

МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА ПОЗИЦІОНУВАННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ ЯК ХОСТІВ БЕЗДРОТОВОЇ МЕРЕЖІ

У статті розглянуто методи визначення позиціонування рухомих об'єктів у просторі. Показано, що локалізація об'єктів на основі Wi-Fi є одним з найпопулярніших рішень і вважається найбільш перспективним. Теоретично обґрунтовано та розглянуто практичну реалізацію Wi-Fi-сніфферу для визначення розташування рухомих об'єктів, підключених до бездротової мережі. Розроблено алгоритм фіксації розташування об'єктів шляхом їх ідентифікації за допомогою нейронної мережі з використанням запропонованої мультиагентної моніторингової системи.

Ключові слова: Wi-Fi сніффер, позиціонування рухомого об'єкта, мультиагентна моніторингова система, модель довгострокової пам'яті.

I. BURLACHENKO, V. SAVINOV, O. TOHOIEV

Petro Mohyla Black Sea National University

MULTIAGENT SYSTEM FOR POSITIONING OF MOBILE OBJECTS AS WIRELESS NETWORK HOSTS

The purpose of the work is to theoretically substantiate and practically implement the capabilities of Wi-Fi-sniffing to determine the location of objects. Also, it was set a aim to develop an algorithm for fixing the location of moving objects connected to a wireless network by identifying them using a neural network. The expediency of using a comprehensive positioning technology based on IEEE 802.11 (Wi-Fi) and a multi-agent approach was substantiated to solve the task of positioning and identification. The proposed multiagent approach takes into account the multifaceted nature of the radio channel when calculating the characteristics of the signal during communication of moving objects direct and through access points (AP). The authors proposed a model based on long short-term memory (LSTM), which was included as a directional acyclic graph (DAG) layer and used to identify the behavior of agents of a multi-agent monitoring system (MAMS). To solve the problem of categorization, it was proposed using the Keras model in agent logic based on subnet addresses and agent categories. The developed software allows to track moving objects (smartphones or other gadgets) that are in different segments of the network in relation to a router and host sniffer. These theoretical calculations are confirmed in practice to determine the location of moving objects having access to the Internet - via Wi-Fi or Ethernet - as mobile devices. According to the obtained data, the proposed model has showed 98.7% accuracy in classification. In addition, with this approach, it is possible to reduce the number of calculations in the model. It was also considered the alternative methods for determining the positioning of moving objects in systems with a high level of information security, which exclude the possibility of radio communication.

Keywords: Wi-Fi Sniffer, Positioning of Mobile Objects, Multiagent Monitoring System (MAMS), Long Short-Term Memory (LSTM)

Постановка проблеми

Системи визначення позиціонування рухомих об'єктів у просторі вже довели ефективність для бізнесу при роботі на відкритій місцевості, у контролі переміщення транспорту, у стратегічних й тактичних задачах військової галузі. У цивільних застосуваннях вбудований GPS в мобільних телефонах допомагає не тільки їх користувачам, але і компаніям, що пропонують товари і послуги за територіальним принципом.

На сьогоднішній день науковцями і практиками здійснено значну кількість досліджень проблеми розгортання системи позиціонування мобільних пристроїв. Їх аналіз засвідчив, що похибка існуючих методів становить від 1,78 до 10 м. Дослідниками розглянуті різні аспекти і грані методів позиціонування і навігації [1]. Найбільш поширеними, класичними, є технології позиціонування за допомогою супутникових систем (наприклад, GPS і Galileo) і наземних стільникових мереж.

Невирішеними повністю, актуальними залишаються задачі знаходження кінцевих меж точності систем позиціонування, які визначаються присутністю шумів і перешкод; опис роботи ряду нових методів, таких як пряме позиціонування, які спрямовані на забезпечення роботи GPS з дуже слабкими прийнятими радіосигналами (наприклад, в приміщенні); а також методи оптимального поєднання вимірювань на основі радіосигналів і сигналів з різних датчиків, наприклад інерційних платформ (зокрема, з гіроскопів).

Перспективними також є дослідження у нових галузях спільного (кооперативного) позиціонування, в якому багато вузлів обмінюються сигналами та інформацією, щоб підвищити точність своїх позицій. Трендом у сучасній науці є абсолютно нова галузь досліджень – суперточна дальнометрія в закритих приміщеннях з використанням сигналів з ультраширокою пропускнуою здатністю.

В останнє десятиліття локалізація об'єктів на основі Wi-Fi стала одним з найпопулярніших рішень і вважається найбільш перспективним для вивчення порушених питань як у наукових, так і в промислових сферах.

Основною концепцією бездротової мережі Wi-Fi є наявність точки доступу (AP), яка підключається до Інтернет-провайдера та передає радіосигнал. Зазвичай AP складається з приймача, передавача, інтерфейсу кабельної мережі та програмного забезпечення для швидкої настройки. Навколо AP утворюється мережа в радіусі 50–100 метрів (яка називається хот-спотом або зоною Wi-Fi), в межах якої можна використовувати бездротову мережу. Відстань передачі залежить від потужності передавача (програмно налаштованого в деяких моделях обладнання), наявності та характеристик перешкод типу антени. Сьогодні широко застосовується стандарт 802.11n, який забезпечує швидкість передачі даних до 320 Мбіт/с [2].

Методи позиціонування на основі Wi-Fi можна розділити на дві основні групи. Одна заснована на картографії та картографічному каталозі (англ. CC) [3], а друга – на моделюванні поширення радіохвиль (англ. RF) [4]. Модель RF визначає залежність між силою сигналу та відстанню. Для визначення відстані між відомими точками та мобільним пристроєм можливо використовувати алгоритми трилатерації [5].

Однак, на теперішній час для цього потрібно кілька десятків вимірювань, щоб визначити залежність між відстані та силою сигналу. Звідси випливає, що ця модель не є повністю динамічною і потребує подальших досліджень та вдосконалення.

Мета дослідження

Мета роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні та практичній реалізації можливостей WiFi-сніффінгу щодо визначення розташування об'єктів та розробка алгоритму фіксації розташування рухомих об'єктів, підключених до бездротової мережі, шляхом їх ідентифікації за допомогою нейронної мережі.

