

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
НАВЧАЛЬНО–НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра Комп'ютерних наук

## **Пояснювальна записка**

до бакалаврської роботи  
на ступінь вищої освіти бакалавр  
на тему: «**ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПОБУДОВИ  
БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ WI-FI 6 НА БАЗІ ПРОГРАМНО-  
АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ARUBA**»

Виконав: студент 4 курсу, групи КНД–42  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки

(шифр і назва спеціальності)

Кузора А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Гніденко М.П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Темою роботи є дослідження можливості побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba.

Актуальність побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 є нестабільна робота бездротової мережі в умовах великої кількості підключень, як точок доступу і маршрутизаторів, так і кінцевих пристроїв користувачів в реалізації Wi-Fi попередніх поколінь. Виявляються проблеми по-різному:

- неможливість підключитися до корпоративного Wi-Fi в бізнес-центрі, де в усіх сусідніх офісах розгорнута своя бездротова мережа;
- нестабільне Wi-Fi з'єднання у великих готелях, коли велика частина номерів заселена;
- проблеми з підключенням на конференціях і масових заходах та інші подібного роду ситуації, зумовлені інтенсивним обміном в ефірі.

Установка нових точок доступу або додаткових антен не завжди вирішує проблему, а якщо і вирішує, то поліпшення носять локальний характер, не будучи кардинальним рішенням для стабільної роботи Wi-Fi інсталяцій з високою щільністю клієнтських пристроїв.

Крім того, на якість надання бездротового доступу дуже серйозно впливає ступінь керованості і автоматизації бездротової інфраструктури. Навіть при використанні найсучаснішого обладнання регулярно стикаються з проблемами низької якості роботи бездротової мережі, які несподівано виникають в певних точках покриття, а потім також несподівано пропадають. Для відстеження та усунення інцидентів подібного характеру мережевими адміністраторам потрібна велика кількість часу і сил для того, щоб вже постфактум зіставити і проаналізувати інформацію з різних пристроїв і програмного забезпечення.

Основними задачами виконання роботи є:

- Наведення теоретичних аспектів побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6

- Навести основні поняття і визначення
- Провести опис об'єкту дослідження
- Надати кількісні і якісні показники побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6

- Надати характеристику побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba

- Надати характеристику безпроводової мережі Wi-Fi 6 та програмно-апаратного комплексу Aruba

- Надати приклад побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba

- Надати основні механізми техніко–економічного обґрунтування проекту з побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba.

Об'єктом дослідження є бездротова мережа Wi-Fi 6.

Предметом роботи є дослідження можливості побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba.

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ПОБУДОВИ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ WI-FI 6

## 1.1. Основні поняття і визначення

Комп'ютерною мережею називається система, що забезпечує обмін даними між обчислювальними пристроями - комп'ютерами, серверами, маршрутизаторами та іншим обладнанням або програмним забезпеченням. Для передачі інформації можуть бути використані різні середовища. Крім сукупності фізичних пристроїв і фізичних засобів передачі даних, обчислювальна мережа може бути оверлейною або віртуальною, тобто логічно самостійною виділеною мережею, що використовує ресурси іншої фізичної мережі - обчислювальної (наприклад Інтернет), телефонної мережі (в т.ч. ТМЗК) та / або середовища передачі даних.

Можна сказати, що мережею називається об'єднання комп'ютерів, ноутбуків і інших абонентських пристроїв в одну групу для обміну інформацією, файлами, спілкування, спільного використання наявних ресурсів і так далі.

Для організації таких груп можуть використовуватися два типи з'єднань:

- Проводове;
- Бездротове.

У першому випадку з'єднання відбувається за допомогою кабелю. У такій мережі будь-які два пристрої, які повинні взаємодіяти один з одним, з'єднуються дротом. Як дроти може виступати мідний або волоконно-оптичний кабель, а функціональні можливості по передачі даних по дроту, обмежені фізичними властивостями проводу.

Суворі вимоги до проводів Ethernet визначені в стандарті IEEE 802.3, в якому описані способи підключення пристроїв, способи відправки і отримання даних по дротових з'єднань.

Провідні мережі мають обмеження для передачі даних по каналах зв'язку, що не сприяє їх успішній комунікації, а якість передачі даних, їх успішна доставка до одержувача, дуже сильно залежить від типу і розміру дротів, кількості витків, межвиткової відстані і максимальної довжини кабелю. Всі ці вимоги повинні відповідати стандарту IEEE 802.3.

Провідна мережа є обмеженою по довжині і кількості пристроїв, що підключаються, а саме безпосередньо по дроту можуть підключитися тільки два пристрої.

До основних недоліків дротових мереж так само відноситься стаціонарність мережевого обладнання та комп'ютерів. Це означає, що з'єднані проводами пристрої, не можуть легко переміщатися по приміщенню. Всі пристрої прив'язані до мережевих роз'ємів.

У сучасному світі дуже багато стало мобільних пристроїв і тому недоцільно прив'язувати їх до конкретної розетки або гнізда комунікаційного обладнання.

Сьогодні усе частіше використовуються бездротові мережі. Існує декілька найбільш популярних та розповсюджених технологій бездротового зв'язку:

- Bluetooth;
- WiMAX;
- WiFi.

Всі вони працюють на радіохвилях. Тобто передача даних відбувається за допомогою радіоканалів певної частоти. Відмінність між ними полягає лише в широті і частоті хвилі. Завдяки цим технологіям можна створювати комп'ютерні групи, без використання кабелів. Це істотно спрощує організацію, а також скорочує витрати.

Тобто, саме поняття бездротової мережі впливає з її назви, тобто дана мережа усуває необхідність в проведенні кабелю. Першорядним стає зручність і мобільність, даючи користувачам свободу переміщення в будь-якому напрямку, залишаючись підключеними до мережі. Користувач може використовувати будь-який бездротовий пристрій, яке має можливість підключення до мережі. Передача даних в бездротових мережах здійснюється "по повітрю" за відсутності перешкод і перешкод. За допомогою пристрою середовища передачі даних, для їх якісної доставки необхідно враховувати дві речі: Бездротові пристрої повинні відповідати єдиним стандартом (IEEE 802.11). Бездротове покриття повинне охоплювати ту область, на якій планується використання пристроями.

Можна сказати, що бездротовою мережею називається обчислювальна мережа, яка заснована на бездротовому (без використання кабельної проводки) принципі, що повністю відповідає стандартам для звичайних провідних мереж.

В якості носія інформації в таких мережах можуть виступати радіохвилі.

Bluetooth є виробничою специфікацією бездротових персональних мереж (Wireless personal area network, WPAN). Bluetooth забезпечує обмін інформацією між такими пристроями, як персональні комп'ютери (настільні, кишенькові, ноутбуки), мобільні телефони, інтернет-планшети, принтери, цифрові фотоапарати, миші, клавіатури, джойстики, навушники, гарнітури і акустичні системи на надійній, безкоштовній, повсюдно доступній радіочастоті для ближнього зв'язку. Bluetooth дозволяє цим пристроям повідомлятися, коли вони знаходяться один від одного в радіусі близько 100 м в старих версіях протоколу і до 1500 м починаючи з версії Bluetooth 5. Дальність сильно залежить від перешкод і перешкод, навіть в одному приміщенні.

Принцип дії заснований на використанні радіохвиль. Радіозв'язок Bluetooth здійснюється в ISM-діапазоні, який використовується в різних

побутових приладах і бездротових мережах. Частоти Bluetooth: 2.402-2.48 ГГц (в мегагерцах 2402-2480 МГц).

У Bluetooth застосовується метод розширення спектра зі стрибкоподібною перебудовою частоти (англ. Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS). Метод FHSS простий в реалізації, забезпечує стійкість до широкосмугових перешкод, а обладнання недороге.

Відповідно до алгоритму FHSS, в Bluetooth несуча частота сигналу стрибкоподібно змінюється 1600 разів в секунду (всього виділяється 79 робочих частот шириною в 1 МГц, а в Японії, Франції та Іспанії смуга вже - 23 частотних каналу).

