

DOI [10.28925/2663-4023.2021.13.6380](https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.13.6380)

УДК 004.45

Мошенченко Микита Сергійович

Аспірант

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0002-0211-2263

nrodan@icloud.com**Жураковський Богдан Юрійович**

Доктор технічних наук, професор

Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

ORCID ID: 0000-0003-3990-5205

zhurakovskiybyu@tk.kpi.ua

МОДЕЛЬ БЕЗПРОВОДНОЇ МЕРЕЖІ ІНТЕРАКТИВНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ SMARTCITY

Анотація. У даній статті розглянуто проблему процесу застосування роботів та керування ними у закладах харчування за допомогою безпроводових мереж, показано основні особливості існуючих рішень у сферах робототехніки та мереж, їх переваги та недоліки. Досліджено безпроводові мережі для застосування їх у керуванні роботами.

Основним завданням безпроводових мереж є забезпечення на певній території високошвидкісного локального доступу до сервісів і даних, обмін інформацією між користувачами, що знаходяться в межах даної території. Побудова мереж Wi-Fi (IEEE 802.11) безпроводової передачі даних на даний час є широко затребуваною за рахунок маси переваг. Серед основних переваг даної технології найбільш привабливі такі: низька вартість обладнання; гнучкість застосування обладнання; висока швидкість передавання даних.

Ця технологія надає можливість для роботи цілого ряду користувацьких додатків. Інфраструктура безпроводових мереж - це основа, на якій будується подальше впровадження призначених для користувача додатків і забезпечується підтримка ключових для компанії сервісів. До таких сервісів відносяться мережеве управління, інформаційна безпека і механізми гарантії якості сервісу (QoS).

Було налаштовано віртуальне середовище з відповідним програмним забезпеченням, проведена симуляція мережі, та записані її результати. Дане рішення може бути використане у закладах харчування. Дозволяє впровадити нові технології у сферу людського життя та збільшити прибутки власникам закладів харчування.

Ключові слова: інфраструктура, робот, безпроводова мережа, Wi-Fi, WLAN, модель, інформаційна безпека.

ВСТУП

У наш час світ розвивається дуже стрімко, технології створюють та дозволяють імплементувати людське життя все більше можливостей для застосування розумних машин. Одна з сфер де впровадження роботів є найактуальнішим та може полегшити існування людей – є сфера харчування.

Щоб успішно впроваджувати в цю сферу машини, які дійсно полегшуватимуть життя людей, можна розробити дієву безпроводову мережу для керування роботами у закладах харчування. Та для цього спочатку потрібно досконало дослідити наявні технології, що потрібні для створення та використання безпроводових мереж.

Впровадження нових технологій у таку сферу життя, як заклади харчування, зможе допомогти підвищити ефективність та рентабельність обслуговування цих закладів а також підвищити популярність серед можливих майбутніх клієнтів.



Постановка проблеми. Модель системи або процесу – це теоретичне описання того, як працює система або процес, або того як вони могли б працювати [1].

Існує багато видів різних типів моделей. Серед них є такі як: еволюційне моделювання, економічне моделювання, математичне моделювання, фізичне моделювання, комп'ютерне моделювання, імітаційне моделювання.

Еволюційне моделювання – це набір споріднених алгоритмів у комп'ютерній науці для глобальної оптимізації, натхненне біологічною еволюцією та, такою підгалуззю штучного інтелекту як програмні алгоритми комп'ютерного навчання. Якщо брати як технічний термін, то вони є набором вирішень різних випробувань та проблем пов'язаних з населенням, які мають метаевристичний або стохастичний характер [2].

Економічне моделювання – це процес створення теоретичної моделі, побудованої для наближеного опису економічних процесів за допомогою відносно невеликого числа концепцій або змінних. Економічна модель може бути як якісною, так і стохастичною або детермінованою математичною моделлю [3].

Математичне моделювання – це процес опису системи з використанням математичних понять та визначень. Математичні моделі використовуються в природничих науках (таких як фізика, біологія, хімія) та інженерних дисциплінах (таких як інформатика та електротехніка), а також в соціальних науках (таких як економіка, психологія та соціологія) [4].

Фізичне моделювання – це процес у якому створюється збільшена або зменшена фізична копія реального об'єкта (наприклад модель атома)[5].

Комп'ютерне моделювання – це один з видів математичного моделювання, який виконується на комп'ютері, та розробляється для того, щоб передбачити поведінку або результат якогось реального процесу з реального світу. Оскільки вони дозволяють перевірити надійність обраної математичної моделі, комп'ютерне моделювання стало корисним інструментом для математичного моделювання у багатьох системах з фізики (обчислювальної фізики), астрофізики, кліматології, хімії, біології та виробництва, а також процесів в економіці, психології, суспільствознавстві, охороні здоров'я та інженерії [6].

Імітаційне моделювання – це підвид комп'ютерного моделювання у якому відбувається процес створення та аналізу цифрового прототипу фізичної моделі, для того, щоб передбачити її продуктивність [7]. Імітаційне моделювання може використовуватися наприклад для моделювання та перевірки як якихось природних явищ, та їх впливу на навколишній світ, так і різних видів мереж, без того, щоб будувати їх в реальному світі.

Виходячи з визначень, різних видів моделей, для даної дипломної роботи буде найкраще використати саме імітаційну модель, тому що, з її допомогою ми матимемо змогу провести дослідження бездротової мережі, не створюючи реальну модель мережі, а лише її імітацію.

Безпроводова мережа – це комп'ютерна мережа, яка не з'єднана кабелями будь-якого типу. Використання безпроводової мережі дозволяє підприємствам уникнути дорогого процесу проведення кабелів у будівлі або в якості зв'язку між різними місцями де стоїть обладнання, яке для коректної роботи потребує наявності мережевого з'єднання між ними. Основу безпроводових систем складають радіохвилі, реалізація яких відбувається на фізичному рівні структури мережі [8].

Серед видів мереж виділяються такі підвиди: WPAN, WLAN, WMAN. Розглянемо кожен вид та визначимо, який з них підходить найбільше [9].



WPAN (wireless personal area network) – це персональна мережа для з'єднання пристроїв, зосереджена навколо робочої області окремої людини, в якій з'єднання є бездротовими. Зазвичай безпроводова мережа особистої зони використовує певну технологію, яка дозволяє спілкуватися на відстані приблизно 10 метрів – іншими словами, дуже короткий діапазон. Однією з таких технологій є Bluetooth [10].

WPAN – може слугувати для з'єднання всіх звичайних обчислювальних та комунікаційних пристроїв, які багато людей мають на своєму столі або носять з собою повсякденному житті [11].

WLAN (wireless local area network) – це локальна мережа, яка дозволяє пристроям підключатися та спілкуватися за допомогою безпроводового способу. На відміну від традиційної проводової локальної мережі, в якій пристрої спілкуються по кабелях Ethernet, пристрої по WLAN спілкуються через Wi-Fi.