Відповідно до мети були визначені наступні **завдання дослідження**:

- 1) проаналізувати тенденції розвитку методів на основі радіохвиль в напрямку реалізації проектів визначення позиціонування рухомих об'єктів у 2D- та 3D-просторі;
- 2) обґрунтувати доцільність та здійснити розвиток мультиагентного підходу для моніторингу численних об'єктів у бездротовій корпоративній мережі;
- 3) розробити алгоритм фіксації розташування рухомих об'єктів, підключених до бездротової мережі, на основі комплексного підходу до визначення позиціонування та ідентифікації таких об'єктів;
- 5) визначити межі застосування різних методів визначення місцеположення рухомих об'єктів у системах з підвищеним рівнем інформаційної безпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розглянемо позиціонування на основі моделювання поширення радіохвиль (англ. RF). Мета такого моделювання – виразити математичну залежність між відстані від приймача до передавача та силою сигналу. Математичний вираз отримують з поліноміальної регресії третього порядку. Основна перевага цієї технології в швидкості позиціонування. Крім того, важливим моментом є те, що точки доступу (англ. AP) є нерухомими з відомими координатами (рис. 1). Актуальною проблемою є розробка методів визначення місця розташування користувача на основі поєднання характеристик сигналів з AP.

Однак, регресія потребує великої кількості точної інформації про силу сигналу протягом досить тривалого часу. Ця методика забезпечує точність позиціонування від 1 м до 3 м. Для оцінки ефективності технологій позиціонування використовується інтегральний квадратичний критерій якості [6].

Для відстеження переміщення користувачів у будівлях також використовується радіочастотна система RADAR [7]. RADAR працює, записуючи та обробляючи інформацію про потужність сигналу на декількох базових станціях, розміщених у зоні зацікавленості для забезпечення покриття, що перекривається. За допомогою технології RADAR, мобільний пристрій використовує CC-мапу необхідного місця. Оригінальна CC-мапа формується з координат, CC-вимірювань та місця розташування мобільного пристрою [8]. Сила сигналу від кожної точки AP порівнюється з відповідними показниками в базі даних і передбачається відповідне розташування. Середня похибка цього методу становить 1,78 м, але максимальна похибка може бути до 40 м [7].

Таким чином, якщо необхідно визначити місцеположення рухомого об'єкта з точністю до приміщення, у такому разі необхідно звернутися до інших методів позиціонування такого об'єкта.

Сніффінг рухомих об'єктів, підключених до бездротових мереж

Для позиціонування в локальних координатах (для визначення руху клієнтів, внутрішньоскладської логістики тощо) використовується обладнання з вбудованим Wi-Fi, RFID-, Bluetooth-модулями, а також акселерометри, компаси, антени для смартфонів [2, 8].

Однак, дані з цих модулів перешкоджають як реєстрації, так і для аналізу. Імовірнісні технології використовують розподіл ймовірності сили сигналу для кожної опорної точки з показниками вище середнього. Наприклад, Ekahau Positioning Engine (EPE) використовує дві функції оцінювання для координації вимірювань з базою даних. Перша функція обчислюється методом ядра, а друга функція обчислюється методом гістограми [9]. Порівняння ефективності обробки різних алгоритмів позиціонування на Intel (R) Core (TM) i7 920 на 2,67 ГГц наведено на рис. 2 для 10^6 випробувань.

Система HORUS базується на логіці Байеса [10]. Основною його особливістю є групування даних, що зменшує обчислювальні витрати та час, необхідний для визначення місця розташування рухомого пристрою, підключеного до точки доступу. Такий підхід також є імовірнісним. Кожна опорна точка містить вибірку з 240 вимірювань. Зразки зберігаються у вигляді гістограми, кожна з яких об'єднує всі AP в спільний розподіл.

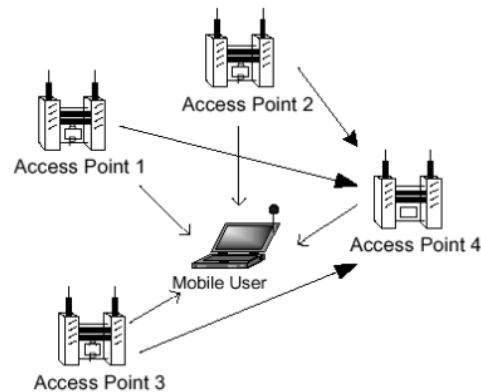


Рис. 1. Рухомий об'єкт (Mobile User) у системі з нерухомими точками доступу (Access Point)

Схема мережі Wi-Fi містить не менше однієї точки доступу AP та може легко масштабуватись.

Також можливе підключення двох клієнтів в режимі точка-точка (Ad-hoc), коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднуються за допомогою мережевих адаптерів «напрямую». Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (англ. SSID) з допомогою спеціальних сигнальних пакетів на швидкості 0,1 Мбіт/с кожні 100 мс. Тому 0,1 Мбіт/с – найменша швидкість передачі даних для Wi-Fi. Знаючи SSID мережі, клієнт може з'ясувати, чи

можливе підключення до даної точки доступу. При потраплянні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID, приймач може вибирати між ними на основі даних про рівень сигналу. Стандарт Wi-Fi дає клієнту повну свободу при виборі критеріїв для з'єднання.

В останнє десятиліття локалізація об'єктів на основі Wi-Fi стала одним з найпопулярніших рішень і вважається найбільш перспективним для вивчення порушених питань як у наукових, так і в промислових спільнотах [11]. Потрібно кілька десятків вимірювань, щоб визначити залежність між відстані та силою сигналу. Звідси випливає, що розглянуті моделі не є повністю динамічними.

Метод мультиагентного аналізу позиціонування рухомих об'єктів

Існуючі мобільні методи позиціонування, які призначені для нерухомого об'єкта, не дозволяють зафіксувати рухомі об'єкти, і вони не потраплятимуть на WiFi-сніффер. Вирішити проблему покращення позиціонування хостів, що рухаються в бездротових мережах, можливо шляхом ідентифікації, здійсненої за допомогою нейронної мережі.

