

Каргаполов Ю.В., Вишнівський О.В.,
Гринкевич Г.О., д.т.н., Василенко В.В., к.т.н.

ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРИ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВИХ ОБ'ЄКТІВ У МУЛЬТИСЕРВІСНИХ ЕКОСИСТЕМАХ

Kargapolov Yu.V., Vyshnivskiy O.V., Grynkevicych G.O., Vasylenko V.V. Features of the architecture of digital object models in multi-service ecosystems. The article proposes a new model of the architecture of digital entity based on a single technological base for their presentation and processing, includes the concept of a "smart contract", within the framework of this one is possible to create mechanisms for the implementation of various scenarios of the behavior of digital entity in depending on external circumstances and properties of services.

The task of managing the properties of multiservice systems is still not sufficiently well resolved. This fact is determined by the challenges that constantly arise and are determined by the dynamic change in the properties of digital entities during their life cycle, the variable number and properties of services involved in the ecosystem, the nature of their interaction with digital entities depending on external circumstances, convergent environment. As practice shows, the model of the digital entity proposed by the actual standards does not provide opportunities to solve the mentioned challenges.

Keywords: architecture, computer system, identification, service, digital object

Каргаполов Ю.В., Вишнівський О.В., Гринкевич Г.О. Василенко В.В. Особливості архітектури моделей цифрових об'єктів у мультисервісних екосистемах. У статті пропонується нова модель архітектури цифрових об'єктів, яка базується на єдиній технологічній базі їх представлення та обробки, включає поняття «смарт-контракт», в рамках яких можна створювати механізми реалізації різних сценаріїв поведінки цифрових об'єктів в залежності від зовнішніх обставин і властивостей сервісів.

Завдання управління властивостями мультисервісних систем досі є недостатньо добре вирішеним, що визначається викликами які постійно виникають і визначаються динамічною зміною властивостей цифрових об'єктів у ході їх життєвого циклу, змінної кількості та властивостей залучених до екосистеми сервісів, характеру їх взаємодії з цифровими об'єктами залежно від зовнішніх обставин, конвергентним середовищем. Як показує практика, модель цифрового об'єкта, що пропонується діючими стандартами, не дає можливостей вирішення зазначених викликів.

Ключові слова: архітектура, комп'ютерна система, ідентифікація, сервіс, цифровий об'єкт

Вступ

Мультисервісні екосистеми характеризуються не тільки різноманітністю типів і характером сервісів, але і типом і природою пристроїв, а також типом і природою користувачів.

У широкому значенні під цифровими об'єктами мультисервісної екосистеми коректне розуміти такі сутності:

- сервіси,
- користувачі сервісів,
- кінцеві (клієнтські) пристрої,
- серверні пристрої, на яких зберігається програмний код логіки надання сервісів,
- процедури та операції технологічних процесів надання сервісів,
- провайдери сервісів,
- елементи мереж, в яких надаються послуги.

Відповідно до визначення Рекомендації ІТУ-Т Х.1255 «цифровий об'єкт – це об'єкт, представлений або перетворений на машинно-незалежну структуру даних, що складається з одного або кількох елементів у цифровій формі, які можуть аналізуватися різними інформаційними системами; структура допомагає забезпечити функціональну сумісність різних інформаційних систем Інтернету» [1].

Однак наведене визначення надто загальне і не містить роз'яснень щодо функціональної сумісності інформаційних систем, у той час як деталізація сучасних рішень, обумовлена розвитком складних інформаційних систем, наприклад, індустріальних IoT або інтелектуальних транспортних систем, вимагає деталізації та подальшого розвитку рішень з урахуванням нових викликів, що безперервно виникають, наприклад, залученням в екосистему нових кінцевих пристроїв на базі нових протоколів або з принципово новими властивостями, які впливають на поведінку цифрових об'єктів і для вирішення питань сумісності вимагають містити опису своїх характеристик.

До таких викликів можна віднести:

- динамічну зміну функціональних завдань цифрового об'єкта в залежності від ситуації, в якій він знаходиться у зовнішньому середовищі,
- релевантне реагування на безперервно вдосконалені загрози безпеці для цифрового об'єкта,
- зміну технологій надання сервісів (технологічна конвергенція) за рахунок оновлення або наскрізної передачі даних не обмеженою рамками одного програмного продукту (адаптивні API),
- виконання запитів користувача на надання різноманітних сервісів в єдиному інформаційному просторі (конвергенція сервісів),
- розвиток мережної інфраструктури надання послуг в умовах конвергенції сервісів,
- контроль доступу при застосуванні технологій Single Sign On.

