ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: « **ПОБУДОВА БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ З ПІДВИЩЕНОЮ ШВИДКІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ»**

на здобуття освітнього ступеня магістра
зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Олександр ЯРОШУК

(*підпис)* *І'мя*, ПРІЗВИЩЕ *здобувача*

Виконав здобувач вищої освіти гр.ТСДМ-63 Олександр ЯРОШУК _____

Керівник: ДТН, професор *науковий ступінь, вчене звання* Віктор ЗАЇКА _____

Рецензент: _____
науковий ступінь, вчене звання

Київ 2025

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій

Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж
Ступінь вищої освіти Магістр
Спеціальність 172 Електронні комунікації та радіотехніка
Освітньо-професійна програма Телекомунікаційні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри Телекомунікаційних систем та мереж
_____Віктор ЗАЇКА
«____» _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ярошуку Олександру Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема кваліфікаційної роботи: **:** « Побудова безпроводової мережі з підвищеною швидкістю передачі інформації»
керівник кваліфікаційної роботи, ДТН, професор Віктор ЗАЇКА
(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «30» жовтня 2025 р. № 467.

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «___» _____ 2025 р.
3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:
1. Стандарти 802.11ac; 2. Розміщення точок доступу; 3. Пропускна спроможність безпроводової мережі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1.Загальна пропускна спроможність системи. 2. Пропускна спроможність пристрою. 3. Середня пропускна здатність каналу.

6. Дата видачі завдання «___» _____ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір та аналіз науково-технічної літератури	10.10.2025	Викон.
2	Перспективи розвитку технологій безпроводових мереж	20.10.2025	Викон.
3	Проектування безпроводної мережі з високою щільністю	31.10.2025	Викон.
4	Розробка та налаштування безпроводової мережі з високою інтенсивністю передачі інформації	20.11.2025	Викон.
5	Висновки, вступ, реферат	30.11.2025	Викон.
6	Розробка презентації	15.12.2025	Викон.

Здобувач вищої освіти Олександр ЯРОШУК

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Керівник каваліфікаційної роботи Віктор ЗАЇКА

(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Навчально-науковий інститут телекомунікацій
ПОДАННЯ
ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ
ЩОДО ЗАХИСТУ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
на здобуття освітнього ступеня магістр

Направляється здобувач Ярошук О.В. до захисту кваліфікаційної роботи
(прізвище та ініціали)

за спеціальністю 172 Електронні комунікації та радіотехніка
(код, найменування спеціальності)
освітньо-професійної програми Телекомунікаційні системи та мережі
(назва)
на тему: «Побудова безпроводової мережі з підвищеною швидкістю передачі інформації».

Кваліфікаційна робота і рецензія додаються.

Директор ННІТ _____ Владислав КРАВЧЕНКО
(підпис) *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

Висновок керівника магістерської роботи

Здобувач Ярошук Олександр Володимирович показав гарну теоретичну та інженерну підготовку, уміння володіти новими комп'ютерними технологіями, користуватися навчальною, довідковою і науково-технічною літературою. Працюючи над завданнями, які були поставлені керівником, проявив ініціативність, сумлінність та хист до наукової роботи.
Все це дозволяє оцінити виконану кваліфікаційну роботу здобувача Ярошука Олександра Володимировича на оцінку «**добре**» та присвоїти йому кваліфікацію Магістр з електронних комунікацій та радіотехніки.

Керівник роботи Віктор ЗАЇКА
_____
(підпис) *(Ім'я,ПРІЗВИЩЕ)*

«____» _____ 2025 року

Висновок кафедри про магістерську роботу

Кваліфікаційна робота розглянута. Здобувач Ярошук О.В. допускається до захисту даної роботи в Екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедрою Телекомунікаційних систем та мереж _____ Віктор ЗАЇКА
(назва) *(підпис)* *(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)*

ВІДГУК РЕЦЕНЗЕНТА
на кваліфікаційну роботу
на здобуття освітнього ступеня магістр

Здобувача вищої освіти Ярошука Олександра Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові)
на тему «Побудова безпроводової мережі з підвищеною швидкістю передачі інформації»

Актуальність: В роботі приведено основні відомості про системи та мережі безпроводового зв'язку та виявлено тенденції їх сучасного розвитку. Сформульовано нові задачі підвищення їх ефективності як на етапі аналізу окремих функціональних вузлів такі синтезу системи та безпроводової мережі в цілому за технічними вимогами.

Позитивні сторони: Робота дозволяє досить повно оцінити загальну характеристику, сутність та структуру поставленої проблеми. Досліджено перспективи розвитку технологій безпроводових мереж. На основі досліджень розроблено алгоритм ефективності безпроводових мереж на основі технології Aruba Instant.

Недоліки: 1. В роботі не до кінця розкрите питання моделювання просторових потоків VHD-областей.
2. Можливо більш детальніше треба було розглянути альтеративні системи.

Відзначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку магістерської кваліфікаційної роботи

Висновок: *кваліфікаційна магістерська робота заслуговує оцінку "***добре***", а здобувач* Ярошук Олександр Володимирович *заслуговує присвоєння кваліфікації:* Магістр з електронних комунікацій та радіотехніки.

Рецензент: _____ _____
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Науковий ступінь, вчене звання *(підпис)*

науковий ступінь, вчене звання

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра: ____стор., ___ рис., ____ табл., ____ джерел.

Мета роботи – дослідження шляхів побудови безпроводових мереж з високою щільністю абонентів на базі технології Aruba Instant.

Об'єкт дослідження – безпроводові технології останнього покоління Aruba Instant.

Предмет дослідження – побудова безпроводових мереж з високою щільністю абонентів.

В роботі приведено основні відомості про системи та мережі безпроводового зв'язку та виявлено тенденції їх сучасного розвитку. Сформульовано нові задачі підвищення їх ефективності як на етапі аналізу окремих функціональних вузлів так і синтезу системи та безпроводової мережі в цілому за технічними вимогами. Проаналізовано різні види стратегії з дуже високою щільністю. Побудова мереж з високою щільністю. Розроблена пропускна спроможність безпроводової мережі з високою інтенсивністю передачі. Проведена оцінка пропускної спроможності мережі з високою інтенсивністю педедачі інформації

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

БЕЗПРОВОДОВА МЕРЕЖА, ВИСОКА ЩІЛЬНІСТЬ, КАНАЛ, ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ, ТОЧКА ДОСТУПУ, ARUBA INSTANT, РОЗПОДІЛЕННІ АНТЕННІ СИСТЕМИ, ВІРТУАЛЬНИЙ КОНТРОЛЛЕР, ШВИДКІСТЬ, СТАНДАРТ

ABSTRACT

The text part of the qualifying work for the advanced master's degree: 89 pages, 23 figures, 22 tables, 16 pages.

Meta robots - tracking of routes using wireless networks with a high number of subscribers based on Aruba Instant technology.

The object of investigation is the wireless technologies of the remaining generation of Aruba Instant.

The subject of investigation is the need for wireless connections high number of subscribers.

The work provides basic information about wireless communication systems and identifies trends in their daily development. New tasks have been formulated to improve their effectiveness, both at the stage of analysis of adjacent functional units and synthesis of the system and wireless monitoring as a whole, using technical aids. Various types of strategies with very high intensity have been analyzed. Pobudova mesh with high thickness. The capacity of the wireless network with high transmission intensity has been expanded. The capacity of the network with a high intensity of information transfer has been assessed

KEY WORDS:

WIRELESS MEASURE, HIGH STRENGTH, CHANNEL, CAPACITY, ACCESS POINT, ARUBA INSTANT, REDUCED ANTENNA SYSTEMS, VIRTUAL CONTROLLER, SQUIDITY, STANDARD

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ 8

ВСТУП..... 9

РОЗДІЛ 1 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ..... 10

1.1 Розвиток стандартів локальних безпроводових мереж..... 10

1.2 Основні переваги 802.11ac для забезпечення високої швидкості передачі…..17

1.3 Характеристика точок доступу за технологією Aruba Instant та можлівість її використання для побудови безпроводових мереж з високою щільністю 21

РОЗДІЛ 2 ПЛАНУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ З ВИСОКОЮ ЩІЛЬНІСТЮ..... 24

2.1 Стратегії побудови безпроводових мереж з високою щільністю абонентів 25

2.2 Вибір точки доступу для побудови мереж з високою щільністю..... 35

2.3 Обгрунтування мінімальної відстань між точками доступу для забезпечення безпроводової мережі з високою щільністю..... 41

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ТА НАЛАШТУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ З ВИСОКОЮІНТЕНСИВНІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ…..... 47

2.4 Пропускна здатність каналу на базі точки доступу Aruba Instant 47

2.5 Розробка, налаштування та оцінка пропускної спроможності безпроводової мережі з високою інтенсивністю передачі информації 60

2.6 Приклади побудови безпроводових мереж з високою щільністю на основі технології Aruba Instant..... 76

ВИСНОВКИ..... 84

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ..... 88

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ 90

3MICT

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

AP – точка доступу

VHD – дуже висока щільність

MIMO – технологія передачі даних за допомогою N антен і їх прийому M антенами

SINR – відношення рівня сигналу до рівня шуму

ADC – потужність асоційованого пристрою

RF – радіочастота

EIRP – еквівалентна ізотропна випромінювана потужність

CSMA/CA – множинний доступ з контролем носіїв і виключенням колізій

ACI – сусідня канальна інтерференція

CCI – спів-канальне втручання

DAS – розподілені антенні системи

PCI – індустрія платіжних карток

NAT – передачі мережевих адрес

VC – віртуального контролера

PHY – фізичний рівень

MCS – схеми модуляції та кодування

DFS – динамічна частота вибору

ARM – поліпшена машина RISC, 32-бітна архітектура процесорів, яку розробила компанія ARM limited

RISK – обчислення із скороченим набором команд

SSID – унікальне найменування безпроводової мережі, що відрізняє одну мережу Wi-Fi від іншої

ВСТУП

У всьому світі все більш масово застосовується технологія безпроводових мереж. Безпроводову мережу можна розгорнути де завгодно, для цього буде потрібно лише точка доступу і приймач сигналу. Внаслідок своєї мобільності і легкості в установці, яка не вимагає монтажних робіт, більшість сучасних компаній використовують саме безпроводову мережу. Користувачі домашнього інтернету також можуть створити свою персональну мережу, це дозволяє дати доступ до інтернету певному числу людей, які будуть знаходитися в радіусі дії мережі. Варто відзначити також безпеку, на розшифровку сигналу може піти до двох тижнів.

Використання безпроводових мереж стає все більш поширеним, все більше дротових мереж замінюється безпроводовими, що приносить крім очевидних переваг у вигляді мобільності та свободи від проводів, в той самий час безпроводові мережі на сучасному етапі їх розвитку не позбавлені серйозних недоліків. Насамперед, це залежність швидкості з'єднання і радіусу дії від наявності перешкод і від відстані між приймачем і передавачем. Один із способів збільшення радіусу дії безпроводової мережі полягає у створенні розподіленої мережі на основі декількох точок безпроводового доступу. При створенні таких мереж з'являється можливість перетворити будинок в єдину безпроводову зону і збільшити швидкість з'єднання незалежно від кількості стін (перешкод). Аналогічно вирішується і проблема масштабованості мережі, а використання зовнішніх спрямованих антен дозволяє ефективно розв'язувати проблему перешкод, що обмежують сигнал.

Система Aruba складається з сімейства високопродуктивних точок миттєвого доступу без контролерів (IAP), які запускають Aruba InstantOS для забезпечення розподіленої мережі WLAN.

Aruba Instant - це розподілена система WLAN з повністю розподіленою контрольовністю та лінією даних, яка дозволяє створювати безпроводові мережі з високою щільністю.

1 ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖ

1.1 Розвиток стандартів локальних безпроводових мереж

Найбільш поширеним сімейством стандартів безпроводових мереж є технологія IEEE 802.11. Це сукупність стандартів для організації безпроводових комунікацій на виділеній території, а саме коли група абонентів мають однаковий доступ до загального каналу передачі. Користувачам ці стандарти більш відомі за назвою Wi-Fi, яка фактично є брендом, що запропонована і просувається організацією Wi-Fi Alliance. Якщо бути більш точним, то назва Wi-Fi має відношення лише до одного стандарту.

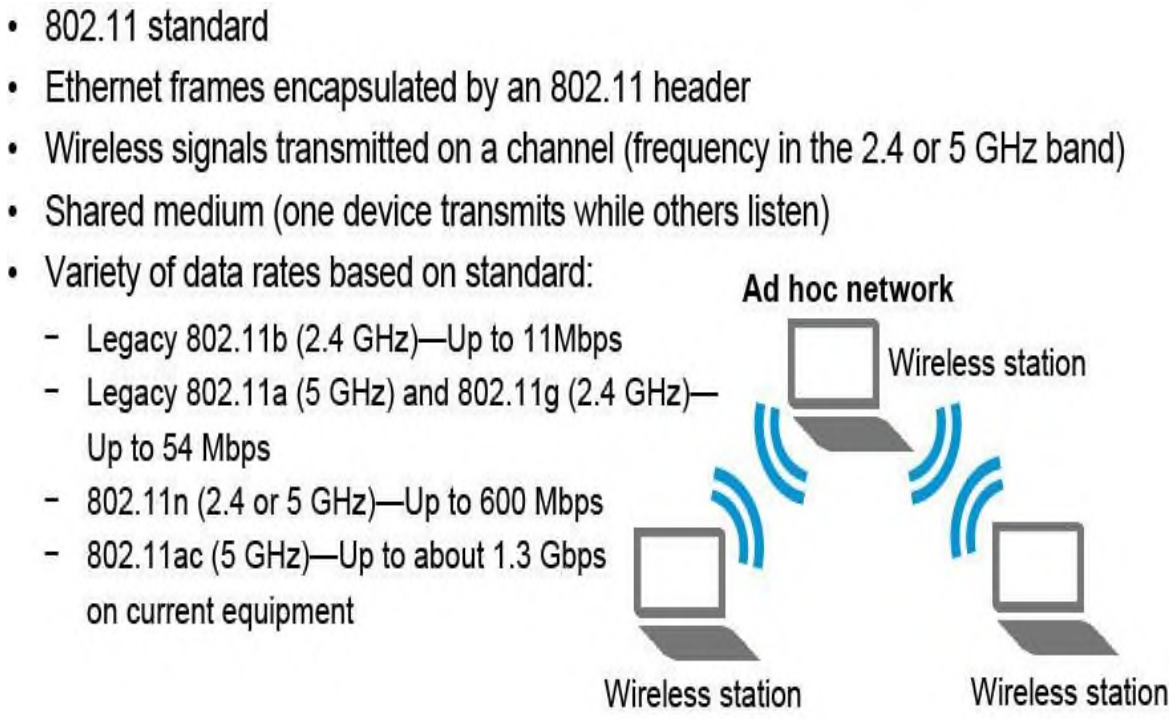


Рис.1.1 Безпроводовий зв’язок. Стандарт 802.11

Таблиця 1.1

Стандарти 802.11.x

Стандарт	Опис стандарту
IEEE 802.11a	Діапазон 5 ГГц, швидкість передачі даних 54 Мбіт/с (1999, вихід продуктів 2001).
IEEE 802.11b	Діапазон 2,4 ГГц, швидкість передачі даних 5,5 і 11 Мбіт/с (1999). Почав розповсюджуватись для загального користування під торговою маркою “Wi-Fi”.
IEEE 802.11g	Діапазон 2,4 ГГц, швидкість передачі даних 54 Мбіт/с (зворотна сумісність з b) (2003)
IEEE 802.11n	Діапазон 2,4 ГГц та 5 ГГц, збільшення швидкості передачі даних (600 Мбіт/с). зворотна сумісність з 802.11a/b/g
IEEE 802.11ac	Новий стандарт IEEE. Діапазон 5 ГГц.Швидкість передачі даних до 1.3 Гбіт/с, енергоспоживання в порівнянні з 802.11 n знижено до 6 разів.

Стандарт IEEE 802.11a має найбільшу ширину смуги пропускання з роду стандартів 802.11, що означає що швидкість передавання інформації доходить до 54 Мбіт/с. Порівнюючи з базовим стандартом, який має діапазон частот 2,4 ГГц, особливостями роботи 802.11a встановлена робота в діапазоні 5 ГГц. За спосіб модуляції сигналу обрано ортогональне частотне мультиплексування (OFDM). З недоліків 802.11a має вищу споживчу потужність радіопередавачів для частот 5 ГГц, а також менший радіус дії.

Стандарт IEEE 802.11b може передавати данні на швидкості до 11 Мбіт/з, та розрахований для роботи в діапазоні 2,4 ГГц, даний стандарт має

високу популярність у виробників обладнання безпроводових мереж під торговою назвою “Wi-Fi”. Таким чином обладнання, що працює на максимальній швидкості 11 Мбіт/с має менший радіус дії, в порівнянні з вищими швидкостями, а стандартом передачі даних 802.11b передбачене автоматичне зменшення швидкості при зниженні якості сигналу.

Стандарт IEEE 802.11g є наступним кроком в розвитку 802.11b і розрахований на передачу даних в такому ж частотному діапазоні. Також, стандарт 802.11g є повністю сумісний з 802.11b, що значить що кожен пристрій 802.11g підтримує роботу з пристроями, що використовують стандарт 802.11b. Найбільша швидкість передачі в стандарті 802.11g досягає 54 Мбіт/з, тому на той день це був найбільш перспективний стандарт безпроводового зв'язку.

Стандарт 802.11n має багато нововведень які підвищують технічні характеристики обладнання порівнюючи з обладнанням стандарту 802.11g. Пристрої 802.11n працюють в одному вибраному з двох діапазонів 2.4 5.0 або ГГц.

В основі 802.11n:

покращення швидкості передачі даних;

збільшення зони приймання сигналу;

покращення надійності передачі сигналу;

покращення пропускної здатності.

На фізичному рівні впроваджена покращена обробка сигналу і модуляції, також додана функція одночасної передачі сигналу через чотири антени.

На мережевому рівні реалізовано більш ефективне використання доступної пропускної спроможності. За допомогою цих удосконалень можна підвищити теоретичну швидкість передавання даних до 600Мбіт/з – збільшення більш ніж у десять разів, у порівняні з 54 Мбіт/с стандарту 802.11a/g.

Однією з основних переваг технології 802.11n є підтримка MIMO. З використанням технології MIMO реалізується можливість прийняття/передачі декількох потоків даних через декілька антен, а не з допомогою однієї.

Чим більше пристрій 802.11n використовує антен для одночасної роботи передачі/прийому, тим вище максимальна швидкість передачі даних. Однак, саме по собі використання декількох антен не збільшує швидкість передачі даних або розширення діапазону.

Основним у пристроях з технологією 802.11n є те, що в них використовується покращений метод обробки сигналу, який і визначає алгоритм роботи MIMO-пристрою при використанні декількох антен.

Іншою особливістю стандарту 802.11n є збільшення ширини каналу з 20 до 40 МГц (Channel Bonding). В безпроводових мережах використовуються два частотних діапазони 2.4 ГГц і 5 ГГц. Безпроводові мережі стандарту 802.11b/g працюють на частоті 2.4 ГГц, мережі стандарту 802.11a працюють на частоті 5 ГГц, а мережі стандарту 802.11n можуть працювати як на частоті 2.4 ГГц, так і на частоті 5 ГГц.

Точки доступу 802.11n використовують режим HighThroughput (HT), відомий також як "чистий" режим (Greenfield-режим), який передбачає відсутність в зоні покриття робочих пристроїв 802.11b/g, що використовують ту саму частоту. Якщо ж такі пристрої перебувають у зоні покриття, то вони не зможуть спілкуватися з точкою доступу 802.11n. Таким чином, у цьому режимі дозволені до використання тільки клієнти 802.11n, що дозволить скористатися перевагами підвищеної швидкості й збільшеною дальністю передачі даних, що забезпечуються стандартом 802.11n.

Також, прилади з 802.11 n можуть працювати в різних трьох режимах:

успадкованому (Legacy), який забезпечує підтримку стандартів 802.11b/g і

802.11a;
змішаному (Mixed), який підтримує пристрої 802.11b/g, 802.11a і 802.11n;
«чистому» режимі — 802.11n (цей режим надає можливість скористатися перевагами збільшеної швидкості і підвищеною дальністю передавання інформації, яка забезпечуються передачею даних за стандартом 802.11n).Якщо попередні види Wi-Fi працювали в основному в частоті 2,4 ГГц, то тут використовуються суворо 5 ГГц. Це практично вдвічі знизило ширину покриття.

Точкам доступу і станціям стандарту 802.11n потрібно узгоджувати передавання по просторовим потокам (Spatial Streams) і ширини каналу. Залежно від кількості антен виникають кілька просторових потоків. Загальну теоретично можливу пропускну спроможність стандарту 802.11n в 600 Мбіт/с можна досягти при використанні всіх можливих передавальних і всіх можливих приймальних антен (конфігурація "4x4").