Послідовність перемикання між частотами для кожного з'єднання є псевдослучайною і відома тільки передавача і приймача, які кожні 625 мкс (один тимчасовий слот) синхронно перебудовуються з однієї несучої частоти на іншу.

Таким чином, якщо поруч працюють кілька пар приймач-передавач, то вони не заважають один одному. Цей алгоритм є також складовою частиною системи захисту конфіденційності інформації, що передається: перехід відбувається по псевдовипадковому алгоритму і визначається окремо для кожного з'єднання.

При передачі цифрових даних і аудіосигналу (64 кбіт/с в обох напрямках) використовуються різні схеми кодування: аудіосигнал не повторюється (як правило), а цифрові дані в разі втрати пакета інформації будуть передані повторно.

Протокол Bluetooth підтримує не тільки з'єднання «point-to-point», а й «point-to-multipoint».

WiMAX є телекомунікаційною технологією, розробленою з метою надання універсального бездротового зв'язку на великих відстанях для широкого спектру пристроїв (від робочих станцій і портативних комп'ютерів до мобільних телефонів). Заснований на стандарті IEEE 802.16, який також називають Wireless MAN.

Дану технологію називають також останньої милею. Назва «WiMAX» було створено WiMAX Forum - організацією, яка була заснована в червні 2001 року з метою просування і розвитку WiMAX. Форум описує WiMAX як «засновану на стандарті технологію, яка надає високошвидкісний бездротовий доступ до мережі, альтернативний виділеним телефонним лініям і DSL».

Максимальна швидкість - до 1 Гбіт/сек на осередок. Технологія «WiMAX», об'єднала в себе досягнення не тільки більш простих технологій бездротового доступу (WiFi), але і технології стільникових мереж 3-го покоління. Основним мінусом технології є її відносна висока вартість, тому технологія сьогодні використовується досить рідко.

Wi-Fi є технологією бездротової локальної мережі з пристроями на основі стандартів IEEE 802.11.

Під аббревіатурою Wi-Fi (від англійського словосполучення Wireless Fidelity, яке можна дослівно перекласти як «бездротова точність») в даний час розвивається ціле сімейство стандартів передачі цифрових потоків даних по радіоканалах.

Основними діапазонами Wi-Fi вважаються 2.4 ГГц (2412 МГц-+2472 МГц) і 5 ГГц (5160-5825 МГц).

Сигнал Wi-Fi може передаватися на кілометри навіть при низькій потужності передачі, але для прийому Wi-Fi сигналу з звичайного Wi-Fi маршрутизатора на далекій відстані потрібна антена з високим коефіцієнтом посилення (наприклад параболічна антена або Wi-Fi гармата).

Будь-яке обладнання, що відповідає стандарту IEEE 802.11, може бути протестовано в Wi-Fi Alliance і отримати відповідний сертифікат і право нанесення логотипу Wi-Fi.

Зазвичай схема мережі Wi-Fi містить не менше однієї точки доступу і не менше одного клієнта. Також можливе підключення двох клієнтів в режимі точка-точка (Ad-hoc), коли точка доступу не використовується, а клієнти з'єднуються за допомогою мережевих адаптерів «безпосередньо».



Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) за 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 попаданні в зону дії двох точок доступу з ідентичними SSID приймач може вибрати між ними на підставі даних про рівень сигналу.

За способом групування та впорядкування точок доступу в єдину систему можна виділити:

- Автономні точки доступу (називаються також самостійні, децентралізовані, розумні)
- Точки доступу, що працюють під управлінням контролера (називаються також «легковажні», централізовані)
- Бесконтрольні, але не автономні (керовані без контролера)

За способом організації та управління радіоканалами, як показано в Таблиці 1 можна виділити бездротові локальні мережі:

- Зі статичними настройками радіоканалів
- З динамічними (адаптивними) настройками радіоканалів
- З «шаруватою» або багат шаровою структурою радіоканалів.

Таблиця 1. Покоління Wi-Fi

Назва	Рік створення	Максимальна швидкість передачі	Середня швидкість передачі	Покоління
802.11a	1999	до 54 Мбіт/с	біля 20 Мбіт/с	Wi-Fi 2
802.11b	1999	до 11 Мбіт/с		Wi-Fi 1
802.11g	2003	до 54 Мбит/с		Wi-Fi 3 <sup>[12]</sup>

802.11h	2003			
802.11i	2004			
802.11-2007	2007			
802.11n	2009	до 600 Мбіт/с (4 антени)	до 150 Мбіт/с (1 антена)	Wi-Fi 4
802.11-2012	2012			
802.11ad	2012			
802.11ac	2013	до 6,77 Гбіт/с при 8x MU- MIMO- антенах		Wi-Fi 5
802.11af	2014			
802.11-2016	2016			
802.11ah	2016			
802.11ai	2016			
802.11aj	2018			
802.11aq	2018			
802.11ay	2018			
802.11ax	2019	до 11 Гбіт/с		Wi-Fi 6
802.11be	2024	до 30 Гбіт/с		Wi-Fi 7

## 1.2 Опис об'єкту дослідження

Темою роботи є дослідження можливості побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba.

Стандарт Wi-Fi 6, IEEE 802.11ax є стандартом бездротових локальних комп'ютерних мереж в наборі стандартів IEEE 802.11. в ньому на додаток до використання технологій MIMO і MU-MIMO (використовується кілька антен

для прийому і передачі), в стандарті WiFi 6 вводиться режим ортогонального частотного мультиплексування для поліпшення спектральної ефективності, і модуляція 1024-QAM для збільшення пропускної спроможності, хоча номінальна швидкість передачі даних тільки на 37% вище, ніж в попередньому стандарті WiFi 5 (IEEE 802.11ac), очікується, що WiFi 6 дозволить в 4 рази збільшити середню пропускну здатність за рахунок більш ефективного використання спектра і поліпшень для щільного розгортання.

Пристрої даного стандарту призначені для роботи в уже існуючих діапазонах 2,4 ГГц і 5 ГГц, але можуть включати додаткові смуги частот в діапазонах від 1 до 7 ГГц, у міру їх появи.

Стандарт IEEE 802.11ax, Wi-Fi на додаток до використання технологій MIMO і MU-MIMO також має в своєму арсеналі режим ортогонального частотного мультиплексування (OFDMA) для поліпшення спектральної ефективності, і модуляцію 1024-QAM для збільшення пропускної спроможності. Хоча номінальна швидкість передачі даних тільки на 37% вище, ніж в попередньому стандарті IEEE 802.11ac (WiFi 5), очікується, що WiFi 6 дозволить в 4 рази збільшити середню пропускну здатність за рахунок більш ефективного використання спектра і поліпшень для щільного розгортання.

Пристрої даного стандарту призначені для роботи в уже існуючих діапазонах 2,4 ГГц і 5 ГГц, але може включати додаткові смуги частот в діапазонах від 1 до 7 ГГц, у міру їх появи.

Остаточний текст стандарту IEEE 802.11ax був представлений в 2019 році, а на виставці CES 2018 були представлені пристрої, які продемонстрували максимальну швидкість до 11 Гбіт / с.

Aruba Networks є підрозділом компанії Hewlett Packard Enterprise, яке розробляє інноваційні рішення для організації доступу до мереж Wi-Fi корпоративного рівня. Aruba виготовляє мережеве обладнання, орієнтоване на створення мобільних мереж, що полегшують роботу ІТ-департаментів і «мобільного покоління» - технічно орієнтованих користувачів, що регулярно

застосовують портативні пристрої з метою корпоративних і приватних комунікацій.

Для створення мобільності, необхідної і достатньої для комфорту ІТ-відділів і «мобільного покоління», Aruba створює рішення, що дозволяють автоматизувати оптимізацію продуктивності на рівні корпоративної інфраструктури і заходи безпеки, які раніше вимагали ручної настройки з використанням людських ресурсів.