Хоча WLAN може виглядати інакше, ніж традиційна локальна мережа, він функціонує так само. Нові пристрої, як правило, додаються та налаштовуються за допомогою протоколу DHCP [12]. Вони можуть спілкуватися з іншими пристроями в мережі так само, як і в звичайній проводовій мережі. Основна відмінність полягає в тому, як передаються дані. У локальній мережі дані передаються по фізичних кабелях у серії Ethernet пакетів. У безпроводовій локальній мережі дані передаються по повітрю за допомогою одного з протоколів IEEE 802.11 [13].

Так як безпроводові пристрої зросли в популярності, то те саме сталося і з мережею WLAN. Насправді більшість проданих маршрутизаторів зараз є безпроводовими маршрутизаторами. Безпроводовий маршрутизатор виконує функцію базової станції, забезпечує безпроводове з'єднання з будь-якими пристроями з підтримкою Wi-Fi [14] в межах діапазону безпроводового сигналу маршрутизатора. Сюди входять ноутбуки, планшети, смартфони та інші безпроводові пристрої, такі як смарт-прилади та контролери розумного дому. Безпроводові маршрутизатори часто підключаються до кабельного модему або іншого пристрою, підключеного до Інтернету, щоб забезпечити доступ до Інтернету у підключених пристроїв [15].

LAN та WLAN можна об'єднати за допомогою моста, який з'єднує дві мережі. Багато безпроводових роутерів також включають порти Ethernet [16], що забезпечують з'єднання для обмеженої кількості бездротових пристроїв. У більшості випадків безпроводові маршрутизатори виконують роль моста, об'єднуючи пристрої, що підключаються до Ethernet та до Wi-Fi, в одну мережу. Це дозволяє проводовим та безпроводовим пристроям спілкуватися один з одним за допомогою одного маршрутизатора [17].

WMAN (wireless metropolitan access network) – мережа безпроводового зв'язку, яка може охоплювати доволі велику територію, таку як район міста або невелике містечко [18].

Розглянувши кожен вид, можна сказати, що найбільше в контексті нашої роботи підходить WLAN, яка може повністю покрити площу закладу харчування, та забезпечити функціонування мережі для керування роботами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Останнім часом спостерігається тенденція інтегрування передавання різних видів інформації (мова, дані, зображення, інформація для телеуправління і контролю) та послуг у єдину мережу, яка оснащена різними видами апаратури. Управління такими мережами можливе тільки із застосуванням нових способів та систем управління мережами. Використання системи управління операторами мобільного, фіксованого зв'язку

забезпечує економічне і ефективне управління мережею, що є ключем до успішної роботи мережі - гарантуючи низькі витрати та високу надійність мережі. Це означає швидке виявлення, локалізацію та усунення несправностей, зі зниженням витрат на трудові ресурси, обладнання та навчання, в той же час гарантує забезпечення найкращої якості і безпеки.

Аналізуючи огляд технічної інформації управління безпроводовими мережами провідних фірм та корпорацій світу, шляхи створення і тенденції розвитку управління, можна виділити такі положення: в усіх розвинених країнах світу розроблено або розробляються та впроваджуються автоматизовані системи управління безпроводовими мережами, які забезпечують ефективність і надійність роботи устаткування, що постійно ускладнюється; постійне розширення функцій мережі та послуг, що надаються споживачеві, ставлять підвищені вимоги до гнучкості систем і оперативності управління, їх здатності адаптуватися до умов роботи та до особливостей мереж, для забезпечення необхідної якості роботи та живучості як самої керованої мережі, так і систем управління, при створенні національних та регіональних центрів управління

Цим питанням присвячені експериментальні дослідження вітчизняних та закордонних вчених: Якубайтіс Є.А., Беркман Л.Н., Кловський Д.Д., Шеннон К., Стеклов В.К., Зюко О.Г., Лазарев В.Г., Нейман В.І., Поспелов Г.С., Зайцев Г.Ф., Красовський А.А., Лапа В.Г., Лернер А.Я., Льюс Р.Д., Бурячок В.Л., Гайдур Г.І., Сайко В.Г. та інші.

Мета статті. Метою даної роботи є створення моделі безпроводової мережі для керування роботами у закладах харчування, що дозволить як впровадження роботів у нових закладах, так і покращити їх застосування у закладах, де вони вже використовуються.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Роботи, які контролюються людьми з особливими потребами

У Японії, у токійському районі Мінато, було створено кафе, у якому роботами офіціантами віддалено керують люди, з фізичними вадами. Вони керують роботами знаходячись вдома за допомогою мережі Інтернет. Оператори отримують зображення та аудіо з роботу, та передають команди зі своїх комп'ютерів, та таким чином виконують керування роботом (рис.1) [19].



Рис.1 Роботи у ресторані в токійському районі Мінато

Звичайно, це існуюче рішення є корисним, тому що дозволяє людям з обмеженнями працювати, та що важливіше, відчувати себе повноцінними членами суспільства. Але у цього способу використання є і недоліки, зокрема, у разі проблем з мережею, робота буде паралізована, а отже підприємство понесе збитки.

2.2.Роботи, які використовують штучний інтелект

У китайській провінції Гуанчжоу, у закладах харчування почали використовувати роботів (рис. 2), які керувалися штучним інтелектом [20]. Таке рішення може здатися дуже добрим, адже непотрібно використовувати людську працю, а отже платити заробітну платню, бо роботи цілком автономні та можуть самі обслужити клієнта. Також, це спрощує життя власникам закладів, адже у світі є проблема з пошуком персоналу на роботу офіціантів, бо ця професія не вважається надто престижною.



Рис. 2 Робот у ресторані в китайській провінції Гуанчжоу

Та це може нести за собою ризики пов'язані з тим, що бездушні машини почнуть робити помилки у процесі використання. Наприклад, оскільки штучний інтелект, поки що недосконалий, то можуть ставатися неприємні випадки. Наприклад: робот не завжди може донести їжу або напої, так, щоб не розсипати або розлити їх, або почне лити гарячий напій не у ємність на столі, а на клієнта, також невиключений варіант, коли штучний інтелект робота вирішить піти не до клієнта, а в якесь місце, де він не потрібен. Це може призвести до роздратування людини, і як наслідок, того, що вона піде не заплативши через поганий сервіс та втратою її, як майбутнього клієнта.

Проаналізувавши, існуючі рішення, можна зробити висновок, що існуючі рішення, не є ідеальними, тому можна запропонувати й інше рішення у цій сфері.

Таким рішенням може стати використання бездротової мережі для керування роботами. Зокрема, потрібен один управляючий – людина, яка буде надсилати роботам накази по мережі, спираючись на дані з зали закладу харчування. Таке рішення буде ефективним через декілька причин: по-перше, роботи виконуватимуть лише отримані команди, і це допоможе ефективніше їх використовувати. По-друге, завдяки тому, що не потрібно багато персоналу, можна буде підвищити заробітну платню усім іншим працівникам закладу харчування, а отже найняти більш кваліфікованих спеціалістів, що покращить імідж закладу. Також оскільки мережа, буде локальною, то відключення мережі інтернет не вплине на отримання команд та подальше їх виконання.