Технологія 802.11n визначає Індекс модуляції і схеми кодування MCS (Modulationand Coding Scheme). MCS - просте ціле число, що відповідає кожному варіанту модуляції (всього можливо 77 варіантів). Кожен варіант визначає тип модуляції радіочастоти (Type), швидкість кодування (Coding Rate), захисний інтервал (ShortGuard Interval) і значення швидкості передавання інформації. При поєднанні всіх зазначених факторів визначається реальна фізична (PHY) швидкість передачі інформації, яка може починатися від 6,5Мбіт / с до 600 Мбіт / с (така швидкість може бути досягнута за допомогою використання всіх доступних опцій стандарту 802.11n).

Технологія 802.11ac відноситься до передового покоління безпроводових мереж і в повсякденній мові за ним може закріпитися назву 5G WiFi, хоча офіційно це є невірно. При створенні даного стандарту однією з важливих цілей ставилося досягнення гігабітної швидкості передавання інформації.

Переваги даного стандарту у порівняні з його попередниками:

• При передачі інформації з використанням мережі 802.11ac використовуються ширші канали і збільшена частота, що підвищує розраховану швидкість до 1,3 Гбіт/с. В повсякденному використанні пропускна здатність складає до 600 Мбіт/с. Також, пристрій на базі 802.11ac передає більше даних за один такт.

• Модифікація 802.11ac оснащена цілим спектром частот 5 ГГц. Сучасна технологія має більш сильний сигнал. Адаптер що має діапазон частот до 380 МГц.

• Даний стандарт використовую ширший радіус дії мережі. В додаток, Wi-Fi може працювати навіть через кирпичні і гіпсокартонні стіни. Перешкоди, що трапляються при використанні домашньої техніки і інших точок доступу, не мають впливу на працездатність з'єднання.

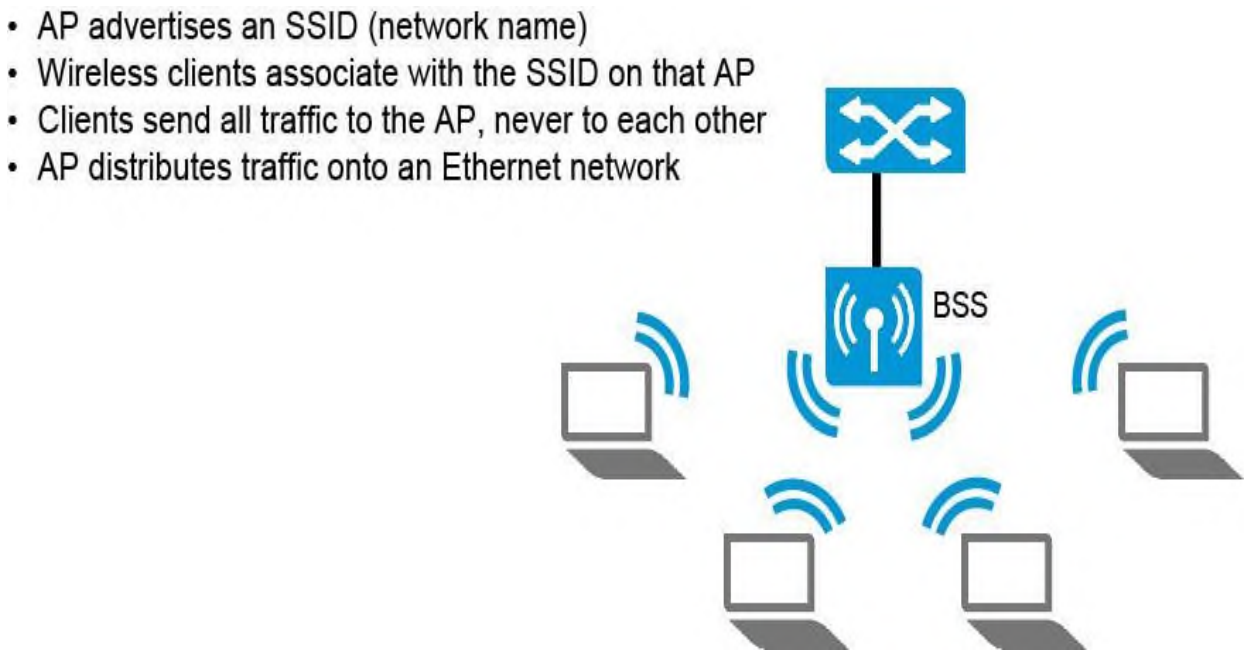
На Рис. 1.2 приведені повні відомості щодо частоти, кількості просторових і частотних каналів та швидкості передачі вищезазначених стандартів сімейства 802.11.

Standard	RF frequency band	Number of spatial streams	Use of channel bonding	Data rates (Mbps)
802.11b	2.4 GHz	N/A	N/A	1, 2, 5.5, 11
802.11g	2.4 GHz	N/A	N/A	6,9,12,18,24,36,48,54
802.11a	5 Ghz	N/A	N/A	6,9,12,18,24,36,48,54
802.11n	2.4 GHz or 5 GHz	One spatial stream	**MSC 0–MSC 7**	
			No channel bonding	6.5–72.2
			Channel bonding (2)	13.5–150
		Two spatial streams	**MSC 8 – MSC 15**	
			No channel bonding	13–144.4
			Channel bonding (2)	27–300
		Three spatial streams	**MSC 16–MSC 23**	
			No channel bonding	19.5–216.7
			Channel bonding (2)	40.5–450
		Four spatial streams	**MSC 24–MSC 31**	
			No channel bonding	26–288.9
			Channel bonding (2)	54–600
802.11ac	5 GHz	One spatial stream	**MSC 0 – MSC 9**	
			No channel bonding*	6.5–86.7
			Channel bonding (2)	13.5–200
			Channel bonding (4)	29.3–433.3
			Channel bonding (4+4)	58.5–866.7
		Two spatial streams	**MSC 0–MSC 9**	
			No channel bonding*	13–173.3
			Channel bonding (2)	27–400
			Channel bonding (4)	58.5–866.7
			Channel bonding (4+4)	117–1733.3
		Three spatial streams	**MSC 0–MSC 9**	
			No channel bonding	19.5–288.9
			Channel bonding (2)	40.5–600
			Channel bonding (4)**	87.8–1300
			Channel bonding (4+4)*	175.5–2340

Рис.1.2 Швидкість безпроводового зв’язку

Підприємницькі середовища зазвичай використовують мережі інфраструктурного режиму. Мережа інфраструктури режиму AP встановлює безпроводову мережу. Він визначає мережу з ім'ям безпроводової мережі або ідентифікатором сервісного набору (SSID), який він рекламує в періодичних маяках. Коли ви бачите список безпроводових мереж на своїх безпроводових пристроях, ви бачите ідентифікатори SSID,

які зображатися за допомогою AP. Безпроводова станція приєднується до безпроводової мережі, зв'язуючись з AP.



AP та всі пов'язані з ним станції складають базовий набір послуг (BSS). AP і його станції також часто називають безпроводовою клітиною. Кожна станція надсилає весь свій трафік до AP, і AP відповідає за відправлення трафіку до пункту призначення. Аналогічно, AP отримує трафік, призначений для станції, і переміщує цей трафік на станцію.

1.2 Основні переваги 802.11ac для забезпечення високої швидкості передачі

На перший погляд, нові технології 802.11ac, мабуть, припускають безліч змін для служби високої щільності. Однак більш уважний огляд показує, що відмінності в конфігурації досить незначні. Розглянемо кожний із основних аспектів 802.11ac.

Стандарт 802.11ac підтримує канали 80 МГц і 160-МГц. Переважна більшість збільшення швидкості 802.11ac відбувається з більш широких

каналів, що складаються з декількох каналів з частотою 20 МГц, які з'єднані разом.

Стандарт 802.11ac представляє дві нові схеми модуляції і кодування (MCS), які забезпечують більш високу швидкість передачі даних на фізичному рівні. Ці показники MCS засновані на 256 Quadrature Amplitude Modulation (256-QAM).

Таким чином, тільки користувачі, які знаходяться дуже близько до точки доступу, будуть мати можливість використовувати такі ставки.Абоненти, що пов'язані з точкою доступу, яка була розгорнута на стелі або подіумі, може не досягти MCS8 або MCS9, тому що відстань занадто велика.

Стандарт 802.11n і більш старі стандарти не можуть використовувати 256-QAM. До тих пір, поки клієнти 802.11ac не отримають достатній сигнал, ми не очікуємо побачити цю швидкість передачі даних.

Таким чином, Aruba очікує, що швидкості передачі даних 802.11n HD будуть продовжувати поширюватися пристроїв у багатьох зонах VHD.

Стандарт 802.11ac визначає до восьми просторових потоків (SS). Цей розвиток збільшить загальну пропускну здатність системи. Однак прогрес 802.11 є органічним, і займе багато років, щоб досягти 8SS в AP.

Більш важливим є те, що очікувані розбіжності між можливостями радіозв'язку клієнтів та AP розходяться. Функція багатокористувацького множинного введення і багаторазового виведення 802.11ac (MU-MIMO) явно розроблена навколо ідеї 8SS AP, що говорить з чотирма клієнтами двох просторових потоків одночасно. Двох просторовий потік також залишатиметься обмеженням завдяки терміну служби акумулятора, конструкції антени та витрат.

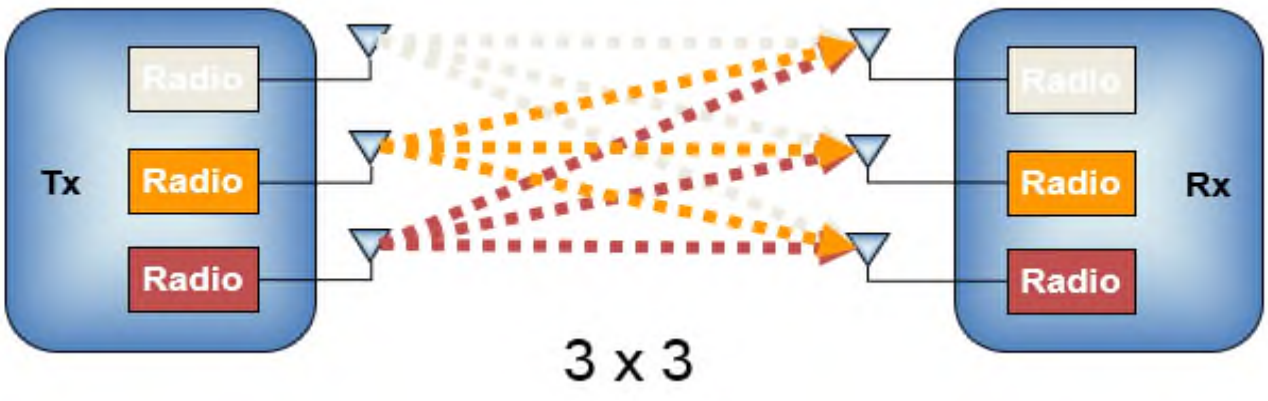
Така розбіжність між можливостями точки доступу та клієнтами вже відбувається на ринку. Вже ми бачимо що точка доступу просторових

потоків 3SS є загальними, в той час як смартфони і планшети зазвичай всього 1SS або не більше 2SS. Єдиний пристрій, який сьогодні поставляються з мережевими адаптерами 3SS 802.11ac, - це ноутбуки класу high-end. Простіше кажучи, очікується, що максимальна швидкість передачі даних на сучасних клієнтських пристроях залишиться приблизно такою ж у майбутньому. Тим не менш, більше користувачів може одночасно обслуговуватися додатковими просторовими потоками на точці доступу.

Багатокористувацький багатопозиційний і множинний вихід (MU-MIMO) - це захоплююча майбутня технологія, яка дозволяє точці доступу одночасно обслуговувати до чотирьох клієнтів.

MU-MIMO планується до постачання як частина «Wave 2» стандарту 802.11ac.

З усіх технологій 802.11ac MU-MIMO має найбільший потенціал для впливу на середовище VHD. Aruba оновить своє керівництво після того, як ці продукти з'являться на ринку.



Стандарт 802.11ac використовують технологію Multi-InputMulti-Output (MIMO). MIMO дозволяє безпроводовому пристрою надсилати та отримувати різні потоки даних по різних антенах.

Кожен з цих потоків даних називається просторовим потоком,

оскільки він використовує іншу антену та передається дещо іншим шляхом до приймача.

Використання двох просторових потоків подвоює швидкість передачі даних. Використовуючи три просторові потоки, потрійна швидкість передачі даних тощо.

При просторовому мультиплексуванні, декілька потоків даних передаються одночасно. Вони передаються на одному каналі, але різні антени. Вони рекомбінуються в приймачі за допомогою обробки сигналів MIMO.

Перетворення променя передачі (TxBF) є однією з найбільш захоплюючих і впливових функцій радіостанцій 802.11ac.

Вперше формування променя здійснюється стандартним чином, а також у базовій смузі радіозв'язку. Власні, спеціалізовані антенні решітки не потрібні. Клієнти і точки доступу можуть формувати діаграму, якщо вони мають кілька ланцюгів передавальної антени.

Тим не менш, не всі виробники радіоприймачів вирішили надати діаграму спрямованості в своєму нинішньому поколінні 802.11ac. Тому TxBF не слід розраховувати на обчислення бюджету посилань, крім як додатковий потенціал зростання полів.

Щоб підвищити ефективність ефірного часу, 802.11ac збільшує максимальний розмір блоку даних служби MAC (MSDU) та кількість блоків даних протоколу MAC (MPDU), які можуть бути об'єднані разом.

На практиці дослідження показують, що середній розмір кадру на більшості мобільних мереж є відносно невеликим, близько 500 байтів або менше.

Однак для використання таких великих кадрів вся інфраструктура LAN і WLAN повинна підтримувати jumbo frames від кінця до кінця. (В цьому твердженні передбачається, що точки доступу використовують

тунелі GRE для пересилання трафіку WLAN на контролер, який є рекомендованою конфігурацією в середовищі VHD.) Jumbo frames не знайдені в деякі більш старі комутатори, які з'єднують точки доступу із-за вартості.

Channelbonding (об’єднання частотних каналів)

Безпроводові пристрої надсилають сигнали по частоті певної ширини, яка називається каналом. Полоса пропускання точок доступу за стандартом 802.11 має ширину, як правило, 20 МГц. Зв'язування каналів дозволяє безпроводовому пристрою надсилати сигнали на одночасно по декількох частотних каналів, що призводить до збільшення пропускної здатності каналу зв'язку.

У стандарті 802.11n пристрої використовують два частотних канали, що подвоює швидкість передачі даних (або насправді трохи більше, ніж удвічі, оскільки пристрої можуть використовувати невелику область між каналами).

802.11асмає більш широку полосу пропускання - 80 МГц. Можливо забезпечити зв’язування до 8 частотних каналів одночасно. Зв'язування каналів збільшує швидкість передачі даних, але при цьому залишається менше каналів, доступних для сусідніх АР.

1.3 Характеристика точок доступу за технологією Aruba Instant та можливість її використання при побудові безпроводових мереж з високою щільністю

Поява технологій ARUBA INSTANT надала нові можливості при створенні повнофункціональних безпроводових мереж корпоративного класу.

Забезпечення безпроводового підключення на віддалених сайтах було проблемою для організацій з розподіленими місцями, такими, як роздрібні

мережі. Ці організації потребують надійної функціональності WLAN, включаючи оптимізацію голосової та відеосистем, високу надійність та надійну безпеку. Вони також потребують рішення, доступного як для покупки, так і для експлуатації в розподіленому середовищі. Рішення організації має бути здатним швидко встановлюватися, і також налаштовуватися та управляти централізовано. Окрім цих вимог, деякі структури, наприклад як готелі, власники ресторанів, роздрібні торговці та подібні розподілені підприємства, повинні виконувати вимоги щодо конфіденційності даних, таких, як індустрія платіжних карток (PCI), стандарт захисту даних та для охорони здоров'я. В загальному, такі структури потребують багатофункціональної, підприємницької WLAN-мережі, що може бути швидко розгорнута в географічно різних місцях, які мають обмежені або зовсім не мають ресурсів на місці.

Ціль розробки технології Aruba Instant було вирішення подібних ситуацій. Aruba об'єднує продуктивність, захист та масштабованість WLAN для комерційних версій, що надає легкість використання та доступність у галузі. Завдяки миттєвому процесу Aruba весь процес розгортання автоматизується, включаючи надання резервування та оновлення програмного забезпечення та управління. Ви можете розгорнути тисячі Aruba IAP економічно ефективно в будь-якій точці світу з безпрецедентною швидкістю та легкістю.

ArubaInstant використовує технологію віртуального контролера мережі Wi-Fi для того, щоб вирішувати завдання безпеки, продуктивності і масштабності. Багато точок доступу Aruba з 802.11ac підтримують ArubaInstant. Основна ідея полягає в тому, що в невеликій мережі Wi-Fi, що складається з кількох сучасних APAruba, одна точка доступу може бути виділена і виконувати функції контролера даної мережі одночасно з завданнями забезпечення безпроводового доступу.

Конфігурування виконується, використовуючи радіо-інтерфейс, через простий і зрозумілий web-інтерфейс на самій точці доступу. Також можливі й більш звичні методи - для отримання доступу достатньо приєднати Точку Доступу з ArubaInstant до дротової мережі. На вихідній точці доступу можна настроїти всі необхідні параметри мережі Wi-Fi: SSID, методи аутентифікації і тп.

ArubaInstant є повністю розподіленою архітектурою. У разі виходу з ладу основного контролера мережі Wi-Fi інша точка доступу з Aruba Instant в мережі автоматично стає контролером мережі Wi-Fi. Але, природно, вихід з ладу точки-контролера означає і провал покриття мережі Wi-Fi, яке виконувала дана точка доступу.

Використовуючи досягнення технології Aruba Instant, розглянемо можливість побудови на їх основі безпроводових мереж з високою щільністю.

2 ПЛАНУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ З ВИСОКОЮ ЩІЛЬНІСТЮ

WLAN з дуже високою щільністю (VHD) характеризується великою кількістю точок доступу, які обслуговують порівняно невелику фізичну площу.

З точки зору передачі, наприклад стадіон на 100 000 місць це невелика площа, враховуючи, що радіосигнали проходять через стандартне футбольне поле менш ніж за 300 наносекунд. Але кількість точок доступу необхідно встановлювати відповідно до дуже великої кількості людей, які знаходяться на стадіоні. В результаті ми маємо надзвичайно високу щільність точок доступу і абонентів.

Безпроводова архітектура в області VHD повинна мати чотири характеристики:

1. Забезпечуватиме менше ніж 25dB - 30dB SINR(відношення рівень сигналу до рівня шуму), яке доступно по всій зоні обслуговування), тобто достатньо велику потужність сигналу;

2. Мати достатню пропускну здатність, для обслуговування великої кількості абонентів, що очікується на кожному частотному каналі;

3. Необхідність усунення перешкод між точками доступу;

4. Необхідність захищати кожну мікросекунду ефірного часу на кожному доступному каналі від зайвого або не ефективного використання.

Після виконання цих основних характеристик, необхідно забезпечити виконання вторинних характеристик, які також мають бути збалансованими у VHD:

• Мінімізувати перешкоди, які пов'язані із наявність високопродуктивних базових станцій стільникового зв’язку або іншими радіосистемами;

• Забезпечити відповідність до місцевих будівельних норм та вимог

безпеки.

З цією метою охоплення RF у високошвидкісних безпроводових мережах досягається способом об'єднання кількості AP, вибраних на етапі вимірювання, з фізичним простором, який буде обслуговуватись.

Розміщення багатьох точок доступу в безпосередній близькості одна від одної та забезпечення їх роботи з мінімальними перешкодами потребує розуміння основних принципів радіозв'язку. Ці принципи повинні бути збалансовані, такими як форма приміщення, висота стелі, наявність кабельного шляху.

2.1 Стратегії розміщення точок доступу для мереж з високою щільністю

"Стратегії покриття" - це специфічний метод або підхід до розміщення AP у зоні безпроводового сервісу. Як правило, будь-яка стратегія покриття потребує певної схеми антен, щоб забезпечити певну спрямованість та збільшення. Інтегровані антени AP мають специфічний діапазон випромінювання і отримують так само, як і зовнішні антени.

Три основні стратегії, доступні для архітектури безпроводового зв'язку, - це точки доступу, що розміщенні на високому рівні, бічні, та точки доступу, що розміщенні на низькому рівні. Кожна стратегія має переваги та недоліки. Ці методи ніколи не повинні об'єднуватися в єдину зону покриття, щоб забезпечити максимально послідовний рівень сигналів по всій зоні покриття. Тим не менш, різні стратегії можуть бути використані в суміжних областях, щоб мати великий ефект, особливо у великих структурах VHD.

Точки доступу, що розміщенні на високому рівні: AP встановлюють на стелі, подіумі, даху або іншу монтажну поверхню безпосередньо над користувачами, які підлягають обслуговуванню.

Залежно від різниці в висоті, можна використовувати АР із вбудованими антенами або з'єднувальними АР з спеціально вибраними зовнішніми антенами.