Дослідження показують, що системи на основі трилатерації характеризуються меншими помилками розташування порівняно з байєсівським підходом [12]. Однак з представлених результатів видно, що в середньому в 10 % випадків мобільний об'єкт буде незахищеним, коли користувач працює в корпоративній мережі [13]. У цьому випадку важливо враховувати багатосторонній характер радіоканалу при обчисленні характеристик сигналу під час прямого зв'язку рухомих об'єктів та зв'язку через точки доступу [14].

Для перегляду конкретних даних про трафік, що агент $A_{m(i)}^s$ надсилає у мережу, необхідно більше агентів $A_{m(i)}^{sn}$ зі спеціальною роллю сніфферів. Іноді на хост H_{RoA} може бути встановлено мультиагентне програмне забезпечення для моніторингу (1):

$$RoA = \{ j \in RoA \mid A_{m(i)}^j \}, \tag{1}$$

де RoA – сукупність поведінки агентів. Це найбільш надійний спосіб, але він не завжди доступний. Якщо H_{RoA} підключений до бездротової мережі, тоді він може використовувати додаткові пристрої-агенти $m(i)$. Це означає, що $m(i)$ з роллю сніффера буде підключений через Wi-Fi до маршрутизатора або до хоста-агента. Якщо немає доступу до маршрутизатора через Wi-Fi, необхідно підключити H_{RoA} до незахищеної WiFi-мережі та проаналізувати всі дані про трафік від інших рухомих хостів-агентів (2):

$$RoA_B = \{ m(i - k_{lb}), \dots, m(i), \dots, m(i + k_{rb}) \mid (k_{lb}, k_{rb}) \in B \}, \tag{2}$$

Розглянемо найбільш типовий випадок, коли корпоративна мережа контролюється звичайною Wi-Fi точкою доступу (англ. Access Point або AP). Більшість корпоративних AP працюють з широко розповсюдженими операційними системами (ОС), до яких агенти мультиагентної моніторингової системи (англ. Multiagent Monitoring System або MAMS) без проблем підключаються, наприклад, через протокол Telnet.

Цей експеримент призначений для вивчення процесу перенаправлення трафіку з рухомих агентів (або з будь-якого іншого хоста в мережі) на агент з роллю сніффера для аналізу H_{RoA} шляхом моніторингу (рис. 3).

Мережевий маршрутизатор у якості агента був сконфігурований на базі ОС Linux. Цей агент може бути

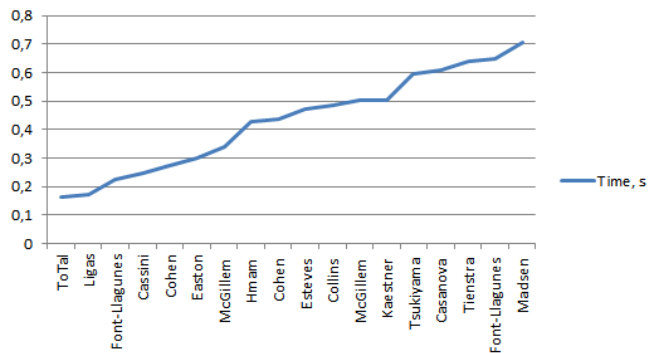


Рис. 2. Порівняння ефективності різних алгоритмів позиціонування

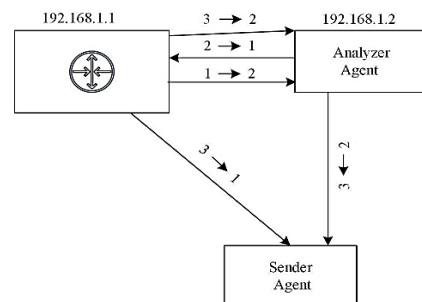


Рис. 3. Блок-схема взаємодії між рухомими агентами у підмережі

налаштований засобами API на борту і має мережеву IP-адресу 192.168.1.1. Агент-аналізатор містить *iptables* and *iproute2* утиліти та сніффер *tcpdump*, завдяки яким він може вирішувати всі мережеві задачі. Агент-аналізатор має IP-адресу 192.168.1.2. Пристрій H_{RoA} виступає Агентом-відправником, що підключений до мережі та має IP-адресу 192.168.1.3.

План дослідження використовує таблицю маршрутизації *iproute2*. Крім того, на маршрутизаторі створюється окрема таблиця маршрутизації і правило, яке використовуватиме її для всього трафіку від рухомих агентів (рис. 4). В таблиці зазначається шлях за замовченням – хост з роллю Агента-сніффера (Sniffing Agent Role). Заборонено зазначити два правила з однаковим пріоритетом. Тобто, в першу чергу потрібно перевірити, чи є ще одне правило з таким же пріоритетом у *ip rule list*.

Доцільно вибрати менше число для зазначення пріоритету – чим менше значення, тим вище пріоритет. Перші 4 цифри вважаються зайнятими та не використовуються. Можливо обрати будь-яку невикористану таблицю (*\$TBL*). Чи таблиця вже використовується, можна переглянути за допомогою команди *ip route list table \$TBL*.

Хост з роллю Агента-сніффера повинен переправляти весь трафік, що досліджується, до мережі, наприклад, за допомогою механізму NAT. Крім того, цей трафік буде легко проходити через один і той же маршрутизатор і відправлятися до місця призначення, оскільки зараз IP-пакети мають іншу адресу відправника, і він не потрапить у нашу таблицю маршрутизації. На хості H_{RoA} можна запустити Агент-аналізатор та фільтрувати трафік за IP-адресою 192.168.1.3.

Але ця схема має суттєвий недолік: трафік, який був призначений для самого Агента-маршрутизатора (Router Agent Role), не потрапить на сніффер. Для вирішення цієї проблеми використовується роль Агента-сніффера, як показано на рис. 4. Судячи зі схеми з таблиці маршрутизації *iptables* від MAMS, оскільки в результаті маршрутизації цей трафік буде перенаправлений (на праву гілку), потрібно змінити його адресу призначення у *PREROUTING*: 192.168.1.3.