Таблиця 2.1.

Порівняльний аналіз існуючих рішень та майбутнього проєкту

	Даний проєкт	Рішення 1	Рішення 2
Автономність	+	-	+
Людське керування	+	+	-
Оплата праці персоналу	+	+	-

У цьому розділі було розглянуто існуючі рішення в сфері роботів, які використовуються, як офіціанти у закладах харчування. Було досліджено та проаналізовано, які сильні та слабкі сторони є в кожному з розглянутих рішень, та, які небезпеки вони несуть. Також було запропоновано альтернативу, та її переваги над існуючими рішеннями. Виділено, що запропонований варіант не матиме таких недоліків і зможе бути успішно реалізований. Створено порівняльну таблицю. На основі цього дослідження, будуть сформовані вимоги та функціонал для подальшої роботи.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Проєктування імітаційної моделі безпроводової мережі для керування роботами у закладах харчування. Обладнання для використання у мережі

Для побудови безпроводової мережі можна використовувати обладнання, яке працює на частоті 2.4 гігагерц та 5 гігагерц. У кожній технології є, як свої переваги, так і недоліки. Розглянемо ці плюси та мінуси детальніше.

Обладнання, яке працює на частоті 2.4 ГГц є дуже поширеним, зокрема і тому, що на цій частоті працюють старі безпроводні телефони, системи автоматичного відкривання дверей у гаражі та багато інших пристроїв. Оскільки, хвилі у діапазоні 2.4 ГГц, є довгими, то вони передаються на далекі відстані і мають здатність проходити через стіни та і суцільні предмети. Це є беззаперечним плюсом, якщо потрібна мережа має охоплювати велику площу, на якій можуть знаходитись перешкоди. Але є і один дуже серйозний недолік. Так, як кількість приладів що використовують частоти в діапазоні 2.4 ГГц дуже велика, то може ставатися перевантаження цього діапазону, що приведе до втрати з'єднання та падіння швидкості передачі даних.

Обладнання, яке працює на частоті 5 ГГц ще не набуло масового поширення, тому що ця технологія відносно нова. Через це, діапазон 5 ГГц не настільки заповнений і тому вірогідність втрати з'єднання дуже низька. Також швидкість передачі даних помітно зростає в порівнянні з частотами у діапазоні 2.4 ГГц. Та все ж, здобуваючі перераховані плюси, з'являються і певні недоліки. Серед них, те, що втрачається область передачі сигналу та втрата здатності проходити крізь стіни та суцільні об'єкти, але ці проблеми можна виправити за допомогою посилювачів сигналу (Діаграма 3.1.) [21].

Діаграма 3.1. Співвідношення між різними показниками мереж



Для створення мережі потрібно підібрати правильне обладнання, таке як передавач сигналу та приймач сигналу. Передавачем мережі може бути звичайний роутер, але потрібно правильно обрати його характеристики. Зараз роутери можуть роздавати мережі на двох частотах або трьох.

Найпростішими є ті, які можуть одночасно роздавати мережу тільки у одному діапазоні, але є можливість обрати чи буде це частота 2.4 ГГц або 5 ГГц. Наступним варіантом є ті маршрутизатори, які роздають сигнали мережі, як на частоті як 2.4 ГГц так і 5 ГГц, причому одночасно. Найпотужнішим, але й найдорожчим варіантом роутера є такий, який може роздавати сигнали на трьох частотах одночасно. Він має здатність роздавати мережу на частоті 2.4 ГГц а також дві незалежні одна від одної мережі на частоті 5 ГГц. Приладом для прийому сигналу, може бути використаним Wi-Fi адаптер, який буде приймати сигнал на одній з частот, які використовує роутер (2.4 ГГц або 5 ГГц).

На основі інформації наведеної вище, можна прийти до висновку, що оптимальним обладнанням для мережі, завдяки якій можна керувати роботами у закладах харчування, буде використання трьох-частотного маршрутизатора, де мережа 2.4 ГГц та одна 5 ГГц можуть бути використані для загальних потреб закладу, в той час, як остання мережа на частоті 5 ГГц буде використано для управління роботами, в які попередньо треба буде підключити адаптери Wi-Fi, які підтримуватимуть частоту 5 ГГц.

3.2 Стандарт безпроводової мережі

IEEE 802.11 – є частиною набору протоколів локальної мережі IEEE 802, і визначає список протоколів управління доступом до носія (MAC) та фізичного рівня для реалізації бездротових локальних мереж Wi-Fi завдяки якому комп'ютерний зв'язок відбувається на таких частотах, як 2.4 ГГц, 5 ГГц та інших.

Ці протоколи – є найпоширенішими стандартами для безпроводових зв'язків, які використовуються у світі, як у офісах так і вдома, для того, щоб різні прилади могли передавати дані один одному, небудучи під'єднаними дротами один до одного.

Подальші розробки створюються та підтримуються комітетом стандартів з локальних та міських мереж Інституту інженерів з електротехніки та електроніки, який є асоціацією професійних науковців у електронній та електричних інженеріях та у супутніх сферах. Базова версія цього стандарту була випущена у 1997 році і з того часу постійно зазнає змін на краще. Ці стандарти та зміни визначають базис для продуктів, які пов'язані з використанням Wi-Fi.



Надалі розглянемо тільки ті стандарти, які підтримують передачу даних на частоті 5 ГГц, адже таку частоту було визнано, найкращою для проєктованої мережі [22].

IEEE 802.11a-1999 або 802.11a – є поправкою до специфікації безпроводових локальних мереж 802.11, яка визначає вимоги для багаторазового ортогонального поділу частот у комунікаційних системах. На самому початку вона розроблялася, щоб підтримувати безпроводову комунікацію у неофіційній національній інформаційній інфраструктурі.

Первісно описаний в пункті 17 специфікації 1999 року, зараз визначається, як пункт 18 специфікації 2012 року, який забезпечує протоколи, які дозволяють передавати та отримувати дані на швидкостях від 1.5 до 54 мегабіт в секунду. Цей протокол набув широкого поширення та застосування у світі, зокрема у корпоративних офісах [23].

IEEE 802.11n-2009, який зазвичай скорочують, як 802.11n – є стандартом безпроводових мереж, які використовують по декілька антен для підвищення швидкості передачі даних. Wi-Fi Alliance (некомерційна організація, яка просуває технологію Wi-Fi і сертифікує продукти Wi-Fi на відповідність певним стандартам сумісності) також дала назву Wi-Fi 4 для технології, яка працює використовуючи цей протокол. Ця технологія має стандартизовану підтримку одночасного паралельного введення та виведення, агрегації конструкцій та підвищення рівня безпеки. Також її можна використовувати, як на частоті 2.4 ГГц так і 5 ГГц.