Бічне покриття: АР встановлюють на стіни, балки, стовпці або інші структурні опори, які існують у закритому приміщенні. Взагалі АР розташовуються не більше 4 м над головами натовпу, що підлягають обслуговуванню. Можна використовувати будь-які спрямовані або все направлені антени, з напрямком максимального збільшення, спрямованого в бік з неглибоким кутом нахилу.

Точки доступу, що розміщенні на низькому рівні: ця конструкція створює піко мережі, використовуючи АР, встановлені під, або безпосередньо над підлогою зони покриття. Ця стратегія є єдиною, яка може дозволити просторове повторне використання каналів в приміщенні площею 1000 м2. Загалом, picocells використовують з вбудованими антенами, щоб мінімізувати необхідний простір під сидінням.

Ці три стратегії є загальними підходами, які можуть бути застосовані до будь-якої ситуації.

Точки доступу, що розміщенні на високому рівні - інтегровані антени

Стелі є загальним місцем розташування АР, оскільки вони, дозволяють безперешкодне передавання сигналу до клієнтів, постійно та рівномірно, розподіляючи АР по стелі. Можемо обмежувати побічні канали зв'язку від АР до АР і забезпечувати рівномірність сигналу для всіх клієнтських пристроїв.

На Рис.2.1бачимо, як виглядає спрощене розгортання точок доступу. Зверніть увагу на використання номерів каналів 5 ГГц, ширину каналу 20 МГц, а також, що номер каналу не використовується більше одного разу.

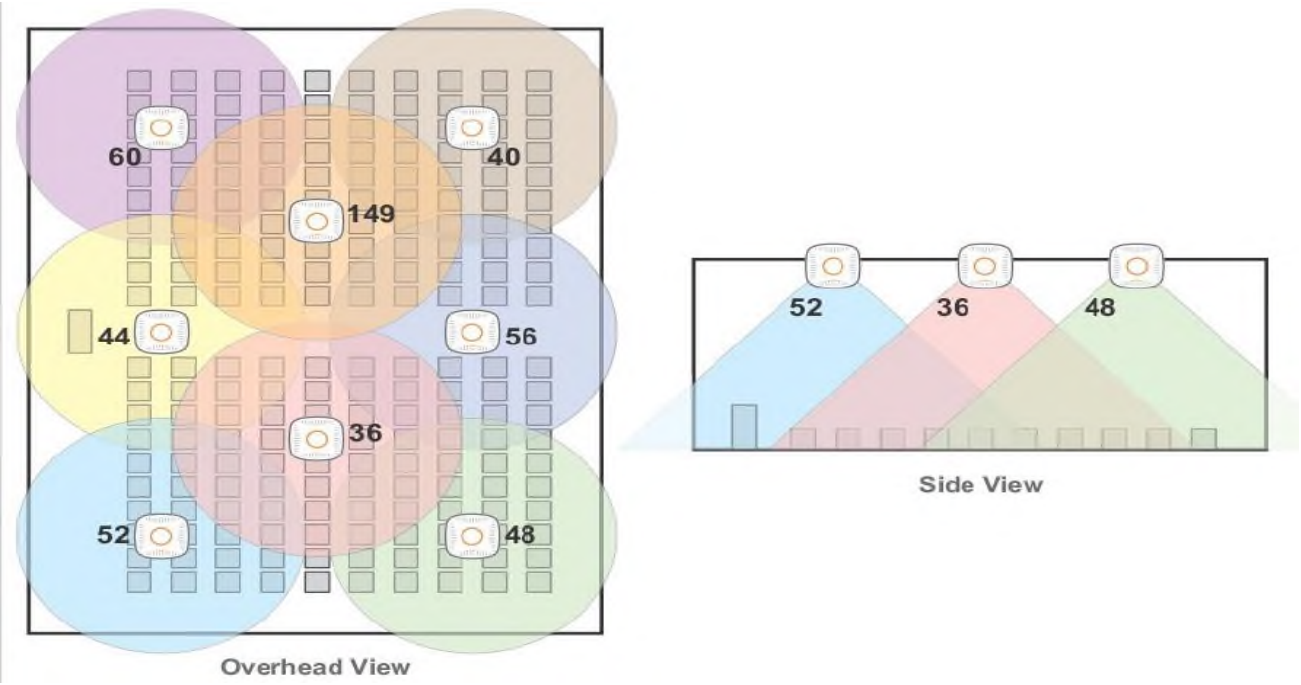


Рис.2.1 Приклад спрощення розгортання точок доступу, що розміщенні на високому рівні

Точка доступу, що розміщена на високому рівні є гарним вибором, якщо в кімнаті бажаний рівномірний сигнал. На Рис.2.2 наведено приклад використання накладних покриттів з 10 AP.

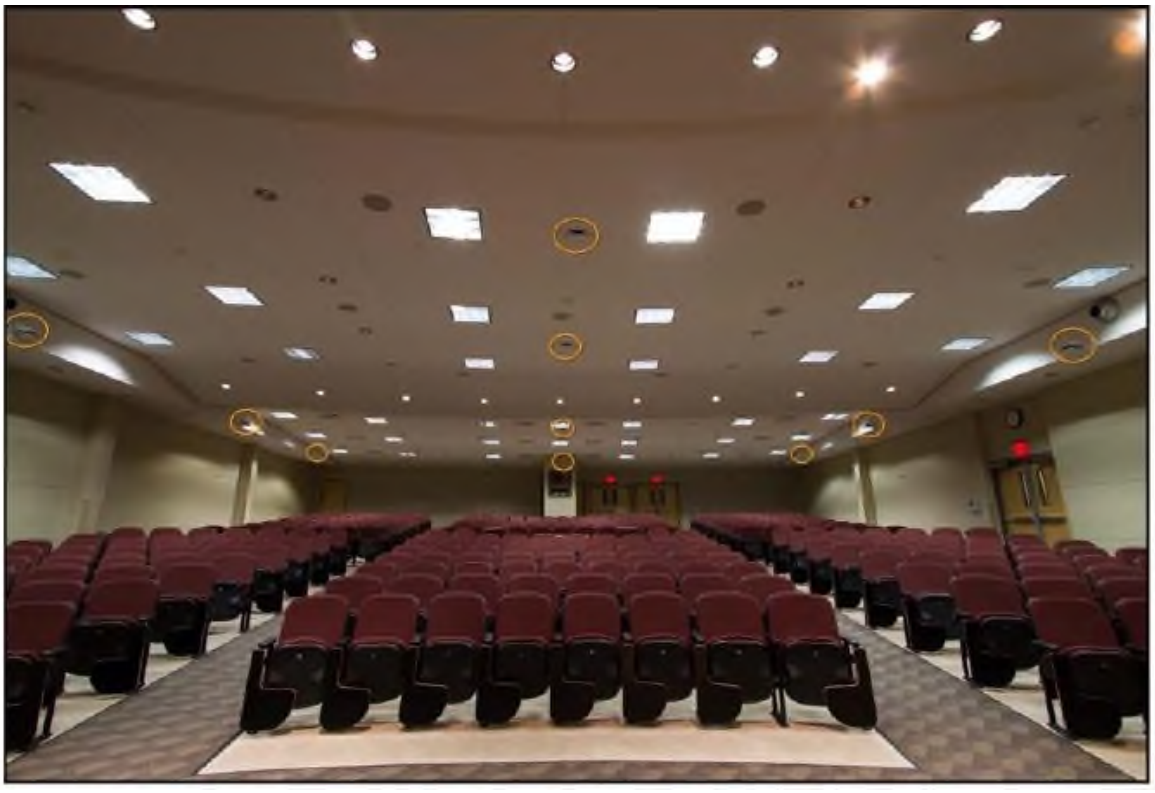




Рис. 2.2 Точка доступу, що розміщенна на високому рівні в лекційному залі в університеті Айови

У всіх критих областях VHD, що використовують інтегровані антени, неможливо повторне використання радіочастотного випромінювання. Це обмеження стосується навіть площ під балконами. Ви повинні очікувати, що кожна AP буде доступна з високою передачею сигналу по всій аудиторії. AP, які обслуговують користувачів VHD, завжди повинні бути розташовані під стелею, щоб вони мали чіткий, безперешкодний сигнал.

В Табл.2.1 узагальнено переваги та недоліки точок доступу, що розміщенні на високому рівні.

Таблиця 2.1

Переваги та недоліки точок доступу, що розміщенні на високому рівні

Переваги	Недоліки
AP, які встановлені вище рівня очей, важче помітити.	Розмір комірки не може бути менше приблизно на 300 місць (150 м2 / 1,600 м2).
Сигнал у кімнаті більш рівномірний, коли точки доступу рівномірно розподілені.	Просторове повторне використання RF неможливо.
Накладні витрати APs забезпечують чітку лінію видимості для користувацьких пристроїв і мінімальне загасання людського тіла.	Важко витягнути кабель до деяких положень стелі.

Бічне покриття

Настінні, балкові установки з бічними поверхнями дуже часто зустрічаються в областях VHD.

Бічне покриття входить до кожного різновиду, оскільки відсутні дві зони VHD. Загальні приклади включають такі:

• Лекційні зали, де AP з вбудованими антенами можна розміщувати тільки по боках кімнати, встановлювати на динамічні стійки;

• Кріплення до балок або стовпчиків на аренах або стадіонах, спрямованими в бік з певним кутом нахилу;

• Настінні або парапетні кріплення, що оточують зовнішні площадки;

• Тимчасові структури, такі як намети чи ярмарки на відкритому повітрі.

Як і при “Overhead Coverage”, використання просторової RF у приміщених практично неможливе при монтажі на стінах або стійки.

Рис.2.3-це концептуальний малюнок спрощеного настінного рішення для бічного покриття, що використовує інтегровані багатонаправлені антени. Сусідні AP на тій самій стіні завжди пропускають щонайменше один номер каналу і ніколи не використовують сусідні канали.

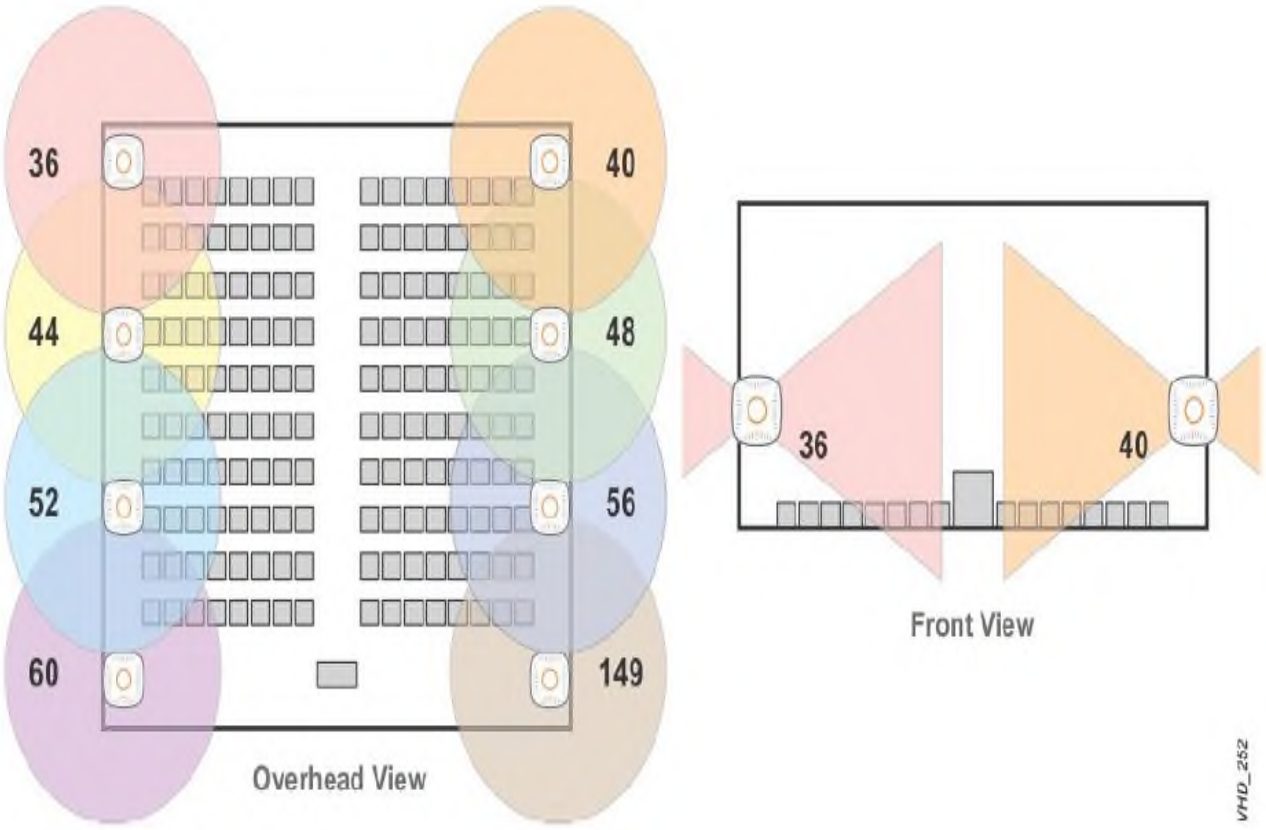


Рис. 2.3 Приклад із спрощеним побічним покриття з ною антеною

Рис.2.3 призначений для показу позиції AP та антени, а не поширення сигналу. Фактично, навіть у самих великих аудиторіях кожна AP зможе «чути» кожну іншу AP.

Половина настінних сигналів втручаються до наступної кімнати (і 75% сигналу в кутах).На Рис 2.4показаний приклад серії Aruba 220, встановлених у вертикальній орієнтації на стіні.



Рис. 2.4 Розгортання бічного охоплення в залі університетських лекцій

Як ви бачите, можливі нескінченні варіанти встановлення точок

доступу методом бічного розташування.

У Табл.2.2 наведено переваги та недоліки бічного покриття у районах високої щільності.

Таблиця 2.2

Переваги та недоліки бічного покриття для зон високої щільності.

Переваги	Недоліки
Більш простий і дешевий доступ для встановлення точок доступу і протягування кабелю	Просторове повторне використання RF неможливо
Уникає модифікації дорогих готових стель	Рівні сигналу нижче в центрі кімнати, ніж з боків
Більш легкий доступ для підтримки точної точки.	Складніше контролювати CCI / CCI між кімнатами
	Випромінювання сигналу за межами необхідної зони покриття втрачається
	Прохідна доріжка
	Естетика
	Розмір комірки не може бути менше 300 місць (150 м2)

Picocells (розташування точок доступу на низькому рівні)

Для залів, де розміщено менше ніж 10 000 місць, конструкції VHD завжди повинні використовувати розміщення AP на високому рівні або бічне покриття. Вище було вказано, що третій спосіб, що називається "picocell", в деяких випадках забезпечує значне збільшення потужності.

можемо бачити, порівнюючи Рис. 2.3і Рис. 2.5, щільність picocell значно вище, ніж розміщення AP на високому рівні або бокове покриття. Одна з причин полягає в тому, що іноді ми можемо використовувати нижчі рівні EIRP (еквівалентна ізотропна випромінювана потужність) через зменшену втрату місця, порівняно з тим, що AP має бути на стелі або далеко від стін.

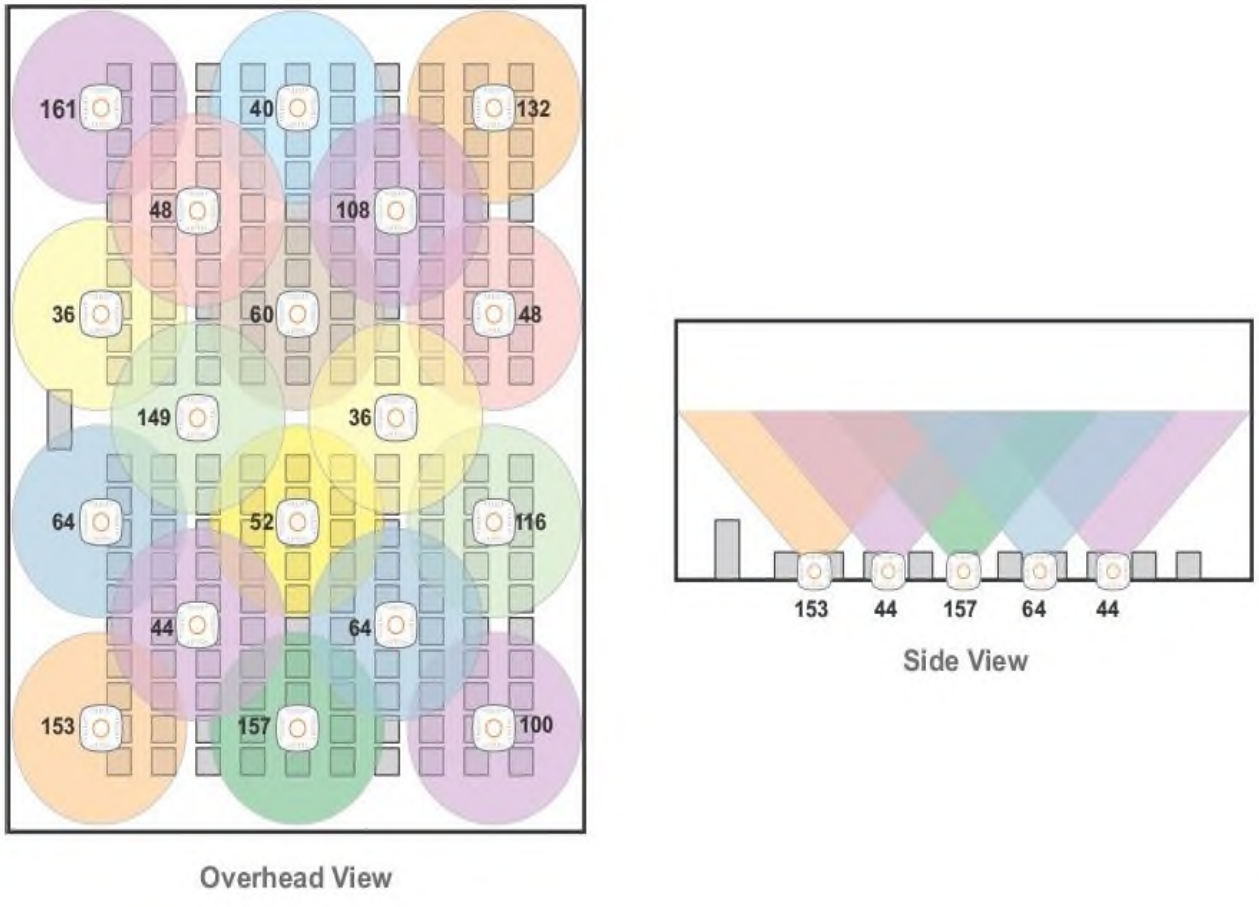


Рис. 2.5 Приклад спрощеного покриття Picocell

Монтаж під підніжжя потребує протягування кабелю до кожної точки AP. Витягнутий кабель можна прокласти через поверхневі монтажні пристрої над підлогою або проникаючи під поверхню знизу. AP, як правило, розміщують у невеликих корпусах, які постійно монтуються знизу або позаду сидінь. На Рис. 2.6 показано два приклади розгортання picocell на стадіонах. У кожному випадку є Aruba AP-225 всередині корпусу. На

фотографії зліва AP знаходиться вгору і додається до нижньої частини корпусу з комплектом монтажу. Кабель Ethernet поступає ззаду через проникнення (ядро) бетону. На фото справа, AP встановлений вертикально і обернено вперед. Кабель запускається через поверхневий міст, який захищений від втручання.



Рис. 2.6 Приклади покриття під сидінням

У Табл. 2.3 наведено короткий виклад переваг та недоліків точки доступу, що розміщенні на низькому рівні.

Таблиця 2.3

Переваги та недоліки точки доступу, що розміщенні на низькому рівні.

Переваги	Недоліки
Значний приріст потужності можливий через збільшення просторового RF повторного використання.	Потрібне кабельний шлях під підлогою або можливість установки surfacemount дорожкам.

Продовження Таблиці 2.3

Вища АП щільності може бути досягнуто. Розмір комірки може бути як невеликий як 75 місць (40 м2)	Необхідно запобігти фальсифікації або пошкодження АПС. Зазвичай це вимагає захисні кожухи за додаткову плату.
Сигналу стає більш рівномірним в кімнаті, коли АПС рівномірно поширюється.	Додаткові витрати і складності за рахунок буріння бетону.
ТПП/контроль АЧИ краще між сусідніми віртуального жорсткого диска мережі.	
Легкий доступ для обслуговування.	

Використовування однієї із перелічених стратегії

Не можна змішувати стратегії встановлення в тій же зоні VHD без вагомих причин. Кожна стратегія покриття повинна бути ретельно розроблена, щоб забезпечити рівномірний рівень сигналу по всій зоні покриття та контролювати перешкоди AP-to-AP. Стратегія змішування знижує продуктивність та збільшує перешкоди.

Деякі розгортання мають декілька суміжних мереж VHD-WLAN, таких як багатоповерховий університетський корпус з декількома аудиторними залами на кожному поверсі. Слід використовувати одну вибрану стратегію (точки доступу, що розміщенні на високому рівні, бічні, та точки доступу, що розміщенні на низькому рівні) у всіх кімнатах, щоб забезпечити відповідність зв'язків між окремими кімнатами під час розгортання.