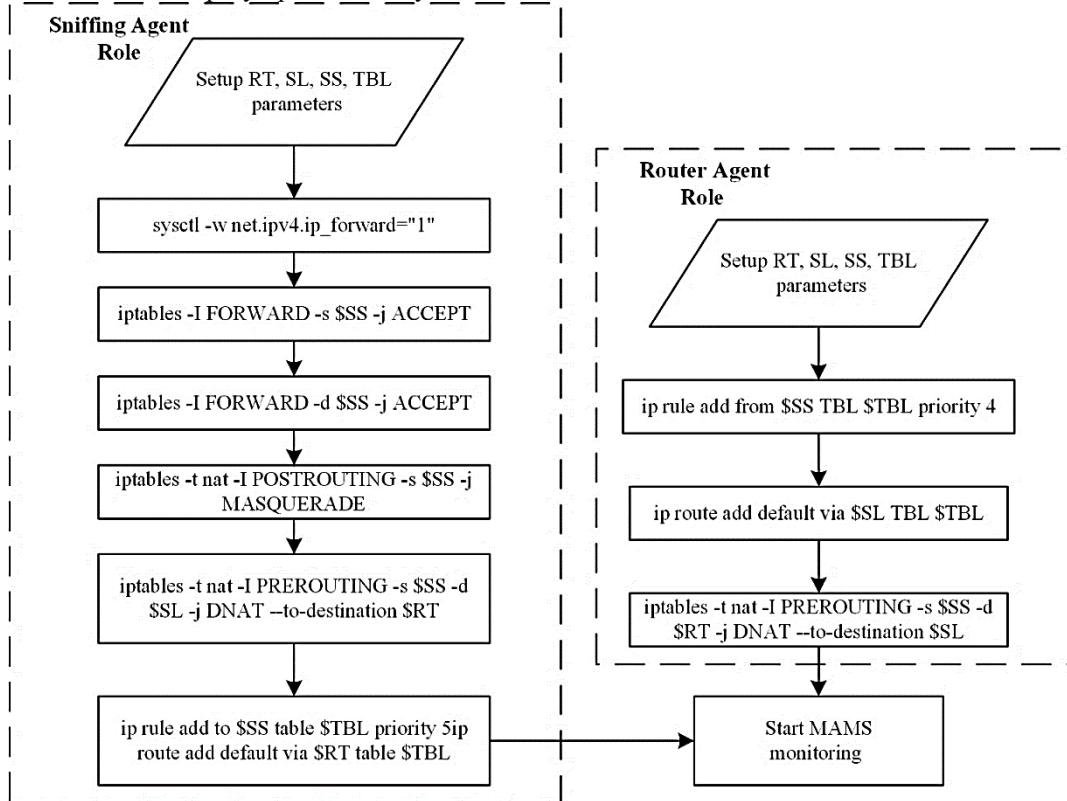


Рис. 4. Мультиагентна моніторингова система (MAMS) для аналізу мережевого трафіка

Необхідно зауважити, що на Агенті-сніффері на хості H_{RoA} трафік потрапить під маскування (*MASQUERADE*), тобто адреса відправника також зміниться для пакетів. В результаті, пакети повинні рухатися за схемою, наведеною на рис. 3.

Однак ця опція не буде працювати, якщо хости H_{RoA} знаходяться в одному сегменті, а маршрутизатор працює як мережевий міст. Тоді, згідно з таблицею маршрутизації, на хості Агента-аналізатора, зворотний трафік буде направлений безпосередньо одержувачу, в такому разі, ОС одержувача повинна ігнорувати трафік, оскільки адреса відправника буде не тією, з якою встановлено з'єднання.

Запропонований метод був реалізований у модулі RoA_B мультиагентної моніторингової системи MAMS. Відповідно до індексів k_{Ib} , k_{rB} діапазону з ролями агентів RoA_B знову перенаправляє ці пакети до маршрутизатора, аналогічно тому, як було зроблено перенаправлення на сніффер.

Коли MAMS отримує проблемний трафік, пристрій H_{RoA} з роллю Агент-маршрутизатор, що використовує штатний механізм (модуль *nf_conntrack*), розпізнає змінені підключення з DNAT в них та і

замінює адресу отримувача пакетів на вихідну. Далі пакети надсилаються одержувачу так, ніби нічого не сталося.

Практичне визначення місцеположення рухомих об'єктів за методом мультиагентного аналізу

Застосування мультиагентного підходу дозволяє аналізувати функціональні властивості всіх агентів у мережі. Таким чином, це дає можливість досліджувати проблему автоматичного класифікації агентів на багато категорій під час встановлення кількох з'єднань у різних сегментах мережі (рис. 5).

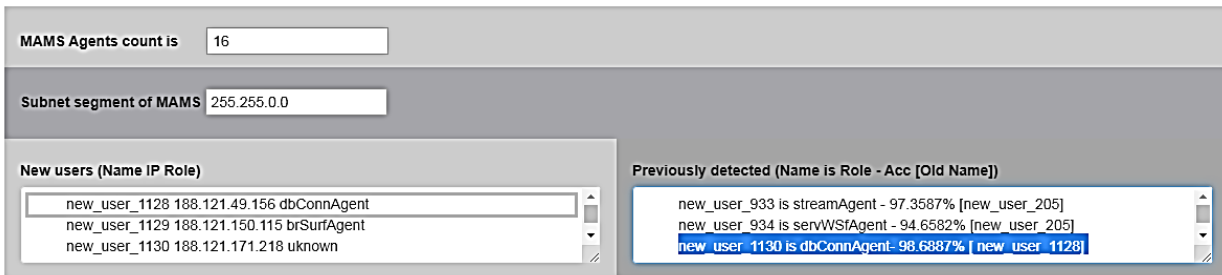


Рис. 5. Користувачський інтерфейс запропонованої MAMS під час визначення ролі нового користувача та позиціонування у мережі

В якості вихідних даних для машинного навчання був наданий набір даних (dataset), що містить біля 10 тисяч мережевих пакетів від MAMS, поділених на 8 категорій відповідно до діяльності мережі агентів, розподілених між 256 мережевими сегментами. Корисне навантаження (payload) мережевих пакетів є нерівномірним та поділяється на категорії, назви яких були приховані навмисно, оскільки ці дані не можуть бути відображені.