Цей стандарт мав на меті покращити пропускну здатність попередніх стандартів, з серйозним збільшенням в швидкості передачі даних з 54 мегабіт в секунду до 72 мегабіт в секунду для єдиного просторового потоку передачі даних на каналі 20 МГц, і до 600 мегабіт в секунду під час використання чотирьох просторових потоків передачі даних на каналі шириною 40 МГц [24].

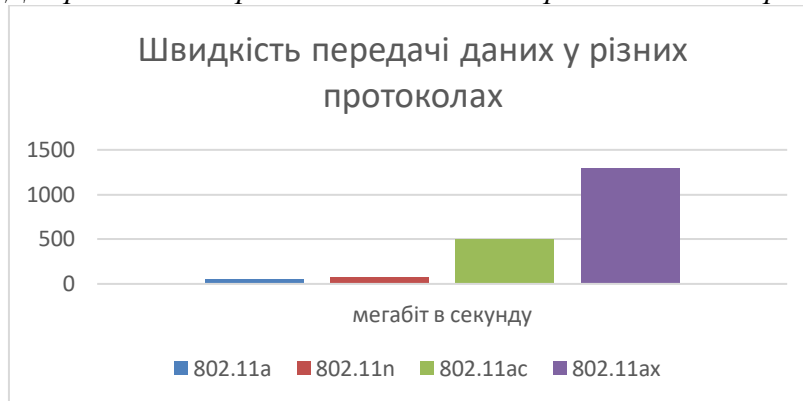
IEEE 802.11ac – стандарт безпроводової мережі в наборі протоколів 802.11 (який входить до складу сімейства мереж Wi-Fi), який забезпечує високу пропускну здатність безпроводових локальних мереж (WLAN) на частоті 5 ГГц. Wi-Fi Alliance визначив цей стандарт під назвою Wi-Fi 5.

Ця специфікація має багатоступеневу пропускну здатність на рівні у принаймні 1 гігабіт в секунду та пропускну здатність в 500 мегабіт в секунду для однієї ланки. Це досягається завдяки розширенню концепцій охоплених у стандарті 802.11n, зокрема збільшено потік передачі даних на каналі до 160 МГц, та кількість просторових потоків передачі даних до восьми одночасно [25].

IEEE 802.11ax – стандарт безпроводової мережі в наборі протоколів 802.11, також відомий як Wi-Fi 6 за класифікацією Wi-Fi Alliance – є нинішнім поколінням Вай-Фаю і спадкоємцем Wi-Fi 5. Стандарт 802.11ax, був розроблений для того, щоб працювати на усіх частотах в діапазоні від 1 до 6 ГГц, коли вони стануть доступними для використання у відповідності до стандарту 802.11. Усі пристрої Wi-Fi 6 працюють на раніше виділених частотах в 2,4 та 5 ГГц.

Прибори представлені на CES2018 заявили, що під час спільної передачі даних вони змогли отримати швидкість в 11 гігабіт в секунду та пропускну здатність в 1300 мегабіт в секунду для однієї ланки (Діаграма 3.2.) . Для застосування у щільно заповнених мережах, швидкість пропускну здатності в чотири рази вища ніж у стандарту 802.11ac, хоча номінальна швидкість передачі даних вища всього на 37%. Також затримка впала на 75%.

Діаграма 3.2. Порівняння швидкості передачі даних на різних протоколах



Для поліпшення спектру ефективного використання, нова версія вводить кращі методи контролю потужності, щоб уникнути перешкод з сусідніми мережами, ортогональний поділ для доступу до кількох частот, вищого порядку 1024-QAM, для подальшого збільшення пропускної здатності, а також надійності та поліпшення енергоспоживання і протоколів безпеки, таких як WPA3.

Отже, найдоцільніше буде використати, саме стандарт IEEE 802.11ax, тому, що він є не тільки найновішим, але й найзахищенішим, зокрема підтримує протокол захисту WPA3 та матиме найбільшу швидкість передачі даних [26].

3.3 Протоколи безпеки мережі

WEP (Wired Equivalent Privacy) розроблювався для безпроводових мереж, як стандарт безпеки для Wi-Fi, прийнятий у Вересні 1999 року. WEP мав забезпечити такий же рівень захисту як у дротових мереж, але успіху не досягнули. Нажаль у WEP дуже багато проблем з безпекою, які майже неможливо вирішити, тому цей тип захисту майже ніде вже не використовується. Ще одним недоліком є те, що його дуже важко налаштувати.

WPA 1 (Wi-Fi Protected Access) використовувався як заміна та тимчасове підвищення безпеки для WEP, поки стандарт безпеки безпроводових мереж 802.11i був у розробці. Більшість додатків WPA використовували попередній ключ (PSK), який найчастіше називають персональним WPA, і тимчасової ключ цілісності протоколу або TKIP для шифрування даних. WPA Enterprise використовує сервер автентифікації для генерації ключів і сертифікатів безпеки.

WPA було значним посиленням стандарту WEP, але так, як основні компоненти були зроблені, щоб вони могли бути розгорнуті через оновлення прошивки на WEP-пристроях, то вони все ще поклалися на експлуатовані елементи цих пристроїв, що не давало покращити захист належним чином.

WPA, так само, як WEP, після того, як його концепцію почали перевіряти на надійність на публічних демонстраціях, виявилось, що вона так само вразлива для взлому.

Напади, які становили більшість загроз протоколу, були не прямими, а тими, які були зроблені на Wi-Fi Protected Setup (WPS) допоміжну систему, розроблену для спрощення зв'язків пристроїв з сучасними точками доступу [27].

WPA 2 (Wi-Fi Protected Access version 2) або протокол 802.11i є стандартом безпеки безпроводових мереж, представлений у 2004 році. Найбільшим покращенням WPA2 у

порівнянні з WPA було використання розвинуеного стандарту шифрування (AES), який був схвалений урядом Сполучених Штатів Америки, для шифрування засекречених документів.

AES працює за таким принципом: алгоритм представляє блок даних у вигляді двумірного байтового масиву розміром 4×4 . Всі операції проводяться над окремими байтами масиву, а також незалежними стовпцями та рядками. В кожному раунді алгоритму виконуються наступні перетворення (рис. 3.1):

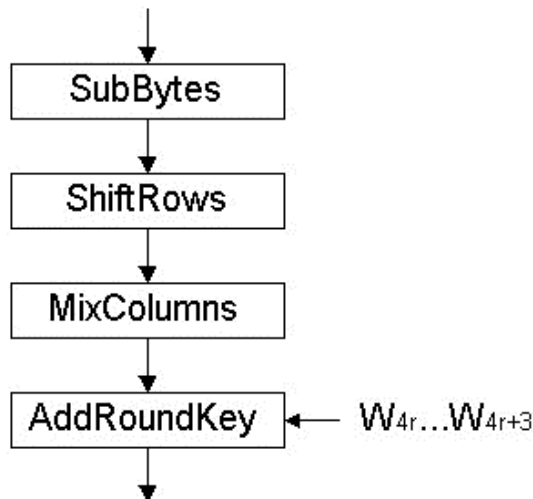


Рис. 3.1 Схема раунду шифрування

Операція SubBytes, представляє з себе табличну заміну кожного байта масиву даних (рис. 3.2)