У дуже великих об'єктах VHD часто зустрічаються місця з високим рівнем щільності поза основними сидячими місцями. У цих випадках розбити структуру на рівні "піддомена" VHD. У цьому випадку бажана зміна стратегій між субдоменами VHD. У цьому випадку стратегії ретельно підбираються так, щоб вони були "ортогональними" до інших областей, щоб мінімізувати перешкоди.

2.2 Вибір точки доступу для побудови мереж з високою щільністю

Aruba пропонує повну лінійку точок доступу для внутрішнього та

зовнішнього використання стандарту 802.11ac.

В Табл. 2.4приведена порівняльна характеристика сімейства точок доступу для внутрішнього використання. Кожна модель поставляється зі інтегрованою антеною.

В Табл. 2.5 приведена порівняльна характеристика сімейства точок доступу для зовнішнього використання. Кожна модель також поставляється з інтегрованою антеною.

Таблиця 2.4

Aruba 802.11ac для внутрішнього використання

	Low Cost	Medium Performance	Maximum Performance
Model	**AP-204 / AP-205** 	**AP-214 / AP-215** 	**AP-224 / AP-225** 
MIMO	2x2:2	3x3:3	3x3:3
CPU	Broadcom 53014A Single core, 1 GHz	Freescale P1010 Single core, 800 MHz	Freescale P1020 Dual core, 800 MHz
Memory	SDRAM – 128 MB Flash – 32 MB	SDRAM – 256 MB Flash – 32 MB	SDRAM – 512 MB Flash – 32 MB
Radio	Broadcom BCM43520	Broadcom BCM43460	
Antenna / Connectors	Integrated downtilt antenna; or 3 diplexed RP-SMA connectors		
Max Conducted Power	+21 dBm (18dBm per chain)	+23 dBm (18dBm per chain)	+23 dBm (18dBm per chain)
Maximum EIRP	+25 dBm (2.4-GHz) +27 dBm (5-GHz)	+28 dBm (both bands)	+26.5 dBm (2.4-GHz) +27.5 dBm (5-GHz)
Operating Temp	0°C to +50°C		
Power	802.3af POE		802.3at POE

Таблиця 2.5

Aruba 802.11ac для зовнішнього використання

	Extended Temperature	IP-68 Rated		
Model	**AP-228** 	**AP-274** 	**AP-275** 	**AP-277** 
MIMO	3x3:3			
CPU	Freescale P1020 Dual core, 800 MHz			
Memory	SDRAM – 512 MB Flash – 32 MB			
Radio	Broadcom BCM43460			
Antenna	3 RP-SMA connectors per band (6 total)	**AP-274:** 3 N connectors per band (6 total) **AP-275:** Integrated 5 dBi multipolarized omni		Integrated 85 x 85° sector
Max Conducted Power	+28 dBm (23 dBm per chain)			
Maximum EIRP	+36 dBm			
Operating Temp	-40°C to +60°C	-40°C to +65°C		
Power	802.3at POE	110 – 220 VAC or 802.3at POE		

Всі три моделі для внутрішнього використання економічні, гнучкі та естетичні. Вони можуть бути встановлені безпосередньо в кімнаті користувача. Вбудована антена може бути повернена вгору, вниз або в бік, так що вона може бути використана з усіма трьома стратегіями покриття.

AP-228 повністю захищена від температури та підходить для використання в зовнішніх корпусах, що керують зовнішніми. Крім того, повністю відкриті AP-серії AP-270 підтримують широкий діапазон робочих температур.

Щоб забезпечити максимальну швидкість та сумісність з майбутніми пристроями, Aruba рекомендує придбати лише 802.11ac AP для областей VHD.

Вибір точки доступу – продуктивність

Враховуючи наявності відмінностей процесора та пам'яті точок доступу, існує відмінність в продуктивності між точками доступу AP-205, AP-215 і AP-225 (див. Рис.2.7 та Рис.2.8). Ці відмінності є основним і найбільш важливим аспектом, перш ніж розглядати інші відмінності функції.

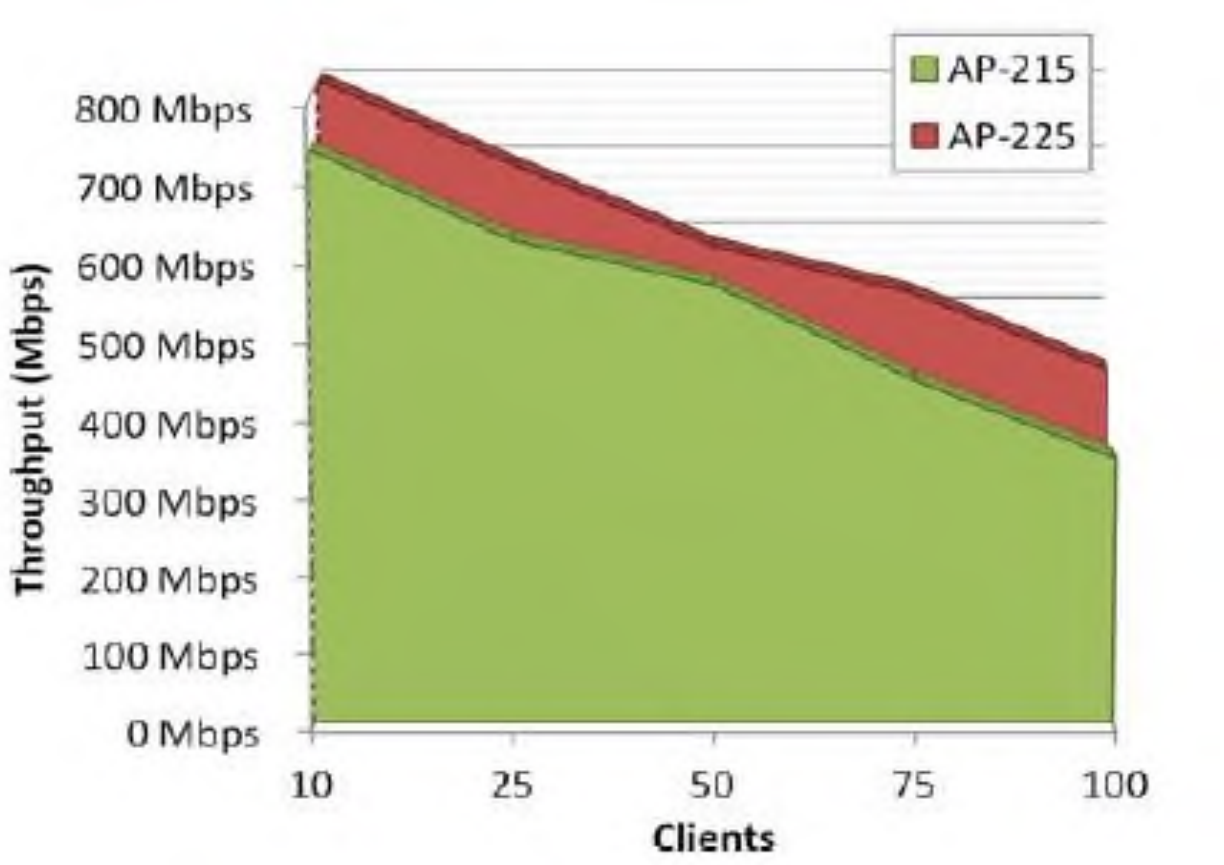


Рис.2.7 Ноутбук 3SS у каналі VHT80

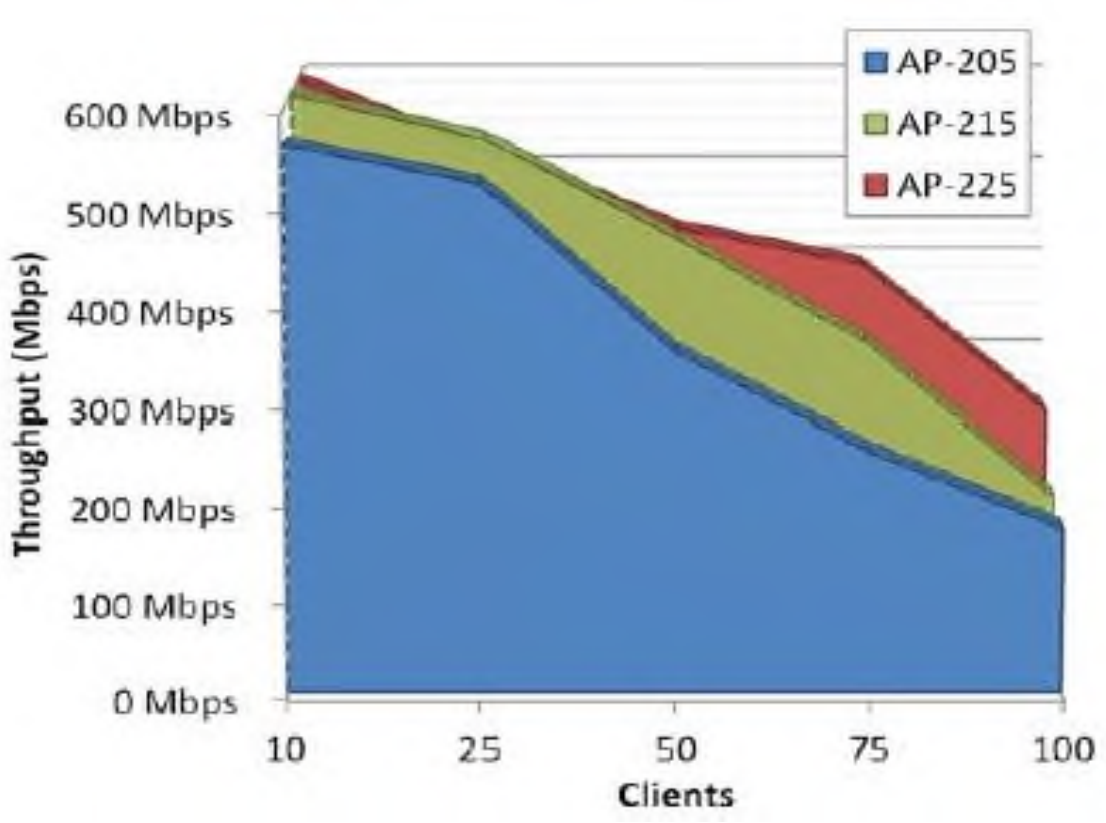


Рис.2.8 Ноутбук 2SS у каналі VHT80

Рис.2.7 порівнює двонаправлену продуктивність TCP 100 різних ноутбуків 3SSMacBookPro, як на AP-225, так і на AP-215. Вони підтримують повну пропускну спроможність ноутбуків. На малюнку показано, як змінюється загальна пропускна спроможність, оскільки ми збільшуємо кількість паралельних станцій від 10 до 100. Очікується, що загальна пропускна спроможність знижується зліва направо через зменшення ефективності та збільшення кількості зіткнень.

Рис.2.8 показує двонаправлену пропускну здатність TCP 100 різних ноутбуків 2SSMacBookAir (MBA). Ноутбуки протестовані проти всіх трьох моделей артистичного типу Аруби. При спілкуванні з AP-225 і AP-215, MBA обмежуються швидкістю передачі даних 2SS. На цьому малюнку є три ключові спостереження:

• AP-225 підтримує більшу пропускну спроможність, якщо більш як 50 станцій одночасно намагаються використовувати WLAN;

• AP-215 дуже подібний до AP-225;

• AP-205 найкраще підходить для невеликих мереж, де максимально 25 користувачів, що використовують безпровідну мережу.

Можна побачити, що продуктивність високої щільності зростає при переході від AP-205 до AP-225. Швидкий процесор та більших обсяг пам'яті забезпечують більшу продуктивність при високих навантаженнях клієнтів. Цілком прийнятно використовувати AP-225 у VHD областях, навіть якщо безпровідна мережа рекомендована на обладнанні AP-205 або AP-215.

Рис.2.9 показує продуктивність одного типу клієнта - 3SS MacBook Pro - проти AP-205 і AP-225. AP-205 підтримує два потоки, тоді як AP-215 і AP-225 підтримують три. AP-225 пропонує додатковий потік, тому клієнти можуть досягти значно більшої пропускної спроможності. Швидка пропускна здатність означає, що кожен клієнт виходить швидше, що дозволяє іншим станціям використовувати безпроводовий носій.

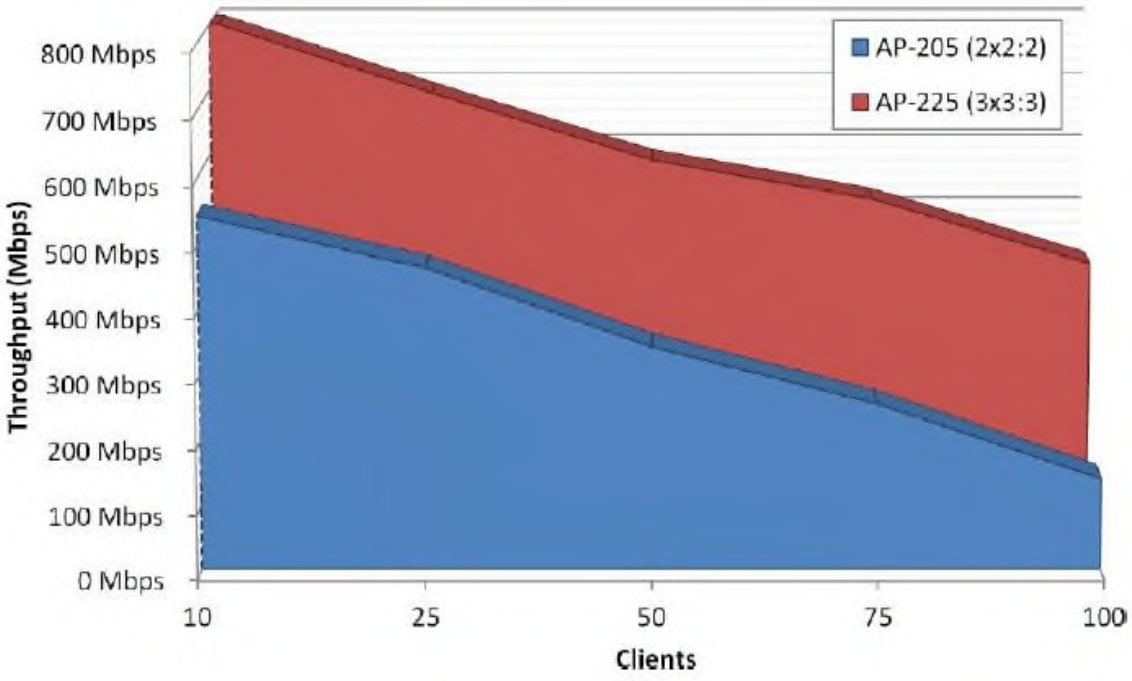


Рис.2.9 3SS клієнти вимагають 3SS AP, щоб досягти максимальної продуктивності

2.3 Обґрунтування мінімальної відстані між точками доступу для забезпечення безпроводової мережі з високою щільністю

Зовнішні антени майже ніколи не повинні використовуватися для областей VHD, що досягають менше ніж 10 000 місць.

AP в областях VHD повинні бути рівномірно розподілені по всьому простору відповідно до будь-якої стратегії покриття.

• Для накладних покриттів AP повинні бути рівномірно розподілені по зоні покриття, що підлягають покриттю. AP ніколи не повинні бути кластеризованими.

• Для бічного покриття, AP повинні бути рівномірно розподілені по довжині стіни, променя або будь-якої іншої монтажної поверхні.

• Підлоги picocells для них є складними. Повинні бути рівномірно розташовані.

Мінімальна відстань від AP до AP не повинна бути менше 2м при використанні зовнішніх спрямованих антен. Мінімальна відстань від AP до AP при використанні вбудованих антен є 5м.

Рис.2.10 показує аудиторію конференц-центру. Кола використовуються для зображення проміжків AP у зоні покриття.

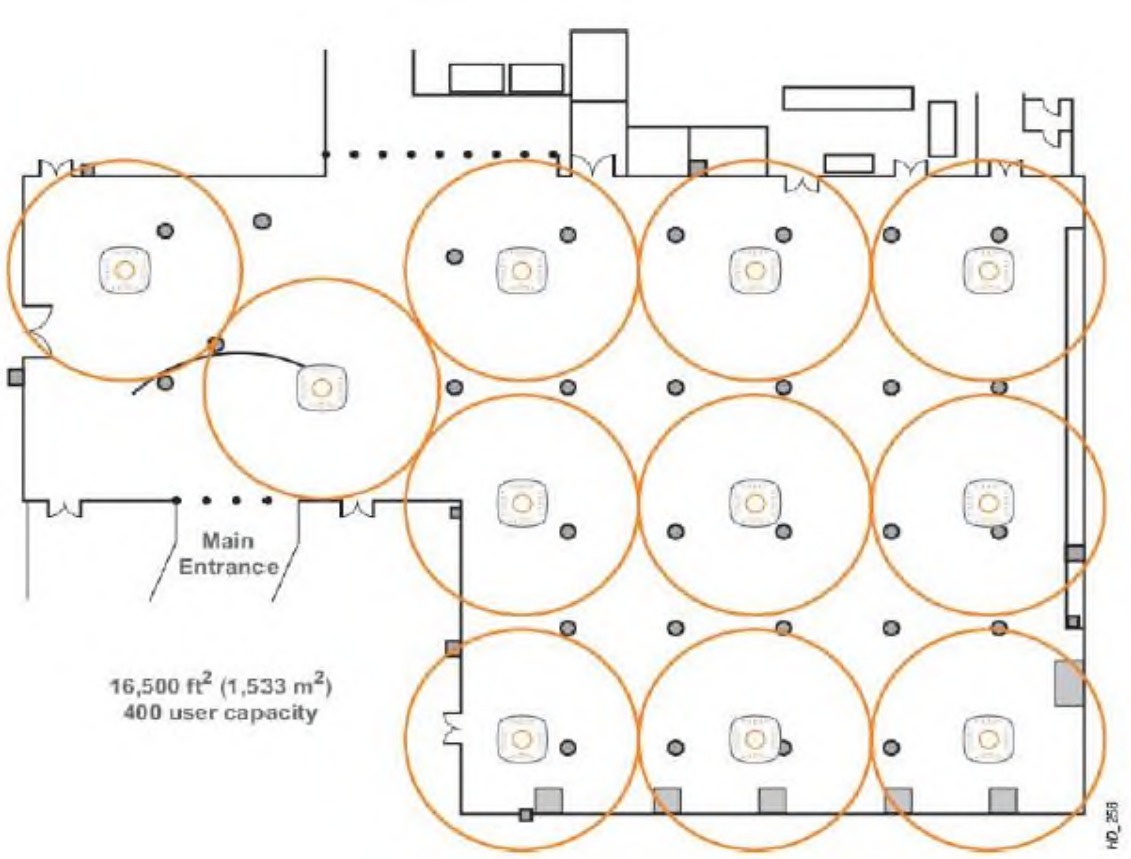


Рис.2.10 Приклад рівномірного розповсюдження AP в конференц-центрі

Існує сусідня канальна інтерференція (ACI) і спів-канальне втручання (CCI) практично у кожному з розгортань високої щільності. Поки AP рівномірно розподіляються, з мінімальними відстанями, ACI можна безпечно ігнорувати в більшості областей VHD з менш ніж 10 000 місць.

Мінімальна відстань від стільникових антен DAS

Стільникові оператори швидко розгортають мережі в діапазонах частот 2,3-2,6 ГГц по всьому світу. Коли стільникові радіостанції, що працюють на цих частотах, розгортаються в безпосередній близькості від Wi-Fi обладнання, що використовує смугу 2,4 ГГц, можуть виникнути перешкоди через високі рівні потужності, що використовуються на ліцензовані смуги. Поширеним є пошук стільникових розподілених антенних систем (DAS), таких як стадіони та арена, для надання

покращених послуг для мобільних абонентів.

Aruba Instant містить функцію, названу розширеною Cellular Coexistence (стільникове співіснування), яка по суті є фільтрувальною схемою для захисту від небажаних викидів стільникових радіостанцій. Однак, беручи до уваги той факт, що мережа Wi-Fi працює в діапазоні 2,4 ГГц, доцільним є дотримання мінімальних відстаней в якості додаткової міри обережності.

• Антени та Wi-Fi не повинні бути розташовані ближче, ніж 5м від антени DAS, якщо вони розташовані у головному промені антен DAS.

• Антени та Wi-Fi не повинні бути розташовані ближче, ніж 2м від антени DAS, якщо вони чітко виходять за межі основного променя антени.

У багатьох областях VHD, вимоги до естетики можуть суттєво обмежити, де і як ви можете розмістити AP. Наявність відповідних монтажних місць може суттєво вплинути на ефективність загальної конструкції. У аудиторії, показаній на

Wi-Fi принципово є технологією прямої видимості. Приховування AP за будь-якими будматеріалами негативно позначиться на продуктивності системи VHD.

