – кібернетичний простір (КП)”; загроз рівням КФС, компонентам рівня та процесам, що відповідають рівню: відбиранню інформації, передаванню/прийманню, обробленню, управлінню; технологій забезпечення безпеки структури та функціоналу сегменту “розумного міста” за профілями – конфіденційність, цілісність, доступність. Модель розгорнута для сегментів: “розумна енергетика”, “розумне довкілля”, “розумна медицина”, “розумна інфраструктура” і побудована за принципами системного аналізу – цілісності, ієрархічності, багатоаспектності. Системна модель на основі КФС дозволяє створювати комплексні системи безпеки (КСБ) “розумних об’єктів” відповідно до: концепції “об’єкт – загроза – захист”, універсальної платформи “загрози – профілі безпеки – інструментарій”, методологічних підходів до багаторівневого захисту інформації, функціональних процесів захищеного обміну. Така системна структура може бути використана також для забезпечення гарантоздатності системи “розумний об’єкт – кіберфізична технологія” у просторі функціональної та інформаційної безпеки. Проаналізовано безпеку MEMS-давачів як компоненти інтернету речей у ФП кіберфізичних систем: загрози – лінійні навантаження, власні шуми елементів схеми, температурні залежності, зношуваність; технології захисту – лінійні стабілізатори, термотривкі елементи, охолодження, покращання технології виготовлення, методи отримання нових матеріалів та покращання властивостей. На протидію перехопленню інформації в безпроводних каналах зв’язку, характерної розумним об’єктам, розглянуто алгоритм блокового шифрування даних AES в сенсорних мережах з програмною реалізацією мовою програмування C#. Проаналізовано безпеку хмарних технологій як компоненти КС кіберфізичних систем на апаратно-програмному рівні та наведено особливості криптографічних систем шифрування даних в хмарних технологіях відповідно до нормативного забезпечення.

Ключові слова: “розумне місто”, інформаційна безпека, системна модель, кіберфізична система, інтернет речей, хмарні технології, шифрування даних, криптографічні системи.

Вступ

Постановка проблеми. Українська стратегія Індустрії 4.0 та проект Концепції інформаційної безпеки (ІБ) України розгортають процеси проектування безпечних об’єктів інтелектуалізації промисловості, енергетики, інфраструктури [1–2]. Парк засобів безпечного функціонування “розумних міст” охоплює багаторівневі кіберфізичні системи (КФС) і технології їх безпеки, як інструментарій забезпечення ІБ процесів: відбирання – передавання/приймання – оброблення – управління за відповідними профілями [3–4]. Безпека інфраструктури “розумного міста” обумовлюється роботоздатністю об’єктів та гарантоздатністю – інформаційних систем – їх функціональною та інформаційною безпекою (СОУ-Н НКАУ 0060:2010). Актуальним є розвиток підходів до забезпечення ІБ “розумних об’єктів” на основі КФС.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. У просторі Концепції “Індустрія 4.0” в Україні розгортаються рішення щодо проектування “розумних міст” та можливостей їх реалізації на базі структури “сенсорна мережа – центральна платформа даних –

мобільні додатки” [5]. Актуальні стандарти BSI (Британський Інститут стандартів) щодо концепції і моделей створення “розумних міст” та впровадження технологій безпеки, зокрема за стандартом PAS 185: 2017 [6]. В працях [7–8] розгорнуто концепцію безпечного “розумного міста”, аспекти моделювання як складову управління безпечним містом; проаналізовано атаки на ІТ-структуру міста, запропоновано комплекс заходів щодо покращення його безпеки. Безпечне функціонування інтернету речей в концепції “розумного міста” обумовлюється безпекою давачів і сенсорних мереж. В роботі [9] авторами: запропоновано архітектуру концепції інтернету речей, розглянуто розподіл DoS-атак в безпроводній сенсорній мережі за рівнями моделі OSI та механізмами протидії. В праці [10] розвинуто інформаційну безпеку сенсорних мереж Zigbee, Wi-Fi та Bluetooth у просторі “рівень OSI – функції – протоколи” на основі концепції “об’єкт – загроза – захист” та нормативного забезпечення. Засадами забезпечення ІБ хмарних обчислень є міжнародні стандарти, нормативні та керівні документи, які розроблені Cloud Security Alliance (CSA), Європейським агентством