Тому логічним є перехід від «простої» архітектури моделі властивостей цифрового об'єкта, наведеної в Рекомендації ITU-T X.1255 [1], в рамках якої неможливо визначити можливості для вирішення вищезгаданих викликів, до «складної» архітектури моделі властивостей цифрових об'єктів, яка включає можливості включення цифрового об'єкта в мережеві структури як з іншими цифровими об'єктами, так і системою сервісів, в яких він бере участь з урахуванням вищевикладеного.

У Рекомендації ITU-T Y.4459 [2] дано опис не просто цифрового об'єкта, а архітектури цифрового об'єкта, спрямовану на формування розуміння визначення мінімального набору необхідних архітектурних компонентів і сервісів. Цілепокладання для завдань створення архітектури цифрового об'єкта спрямоване на забезпечення та підтримку єдиного інформаційного простору та сумісності сервісів.

Одним із ключових завдань, які мають бути вирішені з метою функціональної сумісності, є завдання управління властивостями ідентифікаторів цифрового об'єкта та управління процесами ідентифікації під час надання сервісів. Це завдання пов'язане із завданнями опису, представлення, доступу, зберігання та безпеки цифрових об'єктів у процесі здійснення запитів на надання сервісів, зокрема для екосистем на базі повсюдних розумних мереж (Ubiquitous Smart Networks) та Інтернету речей.

Як вказується в [2], в архітектурі цифрових об'єктів інформація, представлена в цифровій формі, структурується як цифрові об'єкти, кожен з яких має пов'язаний з ним унікальний постійний ідентифікатор. Проте метадані, які містяться в цифрових об'єктах (наприклад, щодо розташування об'єкта), можуть бути оновлені без зміни його ідентифікатора.

Однак, природним для цифрового об'єкта є наявність кількох ідентифікаторів, застосування яких залежить від обставин ситуації, в яких знаходиться цифровий об'єкт, та потрібних сервісів, які відповідають поточній ситуації. Тому, цифровий об'єкт повинен мати можливість або (1) активувати свій інший ідентифікатор, або (2) змінити властивості свого ідентифікатора, щоб він відповідав конвергентному середовищу виконання необхідного сервісу. Наприклад, користувачеві необхідно отримати доступ до послуг СТО, ідентифікатором для яких є державний реєстраційний знак транспортного засобу, а наступного моменту – отримати доступ до сервісу фінансових послуг, ідентифікатором якого є його MSISDN.

Постановка завдання. Процеси ідентифікації цифрових об'єктів для мультисервісних екосистем вимагають вирішення завдань особливої якості, пов'язаних із створенням такої

архітектури моделей цифрових об'єктів, що допускає опис динамічної зміни властивостей цифрового об'єкта, як щодо відображення його предметного змісту, так і в частині ідентифікаційної частині.

Ідентифікатор дозволяє ідентифікувати та виявляти цифрові об'єкти незалежно від того, де вони розташовані або зберігаються, а також незалежно від того, в яких умовах знаходиться цифровий об'єкт. Наприклад, цифровий об'єкт у вигляді кінцевого пристрою може перебувати на борту транспортного засобу, зберігати відомості про себе в хмарному сховищі, бути залученим до проходження процедури вагового контролю з необхідністю виклику відповідних сервісів або потрапити в ДТП з необхідністю виклику кількох аварійних сервісів (поліції, евакуації), медичної допомоги, страхування тощо). Важливим є здатність ідентифікатора, у разі потреби, бути адаптованим до процесу безшовного трансферу властивостей ідентифікації цифрового об'єкта з передачею функції ідентифікації іншому ідентифікатору цифрового об'єкта для виклику релевантних ситуації сервісів.

Модель цифрового об'єкта має враховувати фактори, пов'язані із застосуванням технологій Single Sign On. У цьому випадку потрібно реалізувати в моделі цифрового об'єкта можливість опису слайсингу по відношенню до властивостей ідентифікаторів, які можуть бути присвоєні цифровому об'єкту, та світчінгу між ними.