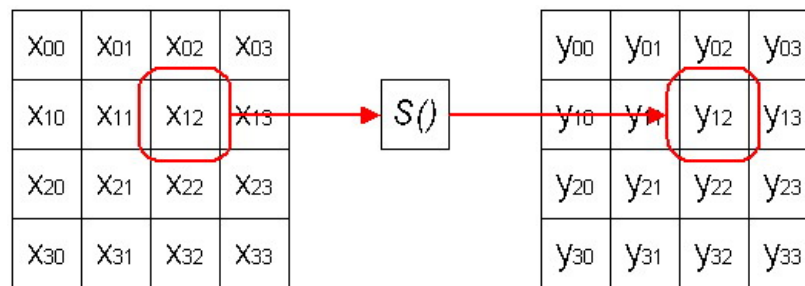


Рис. 3.2. Операція SubBytes

Операція ShiftRows, яка виконує циклічний зсув у ліво всіх рядків масиву даних, за виключенням нульового (рис. 3.3). Зсув i -ого рядка масиву (для $i=1,2,3$) здійснюється на i байт.



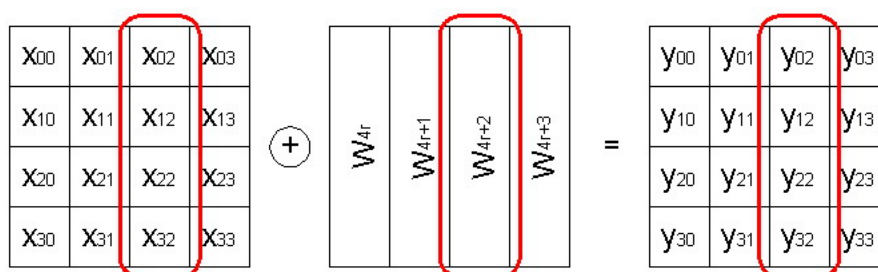
Рис. 3.3 Операція ShiftRows

Операція MixColumns. Виконує множення кожного стовпця масиву даних на фіксований поліном $a(x)$, який визначається за формулою (1)

$$a(x) = 3x^3 + x^2 + x + 2, \quad (1)$$

Множення виконується по модулю x^4+1 .

Операція AddRoundKey виконує накладення на масив даних матеріала ключа (рис. 3.4). А саме на i -ий стовпчик масиву даних ($i=0...3$) побітову логічну операцію «виключення або» (XOR) накладується певне слово розширеного ключа W_{4r+i} , де r – номер поточного раунда алгоритму, починаючи з 1 (процедура розширення ключа буде описана нижче).


Рис. 3.4 AddRoundKey

Кількість раундів алгоритму R залежить від розміру ключа наступним чином:

Таблиця 3.1. Таблиця залежності кількості раундів від розміру ключа

Розмір ключа, біт	R
128	10
192	12
256	14

Перед першим раундом алгоритму виконується попереднє накладення матеріалу ключа за допомогою операції AddRoundKey, яка виконує накладення на відкритий текст перших чотирьох слів розширеного ключа $W_0...W_3$. Останній раунд відрізняється від попередніх тим, що в ньому не виконується операція MixColumns.

Розшифрування відбувається з використанням зворотніх операцій в зворотній послідовності. Відповідно перед першим раундом розшифрування виконується операція AddRoundKey (яка є зворотною сама до себе), виконуючи накладання на шифртекст останніх чотирьох слів розширеного ключа, тобто $W_{4R}...W_{4R+3}$. Потім виконується R раундів розшифрування, кожен з яких виконує наступні перетворення (рис 3.5).

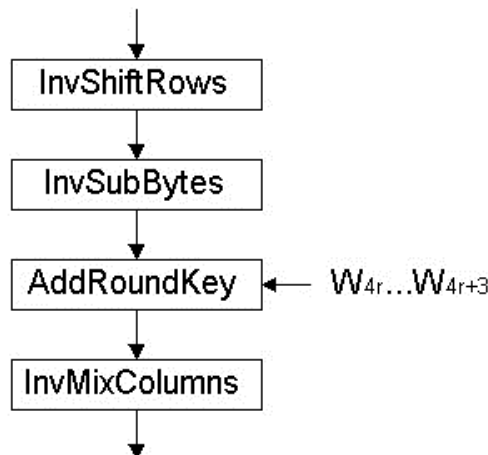


Рис.3.5 Схема раунду розшифрування

Операція InvShiftRows виконує циклічний зсув вправо трьох останніх рядків масиву даних на ту ж кількість байтів, на яку виконується зсув операцією ShiftRows при зашифруванні.

Операція InvSubBytes виконує побайтно заоротню табличну заміну.

Операція AddRoundKey, як і при зашифруванні, виконує накладання на оброблювані дані чотирьох слів розширеного ключа $W_{4r...W_{4r+3}}$. Але, нумерація раундів r при розшифруванні виконується в зворотньому напрямку від $R-1$ до 0 .

Операція InvMixColumns виконує множення кожного стовпця масива даних аналогічно прямій операції MixColumns, але, множення производится на поліном $a - 1(x)$, який визначається наступним чином (2).

$$a - 1(x) = Bx^3 + Dx^2 + 9x + E, \quad (2)$$

Аналогічно зашифровці, останній раунд розшифрування не містить операцію InvMixColumns [28].

Основна вразливість системи WPA2 проявляється тоді, коли зловмисник вже має доступ до захищеної мережі Wi-Fi і може отримати доступ до певних ключів для виконання нападу на інші пристрої в мережі. Але ці вразливості у безпеці у WPA2 в основному небезпечні для мереж великих підприємств, і не дуже актуальні для невеликих домашніх мереж.

На жаль, можливість атак через Wi-Fi Protected Setup (WPS), як і раніше висока в поточних точках доступу з підтримкою WPA2, яка була проблемою також і в WPA. І хоча взлам захищених протоколом WPA або WPA2 мереж через цю діру у захисті займе в будь-якому разі щонайменше від 2 до 14 годин, він все ще є реальною проблемою безпеки, і щоб її вирішити WPS повинен бути відключений, і було б добре, якщо прошивку точки доступу може бути скинуто до версії, яка не підтримує WPS і повністю виключити цей вектор атаки.

WPA 3 алгоритм безпеки, що забезпечує захист даних в безпроводових мережах Wi-Fi. Відноситься до режиму WPA3-Personal, який входить до складу третьої версії набору протоколів WPA3. Розроблено WPA3 організацією Wi-Fi Alliance і оголошений про випуск в 2018 році. Новий протокол прийшов на зміну WPA2, представленого ще в 2004 році. Основна ідея впровадження нового протоколу WPA3 – усунення концептуальних недоробок протоколу WPA2, і зокрема, захист від атак з



перевстановлення ключа (Key Reinstallation Attacks, KRACK). Протокол WPA3 володіє більш високим рівнем безпеки, в порівнянні з WPA2 [29].