Як правило, AP із вбудованими антенами повинні бути розміщені в користувацькому просторі з чіткою лінією відстані до місця розташування користувача.

Управління сусідніми VHD WLAN

Зазвичай зустрічаються суміжні VHD-простори в університетах, готелях, кінотеатрах та конференц-центрах, або на одному рівні, або на декількох поверхах. У цих випадках практично впевнений, що кожна безпровідна мережа з VHD буде втручатися у сусідні кімнати та

зменшувати загальну пропускну спроможність.

Якщо вже вибрали стратегію покриття за допомогою вбудованих антен, то мережі VHD будуть співіснувати без будь-яких подальших дій. Співвідношення фронтального і зворотного зв'язку антен AP є мірою відхилення сигналів від протилежної сторони. Це співвідношення також зменшить перешкоди, якщо всі антени вирівняні в одному напрямку.

На Рис.2.11 показано вигляд висоти двоповерхової будівлі з безпроводовим зв'язком, встановленим у всіх аудиторіях. Підлоги загалом поглинають більше енергії RF, ніж стіни. (Типовий діапазон 10-15 дБ.). На діаграмі також показано скорочення на 10 дБ при зворотному напрямку з урахуванням того, що AP направлено донизу.

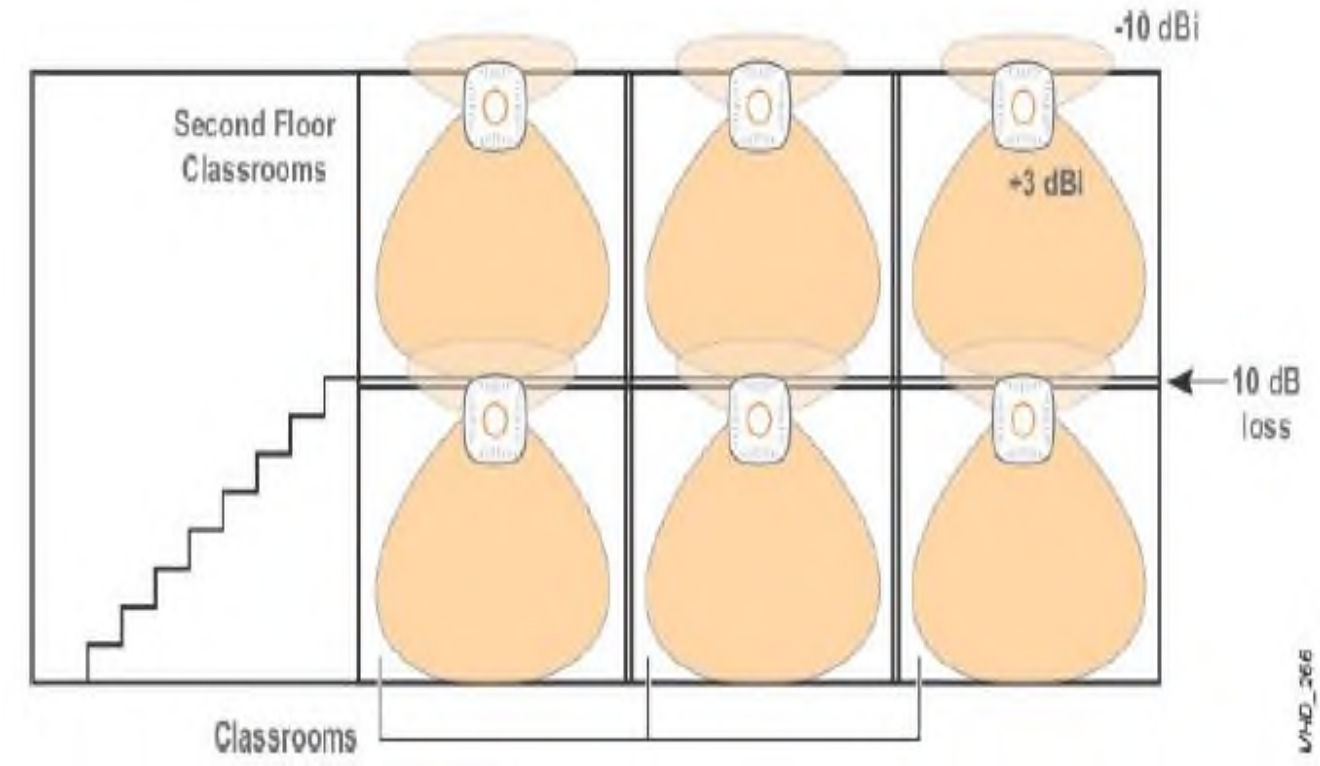


Рис.2.11 Використання інтегрованих антенних AP для ізоляції сусідніх VHD-WLAN

Бічне покриття

Рис.2.12 показує ту ж двоповерхову будівлю з використанням стратегії бічного покриття. Настінні AP допомагають зменшити шум між

кімнатами як правило на 6 дБ на одному поверсі, а також зменшити шум між поверхами. Для невеликих приміщень рекомендується прикріпити всі AP на одну стіну в одному напрямку. Це зменшить як ACI, так і CCI.

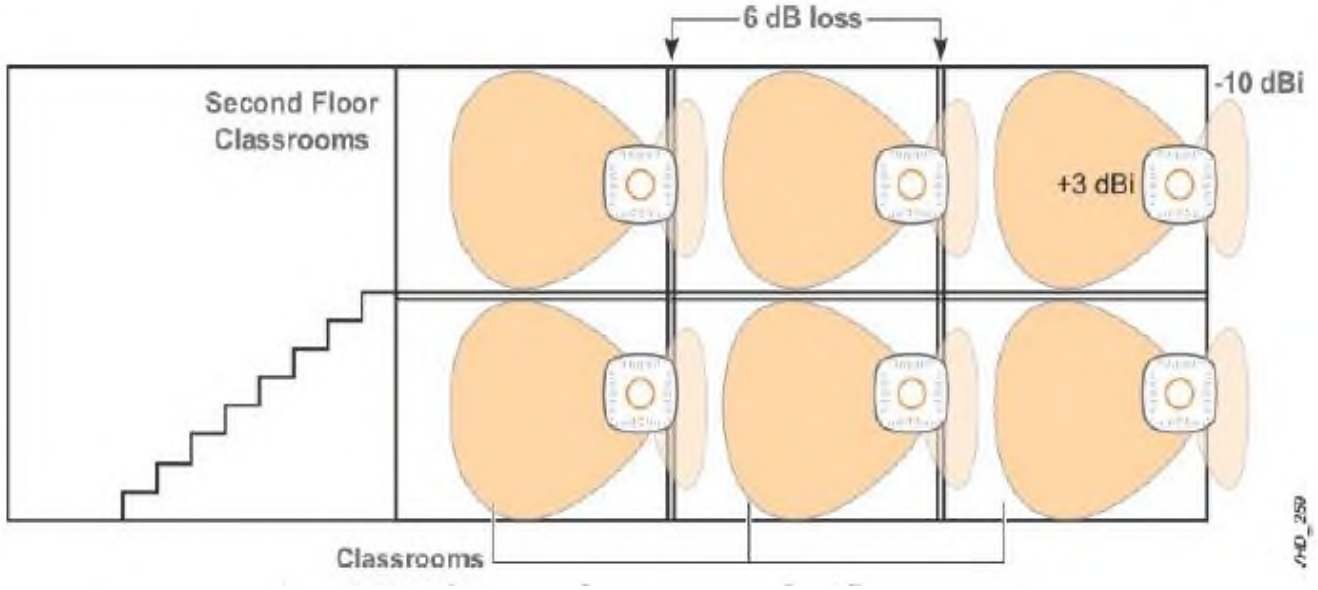


Рис.2.12 Використання інтегрованих антенних AP для ізоляції сусідніх VHD-WLAN

Бічне охоплення в режимі "назад до спини"

Якщо окремі безпроводові мережі з VHD дуже великі доведеться поставити AP на обидві сторони кімнати, щоб покращити сигнал у центрі. Це розташування може призвести до того, що AP розташовуються на протилежних сторонах однієї стіни. Рис.2.13 показує правильні і неправильні способи розробки цього.

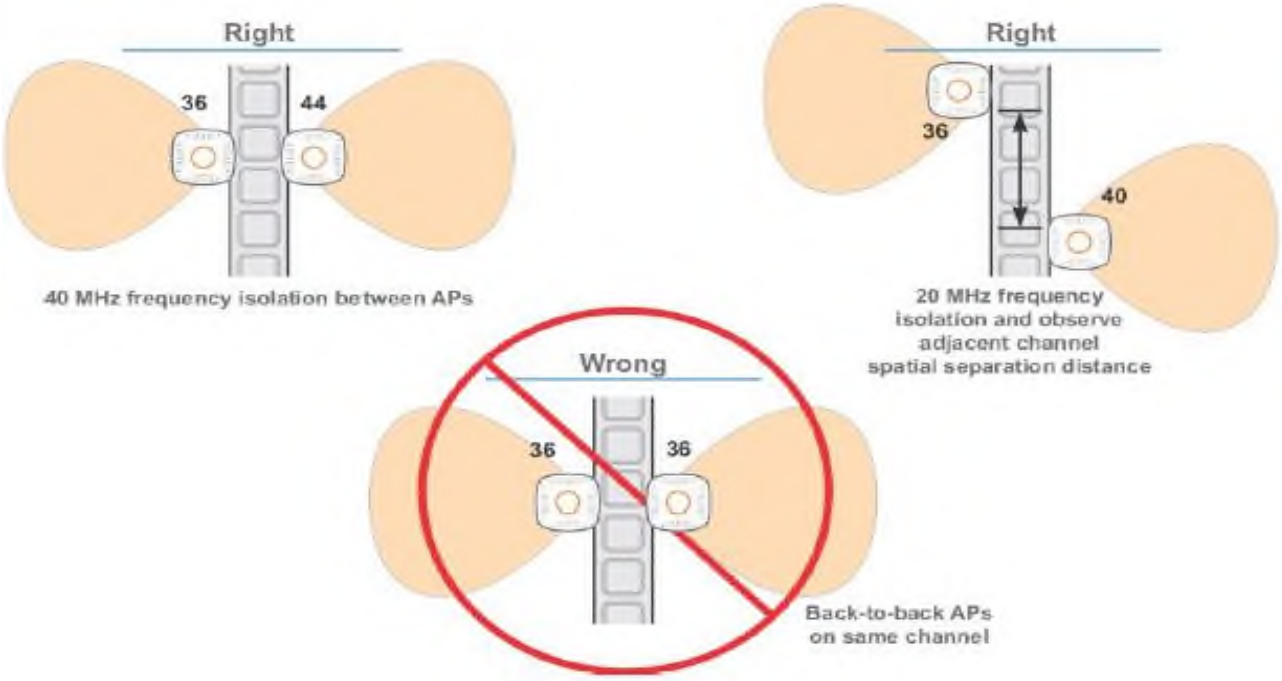


Рис.2.13 Розміщення в режимі "назад до спини"

3 РОЗРОБКА ТА НАЛАШТУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ З ВИСОКОЮ ІНТЕНСИВНІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

3.1 Пропускна здатність каналу на базі точки доступу ArubaInstant

Загальна потужність зони обслуговування безпроводової мережі з VHD фіксується незалежно від зовнішнього втручання. Aruba називає це "загальною пропускною спроможністю" мережі VHD. Пропускна спроможність системи - це сума потужностей кожного окремого каналу, як показано на Рис.3.1.

Однією з поширених помилок, що стосуються високошвидкісних безпроводових мереж, є те, що можна збільшити пропускну спроможність, додаючи AP. Це неправда. Кількість точок доступу (AP) не має ніякого відношення до потужності системи, якщо у вас немає RF-вимірювань, які підтверджують можливе повторне використання просторової RF у вашому об'єкті. Це показано графічно на Рис.3.1 наявністю декількох AP у кожному канальному блоці.

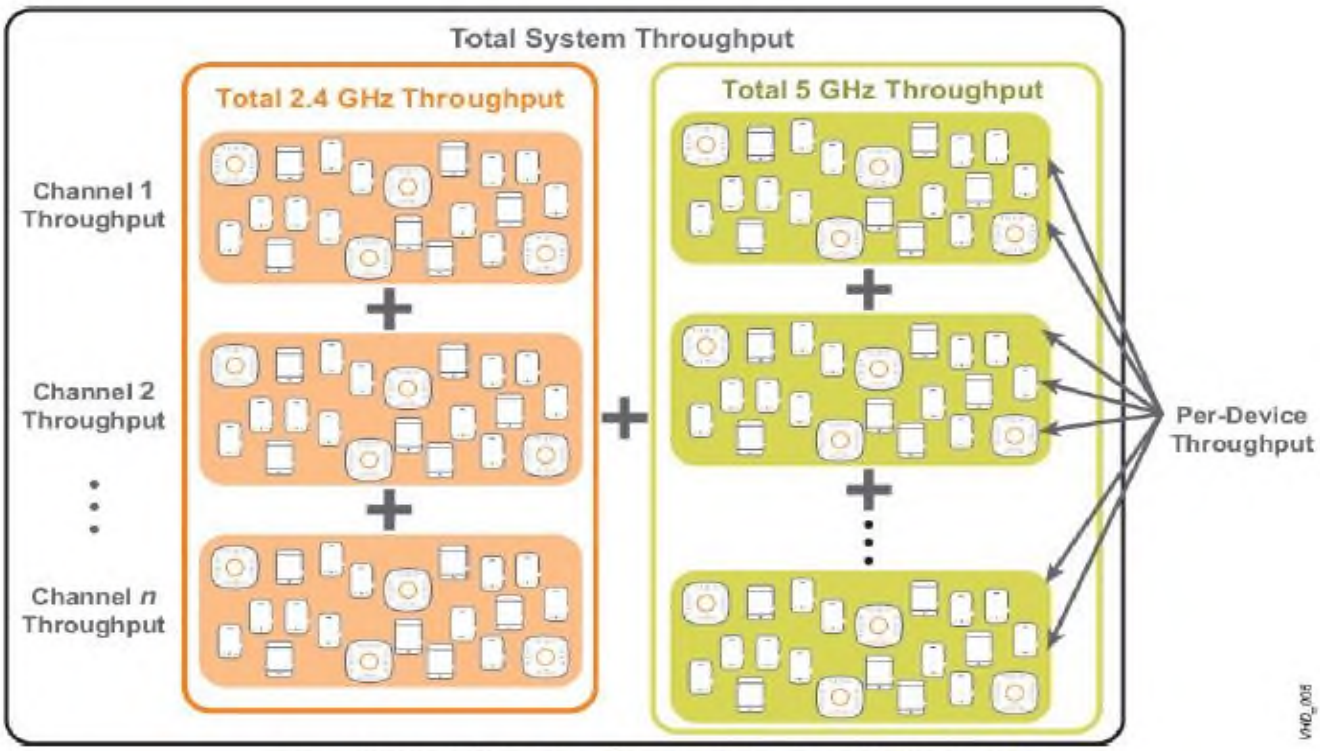


Figure EC2-1 Defining Throughput Terminology for a VHD Wireless LAN

Рис.3.1 Визначення пропускної здатності термінології для віртуального жорсткого диска через безпроводову мережу

Коли клієнт отримує контроль над каналом, пропускна спроможність, яку він може досягти, залежить від його конкретних можливостей та якості його радіозв'язку до AP. Однак переважна більшість передач - це прості контрольні кадри або підтвердження TCP.

Загальна пропускна спроможність системи

Загальну пропускну спроможність системи (TST) можна розглядати як сумарне навантаження, яке генерується мережею VHD через WAN-інтерфейси маршрутизаторів Інтернету. TST оцінюється за допомогою цього рівняння:

*TST=канал * середня пропускна здатність каналу * коефіцієнт повторного використання):*

канали - кількості каналів, що використовуються

безпроводовоюмережею VHD;

середня пропускна здатність каналу - середня продуктивність, яка досяжна в одному каналі;

коефіцієнт повторного використання можливе повторне використання частотних каналів точок доступу.

Розглянемо простий приклад. Припустимо, 5-ГГц розгортання з 9 каналами, середня пропускна здатність каналу 50 Мбіт/с, а також відсутність повторного використання просторового радіосигналу. TST буде 450 Мбіт / с таким чином:

*TST = 9 каналів * 50 Мб * 1 повторне використання = 400 Мб*

TST - це найвище навантаження, яку ви коли-небудь очікуєте побачити на висхідній лінії маршрутизатора WAN. Тому посилання WAN має бути розміром більше, ніж це..

Зверніть увагу, що формула (1) згадує канали, але не AP. Додавання AP практично ніколи не збільшує пропускну спроможність у безпроводових мережах з VHD через одноканальні перешкоди. Тож чому використовувати більше однієї AP на канал? З двох основних причин:

• Для досягнення цільової потужності пристрою (ADC): у кожному радіопристрої AP обслуговуються лише 150 користувачів (або будь-яке значення, яке ви обрали на етапі розміщення), тому система VHD часто потребує значно більше AP ніж канали, щоб переконатися, що всі користувачі можуть бути пов'язані з мережею;

• Щоб забезпечити високий SINR по всій установці: навіть якщо одна центральна AP може обробляти навантаження, віддалені клієнти будуть з'єднуватися більш низькими темпами, ніж більш близькі клієнти через зниження співвідношення сигнал-перешкода та шум (SINR). Коли це відбувається, це сповільнює весь канал. Використання більшої кількості AP, що наближається до клієнтів, підвищує швидкість передачі даних і допомагає швидше переносити дані, однак ціна - це вища CCI.

Пропускна здатність каналу

Кожен канал Wi-Fi має певну межу для потенціалу, який він може запропонувати. Загалом, це обмеження визначається шириною каналу та кількістю просторових потоків, які підтримуються клієнтами, що намагаються його використовувати. Ширина каналу становить 20 МГц, 40 МГц, 80 МГц або 160 МГц. Стандарт 802.11ac забезпечує до восьми просторових потоків, хоча більшість клієнтських пристроїв підтримують лише один або два. Крім того, пропускна спроможність каналу значною мірою залежить від кількості станцій, які одночасно намагаються використовувати канал. Потужність фактично втрачена через колізії та неефективність MAC-рівня, оскільки більше пристроїв претендують на доступ. Тому важливо відрізняти пропускну спроможність одного клієнта та багатокористувацьку пропускну спроможність.

Пропускна спроможність одного клієнта в основному є найкращим числом, яке ви отримаєте під час тестування швидкості на каналі, при цьому інші користувачі не присутні. Єдине реальне використання цього значення полягає в тому, щоб оцінити, наскільки швидко WLAN має бути, коли область високої щільності порожня. Цей номер важливий для методології тестування, яка використовується при прийнятті системи.

Пропускна спроможність для декількох клієнтів - це середньозважена добротність, доступна в одному каналі очікуваним набором пристроїв у певній зоні VHD. Ця пропускна спроможність, як правило, набагато менша, ніж пропускна спроможність одного клієнта. Пропускна спроможність декількох клієнтів дає точне уявлення про те, як мережа буде працювати, коли область VHD заповнена користувачами, які намагаються отримати доступ до WLAN.

Пропускна спроможність каналу може бути зменшена багатьма факторами, включаючи помилкові клієнтські пристрої, CCI, ACI та інтерференції без Wi-Fi. Загалом, ці фактори називаються "збитками".

Термін "середня пропускна здатність каналу" у формулі (1) призначений для захоплення всіх цих ефектів для певного середовища. Наприклад, якщо в спектральному аналізі ви знаєте, що деякі канали мають значні поточні перешкоди, ви повинні скинути свою пропускну спроможність на багато клієнтів відповідно.

Ви дізнаєтеся набагато більше про оцінку пропускної спроможності одного клієнта, пропускну спроможність для декількох клієнтів та порушення на наступних сторінках

Пропускна спроможність пристрою

Пропускна спроможність пристрою - це середнє значення, яке виробляється шляхом поділу TST на кількість пристроїв, які очікують використання системи VHD у той самий момент часу. Це рівняння записується наступним чином:.

Середня пропускна здатність пристрою = загальна пропускна спроможність системи / миттєвий рахунок користувачів (2)

Миттєвий рахунок користувачів - це кількість пристроїв, які насправді намагаються використовувати канал. Цей номер завжди значно нижче, ніж кількість пов'язаних пристроїв 802.11. Миттєвий рахунок користувачів залежить в першу чергу від робочого циклу програм, що працюють на пристроях. Пропускна спроможність пристрою коливається від каналу до каналу, і від моменту до моменту залежить від багатьох факторів.

Найбільш очевидним фактором є коливання кількості пристроїв, які хочуть передавати. Якщо більшість асоційованих пристроїв не мають нічого відправляти, то пропускна спроможність пристрою різко зростає. Якщо багато пристроїв намагаються відправити, пропускна здатність пристрою може падати так само швидко. У будь-якому випадку пристрої розділяють об'єм каналу між собою в режимі реального часу.

Більшість клієнтів, які купують мережу VHD, заявляють про свої очікування щодо пропускної здатності для кожного користувача або окремого пристрою. Загальноприйнята вимога щодо гарантованого SLA на рівні пристрою, як-от 512 Кбіт / с або 1 Мбіт / с. Ця вимога особливо вірна, якщо потрібно надати потокове відео, для якого потрібно вибрати певний бітрейт відео.