Модель цифрового об'єкта повинна дозволяти визначати інформацію про володіння та контроль доступу незалежно від будь-яких конкретних додатків, а також забезпечувати масштабованість та стійкість проведення транзакцій щодо надання сервісів.

Слід також взяти до уваги, що згідно з розробками GAIA-X-2021b архітектура даних має підтримувати суверенітет даних, приватність та конфіденційність, безпеку, технологічну нейтральність та функціональну сумісність [3]. При цьому дані, що перебувають у просторі мережевих та сервісних екосистем повинні мати властивості відображені в архітектурі моделі – підтримка федералізації, довіра та ідентичність (ідентифікація), вільний обмін та відповідність обставинам вирішення завдань.

Науковим завданням у роботі є аналіз та пропозиція нової архітектури цифрового об'єкта з урахуванням вищевказаних факторів, що належать до ідентифікаторів цифрових об'єктів та процесів їх ідентифікації в екосистемі сервісів. Результати роботи спрямовані на підвищення ефективності надання послуг цифровим об'єктам у мультисервісних екосистемах.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Розглянемо модель цифрового об'єкта, представлену в Рекомендації ІТУ-Т Х.1255, яка забезпечує одноманітний метод представлення запису метаданих і може також використовуватися для подання інформації інших типів, допускає кілька форм кодування, зберігання та дозволяє використовувати одну точку прив'язки (тобто ідентифікатор) інформації багатьох типів, яка може бути доступною в Інтернеті [1].

В основі цього підходу лежить концепція, згідно з якою будь-яка інформація в цифровій формі може бути структурована і представлена як цифровий об'єкт, що включає інформацію про унікальний ідентифікатор для роботи в цифровому просторі.

Графічне представлення структури моделі цифрового об'єкта відповідно до Рекомендації ІТУ-Т Х.1255 представлено на рисунку 1.

Відповідно до Рекомендації ІТУ-Т Y.4459 для архітектури цифрових об'єктів визначається мінімальний набір необхідних архітектурних компонентів та послуг, які разом забезпечують загальну структуру взаємодії інформації та послуг, який може включати метадані, інформацію про місцезнаходження, безпеку (контрольні суми, підписи, сертифікати, відкриті ключі), що використовуються цифровим об'єктом (протоколами тощо) [2].

Важливою умовою формування архітектури цифрового об'єкта є описана у Рекомендації ІТУ-Т Y.4459 підтримка аспектів технічної, семантичної та синтаксичної сумісності.

Технічна сумісність сфокусована на дотриманні умов доступності та зв'язності цифрового об'єкта у глобальній мережі, телекомунікаційних та предметних протоколах, відповідно до

яких проводяться технологічні операції. Відносно технологічних операції автори вважають за необхідне враховувати фактор життєвого циклу цифрового об'єкта.