WPA3 передбачає два режими роботи WPA3-Personal і WPA3-Enterprise.

WPA3-Personal (WPA3-PSK) забезпечує 128-бітове шифрування даних, а WPA3-Enterprise (Suite B) 192-бітове [30].

Тож можна побачити, що найдоцільнішим буде використовувати стандарт безпеки WPA3, який є найсучаснішим та найнадійнішим. Тому під час проведення симуляції моделі мережі, це буде враховано.

3.4. Реалізація імітаційної моделі безпроводової мережі для керування роботами у закладах харчування

Програмне забезпечення

Для створення імітаційної моделі було використано програму VirtualBox – яка використовується для того, щоб можна було поставити іншу операційну систему, при цьому не видаляючи стару.

На віртуальну машину було встановлено операційну систему Ubuntu – яка є дистрибутивом Linux, який базується на Debian, та складається в основному з безплатного програмного забезпечення, яке знаходиться у вільному доступі.

ns-3 – це симулятор дискретних подій, орієнтований насамперед на науково-дослідні та освітні цілі. ns-3 - це безкоштовне програмне забезпечення, ліцензоване за ліцензією GNU GPLv2, і є загальнодоступним для досліджень, розробок та використання.

Мета проєкту ns-3 - розробити бажане, відкрите імітаційне середовище для мережевих досліджень: воно повинно бути узгоджене з потребами моделювання сучасних мережевих досліджень і повинно заохочувати внесок громадськості, експертну перевірку та валідацію програмного забезпечення.

Проєкт ns-3 має на меті створити міцне ядро для симуляції, яке добре задокументоване, просте у використанні та для налагодження, яке відповідає потребам всього робочого процесу імітації, від конфігурації моделювання до збору та аналізу слідів.

Крім того, інфраструктура програмного забезпечення ns-3 заохочує розробку моделей моделювання, які є достатньо реалістичними, щоб дозволяти ns-3 використовуватись як мережевий емулятор в реальному часі, взаємопов'язаний з реальним світом, і який дозволяє повторно використовувати багато існуючих реалізацій протоколів реального світу. в межах ns-3.

Ядро моделювання ns-3 підтримує дослідження як мереж на основі IP, так і не IP. Однак велика більшість його користувачів зосереджується на бездротовому / IP-моделюванні, що передбачає моделі для Wi-Fi, WiMAX або LTE для шарів 1 і 2 та різноманітні статичні або динамічні протоколи маршрутизації, такі як OLSR і AODV для IP-додатків [31].

ns-3 також підтримує планувальник у режимі реального часу, який полегшує ряд випадків використання "моделювання в циклі" для взаємодії з реальними системами. Наприклад, користувачі можуть випромінювати та отримувати пакети, згенеровані ns-3, на реальних мережевих пристроях, а ns-3 може служити рамкою взаємозв'язку для додавання ефектів зв'язку між віртуальними машинами [32].

Симуляція мережі

У програмі ns3 запустимо симуляцію мережі стандарту IEEE 802.11ах для того, щоб перевірити, з якою швидкістю наша безпроводова мережа зможе передавати команди для роботів на різній відстані на каналі 20 МГц.

На рисунку 3.6 можна побачити, як відрізняється швидкість передачі даних від дальності, на яку передається сигнал. З цих даних, можна зрозуміти, що такої мережі буде достатньо для того, щоб забезпечити майже будь-який заклад харчування безпроводовою мережею з надійним сигналом.

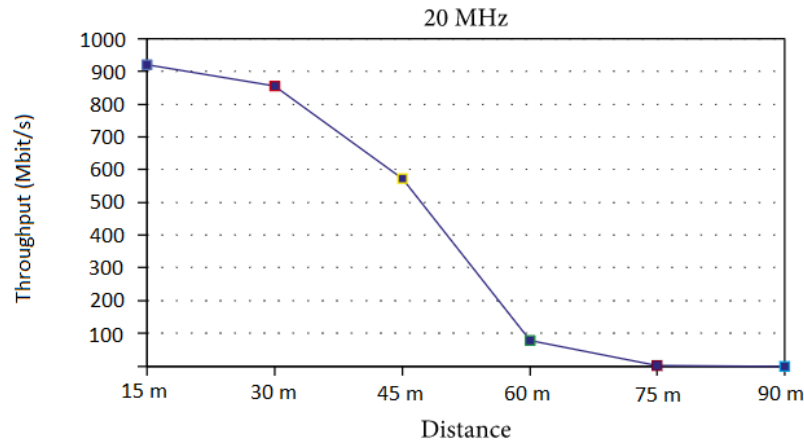


Рис. 3.6 Графік залежності сили сигналу від дальності на яку він передається

Також проведемо симуляцію того, як зміниться швидкість передачі даних в залежності від кількості вузлів (в нашому випадку це роботи), які використовують цю мережу.

На рисунку 3.7 можна побачити, що навіть при кількості роботів, яка дорівнюватиме 50 а то і 90, команди роботи отримуватимуть достатньо швидко тобто мережа витримає навантаження, а отже все працюватиме коректно.