Як результат клієнти Aruba отримують значне підвищення продуктивності і зниження операційних витрат. Aruba входить в індекси NASDAQ і Russell 2000®.

Штаб-квартира компанії розташована в Саннівейл, штаті Каліфорнія. Aruba здійснює діяльність на території Північної і Південної Америки, Європи, Близького Сходу, Африки та Азіатсько-Тихоокеанського регіону.

Компанія Aruba є визнаним лідером в галузі Wi-Fi 6, комутації, SD-технологіях та створенні мереж обробки даних. Найбільші у світі компанії покладаються на технології Aruba, щоб забезпечити безпечну платформу на основі штучного інтелекту, яка охоплює через кампус, філію, центр обробки даних та віддалене робоче середовище.

Aruba була в авангарді ринку з самого початку. У 2002 році засновники створили Aruba для створення бездротової мережі як переважаюча технологія доступу в підприємство та допомогло клієнтам отримати капітал на цій зміні з Mobile First Architecture. У 2014 році ми очолили наступну велику технологію перехід - керована хмарою мережа - новаторство на основі хмарних мікрослужб платформа мережевих операцій, розроблена для перетворити спосіб управління ІТ мережами. Поки 2014 рік був важливою віхою, він представляв лише перший крок у нашому баченні - забезпечити сучасне хмарна платформа крайових послуг. Аруба продовжує робити значні інновації інвестиції для доставки ESP Aruba (Edge Сервісна платформа), перша платформа, яка працює значно перевищує звичайне управління мережею забезпечити операції, що забезпечуються ШІ, забезпечення,

оркестровка, безпека та розташування послуги з хмари. Це дуже масштабовано архітектура на основі мікропослуг дозволяє нам продовжувати швидко додавати послуги час. Через платформу, власну для хмар, Аруба забезпечує спритність, еластичність та масштабованість що вимагають клієнти

Aruba була створена у 2002 році постачає рішення, засновані на трьох ключових інгредієнтах - великий обсяг і різноманітність даних, експертиза доменів та досвід у наукових даних. Маючи понад 18 років досвіду роботи з дротовими та бездротовими мережами з моделюванням телеметричних даних з більш ніж одного мільйона дротових, бездротових та SD-WAN-пристроїв, Aruba AI може виявити аномалії та забезпечити директивні рекомендації, які не можуть забезпечити жодні інші вендори.

Програми партнерських технологій Aruba включають екосистему з сотнями постачальників технологій, з якими співпрацює Aruba для забезпечення взаємодії мережі, безпеки, хмарних обчислень та інфраструктури.

Перевагами рішень Aruba є:

- Рішення від Aruba оптимізовані для мобільності користувачів, мобільних пристроїв і додатків.
- Користувачі отримують захищений доступ до ресурсів корпоративної мережі, заснований на параметрі «хто є користувач» - незалежно від того, де і який пристрій він використовує, або як користувач підключається
- Високий рівень безпеки. Заснована на ідентифікації користувача, система безпеки надає користувачеві привілеї на основі політик доступу і забезпечує роботу цих політик в дротяних і бездротових мережах в будь-якому місці
- Рішення прості для впровадження та інтеграції з існуючими мережами

- Адаптивна бездротова мережа 802.11ac оптимізує саму себе для забезпечення користувачам гарантованого постійного доступу до критично важливих бізнес-додатків
- Прості в управлінні і обслуговуванні рішення
- Зручні механізми менеджменту і контролю для спрощення управління мобільними користувачами на багатовендорних і територіально розподілених мережах.

Основними продуктами Aruba є:

- Коммутатори
- SFP модулі і трансівери
- АС точки доступу
- Роутери
- Wi-Fi точки доступу
- Кабелі стекирування
- Контролери Wi-Fi
- PoE адаптери (інжектори).

Технологія 802.11ax, який тепер відомий як «Wi-Fi 6», оскільки це вимагає чотирикратного збільшення середнього рівня пропускну здатності на користувача. На відміну від технологій попередників, які мали на меті більш високу пікову пропускну здатність, Wi-Fi 6 фокусується на підвищенні ефективності та вирішенні проблем для середовища з високою щільністю. Wi-Fi 6 обіцяє більшу пропускну здатність, більшу пропускну здатність, покращену надійність та багато інших функцій. Це Останнє покоління бездротової локальної мережі 802.11 застосовується як до 2,4 ГГц, так і до 5 ГГц і є повністю сумісним із попередні покоління.

### **1.3 Кількісні і якісні показники побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6**

Стандарт Wi-Fi 6 є досить цікавим, адже має безліч особливостей. Тут і фізичне перестроювання антен, і підтримка OFDMA - множинного доступу з ортогональним частотним розділенням каналів, і ущільнення інформації за рахунок підтримки модуляції QAM 1024, що дозволяє збільшити кількість біт інформації, що передається в розрахунок на 1 Гц частотного діапазону, і маркування пакетів в каналах з метою розпізнавання «свій-чужий», і сплячі режими. Плюс гнучкість настройки і високі швидкості передачі даних.

В реальних умовах бездротові мережі насилу справляються з поставленими завданнями, але головна причина не в тому, що у існуючих стандартів не вистачає швидкості передачі. Просто пристроїв стало занадто багато, а теоретичних показників на практиці досягти не вдається через вимушене очікування, поки звільниться середовище передачі, що може буди зайняте розташованими поблизу точками доступу і іншими пристроями, а з часом ця проблема має тенденцію до посилення. Тому при розробці чергової версії стандарту Wi-Fi Alliance приділив більше уваги підвищенню ефективності роботи бездротової мережі.

Найбільш важливими показниками роботи Wi-Fi є:

- смуга пропускання (BW)
- кількість бітів даних на піднесуцїй (SC)
- кількість просторових каналів (SS).

Разом ці параметри визначають максимально доступну швидкість передачі даних. Вона дорівнює добутку кількості піднесуцїх на кількість бітів даних в символі і кількість просторових каналів, поділену на довжину символу. При цьому кількість піднесуцїх залежить від смуги пропускання. Кількість бітів даних в символі визначається схемами модуляції і кодування. Тривалість символу враховує захисний інтервал.

Пристрої Wi-Fi оптимальні для побутових додатків, невеликих офісів і магазинів. При наявності достатньої кількості точок доступу вони також

ефективні в готелях, терміналах аеропортів, офісах і мережах середнього розміру.

Недоліком є той факт, що чим більше точок доступу, тим більш завантаженим стає ефір, що підсилює інтерференцію.

Для підвищення якості зв'язку по Wi-Fi необхідно скористатися одним із таких способів або їх комбінацією:

- Змінити або додати частотні смуги
- Розширити канали
- Використовувати вдосконалені схеми модуляції
- Використовувати комплексні методи передачі
- Розташувати піднесущі ближче одна до одної
- Змінити підходи до планування та управління доступом
- Збільшити захисні інтервали
- Використовувати кілька прийомних і передавальних антен (MIMO).

Стандарт Wi-Fi 6 включає вісім головних елементів, призначених для створення фізичного рівня (PHY) бездротової передачі з високою ефективністю (high-efficiency wireless, HEW). Серед них (Таблиця 2):

- частотні діапазони
- ширина каналів
- відстань між піднесущими
- схема кодування
- тривалість символу
- тривалість захисного інтервалу
- схеми передачі
- кількість просторових потоків на користувача.