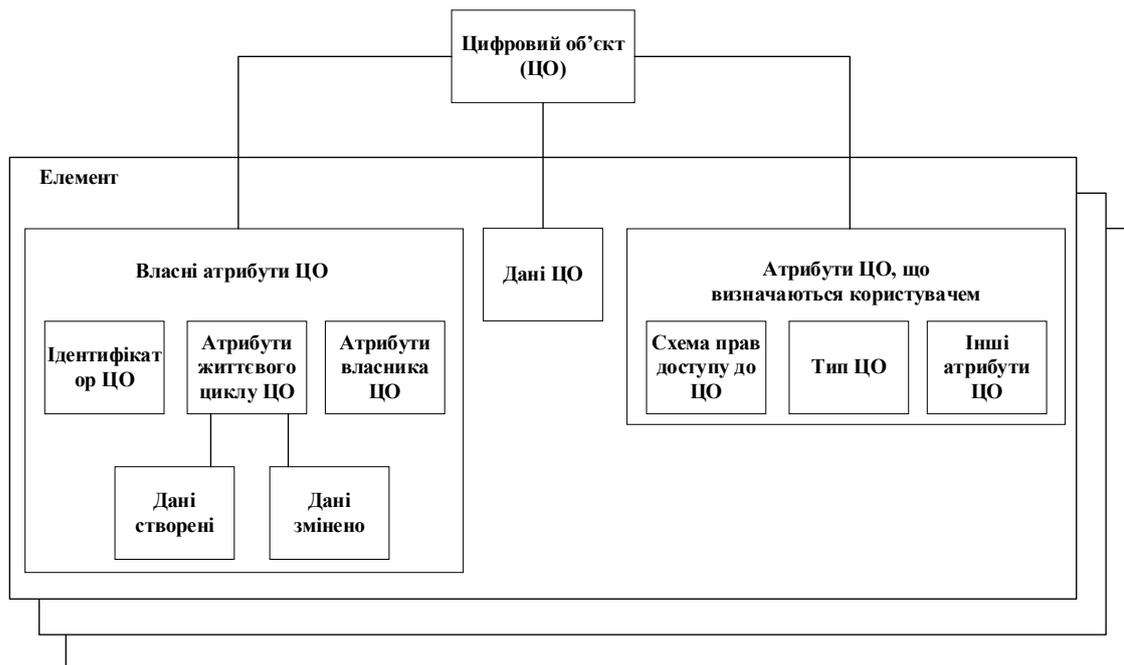


Рис. 1. Структура моделі цифрового об'єкта (п. 7.1 Модель даних цифрового об'єкта, Рекомендація ITU-T X.1255)

Семантична сумісність визначає коректне розуміння інформації, що передається самим цифровим об'єктом або за допомогою цифрового об'єкта. Інакше, семантична сумісність пов'язана з поняттям контенту, який представляє сам цифровий об'єкт, або транслюється за його допомогою.

Синтаксична сумісність визначає типи та формати даних, які використовуються для опису структури цифрового об'єкта.

Аналізуючи рекомендації щодо архітектури, можна зробити висновки, що модель цифрового об'єкта повинна містити опис:

1. функціональні зв'язки з іншими цифровими об'єктами
2. параметрів технологічних операцій, у яких задіяний цифровий об'єкт
3. структури контенту, що представляє цифровий об'єкт
4. характеру та властивостей мережевої взаємодії з іншими цифровими об'єктами
5. параметрів безпеки доступу до цифрового об'єкта
6. параметрів обставин, у яких знаходиться цифровий об'єкт
7. параметрів життєвого циклу цифрового об'єкта
8. параметри власника або власника цифрового об'єкта
9. параметри власне цифрового об'єкта

Структура моделі цифрового об'єкта відповідно до Рекомендації ITU-T X.1255 не дає можливості представлення такої архітектури. Додатково слід зазначити, що ця модель також не відповідає на питання як можна застосувати технології Single Sign On з підтримкою властивостей ідентифікації відносно слайсингу та світчингу між ідентифікаторами.

Насамперед слід зазначити, що модель цифрового об'єкта повинна мати можливість містити кілька його ідентифікаторів. Це залежить від того, що у різних операційних середовищах під час використання різних протоколів правила (стандарти) ідентифікації різні. У цьому випадку необхідно всі системи ідентифікації, які використовуються для цифрового об'єкта, призвести до єдиної технологічної бази їх подання та обробки, яка була б «інертною» в цьому сенсі до різноманітних протоколів у конвергентному середовищі.

Слід зазначити, що згадка ідентифікаторів у контексті двох підходів до цифрової ідентифікації.

Перший визначається відповідними операціями та можливістю підписувати цифрові об'єкти, наприклад, речі в системах IoT, цифровим підписом та перевіряти їх підписи. Другий спрямований на вирішення іншої функціональності ідентифікації, коли ідентифікатор розглядається у вигляді такого собі «універсального ідентифікатора», який можна використовувати семантично або використовуючи метадані. Над цими двома можливостями працюють у IEEE [4]. Перший використовується задля забезпечення безпеки, даючи організаціям можливість брати участь і приймати рішення, другий – для вирішення завдань сумісності чи виявлення, тобто для унікальної ідентифікації ресурсів, що має статися до того, як відбудеться будь-яка взаємодія цифрового об'єкта із сервісами.

«Універсальний ідентифікатор» повинен виражатися у вигляді універсальної форми представлення для будь-яких ідентифікаторів. З одного боку, ні цифровий об'єкт, ні його ідентифікатор не втрачають своєї оригінальності та можуть підтримуватись у середовищі будь-якого протоколу зв'язку. З іншого боку, цифровий об'єкт може підтримувати функціональний інтерфейс з будь-якими користувальницькими сервісами, які теж мають свої ідентифікатори, за рахунок чого є можливість об'єднання різнорідних сутностей і різноманітних за природою сервісів в єдину екосистему в конвергентному середовищі.