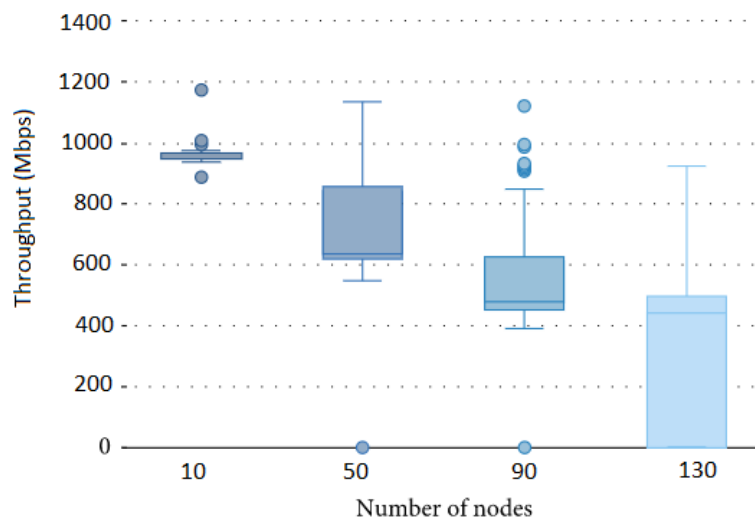


Рис. 3.7 Діаграма швидкості вузлів залежно від їх кількості

1. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



У цій статті було проведено аналіз сфери закладів харчування та використання роботів у ній. Розглянуто, які моделі використовуються у дослідженнях, типи безпроводових мереж а також роботи, яких можна використовувати у вище згаданій сфері. На основі цієї інформації, розглянуто існуючі рішення, та виявлено, як їх переваги так і недоліки. Запропоновано власне вирішення. Досліджено та спроектовано найкращий варіант для мережі за допомогою якої можна керувати роботами. Створено імітаційну модель безпроводової мережі, яка передаватиме дані на частоті у 5 ГГц та на каналі 20 ГГц, вона буде підтримувати стандарт IEEE 802.11ax та протокол безпеки WPA3. Проведено дослідження швидкості передачі сигналу в залежності від дальності на яку він передається, в результаті якого, було виявлено, що швидкість передачі даних буде дуже доброю навіть на відстані у 45 метрів від роутера, тобто наша мережа, зможе забезпечити передачу сигналу для керування роботами на всій території майже будь-якого закладу харчування. Також проведено дослідження, того як залежить швидкість передачі даних, в залежності від кількості приймаючих пристроїв. Зокрема виявлено, що швидкість передачі даних на вузлах варіюється у діапазоні від 600 до 850 мегабайт в секунду навіть коли до мережі підключено до 90 роботів. А оскільки, така кількість є завеликою для навіть великих закладів, можна зробити висновок, що мережа не буде давати збої та буде передавати команди вчасно. Отже за результатами створеної імітаційної моделі бездротової мережі, можна констатувати, що запропоноване рішення може бути реалізоване у реальності та зможе допомогти оптимізувати витрати та збільшити прибуток для власників закладів харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 *Model definition and meaning* | Collins English Dictionary. Collins Online Dictionary | Definitions, Thesaurus and Translations. <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/model>
- 2 Evolutionary computation. https://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_computation
- 3 Економічна модель. https://uk.wikipedia.org/wiki/Економічна_модель
- 4 Mathematical modelling. <https://plus.maths.org/content/os/issue44/package/index>
- 5 Physical model. https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_model
- 6 Жураковский, Б. Ю., & Мошенченко, М. С. (2018). Объектно-ориентированная модель системы управления телекоммуникационной сетью. *Актуальные научные исследования в современном мире*, (11), 60–65.
- 7 Жураковский, Б.Ю., Варфоломеева, О.Г., Гладких, О.В., Хахлюк, О.А. (2013). Об'єктно-орієнтована технологія проектування систем управління. *Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій*, (1), 49-53.
- 8 Жураковский, Б.Ю. (2012). Об'єктно-орієнтована модель системи управління мережею NGN. *Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій*, (3), 81-84.
- 9 Жураковский, Б.Ю. (2012). Дослідження використання нових завадостійких кодів для каналів зі стиранням. *Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій*, (2), 93-96.
- 10 Жураковский, Б. Ю., Зенів, І. О. (2020). Частина 2 Навчальний посібник. *Комп'ютерні мережі* (с. 372). КПІ ім. Ігоря Сікорського. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36641>
- 11 Жураковский, Б. Ю., Зенів, І. О. (2021). Технології інтернету речей. Навчальний посібник (с. 503). КПІ ім. Ігоря Сікорського. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42078>
- 12 Definition of robot. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/robot>
- 13 Жураковский, Б. Ю., Мошенченко, М. С. (2020). Стандарты Smart City. *Актуальные научные исследования в современном мире*, (2), 41–44.
- 14 Zhurakovskiy, B., Toliupa, S., Otrokh, S., Dudarieva, H., Zhurakovskiy, V. (2021). Coding for information systems security and viability. *CEUR Workshop Proceedings*, (2859), 71–84.
- 15 Robot Chefs Could Take Over Our Kitchens Very Soon. <https://interestingengineering.com/robot-chefs-could-take-over-our-kitchens-very-soon>
- 16 Жураковский, Б. Ю., Мошенченко, М. С. (2021). Захист інформації в технологіях “SMART CITY”. *Кібербезпека: освіта, наука, техніка*, 3(11), 100-107. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.11.100109>



- 17 Robot server delivers food in restaurants. <https://www.springwise.com/robot-server-delivers-food-restaurants/>
- 18 Ningbo restaurant hires robot waiters. https://www.chinadaily.com.cn/china/2014-11/26/content_18980017.htm
- 19 Жураковський, Б.Ю. (2007). Імітаційна модель каналу управління і математичні методи завадостійкого кодування, *Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій*, спецвипуск, 114 – 119.
- 20 Robot Waiters in China Are Being Fired for Incompetence. <https://www.inc.com/business-insider/robot-waiters-are-failing-in-china.html>
- 21 Zhurakovskiy, B., & Tsopa, N. (2019c). Assessment Technique and Selection of Interconnecting Line of Information Networks. *У 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/aiact.2019.8847726>
- 22 IEEE 802.11. https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- 23 IEEE 802.11a-1999 or 802.11a. https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11a-1999
- 24 Here come Wi-Fi 4, 5 and 6 in plan to simplify 802.11 networking names. <https://www.cnet.com/news/wi-fi-alliance-simplifying-802-11-wireless-network-tech-names/>
- 25 Zhurakovskiy, B., Boiko, J., Druzhynin, V., Zeniv, I., & Eromenko, O. (2020c). Increasing the efficiency of information transmission in communication channels. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 19(3), 1306. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v19.i3.pp1306-1315>
- 26 Жураковський, Б. Ю. (2019). Перспективні мережі доступу. Актуальні наукові дослідження в сучасному світі, (9), 87–93.
- 27 Wireless Security Protocols: WEP, WPA, WPA2 and WPA3. <https://www.netspotapp.com/wifi-encryption-and-security.html#D>
- 28 Sorokin, D. V., Bondarchuk, A. P., & Storchak, K. P. (2019). INDUSTRIAL NETWORK INFRASTRUCTURE IoT & CYBERSECURITY IN USE IoT SOLUTIONS. *Telecommunication and information technologies*, (4), 120–127. <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2019.041227>
- 29 Shevchenko, O., Bondarchuk, A., Polonevych, O., Zhurakovskiy, B., Korshun, N. (2021). Methods of the objects identification and recognition research in the networks with the IoT concept support. *CEUR Workshop Proceedings*, (2923), 277–282. <http://ceur-ws.org/Vol-2923/>
- 30 Новые механизмы защиты беспроводной сети WPA3. <https://help.keenetic.com/hc/ru/articles/360005697520-Новые-механизмы-защиты-беспроводной-сети-WPA3-и-OWE>
- 31 Tantsiura, A. (2019). The Image Models of Combined Correlation-Extreme Navigation System of Flying Robots. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(4), 1012–1019. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/05842019>
- 32 What is ns-3? <https://www.nsnam.org/about/>

**Nikita Moshchenko**

Postgraduate

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0002-0211-2263

nrodan@icloud.com

Bohdan Zhurakovskiy

Doctor of Technical Sciences, Professor

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

ORCID ID: 0000-0003-3990-5205

zhurakovskiybyu@tk.kpi.ua

SMARTCITY WIRELESS FENCE AND INTERACTIVE INFRASTRUCTURE MODEL

Abstract. This article considers the problem of the process of using robots and their control in catering establishments with the help of wireless networks, shows the main features of existing solutions in the field of robotics and networks, their advantages and disadvantages. Wireless networks for their application in robot control have been studied.