Таблиця 2. Головні показники WI-FI 6

Елементи фізичного рівня бездротової	Примітки
--------------------------------------	----------



<b>передачі з високою ефективністю Wi-Fi</b>		
<b>6</b>		
Підтримувані смуги	2,4; 5 ГГц (6 або 7 ГГц)	Забезпечує гнучкість у завантажених середовищах
Полоса каналу	20, 40, 80, 80+80, 160 МГц	Збільшує пропускну здатність для передачі даних
Схема передачі (шифрування)	OFDMA, OFDM	Знижує затримку для індивідуальних користувачів, підвищує ефективність для великої кількості користувачів
Відстань під піднесуцими	78,125 кГц	Знижує навантаження, що вноситься захисним інтервалом
Тривалість символу	3,2; 6,4; 12,8 мкс	Забезпечує роботу в режимі багатосполучності
Тривалість захисного сигналу	0,8; 1,6; 3,2 мкс	Забезпечує роботу в режимі багатосполучності
Схема модуляції	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QMA, 256QAM, 1024QAM	Збільшує пропускну здатність
Кількість просторових каналів на користувача	SU-MIMO: $\leq 8$ ; MU-MIMO: $\leq 4$	Керує активністю ресурсних блоків при передачі в будь-якому напрямку

Основними покращеннями 802.11ax в порівнянні з 802.11ac є те, що на відміну від 802.11ac, 802.11ax також буде працювати в неліцензованому діапазоні 2,4 ГГц. Для досягнення мети підтримки щільного розгортання 802.11 були схвалені наступні функції, як показано в Таблиці 3.

Таблиця 3. Технічні покращення 802.11ax

Особливість	802.11ac	802.11ax	Коментар
OFDMA	недоступний	<p>Централізовано контрольований доступ до середовища з динамічним призначенням 26, 52, 106, 242 (?), 484 (?), Або 996 (?) Тонів на станцію. Кожен тон складається з однієї піднесе з пропускнуою здатністю 78,125кГц. Тому смуга пропускання, яку займає однією передачею OFDMA, знаходиться між 2,03125 МГц і 80 МГц</p>	<p>OFDMA розділяє спектр в одиницях частотно-часового ресурсу (RU). Центральний координуючий об'єкт (Ретрансляційна точка доступу (Access Point, AP) в 802.11ax) призначає RU для прийому або передачі пов'язаним станціям. Завдяки централізованому плануванню RU можна уникнути конфліктів, що підвищує ефективність в сценаріях щільного розгортання.</p>
Розрахований на багато користувачів MIMO (MU-MIMO)	Доступно в напрямку вниз	Доступно в напрямку вниз і вгору	<p>З MIMO низхідній лінії зв'язку пристрій може передавати дані одночасно на кілька приймачів, а з MIMO висхідній лінії зв'язку пристрій може одночасно приймати від декількох передавачів. У той час як OFDMA розділяє приймачі на різні RU, з MU MIMO пристрою розділяються на різні просторові</p>

			<p>потоки. У стандарті 802.11ax технології MU MIMO і OFDMA можуть використовуватися одночасно. Щоб дозволити передачі MU по висхідній лінії зв'язку (UL), AP передає новий кадр управління (Trigger), який містить інформацію про планування (розподілу RU для станцій, схему модуляції і кодування (MCS), яка повинна використовуватися для кожної станції). Крім того, Trigger також забезпечує синхронізацію для передачі по висхідній лінії зв'язку, оскільки передача починається SIFS після закінчення Trigger.</p>
<p>Випадковий доступ на основі тригера</p>	<p>Недоступний</p>	<p>Дозволяє виконувати передачі UL OFDMA станціями, яким не призначені RU безпосередньо.</p>	<p>У кадрі тригера AP зазначає інформацію планування для подальшої передачі UL MU. Однак кілька RU можуть бути призначені для довільного доступу. Станції, яким не призначені RU, можуть безпосередньо виконувати передачі в RU, призначених для довільного доступу. Щоб зменшити ймовірність колізії (тобто ситуацію, коли дві або більше станції вибирають один і той же</p>

			RU для передачі), поправка 802.11ax визначає спеціальну процедуру відкоту OFDMA. Довільний доступ зручний для передачі звітів про стан буфера, коли AP не має інформації про виклик трафіку UL на станції.
Повторне використання просторової частоти	Недоступне	Розфарбування дозволяє пристроям відрізнити передачі в своїй власній мережі від передач в сусідніх мережах. Поріг адаптивної потужності і чутливості дозволяє динамічно регулювати потужність передачі і поріг виявлення сигналу для збільшення просторового повторного використання.	Без можливостей просторового повторного використання пристрою відмовляються передавати одночасно з передачами, що відбуваються в інших сусідніх мережах. З забарвленням, бездротова передача відзначена на самому початку, допомагаючи оточуючим пристроїв вирішувати, чи припустимо одночасне використання бездротового середовища чи ні. Станції дозволяється розглядати бездротову середу як неактивну і починати нову передачу, навіть якщо виявлений рівень сигналу з сусідньої мережі перевищує поріг виявлення застарілого сигналу, за умови, що потужність передачі для нової передачі відповідним чином зменшена.

Вектор розповсюдження мережі (Network allocation vector, NAV)	Одинарний NAV	Подвійний NAV	У сценаріях щільного розгортання значення NAV, встановлене кадром, що виходить з однієї мережі, може бути легко скинуто кадром, створеним з іншої мережі, що призводить до неправильного поводження і конфліктів. Щоб уникнути цього, кожна станція 802.11ax буде підтримувати два окремих NAV - один NAV модифікується кадрами, що виходять із мережі, з якою пов'язана станція, інший NAV модифікується кадрами, що відбуваються з мережами, що преекриваються
Цільовий час пробудження (Target Wake Time, TWT)	Недоступний	TWT знижує енергоспоживання і середній доступ до мережі	TWT - це концепція, розроблена в 802.11ah. Вона дає їм змогу прокидатися в інші періоди, крім періоду передачі маяка. Крім того, AP може групувати пристрій по різному періоду TWT, тим самим зменшуючи кількість пристроїв, одночасно конкурують за бездротову середу.
Фрагментація	Статична	Динамічна фрагментація	При статичній фрагментації всі фрагменти

	фрагментація		пакета даних мають однаковий розмір, за винятком останнього. При динамічній фрагментації пристрій може заповнювати доступні RU інших можливостей для передачі до доступної максимальної тривалості. Таким чином, динамічна фрагментація допомагає знизити накладні витрати.
Довжина захисного інтервалу	0,4 мкс або 0,8 мкс	0,8 мкс, 1,6 мкс або 3,2 мкс	Збільшена тривалість захисного інтервалу забезпечує кращий захист від поширення затримки сигналу, як це відбувається на відкритому повітрі.
Тривалість символу	3,2 мкс	3,2 мкс, 6,4 мкс або 12,8 мкс	Збільшена тривалість символу дозволяє підвищити ефективність.

## **2 ПОБУДОВА БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ WI-FI 6 НА БАЗІ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ARUBA**

### **2.1 Характеристика безпроводової мережі Wi-Fi 6 та програмно-апаратного комплексу Aruba**

Aruba, a Hewlett Packard Enterprise company є лінійкою дротового і бездротового обладнання для мереж передачі даних корпоративного рівня. Додавання HPE з'явилося в її назві в 2015 році, коли компанія Aruba Networks, відома до того на ринку 13 років, була куплена гігантом Hewlett Packard Enterprise і стала окремим великим напрямком бізнесу компанії.

Порівняно молодий поки гравець в області корпоративного мережевого обладнання має міцні позиції в цій сфері. У число лідерів компанія увійшла завдяки простоті реалізації рішення, подальшого обслуговування та управління розширеним функціоналом мереж Wi-Fi на обладнанні Aruba. Основними особливостями обладнання Aruba, які актуальні в нашій країні і дійсно виділяють цю лінійку серед аналогічного обладнання інших виробників є:

- Це обладнання є функціональним, налагодженим і масштабованим рішенням, як Aruba Instant - мережа Wi-Fi без виділеного контролера
- На більшість комутаторів діє довічна гарантія - і вона повноцінно працює
- На маршрутизатори і комутатори не потрібно купувати ліцензії, весь функціонал доступний відразу.

Точки доступу Aruba забезпечують швидку і стабільну бездротову передачу даних в корпоративній мережі. Aruba пропонує як прості пристрої для надання базового функціоналу мережі Wi-Fi, так і дуже потужні для мереж з високою щільністю користувачів і швидкостями до 1,73 Гбіт / с, а

також захищені моделі для роботи в суворих умовах, наприклад, під відкритим небом.