мережної та інформаційної безпеки (ENISA) і Національним інститутом стандартів і технологій (NIST), що регламентують правові, організаційні і технічні складові ІБ хмарних обчислень [11]. В праці [12] розглянуто загрози і заходи забезпечення безпеки користувачів і провайдерів послуги РaaS (“платформа як сервіс”). Актуальним є запит на системну модель інформаційної безпеки “розумного міста” на основі КФС, що є розвитком підходів до створення ефективних КСБ на всіх етапах життєвого циклу інформації.

Мета статті. Метою роботи є створення системної моделі безпечного “розумного міста” на основі КФС згідно концепції “об’єкт – загроза захист”, яка є підґрунтям для побудови КСБ “розумних об’єктів” на базі платформи “загрози – профілі – інструментарій” для забезпечення конфіденційності, цілісності, доступності.

Виклад основного матеріалу

Системна модель безпеки “розумного міста” (РМ) створена на основі концепції “об’єкт – загроза – захист” і є багаторівневою (рис. 1). Перший рівень – функціональний, що забезпечує роботоздатність системи “складові “розумного міста” – технології функціонування/ “розумні об’єкти” ($O_{1-N(R,S,T)}$) –

кіберфізичні системи ($КФС_{1-N(R,S,T)}$)” відповідно до сегментів – розумна енергетика (РЕ), розумне до-вкілля (РД), розумна медицина (РМ), розумна ін-фраструктура (РІ). Другий рівень – інтеграції рівнів КФС “фізичний простір ($ФП_{1-N(R,S,T)}$) – комунікацій-не середовище ($КС_{1-N(R,S,T)}$) – кібернетичний простір ($КП_{1-N(R,S,T)}$)” та інтеграції компонент одного рівня. Третій рівень – процеси “відбирання інформації ($B_{1-N(R,S,T)}$)/ контролю – передавання/приймання ($ПРД_{1-N(R,S,T)}/ПРМ_{1-N(R,S,T)}$) – оброблення інформації ($O_{1-N(R,S,T)}$) / управління ($У_{1-N(R,S,T)}$)”. Четвертий рівень – загрози ІБ на структурно-функціональному рівні КФС ($a_{1-N} - b_{1-N} - c_{1-N}$ (РЕ); $d_{1-R} - e_{1-R} - f_{1-R}$ (РД); $g_{1-S} - h_{1-S} - i_{1-S}$ (РМ); $k_{1-T} - l_{1-T} - m_{1-T}$ (РІ)). П’ятий рівень – апаратно-програмні технології безпеки за профілями “конфіденційність – цілісність – доступність” ($A_{1-N} - B_{1-N} - C_{1-N}$ (РЕ); $D_{1-R} - E_{1-R} - F_{1-R}$ (РД); $G_{1-S} - H_{1-S} - I_{1-S}$ (РМ); $K_{1-T} - L_{1-T} - M_{1-T}$ (РІ)).

Безпечне відбирання даних від давачів “розумних об’єктів” та обмін інформації в “розумному місті” відповідно здійснюють інтернет речей (ФП) і хмарні технології (КС). Кібернетичний простір, як платформа даних, забезпечує зберігання, аналіз, оброблення даних, візуалізацію, прогнозування і, на цій основі, управління ситуаціями в режимі реального часу.

Рис. 1. Структура моделі безпеки “розумного міста” на основі концепції “об’єкт – загроза – захист”

Інтернет речей: безпека MEMC-давачів, шифрування даних в сенсорних мережах. Фізичний простір КФС пов’язаний з інтернет речей, як мережею давачів (спеціалізованих, MEMS), які реєструють інформацію з досліджуваних фізичних об’єктів відповідного сегменту, передають її сенсо-

рними мережами, зокрема такими як ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth у кібернетичний простір, наприклад у вбудований комп’ютер для оброблення даних та ідентифікації стану об’єкта і, на цій основі, прийняття рішення на управління станом об’єкта.