Елементи, які агент отримує з корисного навантаження пристроїв H_{ROA} :

$$A_H^{PL} = \{A_{DA}, A_{DO}, A_{IDS}, A_{DAL}, A_{DSD}, A_{NC}, A_{CD}\}, \quad (3)$$

де A_{DA} описує атрибути пристрою: інформацію щодо ОС, версії апаратного та програмного забезпечення, рівень заряду батареї, потужність сигналу, вільний обсяг на накопичувачі, тип браузера, назви та тип застосунків, файлів та програмні плагіни (plugins);

A_{DO} – інформація про роботу пристрою та його поведінку під час використання;

A_{IDS} описує ідентифікатори (ID): індивідуальні ID рухомих об'єктів, ID пристроїв, ID ігор, застосунків, використовуваних акаунтів, унікальні ідентифікатори програмного забезпечення для одного пристрою чи облікового запису;

A_{DAL} – сповіщення пристроїв: Bluetooth-сповіщення, а також інформація про закриті точки доступу, маячки та мобільні вежі;

A_{DSD} – використовується для зберігання даних щодо налаштувань пристрою. Інформація, яку дозволено отримувати через налаштування пристрою, така як доступ до даних GPS, камер або знімків;

A_{NC} – інформація про мережу та її підключення: інформація про оператора або провайдера мережі, мову, часовий пояс, номер мобільного телефону, IP-адресу, швидкість з'єднання, а в деяких випадках і інформація про інші мережі H_{ROA} поблизу;

A_{CD} – дані cookie: cookie, що зберігаються в H_{ROA} , включаючи ідентифікатори файлів cookie та настройки cookie.

Класифікація категорій агентів у бездротовій підмережі за допомогою моделі на основі довгострокової пам'яті

Після того, як буде визначено контрольоване навчання для агентів $A_{m(i)}^{sn}$, такі рішення можуть бути поширені на агентів $A_{m(i)}^{sn}$ на різних H_{ROA} . Така задача для інших агентів з подібними ролями вирішується алгоритмом, наведеним на рис. 6.

Суть завдання визначення класифікаційної категорії агента, коли агенти з'являються в іншому сегменті мережі після його попередньої підготовки та очищення, полягає у складанні словника всіх функцій, доступних у текстах корисного навантаження A_H^{PL} , заміні кожної категорії цифрою – унікальним номером слова у словнику, вирівнюванні довжини кожної категорії та сегментів мережі відповідно до потрібного розміру (зазвичай це кількість елементів у векторі найдовшої функції). Тоді будь-який алгоритм класифікації може бути застосований до даних, представлених у цій формі. В розглянутому випадку необроблені дані були представлені в системі керування базами даних (СКБД або англ. DBMS) *MariaDB*. Зазначені дані успішно завантажені до *Pandas DataFrame*.

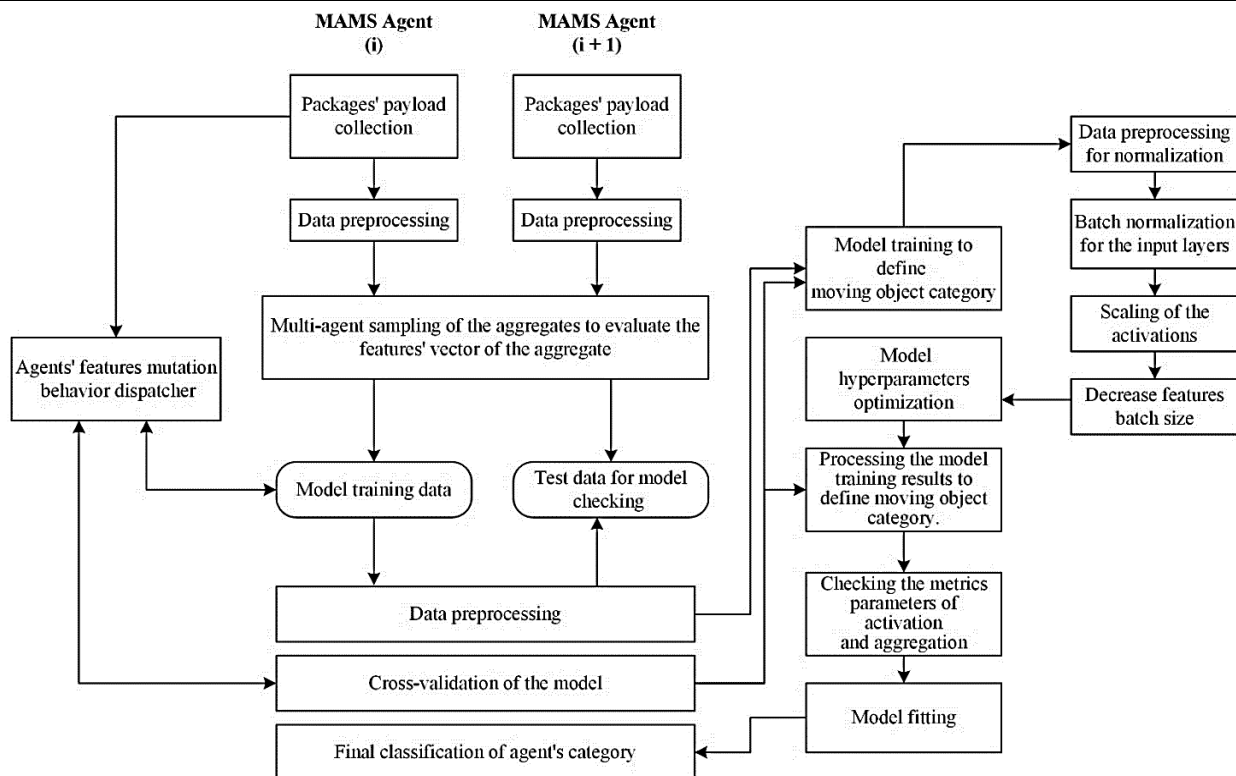


Рис. 6. Модифікований алгоритм контрольованого навчання агентів MAMS для визначення категорії рухомих об'єктів

На етапі попередньої обробки дані були проаналізовані: розглянутий розподіл даних; визначено, чи є в даних, які будуть проаналізовані, втрачені дані; визначено, у якій формі дані представлені. Необхідно перетворити дані в єдину форму для можливості порівняння. У нашому випадку було сформовано набір даних підмережі для додатків розподілених агентів $A_{m(i)}^s$. Специфічний трафік даних за категоріями оцінювали за допомогою функції $df.head()$. Різні спеціальні символи, які потрібно було видалити з *DataFrame*, були нормалізовані за допомогою *ymorphy2*.