Пропускна спроможність одного клієнта

Перший блок - це розуміння потенційної продуктивності одного клієнта Wi-Fi. Коли ви знаєте, як оцінити пропускну спроможність одного клієнта, ми можемо перейти до більш складної багатокористувацької справи.

*Пропускна спроможність одного клієнта ("Goodput") = Максимальна швидкість передачі даних * (1 - Протокол накладних %)* (3)

Пікова швидкість передачі даних - це найшвидша швидкість передачі даних за схемою модуляції та кодування (Layer 1) (PHY), яку конкретний клієнтський пристрій здатний досягти. Пікова швидкість передачі даних залежить від ширини каналу (20-МГц, 40-МГц або 80-МГц) та кількості просторових потоків, які підтримує клієнт

Накладні протоколи включають Layer 2 (MAC) і Layers 3 і 4. З 802.11ac ми рекомендуємо використовувати постійну 25% для MAC + TCP або 20% для MAC + UDP.

Налаштування належних очікувань

Коли інженери займаються плануванням потужності VHD, вони не враховують ширину каналу або можливості радіозв'язку потенційного клієнтського пристрою. В даний час поставки 802.11ac APs з трьома підтримками просторового потоку (3SS) здатні до швидкості передачі даних до 1,3 Гбіт / с в 80-МГц каналі. Отже, незвично чути клієнтів, які використовують такі великі цифри, обговорюючи свої очікування VHD. Але такі високі показники абсолютно некоректні для планування VHD за

кількох причин.

1. Області VHD призначені для забезпечення низької, загальної пропускної спроможності, як 512 Кбіт/с або 1 Мбіт/с для всіх клієнтів. Попри те, що іноді можливо досягти максимального значення, припущення базової лінії для будь-якої мережі високої щільності полягає в тому, що канал дуже перевантажений, а середня пропускна здатність пристрою набагато нижча, ніж максимальна швидкість.

2. Області VHD повинні використовувати лише ширину каналу 20 МГц замість ширини 80 МГц. Ця ширина каналу різко знижує швидкість передачі даних (від 1,3 Гбіт / с до 86,7 Мбіт / с для смартфона 1SS 802.11ac).

3. Більшість клієнтських пристроїв у VHD областях тільки 1SS або 2SS (Табл.3.1).

Таблиця 3.1

Потенціал просторового потоку загальних пристроїв при публікації

Type	Device Make and Model	Radio	1SS	2SS	3SS
Smartphone	iPhone 5 (All models)	11n	X		
	iPhone 6 (All models)	11ac	X		
	Samsung Galaxy S4	11ac	X		
	HTC One	11ac	X		
	LG G3	11ac	X		
	Windows Phone	11n	X		
	Samsung Galaxy S5	11ac		X	
Tablet	Apple iPad Air	11n		X	
	Apple iPad Air 2	11ac		X	
	Samsung Galaxy Tab 7.0 & 10.1	11n	X		
	Samsung Galaxy Tab Pro 12.2	11ac		X	
	Microsoft Surface Pro 3	11ac		X	
Laptop / Netbook	Chromebook	11n		X	
	Apple MacBook Air	11ac		X	
	Apple MacBook Pro	11ac			X
	Intel 4965agn	11n		X	
	Intel 5300agn	11n			X
	Intel 6300agn	11n			X
	Intel 7260	11ac		X	

Крім того, застарілі пристрої, такі, як пристрої стандарту 802.11n, не підтримують останні 256-QAM швидкості передачі даних, які введені в 802.11ac. Ці пристрої продовжуватимуть залишатись значним відсотком кількості пристроїв протягом багатьох років. Табл.3.1.2 показує максимально можливу ставку MCS як для застарілих 802.11n, так і для нових 802.11ac-клієнтів у ширині каналу 20 МГц.

Таблиця 3.2 Максимальна швидкість передачі PHY у каналі 20 МГц

Device Radio Type	Peak MCS	1SS	2SS	3SS	4SS
802.11n (HT)	MCS 7	72.2 Mbps	144.4 Mbps	216.7 Mbps	n/a
802.11ac (VHT)	MCS 8** / 9	86.7 Mbps	173.3 Mbps	288.9 Mbps	346.7 Mbps

Тому критично важливо встановити належні очікування, коли думають про безпроводові мережі з VHD.

Перетворення швидкості передачі даних в пропускну здатність

Ми можемо застосувати формулу (3) і константи протоколу до кожної з комірок Табл. 3.2 для перетворення з швидкості передачі PHY в пропускну спроможність одного клієнта.

Таблиця 3.3

Використана корисна передача TCP у каналі 20 МГц

Device Radio Type	Peak MCS	1SS	2SS	3SS	4SS
802.11n (HT)	MCS 7	54 Mbps	108 Mbps	162 Mbps	n/a
802.11ac (VHT)	MCS 8** / 9	65 Mbps	130 Mbps	217 Mbps	260 Mbps

Багатокористувацька пропускна спроможність

Хоча пропускна спроможність одного клієнта може бути обчислена з швидкості передачі даних, багатоканальна пропускна спроможність повинна бути протестована з реальними клієнтами. Потрібні реальні тести, тому що кількість каналів фактично зменшується, коли зростає кількість

клієнтів. Загальна комбінована пропускна здатність 25 пристроїв, які конкурують за ефірний час, буде меншою, ніж вартість одного клієнта. У свою чергу, 50 клієнтів досягають навіть меншої сукупної пропускної спроможності, ніж 25. Основна причина цього зниження ємності - це накладні витрати на рівні MAC, що споживає більшу частку ефірного часу.

Результати тестування пропускної спроможності для декількох клієнтів

На Рис.3.2 показано результат тестування масштабованості клієнта Aruba VHD. Тести масштабування клієнта вимірюють продуктивність із зростанням числа реальних клієнтів. У цьому випадку ми розпочали роботу з 10 клієнтами, а потім перевірили 25, 50, 75 і, нарешті, 100 клієнтів. Тип трафіку був TCP, і ми показуємо двонаправлені результати, в яких кожна станція одночасно надсилає та отримує дані. Дані приймали на чистому каналі VHT20.

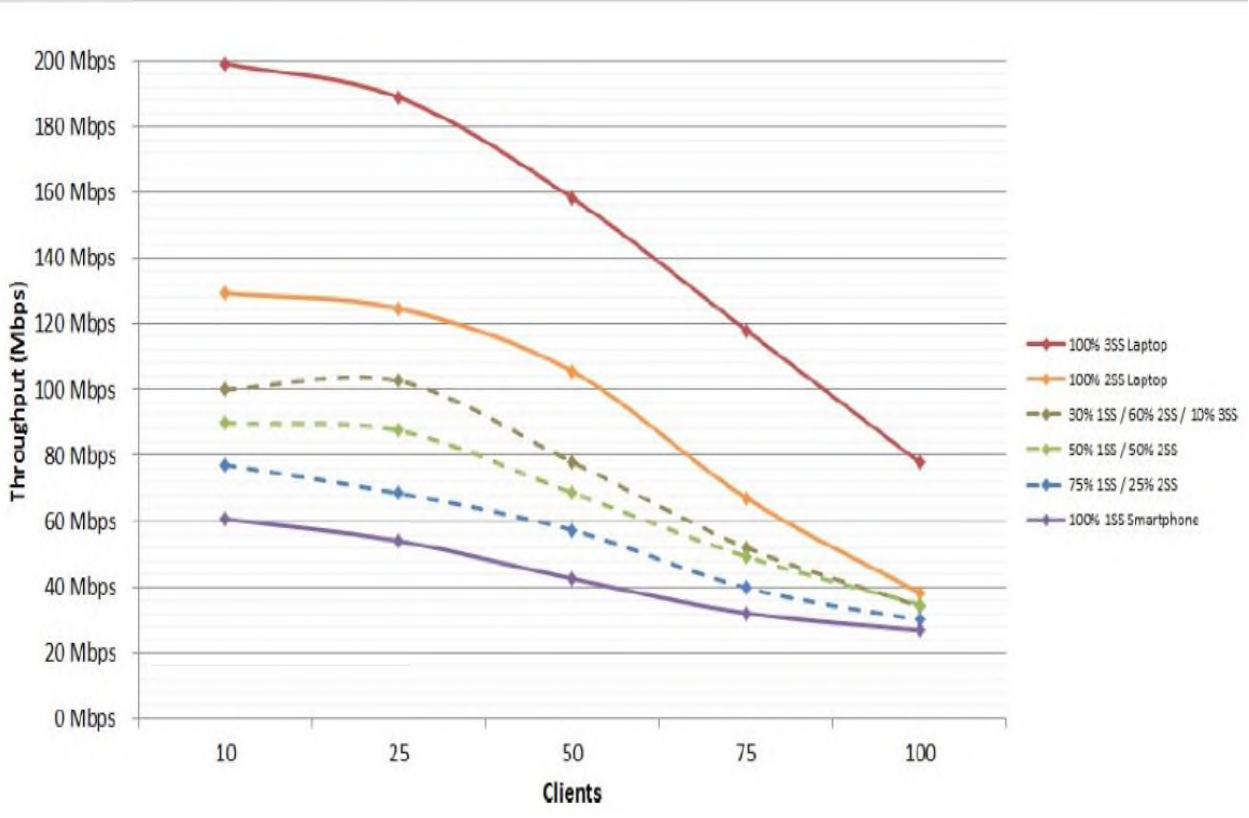


Рис.3.2 Результати тесту TCP для 100 одночасних пристроїв 802.11ac

Використання результатів для планування безпроводової мережі VHD

Можемо застосувати результати безпосередньо для оцінки потужності системи у власних середовищах VHD. Середній термін у формулі TST - середня пропускна здатність каналу. Можемо отримати, застосувавши коригування, щоб відобразити реальні перешкоди та інші виклики RF.

*Середня пропускна здатність каналу = пропускна спроможність (N) * (1-коефіцієнт зменшення корисності %) (4)*

Де:

• Пропускна спроможність - вимірювана багатоканальна пропускна здатність у чистому лабораторному середовищі для N одночасних пристроїв;

• Коефіцієнт зменшення корисності - скорочення пропускної спроможності лабораторії, очікуваного для конкретного типу обладнання VHD. Aruba рекомендує використовувати різні значення знецінення для діапазону 2,4 ГГц та діапазону 5 ГГц.

Щоб спростити процес, переведімо правий бік Рис.3.1.2 у більш корисний табличний формат у Табл.3.4. Для зручності значення були округлені до найближчих 5 Мбіт/с.

Таблиця 3.4

Multiclient Lab пропускна спроможність при змішуванні просторового потоку

Spatial Stream Mix	50 Concurrent	75 Concurrent	100 Concurrent
100% 1SS Device	45 Mbps	35 Mbps	30 Mbps
75% 1SS + 25% 2SS	60 Mbps	40 Mbps	30 Mbps
50% 1SS + 50% 2SS	70 Mbps	50 Mbps	40 Mbps
30% 1SS + 60% 2SS + 10% 3SS	75 Mbps	50 Mbps	40 Mbps
100% 2SS Device	100 Mbps	65 Mbps	40 Mbps
100% 3SS Device	160 Mbps	115 Mbps	80 Mbps

Щоб використовувати Табл.3.4 для планування об'єму за допомогою процесу TST, спочатку виберемо рядок на основі сумісності просторових потоків, яку ми очікуємо для нашого об'єкта. Потім обираємо стовпець, що базується на кількості одночасних пристроїв, які ми бажаємо спробувати користуватися каналом одночасно. Це число легко визначається з передбачуваного робочого циклу пристрою. Цю таблицю будемо конденсувати ще на кроці 2 процесу TST.

Моделювання змішування просторових потоків VHD-областей

У попередніх розділах показано широке розмаїття можливостей однокористувацької та багатокористувацької продуктивності від пристроїв різних можливостей просторового потоку. Що ще більше ускладнює, реальні безпроводові мережі мають широкий спектр пристроїв, які використовують їх. Ми не можемо визначити, скільки потоків

підтримується пристроєм, залежно від типу пристрою. Смартфони та планшети входять до складу 1SS та 2SS.

Бачимо загальні тенденції в формфакторах пристроїв для конкретних видів безпроводових мереж з VHD. Можемо використовувати ці тенденції, щоб абстрагувати пару міст просторових потоків, які відповідають нашим плановим потребам.

Таблиця 3.5

Розповсюдження типу пристрою в звичайних типах VHD

VHD Venue Type	Phones	Tablets	Laptops
Classroom / Lecture Hall	40%	30%	30%
Convention Center	40%	30%	30%
Airport	40%	30%	30%
Casino	90%	10%	-
Stadium / Arena /Theater	90%	10%	-
Shopping Mall	90%	10%	-

Таблиця 3.6

Прогноз зміщення просторового потоку для звичайних мобільних пристроїв

Spatial Streams	1SS	2SS	3SS
Smartphone	50%	50%	-
Tablet	30%	70%	-
Laptop	-	70%	30%
Wearable	100%	-	-

Табл 3.5 показує приблизні розбивки типів пристроїв для шести основних типів обладнання VHD. Ці прогнози являють собою консенсусну оцінку технічного відділу Aruba та команди з управління продуктами. Коли ми дивимось на таблицю, слід пам'ятати, що середня кількість пристроїв, що використовуються людиною, коливається в кожному типу об'єкта.

Немає явних зв'язків між типом пристрою та кількістю просторових потоків, які він підтримує. Табл.3.6 є одним з сценаріїв того, як сполучення просторових потоків може розвинутися протягом найближчих кількох років. На сьогодні аналітики галузі очікують, що більшість клієнтських пристроїв, включаючи смартфони, з часом стануть 2SS. Це збільшення на 2SS пристроїв завдяки 802.11ac MU-MIMO оптимізовано для чотирьох клієнтів 2SS кожен.

Табл.3.5і Табл.3.6можуть бути об'єднані, щоб отримати просторовий потік для кожного з шести типів об'єктів VHD. Табл.3.7 є результатом. Це знімає всю складність інших таблиць у простий ресурс. Це важлива таблиця, і ми будете використовувати її в кожному плані нашої потужності VHD.

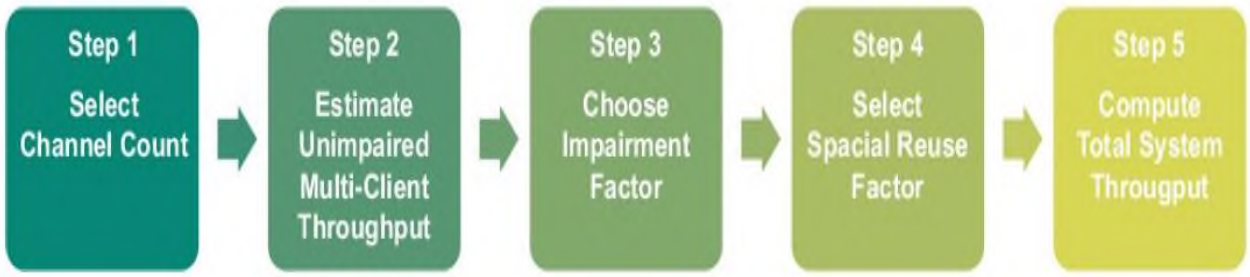
Таблиця 3.7

Таблиця пошуку зерен просторового потоку

VHD Venue Type	Application Usage Profile	Devices/ Person (Now)	Devices/ Person (Future)	1SS %	2SS %	3SS %
Classroom / Lecture Hall						
Convention Center	Work / Study	3	5	30%	60%	10%
Airport						
Casino	Fan / Guest	1	2	50%	50%	--
Stadium / Arena / Theater						
Shopping Mall						

3.2 Розробка, налаштування та оцінка пропускної спроможності безпроводової мережі з високою інтенсивністю передачі інформації

Тепер, коли термінологія визначена та пояснюються концепції базової спроможності, ми обробляємо процес оцінки TST детально від початку до кінця. Використовуючи структуру формули (1), ми дотримуємося цього п'яти етапного підходу:



Крок 1 - Вибираємо кількість каналів

Мета цього кроку - визначити, скільки каналів використовуватиме безпроводова мережа з VHD. Використання більшої кількості

каналів безпосередньо збільшує ємність.

Щоб зберегти цю ємність простою і цілеспрямованою, передбачається, що:

• Безпроводова архітектура розгортає 20-МГц канали;

• Канали DFS використовуються, якщо вони доступні (за винятком випадків, коли опитування спектра показують значні радарні події);

• 5-ГГц використовується як основна смуга обслуговування.

Укладання каналів збільшує ємність

У будь-якій VHD-WLAN ми повинні використовувати якнайбільше радіоканалів, оскільки кількість каналів збільшується лінійно. Рис.3.3показує, що два спільно розташованих AP на різних каналах забезпечують приблизно вдвічі більшу ємність однієї AP. З трьома AP на різних каналах в одному домені зіткнення RF, потужність трохи збільшується.

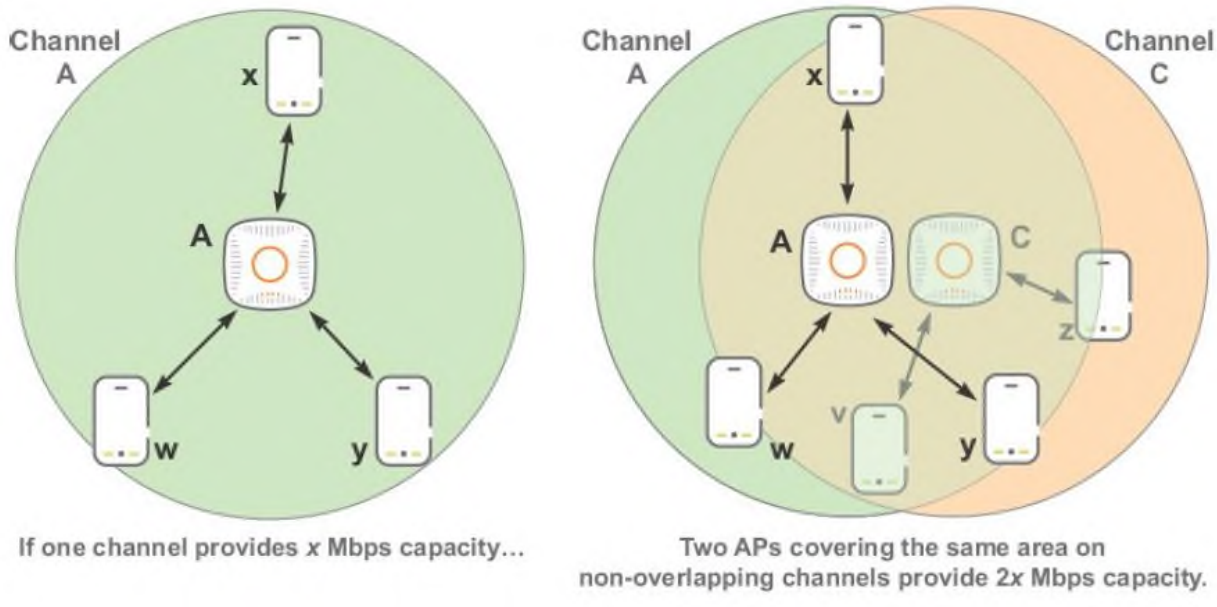


Рис.3.3.Використання додаткових каналів для збільшення ємності WLAN

Тому кількість каналів є первинним обмеженням потужності на WLAN VHD. З цієї причини, WLAN VHD завжди повинні використовувати діапазон 5-ГГц для основного обслуговування клієнтів. На Рис.3.4показано

кількість каналів 80 МГц, 40 МГц та 20 МГц, підтримуваних 802.11, для використання в діапазоні 5 ГГц.