Залежно від масштабів проекту можна вибрати:

- Instant-точки доступу - вони не вимагають окремого контролера, а використовують віртуальний контролер, функції якого виконує одна з точок;
- Точки доступу, що працюють під управлінням бездротового контролера.

Рішення також може бути доповнено точками доступу Remote-Access, призначеними для роботи у віддалених філіях і здатними самостійно встановлювати захищене з'єднання з центральним офісом.

Точки доступу прості в інсталяції, можуть працювати одночасно в діапазонах 2,4 і 5 ГГц, використовують технологію MIMO для збільшення швидкості передачі даних і підтримують стандарт 802.11ac Wave2.

Контролери Aruba забезпечують централізоване управління бездротовими точками доступу. На додаток до своєї основної функції вони підтримують WIDS / WIPS, можуть виступати в ролі VPN-концентраторів, а також міжмережових екранів з підтримкою трансляції мережових адрес (NAT) і фільтрації на рівні додатків (Layer 7).

Моделі контролерів Aruba можуть використовуватися, як для невеликих офісів, які підтримують до 16 точок доступу, так і для великих проектів - до 2000 точок доступу і до 32 тис. клієнтів. Контролери можна об'єднувати, збільшуючи загальну ємність точок доступу і клієнтів.

Маршрутизатор для мережових рішень поставляються під брендом Hewlett Packard Enterprise. Маршрутизатор HPE діляться на дві групи:

- HSR
- MSR.

Лінійка HSR - це високопродуктивні модульні пристрої, які підходять для великих проектів. Топова модель лінійки - маршрутизатор HSR6808, що забезпечує продуктивність до 2 Тбіт / с і має шасі висотою 20 RU.



Лінійка MSR - це маршрутизатори початкового і середнього рівня. Сюди входять компактні моделі MSR9xx, в тому числі з підтримкою Wi-Fi і 3G / 4G, які підходять для установки в невеликих філіях організацій і вдома.

Для невеликих і середніх компаній розроблені серії MSR1000, MSR2000, MSR3000 і MSR4000 з продуктивністю від 500 Мбіт / с до 24 Гбіт / с, є і модульні версії.

Всі моделі цих серій підтримують широкий набір мережевих протоколів і технологій, включаючи динамічну маршрутизацію, NAT, QoS, VPN, міжмережеві екрани і телефонію.

Весь функціонал доступний «в базі», без необхідності додатково купувати ліцензії. Крім того, є версія, призначена для розгортання в середовищі віртуалізації.

Портфель комутаторів Aruba досить великий і дозволяє підібрати оптимальне по функціоналу і ціні рішення для завдання будь-якого масштабу. Є моделі Layer 2 і Layer 3, модульні і в фіксованій конфігурації. Весь функціонал доступний відразу, не потрібно купувати додаткові ліцензії.

На роль комутаторів ядра відмінно підходять модульні комутатори 540xR, які в залежності від версії шасі підтримують установку до 12 лінійних карт і володіють повним функціоналом рівня Layer 3.

З комутаторів фіксованої конфігурації можна відзначити комутатор Layer 3 серії 3810. У корпусі 1 RU пропонуються версії з 24 і 48 портами 10/100/1000 Smart Rate multi-gigabit Ethernet з PoE і без, слот для аплинк-модуля з інтерфейсами SFP + і QSFP +, а також повністю SFP + комутатор.

Лінійка FlexNetwork відрізняється розширеною підтримкою протоколів динамічної маршрутизації, IPv6 і MPLS. Крім того, вендор пропонує повністю некеровані комутатори (14xx) і комутатори з веб-інтерфейсом (16xx, 18xx, 19xx). На більшість моделей поширюється фірмова довічна гарантія Hewlett Packard Enterprise.

Програмне забезпечення AirWave являє собою систему управління і моніторингу мережі, причому як провідної, так і бездротової (Wi-Fi).

Система дозволяє ІТ-персоналу відстежувати стан і завантаження компонентів інфраструктури (точок доступу, контролерів, комутаторів), вибрати конфігурацію існуючих і додавати нові пристрої.

Також дозволяє отримувати інформацію про підключених до мережі користувачів, збирати статистику про їхні дії і трафіку. Є зручні інструменти візуалізації (відображення інформації з прив'язкою до карти місцевості, різні варіанти графіків і діаграм). Більшість даних можна не тільки переглядати в реальному часі, а й зберігати в логах, щоб потім при необхідності створювати звіти (Рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 - Програмне забезпечення AirWave

Ще одна важлива і корисна функція - планувальник зони покриття мережі Wi-Fi. Маючи плани приміщення з інформацією про розміри і застосовуваних матеріалах, з його допомогою можна вибрати оптимальні місця установки точок доступу і розрахувати зони покриття. Таке планування обов'язково проводиться на початковому етапі будь-якого проекту по впровадженню Wi-Fi.

Сервер управління політиками доступу користувачів до мережі і до конкретних мережевих ресурсів називається ClearPass. Це стосується як бездротових користувачів (в їхньому випадку контроль доступу завжди особливо актуальний), так і дротяних. За допомогою ClearPass адміністратор визначає, хто зможе підключитися до мережі, як будуть проходити аутентифікацію ті чи інші користувачі: введуть постійний пароль, отримають разовий пароль по SMS, звернуться до офіс-менеджера, який на спеціальній сторінці в кілька клацань мишкою згенерує їм пароль, або ж пристрій користувача буде аутентифіцироваться за сертифікатом без участі власника.

Після того, як користувач пройшов аутентифікацію в мережі, ClearPass авторизує його, причому правила можна налаштовувати надзвичайно точно: користувач матиме доступ строго до тих ресурсів, які дозволені конкретно йому (Рисунок 2.2).