The main task of wireless networks is to provide high-speed local access to services and data in a certain area, the exchange of information between users within the territory.

Building wireless Wi-Fi (IEEE 802.11) networks is now in high demand due to a host of benefits. Among the main advantages of this technology are the most attractive: low cost of equipment; flexibility of equipment use; high data rate.

This technology provides the ability to run a number of custom applications. The infrastructure of wireless networks is the basis on which the further implementation of custom applications is built and the support of key services for the company is provided. Such services include network management, information security and service quality assurance (QoS) mechanisms.

A virtual environment with the appropriate software was configured, a network simulation was performed, and its results were recorded. This solution can be used in catering establishments. It allows to introduce new technologies into the sphere of human life and increase the profits of food business owners.

Keywords: infrastructure, robot, wireless network, Wi-Fi, WLAN, model, information security.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- 1 Model definition and meaning | Collins English Dictionary. Collins Online Dictionary | Definitions, Thesaurus and Translations. <https://www.collinsdictionary.com/dictionary/english/model>
- 2 Evolutionary computation. https://en.wikipedia.org/wiki/Evolutionary_computation
- 3 Ekonomichna model. https://uk.wikipedia.org/wiki/Ekonomichna_model
- 4 Mathematical modelling. <https://plus.maths.org/content/os/issue44/package/index>
- 5 Physical model. https://en.wikipedia.org/wiki/Physical_model
- 6 Zhurakovskiy, B. Yu., & Moshchenko, M. S. (2018). Ob'ektno-oryentirovannaia model systemy upravleniia telekommunikatsionnoi setiu. Aktualnye nauchnye issledovaniia v sovremennom myre, (11), 60–65.
- 7 Zhurakovskiy, B.Iu., Varfolomeieva, O.H., Hladkykh, O.V., Khakhliuk, O.A. (2013). Obiektno-oriientovana tekhnolohiia proektuvannia system upravlinnia. Visnyk Derzhavnoho universytetu informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii, (1), 49-53.
- 8 Zhurakovskiy, B.Iu. (2012). Obiektno-oriientovana model systemy upravlinnia merezheiu NGN. Visnyk Derzhavnoho universytetu informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii, (3), 81-84.
- 9 Zhurakovskiy, B.Iu. (2012). Doslidzhennia vykorystannia novykh zavodostiikykh kodiv dlia kanaliv zi styraniam. Visnyk Derzhavnoho universytetu informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii, (2), 93-96.
- 10 Zhurakovskiy, B. Yu., Zeniv, I. O. (2020). Chastyna 2 Navchalnyi posibnyk. Kompiuterni merezhi (s. 372). KPI im. Ihoria Sikorskoho. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36641>



- 11 Zhurakovskiy, B. Yu., Zeniv, I. O. (2021). Tekhnolohii internetu rechei. Navchalnyi posibnyk (s. 503). KPI im. Ihoria Sikorskoho. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42078>
- 12 Definition of robot. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/robot>
- 13 Zhurakovskiy, B. Yu., Moshchenko, M. S. (2020). Standarty Smart City. Aktualnye nauchnye yssledovaniya v sovremennom myre, (2), 41–44.
- 14 Zhurakovskiy, B., Toliupa, S., Otrokh, S., Dudarieva, H., Zhurakovskiy, V. (2021). Coding for information systems security and viability. *CEUR Workshop Proceedings*, (2859), 71–84.
- 15 Robot Chefs Could Take Over Our Kitchens Very Soon. <https://interestingengineering.com/robot-chefs-could-take-over-our-kitchens-very-soon>
- 16 Zhurakovskiy, B. Yu., Moshchenko, M. S. (2021). Zakhyst informatsii v tekhnolohiiakh “SMART CITY”. *Kiberbezpeka: osvita, nauka, tekhnika*, 3(11), 100-107. <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2021.11.100109>
- 17 Robot server delivers food in restaurants. <https://www.springwise.com/robot-server-delivers-food-restaurants/>
- 18 Ningbo restaurant hires robot waiters. https://www.chinadaily.com.cn/china/2014-11/26/content_18980017.htm
- 19 Zhurakovskiy, B.Iu. (2007). Imitatsiina model kanalu upravlinnia i matematychni metody zavodostiikoho koduvannia, *Visnyk Derzhavnoho universytetu informatsiino-komunikatsiinykh tekhnolohii, spetsvypusk*, 114 – 119.
- 20 Robot Waiters in China Are Being Fired for Incompetence. <https://www.inc.com/business-insider/robot-waiters-are-failing-in-china.html>
- 21 Zhurakovskiy, B., & Tsopa, N. (2019c). Assessment Technique and Selection of Interconnecting Line of Information Networks. U 2019 3rd International Conference on Advanced Information and Communications Technologies (AICT). *IEEE*. <https://doi.org/10.1109/aiact.2019.8847726>
- 22 IEEE 802.11. https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- 23 IEEE 802.11a-1999 or 802.11a. https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11a-1999
- 24 Here come Wi-Fi 4, 5 and 6 in plan to simplify 802.11 networking names. <https://www.cnet.com/news/wi-fi-alliance-simplifying-802-11-wireless-network-tech-names/>
- 25 Zhurakovskiy, B., Boiko, J., Druzhynin, V., Zeniv, I., & Eromenko, O. (2020c). Increasing the efficiency of information transmission in communication channels. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 19(3), 1306. <https://doi.org/10.11591/ijeeecs.v19.i3.pp1306-1315>
- 26 Zhurakovskiy, B. Yu. (2019). Perspektivnye sety dostupa. Aktualnye nauchnye yssledovaniya v sovremennom myre, (9), 87–93.
- 27 Wireless Security Protocols: WEP, WPA, WPA2 and WPA3. <https://www.netspotapp.com/wifi-encryption-and-security.html#D>
- 28 Sorokin, D. V., Bondarchuk, A. P., & Storchak, K. P. (2019). INDUSTRIAL NETWORK INFRASTRUCTURE IoT & CYBERSECURITY IN USE IoT SOLUTIONS. *Telecommunication and information technologies*, (4), 120–127. <https://doi.org/10.31673/2412-4338.2019.041227>
- 29 Shevchenko, O., Bondarchuk, A., Polonevych, O., Zhurakovskiy, B., Korshun, N. (2021). Methods of the objects identification and recognition research in the networks with the IoT concept support. *CEUR Workshop Proceedings*, (2923), 277–282. <http://ceur-ws.org/Vol-2923/>
- 30 Новые механызмы zashchyty besprovodnoi sety WPA3. <https://help.keenetic.com/hc/ru/articles/360005697520-Новые-механызмы-zashchyty-besprovodnoi-sety-WPA3-y-OWE>
- 31 Tantsiura, A. (2019). The Image Models of Combined Correlation-Extreme Navigation System of Flying Robots. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 8(4), 1012–1019. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2019/05842019>
- 32 What is ns-3? <https://www.nsnam.org/about/>