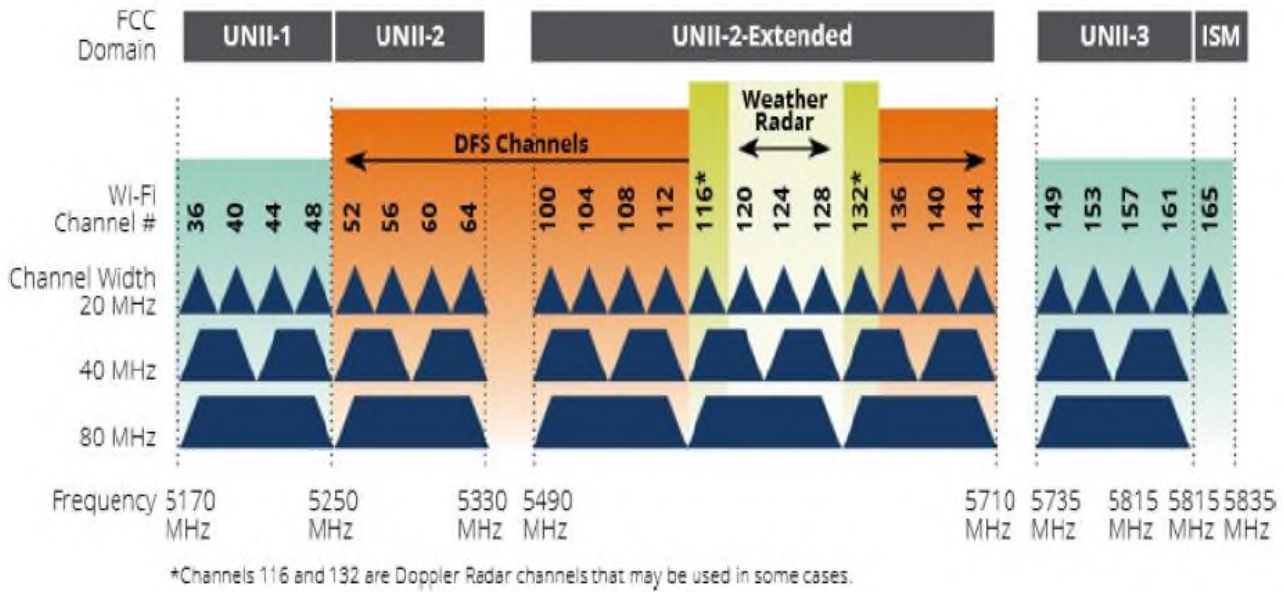


Рис.3.4 Дозволені канали в регулюючому домені США

Вибір кількості каналів

Наша мережа VHD повинна використовувати кожен 20-МГц канал, включаючи канали DFS. Це правило має лише деякі винятки.

Кількість використаних каналів визначається наступним чином:

Придатні канали = дозволені канали - неефективні канали DFS - Ch.144 - зарезервовані канали - інші обмежені канали

Де:

• Дозволені канали = загальна кількість каналів, дозволених регулятором спектру в даній країні;

• Неефективні канали DFS = Кількість каналів DFS, на яких було доведено існування радіолокатора;

• Канал 144 = один канал, який не повинен використовуватися в даний час;

• Зарезервовані канали = Приватні канали "будинку" для об'єкта

VHD;

• Інші канали з обмеженими можливостями = Непридатні канали через повторювані перешкоди, перевірені аналізатором спектру, або через несумісність пристрою.

Кількість доступних 5-ГГц каналів значно відрізняється. У таблиці Табл.3.8 наведено загальну кількість каналів, не пов'язаних DFS та DFS.

Таблиця 3.8

Доступні 5-ГГц канали в окремих країнах або регіонах

Channel	United States	Brazil	Europe & Turkey	South Africa	China	Japan	Korea	Singapore	Taiwan	Australia	New Zealand
TOTAL NON-DFS	9	9	4	4	9	4	8	9	9	9	9
TOTAL DFS	12[1] / 15	15	15	15	4	15	12	15	11	13	15
TOTAL	21[1] / 24	24	19	19	13	19	20	24	20	25	24

1. These channels were temporarily disallowed in 2013-2014 in the US. APs released from 2015 on may use these channels if they pass DFS certification.

Виняток № 1 - канали DFS

Канали DFS повинні майже завжди використовуватися в областях VHD. Загалом, перевага від використання цих каналів значно перевищує потенційні витрати. Канали, що підпадають під дію правил DFS, зазвичай включають 52 - 64 і 100 - 144. Ці канали називаються каналами DFS, оскільки мають застосовуватися спеціальні правила під назвою "Динамічна вибірка частот".

Ми повинні застосувати три основні критерії, коли ми вирішимо використовувати або не використовувати канали DFS: сумісність з

клієнтом, голосовий роумінг та радарна експозиція.

Можливості клієнта

Перша і найважливіша проблема, яку ми маємо оцінити для використання каналів DFS, - це можливості ваших очікуваних клієнтських пристроїв. Загалом, переважна більшість нових введених мобільних пристроїв підтримують канали DFS. Усі п'ять основних мобільних операційних систем у світі тепер підтримують DFS (Табл.3.9).

Таблиця 3.9

DFS каналів підтримки операційної системи

Platform	Operating System	DFS Support	Comment
Phone / Tablet	Apple IOS	Yes	IOS has supported DFS channels for several years.
	Google Android	Yes **	Most if not all new 802.11ac Android devices support DFS because it is required for 80-MHz channels. ** Most legacy 802.11n Android devices do not.
	Microsoft Windows Phone	Yes	
Laptop / Netbook	Apple MacOS	Yes	MacOS has supported DFS channels for several years.
	Microsoft Windows	Yes	Windows has supported DFS channels for several years.

Додавання підтримки DFS на пристрої Android 802.11ac вилучило одне з останніх бар'єрів для використання каналів DFS. Хоча деякі недорогі виробники пристроїв Android не активували ці канали, сам Android повністю підтримує роботу DFS.

Виняток № 2 - 144 канал

Загалом, не використовуйте канал 144 для доступу до гостя, доки клієнт міксуватиме у нашому конкретному місці більш як 50% 802.11ac. Більшість місць в США не зможуть досягти цього клієнта. Причиною є те,

що в той час як більшість 802.11n і майже всіх пристроїв 802.11ac на ринку підтримують канали DFS, жоден пристрій 802.11n не може бачити канал 144. Підтримка каналу 144 була додана як частина поправки 802.11ac.

Діапазон 2,4 ГГц

Aruba рекомендує планувати 5 ГГц, як первинну смугу сервісу. Передбачається, що гостьова служба буде надана на частоті 2,4 ГГц у будь-якій зоні VHD. Тим не менш, діапазон 2,4 ГГц в першу чергу призначений для користувачів зі застарілими пристроями, які не можуть працювати на частоті 5 ГГц.

Технічно, використання діапазону 2,4 ГГц збільшує кількість доступних каналів до трьох у країнах, що підтримують 11 каналів на 2,4 ГГц, і чотирьох в країнах, які дозволяють 13 каналів.

Проте діапазон 2,4 ГГц стає все більше непридатним для використання в областях VHD через Wi-Fi та безпроводові перешкоди, особливо Bluetooth. Чим більше місць на об'єкті, тим гірше проблема. Рис.3.5- 10-хвилинне захоплення спектра з стадіону на 50 000 місць. Верхній лівий квадрант показує діапазон 2,4 ГГц, а в інших квадрантах - різні 5-ГГц піддіапазони.

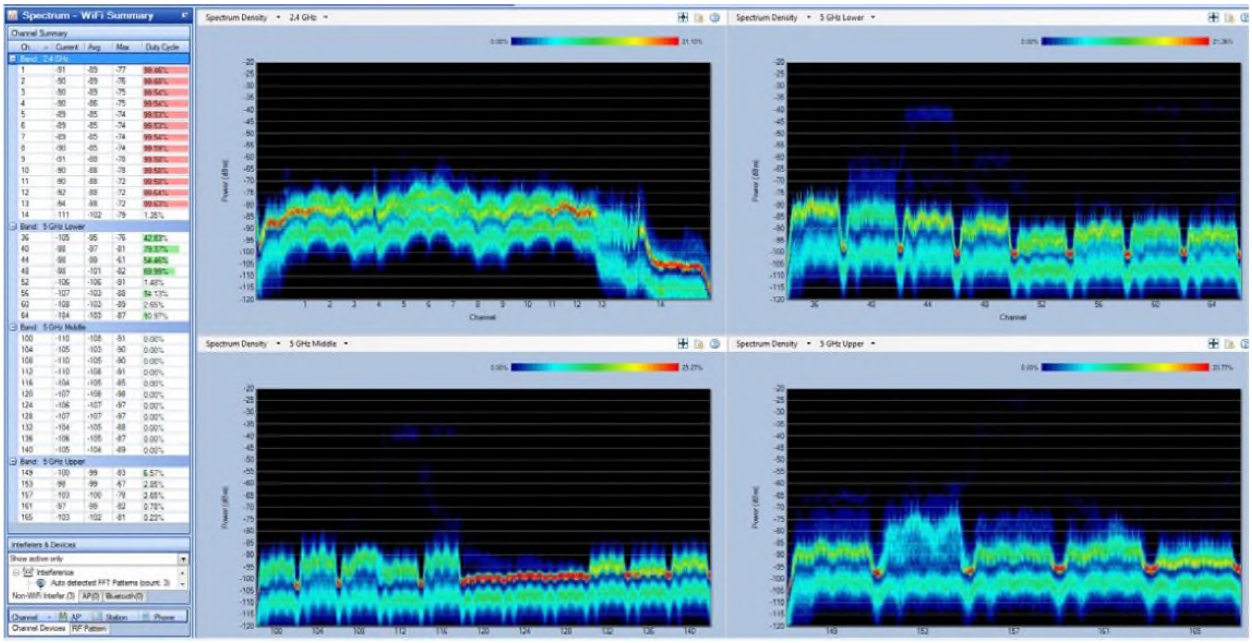


Рис.3.5 Спектр аналізу діапазонів 2,4 ГГц та 5 ГГц на великому стадіоні

Шумовий підйом ефективно підвищений до 80 дБм. Основною причиною є дуже велика кількість мереж Wi-Fi, що використовують модуляцію 802.11b, що призводить до майже безперервного робочого циклу передачі по смузі 2,4 ГГц (суцільна лінія по центру).

Якщо ми поглянемо уважно на Рис.3.5, то бачимо кілька "ярусів" точок доступу 802.11b на каналах 1, 6 і 11. Це - вкладені шаблони різного рівня сигналу. Кожна з цих груп сигналів являє собою пакет 802.11b AP на різних відстанях від точки вимірювання.

У результаті ми плануємо потужність окремо для 5 ГГц і 2,4 ГГц. Ми вибираємо іншу середню вартість пропускної спроможності каналу для кожної групи.

Крок 2. Оцінюємо пропускну спроможність кожного каналу

Мета цього кроку - оцінити середню корисну здатність каналу Wi-Fi під навантаженням у чистих умовах. Ми використовуємо дані Aruba VHD, представлені раніше в розділі. Це значення множиться на кількість

каналів,щоб визначити TST.

Табл.3.3містить всю інформацію, необхідну для завершення цього кроку.Значення у правому стовпчику виводяться безпосередньо з результатів випробувань Aruba VHD, представлених на Рис.3.1.2. Для кожного з шести типів об'єктів безпровідної мережі з VHD, ми обрали як конкретну криву з малюнка, а також єдиний пункт на цій кривій. Крива була обрана на основі сполучення просторових потоків, очікуваного в цьому середовищі, переліченому на Рис.3.5

. Точне значення пропускної здатності, обраного на кривій, було обрано на основі нашої оцінки типової кількості одночасних користувачів на канал.

Таблиця 3.10

Таблиця довідки про пропускну спроможність каналу

VHD Venue Type	Application Usage Profile	Spatial Stream Mix	Typical Concurrent Users per Channel	Unimpaired VHT20 Goodput
Classroom / Lecture Hall	Work / Study	1SS – 30% 2SS – 60% 3SS – 10%	50	75 Mbps
Convention Center			75	50 Mbps
Airport			75	50 Mbps
Casino	Fan / Guest	1SS – 50% 2SS – 50%	50	70 Mbps
Stadium / Arena			100	40 Mbps
Shopping Mall			50	70 Mbps

Стовпець справа - це номер, який потрібно вибрати для цього кроку, скорегований для об'єкта. Ми зробили ці припущення раніше:

• Якість радіочастотна конструкція з послідовним відношенням рівня сигналу до рівня шуму> = 25 дБ через безпроводові мережі з VHD;

• Максимальна швидкість передачі даних MCS можлива більш як 90% від площі VHD.

Результатом має бути середня пропускна спроможність каналу.

Крок 3. Вибираємо і застосовуємо фактор знецінення

Значення пропускної спроможності в Табл.3.2.3 знаходяться в чистому, лабораторному середовищі, без будь-яких перешкод або інших порушень, які настільки поширені в безпроводових мережах з VHD. Тому ці цифри не можуть бути використані безпосередньо в формулі TST. Вони повинні бути адаптовані на основі характеристик кожного конкретного об'єкта.

Щоб адаптувати незмінні значення пропускної спроможності, нам потрібна метрика, щоб показати вплив CCI, ACI. Aruba називає цю метрику "коефіцієнтом знецінення".

Вибираємо різні знецінення для діапазонів 2,4 ГГц та 5 ГГц через значно вищого рівень перешкод у смузі 2,4 ГГц. "Використовуємо«плоскі» показники. Табл.3.4включає в себе консенсусні значення від команди з технічної підготовки високої щільності Aruba на основі досвіду розгортання.

Таблиця 3.11

Представлена таблиця довідок щодо зменшення корисності

VHD Venue Type	Suggested 2.4-GHz Impairment	Suggested 5-GHz Impairment	Rationale
Classroom /	10%	5%	• Above average duty cycles
Lecture Hall			• Little or no reuse of channels in the same room • Structural isolation of same-channel BSS in adjacent rooms • Minimal My-Fi usage
Convention Center	25%	10%	• Moderate duty cycles • Significant numbers of same-channel APs • Large open areas with direct exposure to interference sources • Non-Wi-Fi interferers • Higher My-Fi usage in booth displays, presenters, attendees
Airport	25%	15%	• Lower duty cycles (except for people streaming videos) • Structural isolation of same-channel BSS in adjacent rooms • Heavy My-Fi usage
Casino	25%	10%	• Low duty cycles on casino floor • Low My-Fi usage
Stadium / Arena	50%	25%	• Low-to-moderate duty cycles • Significant numbers of same-channel APs • Large open areas with direct exposure to interference sources • Non-Wi-Fi interferers • High My-Fi usage
Shopping Mall	10%	5%	• Moderate duty cycles • Significant numbers of same-channel APs • Large open areas with direct exposure to interference sources • Non-Wi-Fi interferers

Наступним кроком є застосувати значення знецінення до незмінного значення пропускної спроможності з кроку 2. Це дає значення, яке ми підключаємо до формули TST.

Таблиця 3.12

"Погана таблиця пропускної спроможності каналу"

VHD Venue Type	Unimpaired VHT20 Goodput	Suggested Impairment	
		2.4 GHz	5 GHz
Classroom / Lecture Hall	75 Mbps	10%	5%
Convention Center	50 Mbps	25%	10%
Airport	50 Mbps	25%	15%
Casino	70 Mbps	25%	10%
Stadium / Arena	40 Mbps	50%	25%
Shopping Mall	70 Mbps	10%	5%

Impaired Goodput	
2.4 GHz HT	5 GHz VHT
67 Mbps	71 Mbps
37 Mbps	45 Mbps
37 Mbps	42 Mbps
52 Mbps	63 Mbps
20 Mbps	30 Mbps
63 Mbps	66 Mbps

Ця таблиця повинна бути прикладом, щоб показати, як самостійно обчислювати знецінені значення. Отримаємо спектр і захоплення пакетів як частину проєктування. Проаналізувавши ці дані, використовуємо найкраще рішення. Якщо у нашому об'єкті виникають особливості світлових перешкод, ми можете скористатись меншою кількістю збитків.

Наприклад, для типу конференц-центру ми вибрали 75 одночасних користувачів на канал. Для дуже великого залу площею понад 5000 м2 було б доцільно вибрати 100 користувачів на канал.

Суть полягає в тому, що ми повинні адаптувати всю методологію, яка використовується для проекту VHD.

Крок 4 - Виберемо просторовий фактор повторного використання

Наступною важливою змінною у загальному рівнянні пропускної спроможності системи є коефіцієнт просторового повторного використання.

Що таке повторне використання RF простору?

Потужність сигналу безпроводового зв'язку зменшується на відстані, тому даний радіоканал можна використовувати повторно з інтервалом. Ця концепція давно використовується мобільними телефонними мережами, і вона є центральною для більшості архітектур WLAN. Всі корпоративні WLAN-мережі повторно використовують канали в кластері для обслуговування великих площ, де радіостанції відокремлені один від одного вільним простором, стінами або іншими спорудами. У цьому випадку метою повторного використання є забезпечення рівномірного рівня сигналу скрізь у об'єкті, незалежно від фактичної кількості клієнтських пристроїв. Рис.3.6показує два кластери багаторазового використання та відносне розташування повторно-використовуваних каналів.



Рис.3.6 Channel Plan з 11 каналами на 5 ГГц з мінімальним поділом на дві комірки

У цьому випадку одночасно можуть передаватися два пристрої на одному каналі, але в різних комірках. У цьому випадку "просторове повторне використання RF" досягається тому, що радіосигнали однієї комірки не перешкоджають іншій комірці, яка знаходиться відстані.

Проте в середовищі VHD ми стикаємося з відносно невеликими фізичними областями, які мають багато AP на одному каналі для досягнення цілі ADC. У цьому випадку вся безпроводова мережа з VHD може розглядатися як одну комірку, ємність якої повинна бути розділена.

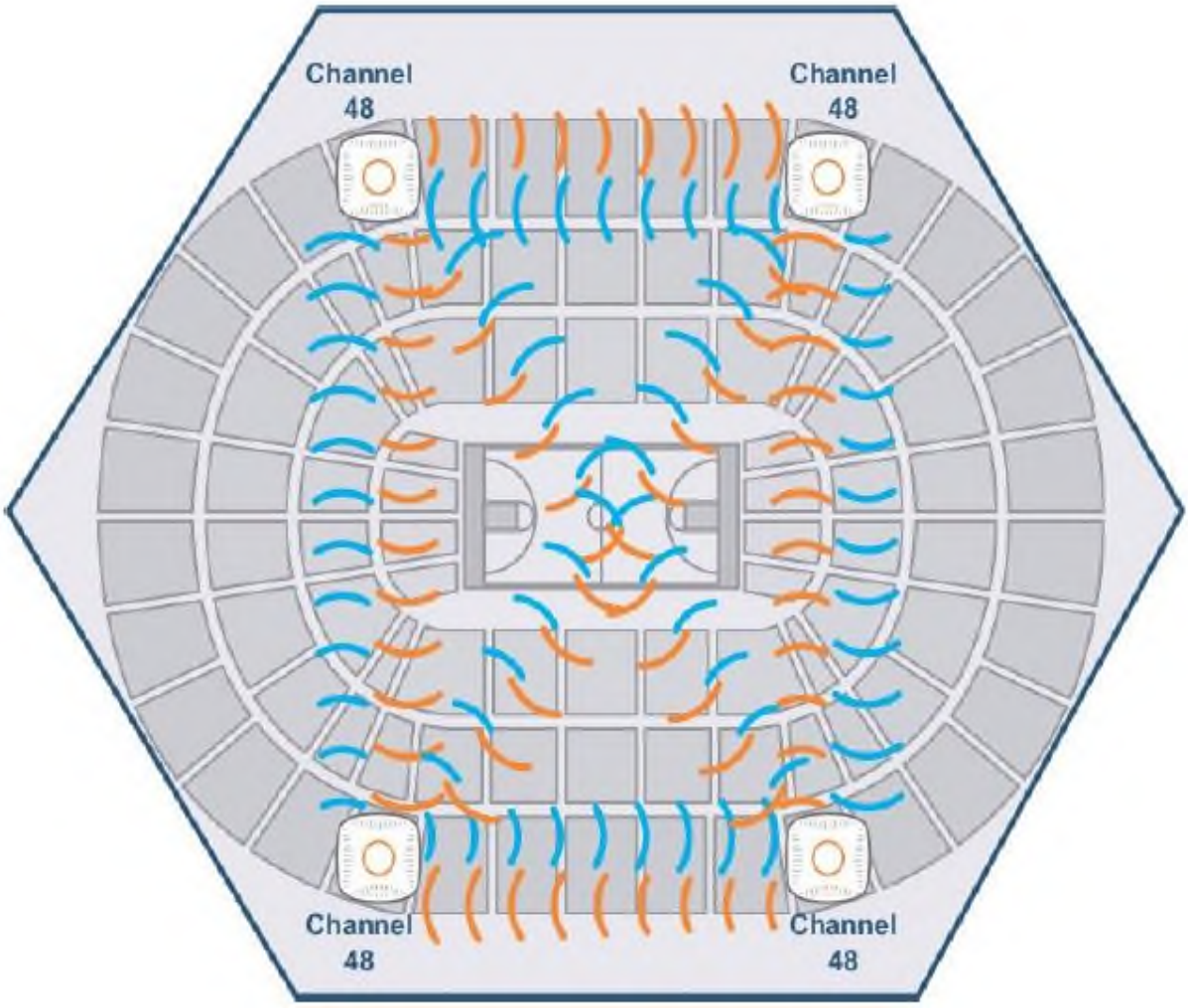


Рис.3.7 Укладання одного і того ж каналу АР у велику залізову арена

На Рис.3.7 є приміщення (арена) з чотирма АР на каналі 48, всі вони можуть чути інших з досить високим відношенням для декодування їх передач. Через закритий дах сигнали відбиваються всередину, що робить всю арену єдиним доменом зіткнення радіочастот.

У цьому випадку, навіть якщо повторно використовуємо номер каналу, ми (в більшості випадків) не використовуємо радіочастотний спектр.

Ця концепція важлива, тому що це призводить до загального нерозуміння того, що стискання в більшій кількості АР деяким чином збільшує пропускну здатність безпроводової мережі з VHD. Це правда, що наявність більшої кількості АР - збільшує кількість пов'язаних пристроїв,

які мережа може поглинути.