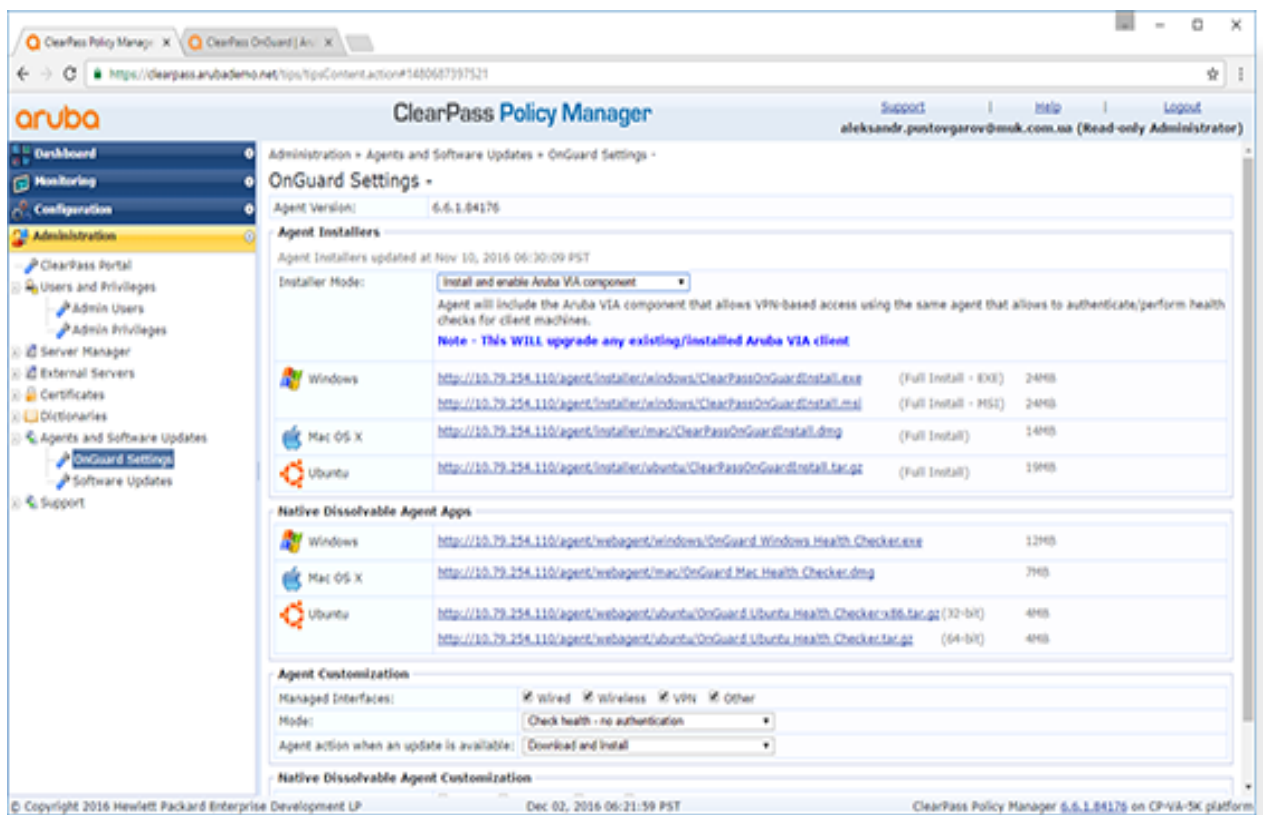


Рисунок 2.2 - Система ClearPass

ClearPass дозволяє створювати і легко застосовувати дуже гнучкі політики, що комбінують безліч правил і параметрів: наприклад, аутентифікацію користувача і машини, використовувані протоколи, тип і стан клієнтського пристрою, приналежність користувача до тієї чи іншої групи і багато іншого.

Інша особливість ClearPass - профілювання, яке дозволяє визначати тип і виробника підключеного до мережі пристрою. Дану інформацію можна використовувати і як додатковий параметр в політиках доступу, і для роботи з пристроями, не підтримують жодні засоби аутентифікації (це, наприклад, багато моделей принтерів). Все сказане справедливо і для бездротових, і для провідних користувачів.

Ще одна важлива функція Aruba ClearPass - підтримка концепції BYOD (Bring Your Own Device), згідно з якою співробітники можуть використовувати для роботи свої особисті мобільні пристрої. При цьому забезпечується доступ до всіх необхідних мережевих ресурсів, а безпеку корпоративної мережі не порушується, оскільки доступ користувачеві надається тільки після того, як його обладнання перевірено на відсутність вірусів або jailbreak і наявність всіх актуальних оновлень безпеки.

Як показують проведені дослідження, можливість використовувати для роботи в офісі і за його межами особисті пристрої підвищує лояльність і продуктивність співробітників і до того ж дозволяє компанії заощадити.

Також до програмно-апаратного комплексу Aruba входить платформа для позиціонування або навігації в приміщеннях Meridian, як показано на Рисунку 2.3. Рішення дозволяє визначати місце розташування мобільного пристрою користувача на основі даних мережі Wi-Fi, доповненої маячками Bluetooth Low Energy (BLE).

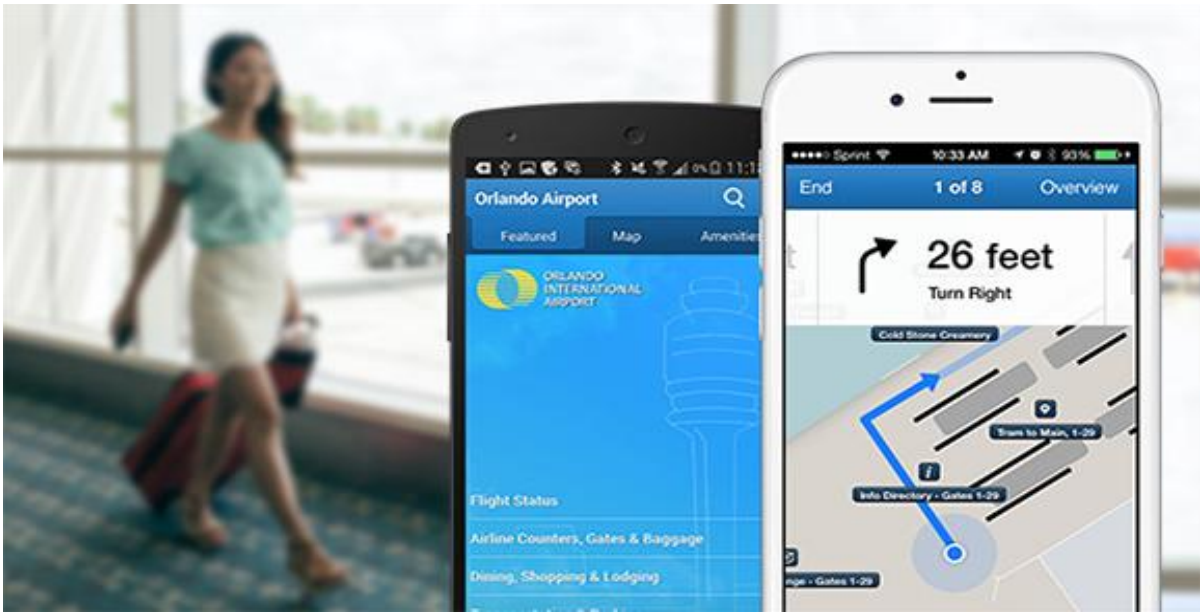


Рисунок 2.3 - Aruba Meridian

Aruba Meridian допомагає компаніям, що працюють в сфері обслуговування, набагато ефективніше взаємодіяти зі своєю аудиторією. Використовуючи простий і зручний інструмент, компанія може підготувати і опублікувати в магазинах додатків Apple і Google своє власне додаток для навігації по будівлі. Встановивши його на свій смартфон, користувач буде легко орієнтуватися в будівлі, бачачи своє поточне становище і отримуючи наочні підказки, як дістатися до тієї чи іншої точки на карті. Залежно від його місця розташування він також при бажанні буде отримувати через додаток push-повідомлення, наприклад, про різні акції та знижки.

Ця технологія стає все більш популярною в світі і вже знайшла застосування на великих об'єктах, таких як стадіони, університети, торгові

## **2.2 Приклад побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba**

У традиційних кампусних мережах комутатори доступу направляють призначений для користувача трафік на комутатори розподілу або ядро (в разі дворівневої архітектури).

У режимі тунелювання комутатори під управлінням операційної системи ArubaOS можуть пересилати вхідний трафік з портів до Aruba Mobility контролерів через L2-GRE тунелі, в залежності від апаратної платформи пропускна здатність може досягати 40 Гбіт / с, можливо розподіл навантаження по декількох контролерам.

Переваги тунелювання:

- Аутентифікація контролером провідних пристроїв через Web-портал або по MAC адресу;
- Профілювання провідних пристроїв;
- Функціонал NGFW, DPI, фільтрація трафіку, обмеження на основі класів додатків.

Як приклад розглянемо мережу, що складається з комутатора 2920 зі встановленою ArubaOS 16.03 і двох контролерів 7240 з AOS 6.5.0.4 (схема представлена на Рисунку 2.4).