Стовпчик *DataFrame* містить текстові дані з особливостями H_{RoA} . Вони повинні бути замінені числовими даними, узгоджуючи назву кожної категорії з її унікальним номером. Через велику кількість записів їх обробка потребує значного часу, тому для пришвидшення роботи в майбутньому рекомендується періодично зберігати зміни у *DataFrame*, наприклад, у форматі pickle. Дані у *DataFrame* читаються швидко і зручно в будь-який час. Отже, перед початком навчання залишається перетворити всі описи функцій агента A_H^{PL} в порівнянну форму і розбити дані. Настійно рекомендується змішати рядки всього *DataFrame* так, щоб всі категорії ролей агента потрапили до наборів даних про навчання та перевірку.

Набори навчальних та тестових даних будуть містити масив чисел із зазначенням описів функцій ($payP1$, $payP2$) агента A_H^{PL} та адрес підмережі ($payP3$) на який посилається агент $A_{NC(SNA)}$. Відповідно, дані для навчання будуть записуватися у змінні $payP1_train$, $payP2_train$, $payP3_train$, а дані для тестування алгоритму навчання будуть записуватися у змінні $payP1_test$, $payP2_test$, $payP3_test$. Цей етап включає вхідний масив з описом рядків функцій агента, масив з числовим позначенням міток категорії агента $A_{m(i)}^s$ та змінною, необхідною для зміни обсягу даних для тесту та перевірки.

У проведеному експериментальному дослідженні було використано 90 % даних для тренінгу та 10 % для перевірки результату. Для різних порцій був реалізований диспетчер мутацій поведінки агентів. Кількість категорій поведінки агента в словнику, який був використаний у дослідженні, становить 8, а кількість підмереж – до 256. Для вирішення проблеми категоризації було запропоновано використовувати у логіці агента модель Кераса, реалізована у наведеному ациклічному графі (англ. Directed acyclic graph або DAG) шарів для запропонованої ідентифікації поведінки агентів MAMS на основі адрес підмережі ($netSegPos$) та категорій агентів ($AgentCat$) (рис. 7). Для визначення положення рухомого агента можна було використовувати лише 1700 кадрів з корисним навантаженням, що становить приблизно 17 % всього набору даних у 10 тис. кадрів.

Використання диспетчера мутацій поведінки як частини MAMS значно скорочує кількість обчислень та прискорює процес навчання. Дані перехресної перевірки використовуються для того, щоб перевірити, чи є модель надмірною для покриття усіх даних. Щоб знайти рішення проблеми категоризації, моделі довгострокової пам'яті (англ. Long Short-Term Memory або LSTM) були включені як шар DAG. Згідно з отриманими даними, запропонована модель показала 98,7 % точності у класифікації (рис. 8).

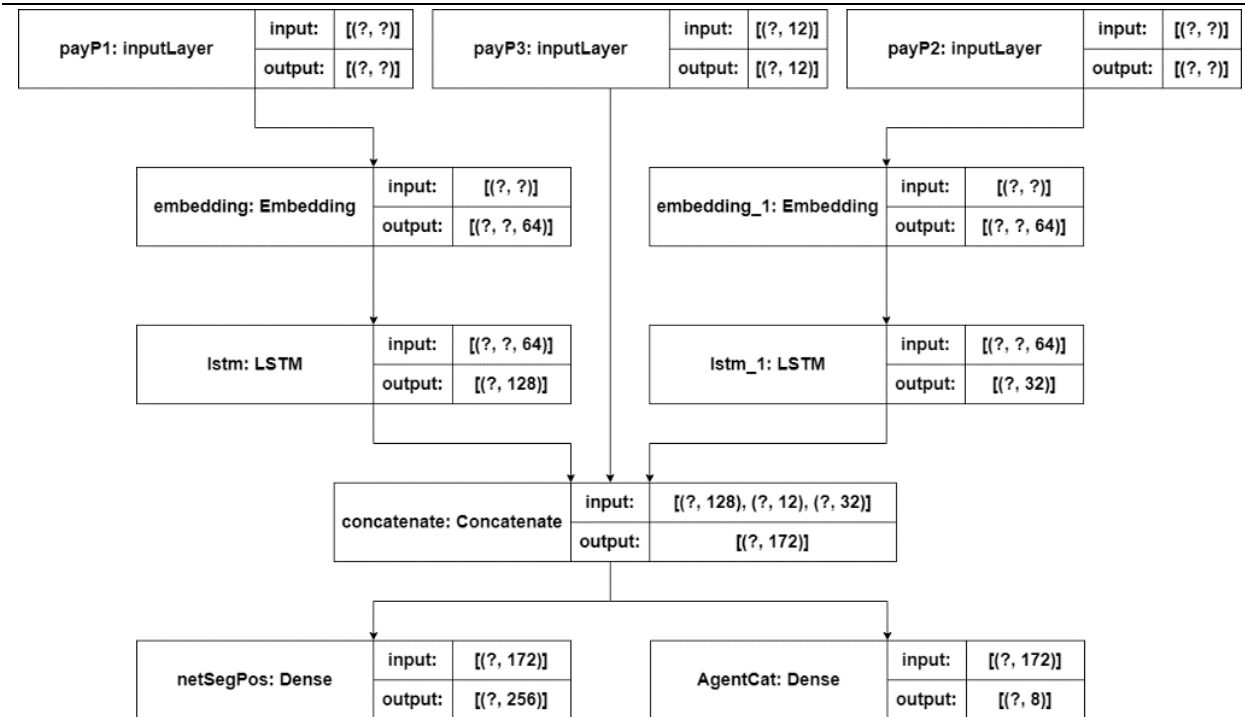


Рис. 7. Направлений ациклічний граф шарів для запропонованої ідентифікації поведінки агентів MAMS