MEMS-давачі – це технології і пристрої, що поєднують в собі мікроелектронні і мікромеханічні компоненти, які поділяються на два типи: давачі /сенсори – вимірювальні пристрої, які перетворюють вхідний фізичний вплив в електричний сигнал; виконавчі пристрої – системи, які здійснюють перетворення вхідного сигналу у вихідну дію. MEMS-давачі забезпечують функціональну взаємодію фізичного та кібернетичного просторів КФС на рівні процесів “відбирання – передавання/приймання – оброблення – управління” і характеризуються високою точністю, відмовостійкістю та мініатюрними розмірами. Безпека MEMS-давачів обумовлює безпечне функціонування КФС у контексті забезпечення конфіденційності, цілісності, доступності інформації у сегментах “розумного міста”. Для MEMS-давачів характерні такі загрози: лінійні навантаження, власні шуми елементів схеми, температурні залежності, зношуваність. З метою попередження загроз на практиці використовуються такі елементи захисту MEMS-давачів: лінійні стабілізатори, термостійкі елементи, охолодження, покращання технології виготовлення, методи отримання нових матеріалів та покращання властивостей.

Однією із загроз, що зустрічається в усіх сегментах розумного міста, є перехоплення інформації в безпроводних каналах зв'язку. Серед технологій безпеки застосовують обмеження доступу до каналів зв'язку та шифрування даних. Криптографічний захист інформації в сенсорних мережах реалізовано на основі алгоритму блокового шифрування даних (AES) (рис. 2).

Рис. 2. Алгоритм шифрування даних AES

На рис. 3 наведено скріншот програмної реалізації блокового шифрування даних мовою програмування C#.

Рис. 3. Скріншот програми шифрування даних

Безпека хмарних технологій. Для багаторівневої структури КФС актуальною є схема передавання/приймання даних засобами КС із застосуванням технологій закриття інформації.

З позиції забезпечення ІБ хмарних технологій характерні такі апаратні загрози: несанкціонований фізичний доступ до обладнання та серверів хмари; відмови, збої, аварії обладнання; помилки при конфігуруванні. Прикладом програмних загроз є: несанкціонований віддалений доступ до ресурсів хмари; шкідливе програмне забезпечення; експлойти.

Апаратний захист хмарних технологій передбачає: обмеження доступу до обладнання та серверів; використання сертифікованого обладнання; ведення журналу дій користувачів.

На програмному рівні захисту застосовуються: ідентифікація, аутентифікація користувачів хмарних ресурсів; шифрування даних; своєчасне оновлення програмного та антивірусного забезпечення. Для шифрування даних в хмарних технологіях використовуються спеціалізовані криптографічні системи, деякі з яких наведено в табл. 1.

Висновки

Системна модель безпечного “розумного міста” є універсальною в контексті застосування КФС як технологій підтримки сегментів – РЕ, РД, РМ, РІ т.ін. Вона передбачає побудову комплексних систем безпеки КФС на основі: концепції “об’єкт – загроза – захист”; платформи “загрози – профілі безпеки – інструментарій”; підходів для кожного сегментного рівня КФС; функціональних процесів відповідно до задач безпеки (ДСТУ ISO/ IEC 15408).