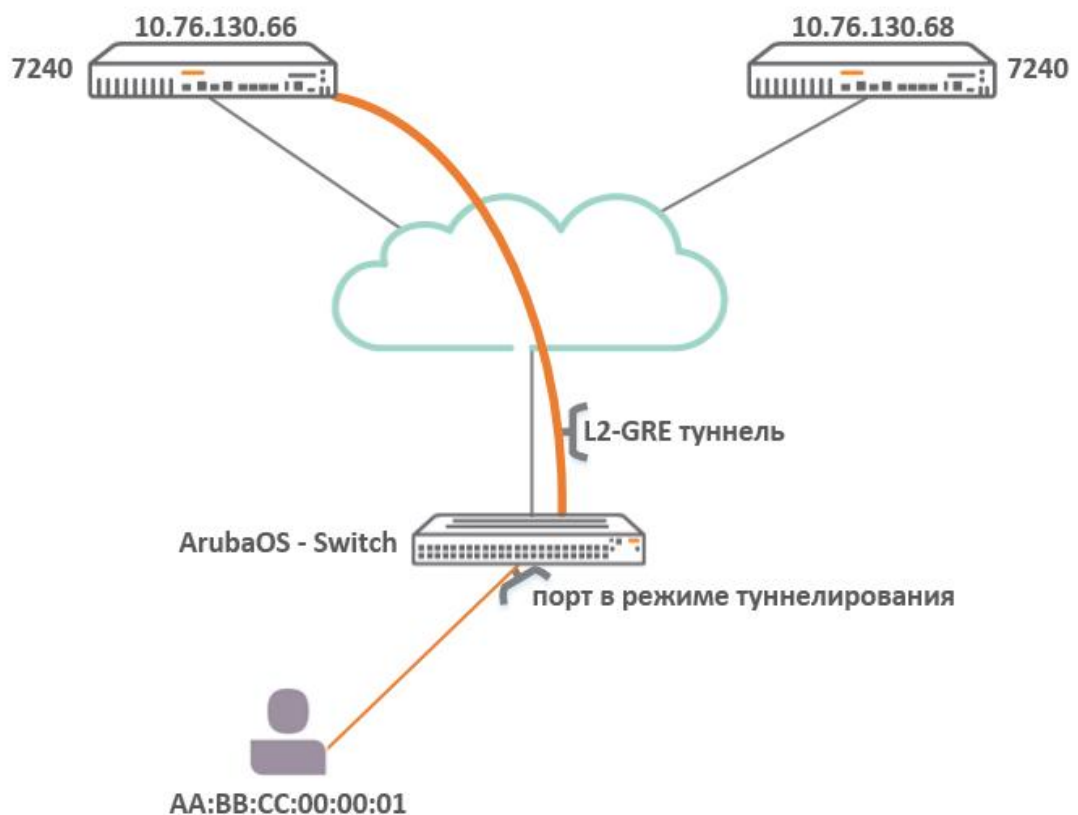


Рисунок 2.4 - Приклад побудови бездротової мережі

Налаштування з боку комутатора:

- 1) Прописуємо IP-адреси основного та резервного контролерів
- 2) Задаємо keepalive таймер
- 3) Включаємо туннелювання на фізичному інтерфейсі

Налаштування з боку контролера:

- 1) Включаємо сервер
- 2) Налаштовуємо AAA Profile (в даному прикладі default)
- 3) Налаштовуємо роль (в даному прикладі стандартна logon).

Моніторинг і траблшутінг

- 1) Debug
- 2) Інформація по серверу
- 3) Статистика по тунелях (по кожній фізичній порту комутатора)
- 4) Тунелі на контролері

Способи застосування

1. Гостьовий доступ для дротових клієнтів - з'являється можливість термінувати трафік в DMZ, є можливість авторизації через web-портал, по MAC адресу;

2. Підключення кас, терміналів оплати - термінуємо клієнтський трафік на контролері, не потрібно розтягувати VLAN;

3. Безпечне підключення "дурних" провідних пристроїв без підтримки 802.1x - датчики, базові станції, консолі. Особливо актуально для IoT.

Як приклад розглянемо мережу, що складається з системи контролю доступу, контролера зі встановленою ArubaOS 8 і двох контролерів 7240 з AOS 6.5.0.4 (схема представлена на Рисунку 2.5).

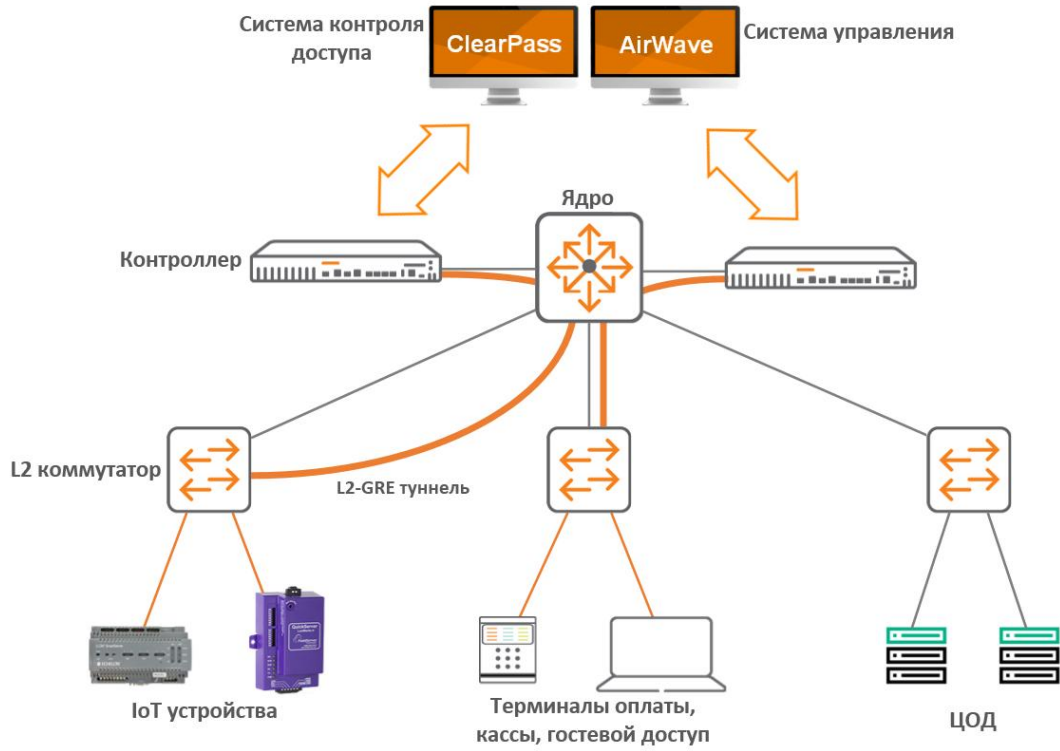


Рисунок 2.5 - Пример построения беспроводной сети



## 3 ТЕХНІКО–ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗДРОТОВОЇ МЕРЕЖІ

### 3.1 Структура бездротової мережі

Wi-Fi є одним з ключових напрямків Aruba, на якому історично спеціалізувався вендор. Тривалий досвід розвитку бездротових технологій компанією робить рішення Wi-Fi одним з кращих на ринку. Багатофункціональність точок доступу (AP) дозволяє реалізувати безліч додаткових бездротових сервісів: All-in-One. Універсальність AP надає можливість будувати мережі різної функціональності та конфігурації.

Основними відмінностями мереж від ARUBA HPE є:

- Масштабованість AP при розгортанні мережі: одна і та ж AP може функціонувати як в мережі з однієї точки, так і в мережі з сотнями AP.
- Реалізація рішення як без контролерів (вбудованих в AP), так і з зовнішнім контролером (апаратним або хмарним).
  - Вбудований функціонал маршрутизації та комутації в AP.
  - Вбудований в AP Firewall.
  - Підтримка на AP технології Bluetooth.
  - Підтримка протоколу Zigbee для IoT пристроїв на AP.
  - Функціонал геопозіціонування (Beacons).
  - Підтримка технології NFC.
  - ПЗ моніторингу, управління та аналітики на основі рішень як On-Promise (апаратних), так і SaaS (хмарних).
- Контролер доступу до мережі для різних пристроїв, включаючи BYOD.
  - Рішення аналітики переміщення об'єктів (зі звітністю і візуалізацією).
  - Штучний інтелект для оптимізації та безпеки роботи мережі.

- Великий модельний ряд AP з різною функціональністю і відповідністю до широкого спектра завдань.

- Всі AP (серії 500) мають сертифікацію під стандарт Wi-Fi 6 (802.11ax).

Внутрішні точки доступу підтримують можливості штучного інтелекту, новітні стандарти Wi-Fi 6 і декілька формфакторів для розгортання в будь-якому середовищі.

Зовнішні точки доступу забезпечують безперешкодне підключення в великих громадських місцях. Варіанти бездротового зв'язку point-to-point забезпечують транзитну мережу Wi-Fi.