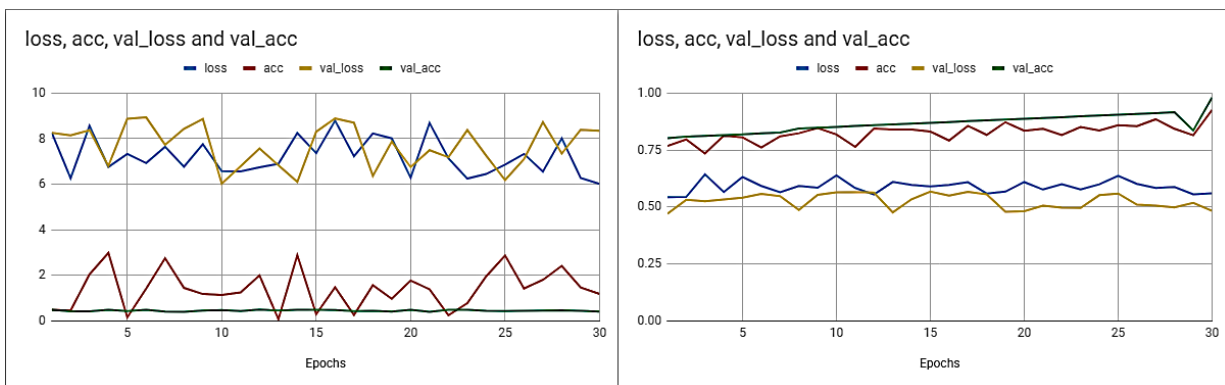


Рис. 8. Діаграма точності класифікаційних моделей агента

Таким чином, отримана модель була навчена шляхом запису історії навчання у сховище із заздалегідь заданим розміром партії. Період навчання становив 32 та 30 епох. Після навчання моделі її точність була підтверджена.

Висновки

У процесі дослідження обґрунтовано доцільність використання комплексної технології позиціонування на основі IEEE 802.11 (Wi-Fi) та мультиагентного підходу в єдності компонентів – позиціонування та ідентифікації виконуваних завдань.

З’ясовано місце запропонованого методу та моделі радіочастотного поширення, заснованого на мультиагентному підході, у системі задач навігації у просторі – для вирішення зазначених задач у приміщеннях, де сигнал від супутникових систем навігації надто слабкий. У такому випадку маршрутизатор, хост-сніффер та смартфон бо інші гаджети, якими оснащені рухомі об’єкти, можуть знаходитись у різних сегментах мережі. Це надає можливість відслідковувати будь-який пристрій, який має доступ до Інтернет, через Wi-Fi або Ethernet, як мобільний пристрій. Крім того, при такому підході, можливо зменшити кількість обчислень у моделі.

Розроблений алгоритм фіксації розташування рухомих об’єктів, підключених до бездротової мережі, шляхом їх ідентифікації за допомогою мультиагентного підходу та нейронної мережі. Розроблено програмне забезпечення (Sniffing Software), яке реалізує запропонований метод.

Для моніторингу об’єктів бездротової корпоративної мережі використовується мультиагентний підхід з урахуванням багатостороннього характеру радіоканалу при обчисленні характеристик сигналу під час прямого зв’язку рухомих об’єктів та зв’язку через точки доступу.

Однак, у 10 % випадків мобільний об’єкт буде незахищеним в корпоративній мережі. Тому, для рухомих об’єктів, пов’язаних з військовими проєктами, та для таких, що потребують підвищеного рівня інформаційної безпеки, у процесі визначення позиціонування рухомих об’єктів доцільно використовувати методи, що базуються не тільки на радіохвилях, а також на аномалії магнітного поля Землі, на комбінаторній квантовій навігації, вібраційних процесах у мікрогіроскопах й т. і. [15, 16].

Дана робота є основою для проведення подальших теоретичних і практичних досліджень у напрямі використання зазначених технологій у різних умовах оточуючого середовища рухомих об'єктів для забезпечення їх безпечної навігації та визначення їх місцеположення з достатньою точністю.

Література

1. Дардари Д. Методы спутникового и наземного позиционирования. Перспективы развития технологий обработки сигналов / Д. Дардари, М. Луисе, Э. Фаллетти. – Москва : Техносфера, 2012. – 528 с.
2. Ченлян І. Аналіз результатів досліджень реальної пропускну здатності безпроводових мереж стандарту IEEE 802.11 / І. Ченлян, В. С. Лазебний // Проблеми інформатизації та управління. – 2019. – № 1 (61). – С. 30–39.
3. Santerre R. Single point positioning using GPS, GLONASS and BeiDou satellites / R. Santerre, L. Pan, C. Cai [et al.] // Positioning. – 2014. – Vol. 5. – P. 107–114. – DOI : 10.4236/pos.2014.54013
4. Пасічник В. В. Мобільні інформаційні технології навігації користувача в приміщеннях зі складною просторовою організацією / В. В. Пасічник, В. В. Савчук, О. І. Єгорова // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. Радіоелектроніка та телекомунікації. – 2016. – № 849. – С. 236–240.
5. Burlachenko I. Devising a method for the active coordination of video cameras in optical navigation based on multi-agent approach / I. Burlachenko, I. Zhuravska, M. Musiyenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1, No. 9 (85). – P. 17–25. – DOI : 10.15587/1729-4061.2017.90863.
6. Pantiukhin A. R. System of determination of objects location inside of premises / A. R. Pantiukhin, A. S. Belyaev // International research journal. – 2017. – Vol. 10, No. 64. – P. 81–84. – DOI : 10.23670/IRJ.2017.64.012.
7. Bahl V. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system [Electronic resource] / V. Bahl // Proc. of the 22nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2016). – Access mode : <https://www.youtube.com/watch?v=XI5-t5kKENk>.
8. Dabove P. Positioning techniques with smartphone technology: performances and methodologies in outdoor and indoor scenarios [Electronic resource] / P. Dabove, V. Di Pietra, A. M. Lingua // Smartphones from an Applied Research Perspective. – 2017. – DOI : 10.5772/intechopen.69679.
9. Krzysztofik W. J. Radio network planning and propagation models for urban and indoor wireless communication networks [Electronic resource] / W. J. Krzysztofik // Antennas and Wave Propagation. – 2018. – DOI : 10.5772/intechopen.75384.
10. Youssef M. The Horus WLAN location determination system [Electronic resource] / M. Youssef, A. Agrawala // Proc. of the 3rd Int. Conf. on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys), Seattle, Washington, USA. – 2005, June. – P. 205–218. – DOI : 10.1145/1067170.1067193.
11. Yu X. A method of fingerprint indoor localization based on received signal strength difference by using compressive sensing [Electronic resource] / X. Yu, X. Wang, J. Wu // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking volume. – 2020. – No. 72. – DOI : 10.1186/s13638-020-01683-8.
12. Маркин Д. О. Модель системы определения местоположения мобильного устройства на основе метода статистических испытаний / Д. О. Маркин, С. М. Макеев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2016. – № 2. – С. 150–165.
13. Burlachenko I. Vulnerabilities analysis and defense based on MAS method in fast dynamic wireless networks [Electronic resource] / I. Burlachenko, I. Zhuravska, Ye. Davydenko, V. Savinov // Proc. of the Wireless Systems within the IEEE 4th Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IEEE IDAACS-SWS), Lviv, Ukraine, 2018. – P. 98–102. – DOI : 10.1109/IDAACS-SWS.2018.8525692.
14. Rida J. F. A. Improvement for performance radio frequency in wireless communication based on impulse signal / J. F. A. Rida // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2020, May. – Vol. 18, No. (2). – P. 903–916. – DOI : 10.11591/ijeecs.v18.i2.pp.903-916.
15. Canciani A. J. An analysis of the benefits and difficulties of aerial magnetic vector navigation / A. J. Canciani, C. J. Brennan // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2020, April. – DOI : 10.1109/TAES.2020.2987475/
16. Tucker P. Four DARPA projects that could be bigger than the Internet. Defense One [Electronic resource] / P. Tucker. – Publ. May 20, 2014. – Access mode : <https://www.defenseone.com/technology/2014/05/four-darpa-projects-could-be-bigger-internet/84856/>.