Авторами розглядається модель із використанням DNS технологій, яка дозволяє адаптувати та використовувати в рамках мультисервісної екосистеми будь-яку систему ідентифікації. Для вирішення завдань, пов'язаних зі слайсингом та світчингом між ідентифікаторами, пропонується використовувати технології побудови alias для ідентифікаторів.

Логічним є модель цифрового об'єкта в новій архітектурі, що представлена на рисунку 2.

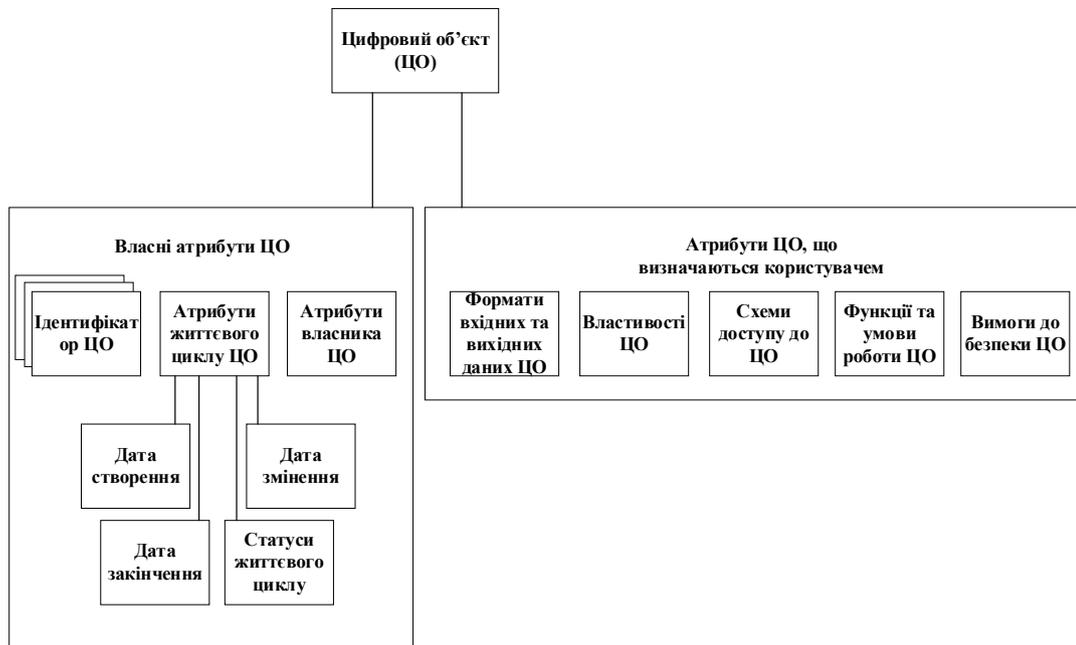


Рис. 2. Пропонована архітектура моделі цифрового об'єкта.

Структура вхідних та вихідних даних цифрового об'єкта включає:

- специфікації вхідних даних, необхідні для запиту сервісу цифровим об'єктом,
- специфікації вихідних даних, які отримуються як результат роботи сервісу

Структура даних про властивості цифрового об'єкта включає:

- ім'я цифрового об'єкта,
- мережеві адреси цифрового об'єкта,

– предметні протоколи, якими користується цифровий об’єкт для здійснення своєї функціональності,

– загальний опис цифрового об’єкта

Структура даних про схеми доступу до цифрового об’єкта включає:

– формалізований порядок (модель) дій із цифровим об’єктом,

– аутентифікацію цифрового об’єкта,

– авторизацію прав доступу цифрового об’єкта,

– підтримка процедур валідації та верифікації даних

Структура даних про функції та умови роботи цифрового об’єкта включає:

– специфікації робочих режимів цифрового об’єкта,

– методи, що використовуються для обслуговування транзакцій цифрового,

– телекомунікаційні протоколи для обслуговування транзакцій цифрового об’єкта,

– формалізований опис структури даних цифрового об’єкта,

– мінімальний набір даних, для роботи з цифровим об’єктом,

– допустимі мінімальні та максимальні значення параметрів для роботи з цифровим об’єктом,

– специфікації обставин часу, місця та ситуації для актуалізації робочих режимів цифрового об’єкта,