Таблиця 1

Характеристика криптографічних систем для шифрування даних в хмарних технологіях

Назва системи	Алгоритм роботи	Особливості	Нормативне забезпечення
1	2	3	4
Гряда-61	AES-128, AES-192, AES-256, SHA-256;	<ul style="list-style-type: none"> Криптомодуль виконаний у вигляді малогабаритного USB-пристрою, що під'єднується до ЕОМ за допомогою незнімного кабелю; Швидкість формування ЕЦП за 257 - 100 мс.; Швидкість формування спільного секрету Діффі-Гелмана в групі точок еліптичної кривої, поле 571 - 800 мс.; Зберігання особистих ключів та інших ключових даних здійснюється у внутрішньому постійному запам'ятовуючому пристрої криптомодуля; 	<ul style="list-style-type: none"> ДСТУ 28147:2009; ДСТУ 4145:2002; ДСТУ 7564:2014; FIPS 140-2;
Бар'єр-301	AES-128, AES-192, AES-256, SHA-256;	<ul style="list-style-type: none"> Автентифікація клієнтів захисту при підключенні до сервера; Приєм та дешифрування /шифрування даних TCP-з'єднання від клієнта/сервера та передачі їх на сервер/клієнт; Кількість автентифікацій клієнтів - 100 /с.; Швидкість шифрування - 250 Мбіт/с.; 	<ul style="list-style-type: none"> ДСТУ 7564:2014; FIPS 140-2; FIPS 180-3; RFC 4634;
SSL	RSA, Diffie-Hellman, ECDH, SRP, PSK, RC2, RC4, IDEA, DES, Triple DES, AES, Camellia;	<ul style="list-style-type: none"> Для шифрування використовується асиметричний алгоритм з відкритим ключем; При шифруванні з відкритим ключем використовується два ключі; Для шифрування може використовуватись будь-який з двох ключів; 	<ul style="list-style-type: none"> RFC 2401-2412;
Luna SP	3DES, AES, RC2, RC4, RC5, CAST-128, Diffie-Hellman, RSA, DSA, HMAC-MD5, HMACSHA-1, SSL3-MD5-MAC, SSL3-SHA-1-MAC, SHA-1, SHA-2, SHA-224, SHA-256, SHA-384, SHA-512, MD-5	<ul style="list-style-type: none"> Двофакторна аутентифікація і багаторівневий контроль доступу; Автоматичний перезапуск додатків; Стандартне середовище розробки; Продуктивність до 7000 перетворень за 1 с.; SafeNet Luna SP об'єднує в собі функціонал сервера додатків Java і захищеність апаратного модуля безпеки. 	<ul style="list-style-type: none"> PKCS #1 v1.5; OAEP PKCS #1 v2.0; FIPS 140-2.
CryptoLine 358	AES-128, AES-192, AES-256, SHA-256, DES, 3-DES, RSA	<ul style="list-style-type: none"> Ініціалізація і персоналізація ключових елементів систем; Генерація і зберігання ключової інформації; Шифрування / дешифрування електронних документів зі швидкістю більш 20 Мбіт / с.; Інтерфейс – USB 2.0. 	<ul style="list-style-type: none"> ДСТУ 4145:2002; ДСТУ 7564:2014; ДСТУ ISO/IEC 9798-3: 2002; FIPS 140-2; FIPS 180-3; RFC 4634; FIPS 46-3.
Thales	AES (256-bit key), Blowfish (448-bit key), CAST5 (128-bit key), Serpent (256-bit key), Triple DES, Twofish (256-bit key)	<ul style="list-style-type: none"> Шифрування баз даних за допомогою криптографічних ключів; Підтримка функції збереження даних та їх аварійного відновлення. 	<ul style="list-style-type: none"> ДСТУ 28147:2009; FIPS 140-2; FIPS 180-3; RFC 4634; FIPS 46-3; RFC 2144;
S/MIME	RSA, Diffie-Hellman, DSA, ECDSA, RC4, IDEA, Triple DES, SEED, Camellia, AES, MD5, SHA, SHA-256/384.	<ul style="list-style-type: none"> Забезпечення криптографічної безпеки електронної пошти; Аутентифікація, цілісність повідомлення, гарантія збереження авторства і безпека даних (у частині шифрування); Підтримка S/MIME великою частиною сучасних поштових програм. 	<ul style="list-style-type: none"> PKCS # 7.