References

1. Dardari D. Metody sputnikovogo i nazemnogo pozitsionirovaniya. Perspektivy razvitiya tekhnologii obrabotki signalov / D. Dardari, M. Luise, E. Falletti. – Moskva : Tekhnosfera, 2012. – 528 s. [In Russian].
2. Chenlian I. Analiz rezultatov doslidzhen realnoi propusknoi zdatnosti bezprovodovykh mrezh standartu IEEE 802.11 / I. Chenlian, V. S. Lazebnyi // Problemy informatyzatsii ta upravlinnia. – 2019. – № 1 (61). – S. 30–39 [In Ukrainian].
3. Santerre R. Single point positioning using GPS, GLONASS and BeiDou satellites / R. Santerre, L. Pan, C. Cai [et al.] // Positioning. – 2014. – Vol. 5. – P. 107–114. – DOI: 10.4236/pos.2014.54013
4. Pasichnyk V. V. Mobilni informatsiini tekhnologii navihatsii korystuvacha v prymishchenniakh zi skladnoiu prostorovoiu orhanizatsieiu / V. V. Pasichnyk, V. V. Savchuk, O. I. Yehorova // Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhnika”. Radioelektronika ta telekomunikatsii. – 2016. – № 849. – S. 236–240 [In Ukrainian].
5. Burlachenko I. Devising a method for the active coordination of video cameras in optical navigation based on multi-agent approach / I. Burlachenko, I. Zhuravska, M. Musiyenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 1, No. 9 (85). – P. 17–25. – DOI: 10.15587/1729-4061.2017.90863.

6. Pantiukhin A. R. System of determination of objects location inside of premises / A. R. Pantiukhin, A. S. Belyaev // International research journal. – 2017. – Vol. 10, No. 64. – P. 81–84. – DOI: 10.23670/IRJ.2017.64.012.
7. Bahl V. RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system [Electronic resource] / V. Bahl // Proc. of the 22nd Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2016). – Access mode : <https://www.youtube.com/watch?v=XI5-t5kKENk>.
8. Dabove P. Positioning techniques with smartphone technology: performances and methodologies in outdoor and indoor scenarios [Electronic resource] / P. Dabove, V. Di Pietra, A. M. Lingua // Smartphones from an Applied Research Perspective. – 2017. – DOI: 10.5772/intechopen.69679.
9. Krzysztofik W. J. Radio network planning and propagation models for urban and indoor wireless communication networks [Electronic resource] / W. J. Krzysztofik // Antennas and Wave Propagation. – 2018. – DOI: 10.5772/intechopen.75384.
10. Youssef M. The Horus WLAN location determination system [Electronic resource] / M. Youssef, A. Agrawala // Proc. of the 3rd Int. Conf. on Mobile Systems, Applications, and Services (MobiSys), Seattle, Washington, USA. – 2005, June. – P. 205–218. – DOI: 10.1145/1067170.1067193.
11. Yu X. A method of fingerprint indoor localization based on received signal strength difference by using compressive sensing [Electronic resource] / X. Yu, X. Wang, J. Wu // EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking volume. – 2020. – No. 72. DOI: 10.1186/s13638-020-01683-8.
12. Markin D. O. Model' sistemy opredeleniya mestopolozheniya mobil'nogo ustroystva na osnove metoda statisticheskikh ispytaniy / D. O. Markin, S. M. Makeev // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki. – 2016. – № 2. – S. 150–165 [In Russian].
13. Burlachenko I. Vulnerabilities analysis and defense based on MAS method in fast dynamic wireless networks [Electronic resource] / I. Burlachenko, I. Zhuravska, Ye. Davydenko, V. Savinov // Proc. of the Wireless Systems within the IEEE 4th Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IEEE IDAACS-SWS), Lviv, Ukraine, 2018. – P. 98–102. – DOI: 10.1109/IDAACS-SWS.2018.8525692.
14. Rida J. F. A. Improvement for performance radio frequency in wireless communication based on impulse signal / J. F. A. Rida // Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science. – 2020, May. – Vol. 18, No. (2). – P. 903–916. – DOI: 10.11591/ijeecs.v18.i2.pp.903-916.
15. Canciani A. J. An analysis of the benefits and difficulties of aerial magnetic vector navigation / A. J. Canciani, C. J. Brennan // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2020, April. – DOI: 10.1109/TAES.2020.2987475/
16. Tucker P. Four DARPA projects that could be bigger than the Internet. Defense One [Electronic resource] / P. Tucker. – Publ. May 20, 2014. – Access mode : <https://www.defenseone.com/technology/2014/05/four-darpa-projects-could-be-bigger-internet/84856/>.

Надійшла / Paper received : 19.10.2020 Надрукована/Printed : 27.11.2020