– смарт-контракти, що використовуються цифровим об’єктом

Структура даних про вимоги безпеки роботи з цифровим об’єктом включає:

– список центрів сертифікації,

– інтервали валідності засобів для підтримки безпеки (сертифікати, токени тощо),

– типи авторизації, що використовуються цифровим об’єктом

Принциповим є включення до архітектури цифрового об’єкта поняття «смарт-контракт» як характеристики будь-якого цифрового об’єкта, а не лише для функцій формування, управління та надання інформації про володіння блокчейном. У аспекті статті смарт-контракт визначає не тільки функціонал, що відноситься до володіння або фіксації незмінності і валідності ланцюжків зберігання, в яких задіяний смарт-контракт. Пропонується смарт-контракт використовувати з метою управління технологічними операціями, в яких приймає участь цифровий об’єкт при контролі за семантичною та синтаксичною складовою сумісності.

Таким чином, цифровий об’єкт отримує властивості що дають змогу до його персоналізації оперування з ним згідно обставин в яких він знаходиться та відносно типу операцій в яких він приймає участь.

Висновки

Матеріал, викладений у статті, дозволяє створити базу для розгляду принципів нової архітектури цифрових об’єктів, що дозволяють гнучке управління їх властивостями, ідентифікаційними процесами залежно від обставин часу, місця та ситуації, у яких знаходяться цифрові об’єкти. Управління ідентифікаторами та процесами ідентифікації, управління діями відносно контенту цифрового об’єкту необхідно розглядати з урахуванням особливостей етапів життєвого циклу на якому знаходиться цифровий об’єкт.

Важливим елементом архітектури є смарт-контракт, який функціонально виконує роль сценарного плану виконання ланцюжків технологічних операцій, в яких бере участь цифровий об’єкт та екосистема сервісів, у середовищі якої знаходиться цифровий об’єкт у певному місці та часі за певних обставин ситуації.

З урахуванням запропонованого використання DNS технології нормалізації ідентифікаторів та рішень щодо структур, які описують схеми доступу до цифрового об’єкта, для кожного цифрового об’єкта можна в мультисервісній екосистемі побудувати мережеву структуру сервісів з можливістю прихованої та наскрізної передачі аутентифікаційних та при необхідності авторизаційних даних при вході в середовище будь-якого сервісу (реалізація принципів Single Sign On).

Список використаної літератури:

1. Recommendation ITU-T X.1255 (09/2013). Framework for discovery of identity management information
2. Recommendation ITU-T Y.4459 (01/2020). Digital entity architecture framework for Internet of things interoperability
3. Identification of Information Entities. An Industrial Internet Consortium Whitepaper. 2022-03-15, Andrei Kolesnikov (Internet of Things Association), Dr. Kym Watson (Fraunhofer IOSB), Dr. Niklas Widell, (Ericsson), Dr. Xinxin Fan (IoTeX), Prof. Nishioka Yasuyuki (IVI), Dr. Tongtong Cheng (China Academy of Information and Communications Technology)/
4. IoT Harmonization using XMPP. Providing trust in cross-domain smart city networks. Peter Waher, Editor IEEE P1451.99, peter.waher@ieee.org, [https://lab.tagroot.io/Documentation/IoTHarmonization/IoT%20Harmonization%20using%20XMP P.pdf](https://lab.tagroot.io/Documentation/IoTHarmonization/IoT%20Harmonization%20using%20XMP%20P.pdf)
5. Recommendation ITU-T Y.4403 (07/2012). Functional requirements and architecture of the next generation network for support of ubiquitous sensor network applications and services.
6. Recommendation ITU-T Y.4000 (06/2012). Overview of the Internet of things.

Автори статті

Каргаполов Юрій – старший викладач, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

Вишнівський Олександр – аспірант, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

Гринкевич Ганна – доктор технічних наук, доцент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

Василенко Володимир – кандидат технічних наук, доцент, Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій, Київ, Україна.

Authors of the article

Karhapolov Yuriy - senior lecturer, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

Vyshnivskiy Oleksandr - postgraduate, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

Grynkevych Ganna - Doctor of Science (technic), Associate Professor, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.

Vasylenko Volodymyr - Candidate of Science (technic), Associate Professor, State University of Information and Communication Technologies, Kyiv, Ukraine.