Список літератури

1. Юрчак Олександр. Українська стратегія Індустрії 4.0 – 7 напрямів розвитку [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2019/01/02/ukrainska-strategiya-industrii-4-0-7-napriankiv-rozvytku/>.
2. Проект Концепції інформаційної безпеки України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://mip.gov.ua/done_img/d/30-project_08_06_15.pdf.
3. Мельник А.О. Наукові напрями створення багаторівневої платформи кіберфізичних систем / А.О. Мельник // Кіберфізичні системи досягнення та виклики: матеріали третього наукового семінару, 13–14 червня, 2017 р., Львів. – 2017. – С. 4-9.
4. Дудикевич В.Б. Квінтесенція безпеки кіберфізичних систем / В.Б. Дудикевич, Г.В. Микитин, А.І. Ребець // Інформаційні системи і мережі. – 2018. – № 887. – С. 58-69.
5. Імас О. Теорія рішень “розумного” міста та можливості її реалізації на базі єдиної муніципальної платформи [Електронний ресурс] / О. Імас, А. Бугар. – Режим доступу: <https://hub.kyivstar.ua/news/teoriya-reshenij-umnogo-goroda-i-vozmozhnosti-ee-realizacii-na-baze-edinoj-municipalnoj-platformy/>.
6. PAS 185:2017. Smart Cities. Specification for establishing and implementing a security-minded approach. BSI 2017.
7. Lacinák Maroš. Smart City, Safety and Security / Maroš Lacinák, Jozef Ristvej // Procedia Engineering, 2017, TRANSCOM 2017: International scientific conference on sustainable, modern and safe transport. – 2017. – Vol. 192. – P. 522-527. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.090>.
8. Popescu Daniela. Data Security in Smart Cities: Challenges and Solutions / Daniela Popescu, Laura Diana Radu // Informatica Economică. – No. 1/2016. – Vol. 20. – P. 29-38. <https://doi.org/10.12948/issn14531305/20.1.2016.03>.
9. Дослідження вразливостей сенсорних підмереж архітектури Інтернету речей до різних типів атак / М. Александер, О. Корченко, М. Карпінський, Р. Одарченко // Безпека інформації. – 2016. – Т. 22, № 1. – С. 12-19.
10. Безпроводні сенсорні мережі Zigbee, Wi-Fi та Bluetooth в кіберфізичних системах: концепція “об’єкт – загроза – захист” на основі моделі OSI / В.Б. Дудикевич, Г.В. Микитин, А.І. Ребець, М.В. Мельник // Системи обробки інформації. – 2019. – № 2(157). – С. 114-120. <https://doi.org/10.30748/soi.2019.157.16>.
11. Аулов І.Ф. Хмарні обчислення та аналіз питань інформаційної безпеки в хмарі / І.Ф. Аулов, І.Д. Горбенко // Прикладна радіоелектроніка: науч.-техн. журнал. – 2013. – Том 12. – № 2. – С. 194-201.
12. Поночовний Ю.Л. Аналіз загроз і заходів із забезпечення безпеки в системах хмарних обчислень з послугою PaaS / Ю.Л. Поночовний, І.О. Черницька, І.В. Замковець // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2016. – Вип. 3(48). – С. 104-107.