Точки доступу Aruba налаштовуються автоматично, тому їх достатньо підключити до будь-якого інтернет-з'єднання, і вони готові до роботи.

### **3.2 Обґрунтування вартості бездротової мережі**

При цьому вартість бездротової мережі є умовною величиною, яка може сильно варіюватися в межах одного і того ж проекту / об'єкта в залежності від поставлених завдань і використовуваного обладнання. У першому наближенні оцінити бюджет можна на підставі квадратних метрів або кількості співробітників з мобільними пристроями. Для проектування системи необхідно пройти декілька кроків:

1. Оцінка важливості об'єкта і критичності до відмов, адже вибір рішення, а також вартість робіт по установці і ліцензій залежить багато в чому від вибору виробника, адже виробники Hi-End Wi-Fi обладнання забезпечують високу напрацювання на відмову (MTBF більш 100'000 годин). Топове обладнання має апаратний таймер зависань WatchDog. У разі відсутності відповіді від центрального процесора точка доступу відправляється в примусове перезавантаження. На об'єктах, де безперервна робота Wi-Fi критична (склади, логістичні центри, системи відеоспостереження) часто використовується резервування контролера. Один

контролер - Master, другий контролер - Backup. У разі виходу з ладу основного контролера мережа перемикається на запасний непомітно для користувачів. Однак рішення від топових виробників дороги і для правильного налаштування вимагають мати в штаті кваліфікований ІТ-персонал. У малому і середньому бізнесі часто буває досить використовувати обладнання середнього класу, яке легко і просто налаштовується через Web-інтерфейс і дозволяє заощадити бюджет як на початковій інсталяції, так і на обслуговуванні. Для підприємств малого бізнесу або де якість сервісу не критично цілком можна обійтися застосування недорогого обладнання для домашнього Wi-Fi.

2. Радіопланування і радіодослідження. При проектуванні Wi-Fi мережі на підприємствах малого і середнього бізнесу рекомендується виконати радіочастотне планування. Радіопланування допомагає вирішити проблеми:

- Побудови "теплової карти" для оцінки, скільки реально точок доступу і які антени будуть потрібні, щоб забезпечити безперервне покриття в потрібній зоні
- Визначити оптимальне місце установки точок і розрахувати супутню кабельну інфраструктуру. На критичних об'єктах де потрібно безвідмовна робота 24/7 рекомендується виконати радіочастотне обстеження, тобто дослідження рівня загасання сигналу в реальних умовах безпосередньо на об'єкті. На підставі звіту по радіообстеженню кількість точок може бути скориговано.

3. Визначення щільності користувачів в межах 1 точки доступу. Специфіка об'єкта висуває свої вимоги до налаштувань обладнання. Забезпечити гостьовий Wi-Fi доступ в кафе або на стадіоні, де до точки одночасно може підключатися 100 і більше користувачів, це не те ж саме, що забезпечити Інтернет в готелі, де одна точка може обслуговувати 4 номери і не більше 10 одночасних підключень

Корпоративний Wi-Fi - це тема, яка потребує особливої уваги. У open-space офісах одна точка може обслуговувати від 10 до 50 користувачів. Багато в чому навантаження залежить від типу додатків, які використовуються в мережі. Термінальний доступ до хмарного сервера створює істотно менше навантаження, ніж перекачування великих баз даних в реальному часі.

Найбільш складне завдання - організація Wi-Fi на площадах, вокзалах, стадіонах. Часто домогтися прийнятної якості сервісу можна тільки застосовуючи секторні антени, які покривають вузький конус. Перемикання (роумінг) здійснюється при виході за межі конуса. При організації гостьового доступу необхідно використовувати traffic shaping, щоб окремі користувачі не перевантажували канал.

4. Комерційна пропозиція. Після визначення переліку використовуваного обладнання проводиться пошук постачальників, які зможуть поставити дане рішення в оптимальні терміни за оптимальною ціною.

5. Закупівля необхідного обладнання з необхідними визначеними характеристиками.

6. Монтаж обладнання

7. Тестування роботи обладнання та якості побудованої бездротової мережі

8. Підтримка та обслуговування, а також боротьба з можливими технічними складнощами

9. Організація безпеки мережі.

## ВИСНОВОК

В результаті виконання роботи з дослідження можливості побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba проведено такі роботи:

- Наведено теоретичні аспекти побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6
- Наведено основні поняття і визначення
- Проведено опис об'єкту дослідження
- Надано кількісні і якісні показники побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6
- Надано характеристику побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba
- Надано характеристику безпроводової мережі Wi-Fi 6 та програмно-апаратного комплексу Aruba
- Надано приклад побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba
- Надано основні механізми техніко-економічного обґрунтування проекту з побудови безпроводової мережі Wi-Fi 6 на базі програмно-апаратного комплексу Aruba.

Wi-Fi є технологією бездротової локальної мережі з пристроями на основі стандартів IEEE 802.11.

Основними діапазонами Wi-Fi вважаються 2.4 ГГц (2412 МГц-+2472 МГц) і 5 ГГц (5160-5825 МГц).

Сигнал Wi-Fi може передаватися на кілометри навіть при низькій потужності передачі, але для прийому Wi-Fi сигналу з звичайного Wi-Fi маршрутизатора на далекій відстані потрібна антена з високим коефіцієнтом посилення (наприклад параболічна антена або Wi-Fi гармата).

Точка доступу передає свій ідентифікатор мережі (SSID) за 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.

За способом групування та впорядкування точок доступу в єдину систему можна виділити:

- Автономні точки доступу (називаються також самостійні, децентралізовані, розумні)
- Точки доступу, що працюють під управлінням контролера (називаються також «легковажні», централізовані)
- Бесконтрольні, але не автономні (керовані без контролера)

За способом організації та управління радіоканалами можна виділити бездротові локальні мережі:

- Зі статичними настройками радіоканалів
- З динамічними (адаптивними) настройками радіоканалів
- З «шаруватою» або багат шаровою структурою радіоканалів.

Aruba Networks є підрозділом компанії Hewlett Packard Enterprise, яке розробляє інноваційні рішення для організації доступу до мереж Wi-Fi корпоративного рівня. Aruba виготовляє мережеве обладнання, орієнтоване на створення мобільних мереж, що полегшують роботу ІТ-департаментів і «мобільного покоління» - технічно орієнтованих користувачів, що регулярно застосовують портативні пристрої з метою корпоративних і приватних комунікацій.

Для створення мобільності, необхідної і достатньої для комфорту ІТ-відділів і «мобільного покоління», Aruba створює рішення, що дозволяють автоматизувати оптимізацію продуктивності на рівні корпоративної інфраструктури і заходи безпеки, які раніше вимагали ручної настройки з використанням людських ресурсів.

Перевагами рішень Aruba є:

- Рішення від Aruba оптимізовані для мобільності користувачів, мобільних пристроїв і додатків.
- Користувачі отримують захищений доступ до ресурсів корпоративної мережі, заснований на параметрі «хто є користувач» - незалежно від того, де і який пристрій він використовує, або як користувач підключається
- Високий рівень безпеки. Заснована на ідентифікації користувача, система безпеки надає користувачеві привілеї на основі політик доступу і забезпечує роботу цих політик в дротяних і бездротових мережах в будь-якому місці
- Рішення прості для впровадження та інтеграції з існуючими мережами
- Адаптивна бездротова мережа 802.11ac оптимізує саму себе для забезпечення користувачам гарантованого постійного доступу до критично важливих бізнес-додатків
- Прості в управлінні і обслуговуванні рішення
- Зручні механізми менеджменту і контролю для спрощення управління мобільними користувачами на багатовендорних і територіально розподілених мережах.

Стандарт Wi-Fi 6 включає вісім головних елементів, призначених для створення фізичного рівня (PHY) бездротової передачі з високою ефективністю (high-efficiency wireless, HEW). Серед них:

- частотні діапазони
- ширина каналів
- схема кодування
- тривалість символу
- тривалість захисного інтервалу
- схеми передачі
- кількість просторових потоків на користувача.