References

1. Yurchak, Oleksandr (2019), “Ukrainska stratehiia Industrii 4.0 – 7 napriamiv rozvytku” [Ukrainian Industry Strategy 4.0 - 7 trends], available at: <https://industry4-0-ukraine.com.ua/2019/01/02/ukrainska-strategiya-industrii-4-0-7-napriankiv-rozvytku/>.
2. “Proekt Kontseptsii informatsiinoi bezpeky Ukrainy” [Draft Concept of Information Security of Ukraine], available at: [www.mip.gov.ua/done_img/d/30-project_08_06_15.pdf](http://mip.gov.ua/done_img/d/30-project_08_06_15.pdf).
3. Melnyk, A.O. (2017), “Naukovi napriamy stvorennia bahatorivnevoi platformy kiberfizychnykh system” [Scientific directions of creation of a multilevel platform of cyber physical systems], *Kiberfizychni systemy dosiahnennia ta vyklyky: materialy tret'oho naukovooho seminaru*, 13-14 chervnia, Lviv, pp. 4-9.
4. Dudykevych, V.B., Mykytyn, H.V. and Rebets, A.I. (2018), “Kvintesentsiia bezpeky kiberfizychnykh system” [Security quintessence of cyber-physical systems], *Informatsiini systemy i merezhi*, No. 887, pp. 58-69.
5. Imas, O. and Bugar, A. (2019), “Teoriia rishen “rozumnoho” mista ta mozhlyvosti yii realizatsii na bazi yedynoi munit-sypalnoi platform” [The theory of “smart” city solutions and the possibility of its implementation on the basis of a single municipal platform], available at: <https://hub.kyivstar.ua/news/teoriya-reshenij-umnogo-goroda-i-vozmozhnosti-ee-realizacii-na-baze-edinoj-municipalnoj-platformy/>.
6. British Standards Institution (2017), *PAS 185:2017. Smart Cities. Specification for establishing and implementing a security-minded approach*.
7. Lacinák, Maroš and Ristvej, Jozef (2017), Smart City, Safety and Security, *Procedia Engineering*, Vol. 192, pp. 522-527. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.090>.
8. Popescu, Daniela and Radu, Laura Diana (2016), Data Security in Smart Cities: Challenges and Solutions, *Informatica Economică*, No. 1/2016, Vol. 20, pp. 29-38. <https://doi.org/10.12948/issn14531305/20.1.2016.03>.
9. Aliksander, M., Korchenko, O., Karpinskiy, M. and Odarchenko, R. (2016), “Doslidzhennia vrazlyvostei sensorykh pidmerezkh arkhitektury Internetu rechei do riznykh typiv atak” [Investigation of Sensitive Subnetwork Vulnerabilities of the Internet of Things Architecture to Different Types of Attacks], *Bezpeka informatsii*, Vol. 22, No. 1, pp. 12-19.
10. Dudykevych, V.B., Mykytyn, H.V., Rebets, A.I. and Melnyk, M.V. (2019), “Bezprovodni sensoryni merezhi Zigbee, Wi-Fi ta Bluetooth v kiberfizychnykh systemakh: kontseptsiiia “obiekt – zahroza – zakhyst” na osnovi modeli OSI” [Zigbee, Wi-Fi and Bluetooth Wireless Sensor Networks in Cyber-Physical Systems: OSI Modeled Object-Threat-Protection Concept], *Information Processing Systems*, No. 2(157), pp. 114-120. <https://doi.org/10.30748/soi.2019.157.16>.
11. Aulov, Y.F. and Gorbenko, Y.D. (2013), “Kharni obchyslennia ta analiz pytanj informacijnoji bezpeky v khmari” [Cloud computing and information security analysis in the cloud], *Applied Electronics*, Vol. 12, No. 2, pp. 194-201.
12. Ponochoyniy, Yu.L., Chernytska, I.O. and Zamkovets, I.V. (2016), “Analiz zahroz i zakhodiv iz zabezpechennia bezpeky v systemakh khmarnykh obchyslen z posluhoiu PaaS” [Analysis of threat and entry and security of bezpekah in the systems of the most depreciated servants PaaS], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, No. 3(48), pp. 104-107.

Надійшла до редколегії 18.02.2020

Схвалена до друку 14.04.2020

Відомості про авторів:**Дудикевич Валерій Богданович**

доктор технічних наук професор
завідувач кафедри
Національного університету “Львівська політехніка”,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8827-9920>

Микитин Галина Василівна

доктор технічних наук професор
професор кафедри
Національного університету “Львівська політехніка”,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4275-8285>

Галунець Максим Олексійович

студент
Національного університету “Львівська політехніка”,
Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9574-3576>

Information about the authors:**Valeriy Dudykevych**

Doctor of Technical Sciences Professor
Head of Department
of Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8827-9920>

Galyna Mykytyn

Doctor of Technical Sciences Professor
Professor of Department
of Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4275-8285>

Maksym Halunets

Student
of Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9574-3576>

СИСТЕМНАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ “УМНОГО ГОРОДА”

В.Б. Дудикевич, Г.В. Микитин, М.А. Галунець

В контексте развертывания Концепции 4.0 в Украине предложена системная модель информационной безопасности “умного города” на уровне: его сегментов; составляющих – “умных объектов” и многоуровневых киберфизических систем физическое пространство – коммуникационная среда – кибернетическое пространство”; угроз уровням киберфизической системы, компонентам уровня и процессам, отвечающим уровню: отбора информации, передачи/приема, обработки, управления; технологий обеспечения безопасности структуры и функционала сегмента “умного города” по профилям – конфиденциальность, целостность, доступность. Модель развернута для сегментов: “умная энергетика”, “умная окружающая среда”, “умная медицина”, “умная инфраструктура” и построена по принципам системного анализа – целостности, иерархичности, многоаспектности. Системная модель на базе киберфизических систем позволяет создавать комплексные системы безопасности “умных объектов” в соответствии с: концепцией “объект – угроза – защита”, универсальной платформой “угрозы – профили безопасности – инструментарий”, методологическими подходами к многоуровневой защите информации, функциональными процессами защищенного обмена. Такая системная структура может быть использована для обеспечения гарантоспособности системы “умный объект – киберфизическая технология” в пространстве функциональной и информационной безопасности. Проанализирована безопасность MEMS-датчиков в качестве компоненты интернета вещей в физическом пространстве киберфизических систем: угрозы – температурные зависимости, линейные нагрузки, собственные шумы элементов схемы, изнашиваемость; технологии защиты – линейные стабилизаторы, жаропрочные элементы, охлаждение, улучшение технологии изготовления, методы получения новых материалов и улучшения свойств. В противодействие перехвату информации в беспроводных каналах связи рассмотрен алгоритм блочного шифрования данных AES в сенсорных сетях с программной реализацией на языке программирования C#. Проанализирована безопасность облачных технологий в качестве компоненты коммуникационной среды киберфизических систем на аппаратно-программном уровне и приведены особенности криптографических систем шифрования данных в облачных технологиях согласно нормативному обеспечению.

Ключевые слова: “умный город”, информационная безопасность, системная модель, киберфизическая система, интернет вещей, облачные технологии, шифрование данных, криптографические системы.

SYSTEMIC MODEL OF “SMART CITY” INFORMATION SECURITY

V. Dudykevych, G. Mykytyn, M. Halunets

In the context of the deployment of Concept 4.0 in Ukraine, a systematic model of “smart city” information security was proposed at the level of: its segments; constituents – “smart objects” and multilevel cyber-physical systems “physical space – communication environment – cybernetic space”; threats to cyber-physical systems levels, level components and processes appropriate to the level: selecting the information, transferring / receiving, processing, management; technologies for ensuring the security of the structure and functionality of the “smart city” segment by profiles – confidentiality, integrity, accessibility. The model is deployed for segments: “smart energy”, “smart environment”, “smart medicine”, “smart infrastructure” and is built on the principles of system analysis – integrity, hierarchy, multidimensionality. The cyber-physical systems-based system model enables the creation of integrated security systems of “smart objects” in accordance with: the concept of “object – threat – protection”, the universal platform “threats – security profiles – tools”, methodological approaches to multilevel information protection, functional processes of secure exchange. Such a systemic structure can also be used to ensure warranty of the “smart object – cyberphysical technology” system in the functional and information security space. The safety of MEMS-sensors as components of the Internet of Things in cyber physical systems is analyzed: threats – linear loads, inherent noise of circuit elements, temperature dependencies, wear and tear; protection technologies – linear stabilizers heat-resistant elements, cooling, improvements in manufacturing technology, methods of obtaining new materials and improvement of properties. To counteract the interception of information in wireless communication channels characteristic of smart objects, the algorithm of block encryption of data AES on sensor networks with software implementation in C# programming language is considered. The security of cloud technologies as a component of communication environment of the cyber-physical systems at hardware and software level is analyzed and features of cryptographic data encryption systems in cloud technologies are given in accordance with the normative software.

Keywords: “smart city”, information security, systemic model, cyber-physical system, Internet of Things, cloud technology, data encryption, cryptographic systems.