Визначення коефіцієнта повторного використання

Простіше кажучи, коефіцієнт повторного використання - це кількість пристроїв, які можуть використовувати один і той же канал одночасно, не перешкоджаючи одна одній.

Наприклад, у звичайній арені на 20 000 місць звичайно знайти 100 точок доступу в зоні розміщення. Якщо 20 каналів використовуються на частоті 5 ГГц, то в середньому кожен канал має п'ять точок доступу. Якщо ці АР пов'язані,то клієнти повністю відокремлені один від одного та коефіцієнт повторного використання дорівнює 5.

Проте, на практиці повторне використання надзвичайно важке, якщо не неможливо досягти у внутрішніх VHD-областях. Найчастіше, обирають коефіцієнт повторного використання в 1. (Напевно, це може бути менше ніж 1 у певних умовах)

Зовнішні безпроводові мережі з VHD, іноді можуть досягати коефіцієнта повторного використання більш ніж 1. Наприклад, уявімо собі футбольний стадіон з чотирма пристроями на тому ж каналі, по одному в кожному кутку сидіння. Якщо всі чотири пристрої можуть передавати одночасно, то коефіцієнт повторного використання становить 4.

Крок 5 – Обчислення загальної пропускної спроможності системи

Ми визначили кількість каналів, середню пропускну здатність по кожному каналу та коефіцієнт повторного використання. Тепер можна обчислити пропускну спроможність системи для безпроводових мереж з VHD, використовуючи формулу (1).

Працюємо на трьох конкретних прикладах Але спочатку розглянемо, як перетворити TST на значення для кожного пристрою.

Процес оцінки процесів пропускної здатності для кожного пристрою

Метод планування з верху до низу в Арубі повинен бути переведений на добросовісну оцінку продуктивності кожного пристрою, який забезпечується формулою (2):

Середня продуктивність пристрою = загальна пропускна спроможність системи / миттєвий графік користувачів

Формула показує, що середня пропускна здатність пристрою (ADT) дорівнює TST, поділена на миттєвий рахунок користувачів. Миттєвий користувацький рахунок - це відсоток сукупних пов'язаних пристроїв, які намагаються використовувати систему в будь-який момент. По суті, миттєвий рахунок користувачів - це робочий цикл передачі пристрою. Отже, ми можемо переписати формулу так:

*Середня продуктивність пристрою = загальна пропускна спроможність системи / активний потенціал пристрою * робочий цикл пристрою*

Робочий цикл пристрою - це просто відсоток часу, який пристрій намагається передавати. Цей час включає в себе, відправлення та управління трафіком та кадрами даних.

Тим не менш, інженер безпроводової мережі повинен вибрати значення циклу, щоб скласти план потужності. Табл.3.2.6 наводить список п'яти робочих циклів, які Aruba відібрала для безпроводової мережі з високою щільністю, на основі консенсусної оцінки нашої команди з розробки VHD.

Таблиця 3.13

Оцінені цикли служби для областей VHD

Category	Duty Cycle	User & Device Behavior Examples	Usage Mode
Background	5%	Network keepalive / App phonehome	Secondary
Checking In	10%	Web browsing / Checking email / Social updates	Primary
Semi-Focused	25%	Streaming scores / Courseware / Online exam	Primary
Working	50%	Virtual desktop / HTTPS application / Terminal	Primary
Active	100%	Video streaming / Voice streaming / Gaming	Primary

Ця інформація повинна бути початковою точкою. У кінці розділу ці значення робочого циклу використовуються у трьох конкретних прикладах.

Так, наприклад, розглянемо конференц-центр на 5000 місць із TST 500 Мбіт / с, ставкою 50% та робочим циклом у 25%.

$$ADT = \frac{500\ Mbps}{5{,}000\ Users * 50\%\ Take\ Rate * 25\%\ Duty\ Cycle} = \frac{500}{(5{,}000 * .5 * .25)} = 800\ Kbps$$

Переважна більшість робіт для плану VHD-потужності - обчислення TST. Після того, як це буде завершено, можна швидко створити оцінку на рівні пристрою.

3.3 Приклади побудови безпроводових мереж з високою щільністю на основі технології Aruba Instant

Навчившись оцінювати пропускну спроможність системи, пропускну спроможність на канал і пропускну спроможність кожного пристрою для безпроводової мережі з VHD. Тепер ми працюємо з трьома різними прикладами, щоб підкреслити, як цей процес працює у великих та малих залах.

Приклад № 1 – Малий Зал

У невеликій аудиторії на 500 місць, не варто використовувати дуже багато точок доступу. Тому нам не треба багато каналів. Ми припускаємо:

• Середнє значення три пристрої на людину;

• 70% ставка;

• 50% / 50% розділення між діапазонами 5 ГГц і 2,4 ГГц;

• 150 організацій в радіо.

Використовуючи процес простановки розмірів VHD дає значення ADC:

ADC = 500 Seats * 3 Devices * 70% Take Rate = 1,050 Devices

Ці пристрої розподіляються рівномірно між двома частотними діапазонами, на кожному з яких - 525 пристроїв. Ми можемо отримати потрібний радіосигнал за таким рівнянням:

APs = 5-GHz Radio Count * 525 Devices ÷ 150 Associations per radio = 4

Все йде нормально. Тому чотирьох точок доступу с двома радіостанціями достатньо з точки зору пропускної здатності.

Тепер обчислімо загальну пропускну спроможність системи. Для цього ми повинні зробити ще кілька припущень:

• Кожен користувач має один смартфон, один планшет і один ноутбук

• Незмінна пропускна спроможність 75 Мбіт/с, з використанням просторового потоку для Табл.3.2.4 на стор. 53.(30% / 60% / 10%)

• Коефіцієнт знецінення 5% для 5 ГГц та 10% для 2,4 ГГц (з Табл.3.2.5 на стор. 54).

• Програми для навчання в класі мають робочий цикл на 25% (з Табл.3.2.6 на стор. 59). Коли ми дотримуємось процесу, то починаємо оцінювати TST, визначаючи кількість каналів. Цей розрахунок повинен бути чотири на 5 ГГц, однак діапазон 2,4 ГГц має лише три канали, які

можна використовувати. Таким чином, ми починаємо заповнювати таблицю пропускної здатності, таку як таблиця Табл.3.14.

Таблиця 3.14

Пропускна спроможність системи та пристроїв для аудиторії

Band	ADC	Radios	Channels	Channel Throughput	Reuse Factor	Total System Throughput	Duty Cycle	Per-Device Throughput
5 GHz	525	4	4	71 Mbps	1	284 Mbps	25%	2.1 Mbps
2.4 GHz	525	4	3	67 Mbps	1	201 Mbps	25%	1.9 Mbps
			7			**485 Mbps**		

Як видно, діапазон 5 ГГц має загальну кількість 284 Мбіт/с можливої пропускної спроможності системи, а діапазон 2,4 ГГц має ще 201 Мбіт/с. Ці цифри є сукупними, тому потенційне навантаження, яку система може генерувати на висхідній лінії WAN, становить близько 500 Мбіт/с.

Ми також можемо отримати приблизну пропускну спроможність за допомогою пристрою, використовуючи значення робочого циклу. 25% робочий цикл означає, що в середньому одна четверта пристроїв намагається використовувати систему в будь-який час. Таким чином, ми розділяємо 25% загального ADC на TST.

Приклад №2 – Крита арена

Цей приклад призначений для вивчення повторного використання каналів та обмежень доступу до каналів за країнами.

Розглянемо криту арену з такими даними:

• 10 000 місць;

• 50% ставка;

• Один пристрій на особу;

• 75% / 25% розподілені між діапазонами від 5 ГГц і 2,4 ГГц;

• Незмінна пропускна спроможність 40 Мбіт/с, використовуючи сполучення просторового потоку Арени в Табл.3.2.4 на стор. 53 (50% / 50% / 0%);

• Коефіцієнт знеціння 25% для 5 ГГц та 50% для 2,4 ГГц(з Табл.3.2.5 на стор. 54);

• Користувацькі пристрої мають робочий цикл 10% (з Табл.3.2.6 на стор. 59);

•Внутрішня модель каналу з закритим дахом (відсутність повторного використання радіочастоти).

Тому ми повинні підтримувати загальну кількість підключених пристроїв 10000 * 50% * 1 = 5000. З них три чверті знаходяться на частоті 5 ГГц, а одна чверть - у діапазоні 2,4 ГГц.

У прикладі № 1 ми заздалегідь знали, що в кімнаті не потрібні багато каналів. Але в цьому прикладі вже зрозуміло, що нам доведеться мати більше АР, ніж каналів, для задоволення відповідної цільової потужності пристрою.

Переходячи до середньої пропускної здатності, Табл.3.2.5 на стор. 54 дає нам значення 30 Мбіт/с в нашому випадку у діапазоні 5 ГГц та 20 Мбіт/с для діапазону 2,4 ГГц.

Коефіцієнт повторного використання повинен бути встановлений на 1. Неможливе повторне використання просторового простору в більшості приміщень, навіть у розмірі 20 000 місць!

Тож таблиця пропускної спроможності виглядає так:

Band	ADC	Radios	Channels	Channel Throughput	Reuse Factor	Total System Throughput	Duty Cycle	Per-Device Throughput
5 GHz	3,750	25	13	30 Mbps	1	390 Mbps	10%	1.0 Mbps
2.4 GHz	1,250	9	3	20 Mbps	1	60 Mbps	10%	480 Kbps
			16			**450 Mbps**		

Тому ми маємо загальну оцінку пропускної спроможності системи всього 450 Мбіт / с для всього місця проведення. Зверніть увагу, що кожен номер каналу в діапазоні 5 ГГц повторно використовується двічі, а кожен номер каналу 2,4 ГГц повторно використовується тричі.

Приклад № 3 - Відкритий стадіон

У цьому прикладі ми досліджуємо потенціал з максимальним розподілом каналів та різними факторами повторного використання.
Розглянемо відкритий стадіон із цими атрибутами:

• 60 000 місць;

• 50% ставка;

• Один пристрій на особу;

• 75% / 25% розподілені між діапазонами від 5 ГГц і 2,4 ГГц;

• Незмінна пропускна спроможність 40 Мбіт/с, використовуючи зміст просторового потоку стадіону в таблиці Табл.3.2.4на стор. 53(50% / 50% / 0%);

• Коефіцієнт знецінення 25% для 5-ГГц та 50% для діапазонів 2,4 ГГц (з Табл.3.2.5на стор. 54);

• Користувацькі пристрої мають робочий цикл 10% (з Табл.3.2.6на стор. 59);

• Модель зовнішнього каналу з відкритим дахом.

Тому повинні підтримувати загальну кількість підключених пристроїв

60 000 * 50% * 1 = 30 000 пристроїв. З них три чверті знаходяться на частоті 5 ГГц і одна чверть знаходяться в діапазоні 2,4 ГГц.

Для коефіцієнта повторного використання, зважаючи Модель зовнішнього каналу з відкритим дахом, припустимо, що це може бути можливим для просторового повторного використання. Наприклад, два користувачі з протилежними кінцями поля можуть мати можливість передавати інформацію водночас на одному каналі. Тож використаймо коефіцієнт повторного використання 2.

Band	ADC	Radios	Channels	Channel Throughput	Reuse Factor	Total System Throughput	Duty Cycle	Per-Device Throughput
5 GHz	22,500	150	21	30 Mbps	2	1,260 Mbps	10%	560 Kbps
2.4 GHz	7,500	50	3	20 Mbps	2	120 Mbps	10%	160 Kbps
			24			**1,380 Mbps**		

Залежно від обраної стратегії покриття RF, коефіцієнт повторного використання може бути більшим або меншим. Дослідження в Арубі показують, що коефіцієнт багаторазового використання на відкритому майданчику може складати від 2, якщо використовувати стратегію «розміщення точок доступу на високому рівні» до 6 для правильно розробленої стратегії «розміщення точок доступу на низькому рівні». Змінюючи змінну коефіцієнта багаторазового використання, ми можемо виконати аналіз:

Reuse Factor	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Stadium - 21 channels	630 Mbps	1,260 Mbps	1,890 Mbps	2,520 Mbps	3,150 Mbps	3,780 Mbps

Тому, плануючи для додатків і пропускну здатність висхідної лінії, ми повинні точно зрозуміти, яка стратегія буде використовуватись. Мінімальна висхідна лінія WAN в цьому сценарії становить 1 Гбіт/с для коефіцієнта повторного використання 1 і до 4 Гбіт/с для коефіцієнта повторного використання 6.

Порівняння результатів Aruba VHD

Рис.3.8показує підсумки для кожного клієнта для тих самих даних масштабування клієнта, представлених на . Рис.3.2.

Тоді як ця цифра показує загальну добровільну спроможність від 10 до 100 клієнтів, ця діаграма показує добротний показник для кожного клієнта. Зверніть увагу, що пропускна спроможність на одному пристрої збігається до приблизно 300 Кбіт/с для кожної конфігурації просторового потоку, крім випадків чистого сигналу пристрою з трьох просторовим потоком.

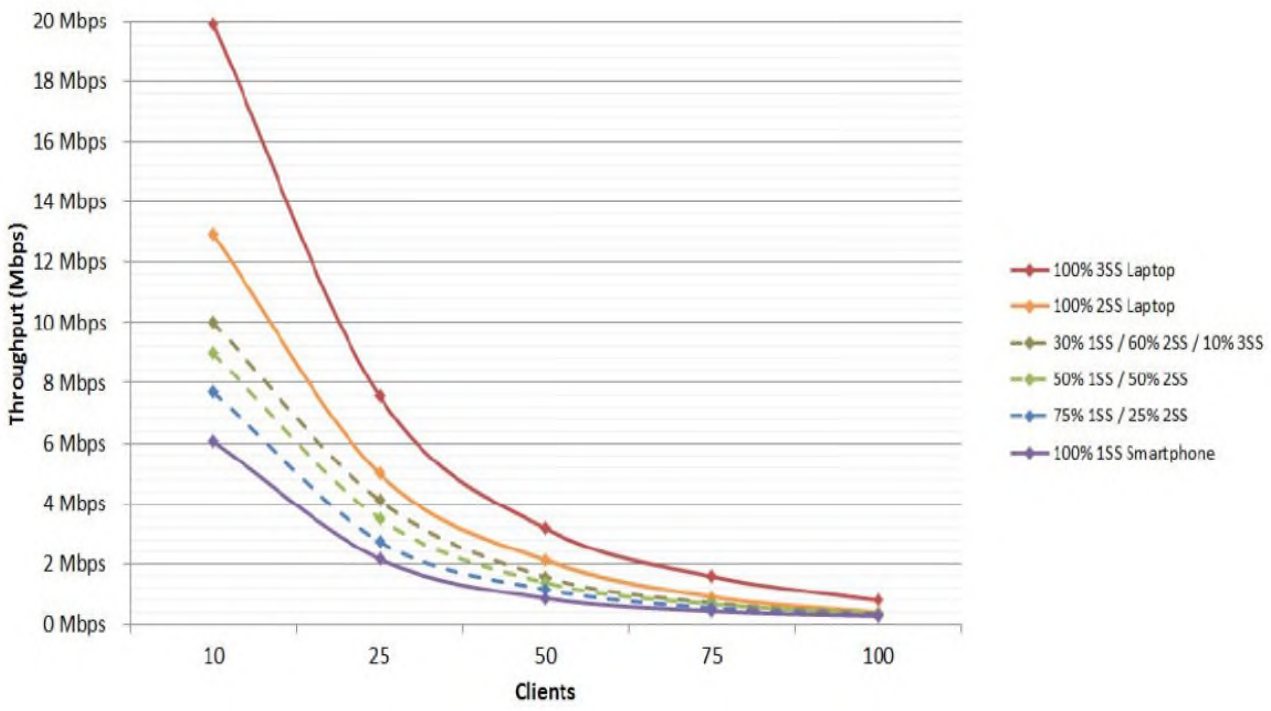


Рис.3.8. Пропускна здатність TCP для кожного пристрою від лабораторії Aruba VHD

Ці дані були зібрані в чистому повітряному середовищі без будь-яких перешкод. Тому, якщо застосувати коефіцієнт знецінення, ви отримаєте цифри, які дуже відповідають загальносистемній оцінці вище.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи було досліджено параметри безпроводової мережі з високою інтенсивністю передачі.

1.За умови використання сучасного обладнання та програмного забезпечення нині цілком можливо побудувати на базі стандарту 802.11ac надійну, ефективну, захищену і стійку до атак безпроводову мережу. Така мережа буде більш гнучкої та відносно дешевою у порівнянні з дротовими мережами.

З розвитком безпроводових технологій та появою точок доступу нового покоління ArubaInstant з'являється можливість створення складних високопродуктивних безпроводових мереж, які дозволяють підвищити швидкість передачі, забезпечити високу щільність абонентів та підвищити надійність..

2. При побудові безпроводової мережі з високою щільністю на базі технології Aruba Instant необхідно забезпечити належне відношення рівня сигналу до рівня шуму по всій зоні обслуговування (велику потужність сигналу), достатньо пропускну здатність для обслуговування великої кількості абонентів, усунення перешкод між точками доступу та ефективне використання ефірного часу, що досягається:

стратегії розміщення точок доступу для мереж з високою щільністю;

вибір точки доступу з параметрами, що задовольняють вимогам побудови мереж з високою щільністю;

обґрунтування мінімальної відстані між точками доступу для забезпечення безпроводової мережі з високою щільністю.

3. При реалізації стратегії розміщення точок доступу, доступні три архітектури - розміщенні точок доступу на високому рівні, бічні, та точки доступу, що розміщенні на низькому рівні. Кожна стратегія має переваги та недоліки. Ці методи ніколи не повинні об'єднуватися в єдину зону покриття, щоб забезпечити максимально послідовний рівень сигналів по всій зоні покриття.Кожна архітектура повинна бути ретельно розроблена, щоб забезпечити рівномірний рівень сигналу по всій зоні покриття та контролювати перешкоди між точками доступу. Змішування архітектур знижує продуктивність та збільшує перешкоди.

4. Aruba пропонує повну лінійку точок доступу для внутрішнього та зовнішнього використання стандарту 802.11ac.Враховуючи наявності відмінностей процесора та пам'яті точок доступу, існує відмінність і в продуктивності між точками доступу AP-205, AP-215 і AP-225.

Можна побачити, що продуктивність високої щільності зростає при переході від AP-205 до AP-225. Швидкий процесор та більший обсяг пам'яті забезпечують більшу продуктивність при високих навантаженнях клієнтів. Цілком прийнятно використовувати точку доступу AP-225 для забезпечення високої щільності, навіть у випадку, коли якщо безпровідна мережа рекомендована на обладнанні AP-205 або AP-215.

5.При обґрунтуванні мінімальної відстані між точками доступу для забезпечення високої щільності, вони повинні бути належним чином рівномірно розподілені по всьому простору покриття в залежності від архітектури:

при розміщенні на високому рівні точки доступу повинні бути просто рівномірно розподілені по зоні покриття;

при бічному розміщенні точок доступу, вони повинні бути

рівномірно розподілені по довжині стіни або будь-якої іншої монтажної поверхні;

розміщення точок доступу на низькому рівні (під кріслами) є найбільш складним, але при цьому можна досягти найбільшої щільності встановлених точок доступу, значного приросту потужності та збільшення кількості обслужених абонентів

Мінімальна відстань між точками доступу не повинна бути менше 2м при використанні зовнішніх спрямованих антен. Мінімальна відстань між точками доступу при використанні вбудованих антен повинна складати 5м.

6. При розробці та налаштуванні безпроводової мережі високої щільності необхідно враховувати, що загальна потужність зони обслуговування безпроводової мережі з високою щільністю фіксується незалежно від зовнішнього втручання. Aruba називає це "загальною пропускною спроможністю" мережі високої щільності. Пропускна спроможність системи - це сума потужностей окремих каналів зв'язку.Однією з поширених помилок є та, що можна збільшити пропускну спроможність, додаючи точки доступу. Це не так. Кількість точок доступу не має ніякого відношення до потужності системи.Навпаки, необхідну кількість точок доступу можна обрахувати на основі знання загальної пропускної спроможності системи.

7. Загальну пропускну здатність системи (TST) можна розглядати як сумарне навантаження, яке генерується мережею VHD через WAN-інтерфейси маршрутизаторів Інтернету. TST оцінюється за допомогою такого рівняння:

TST *= канал * середня пропускна здатність каналу * коефіцієнт повторного використання):*

канали - кількості каналів, що використовуються безпроводовою мережею VHD;

середня пропускна здатність каналу - середня продуктивність, яка є досяжною в одному каналі;

коефіцієнт повторного використання – коефіцієнт можливого повторного використання частотних каналів точок доступу.

8. У кожному каналі використовується більше ніж одна точка доступу на канал тому, що система високої щільності часто потребує значно більше точок доступу ніж каналів, щоб переконатися, що всі користувачі можуть бути пов'язані з мережею, а також для того, щоб забезпечити високий рівень відношення сигнал/шуму всій системі. Використання більшої кількості точок доступу забезпечує наближення до клієнтів, підвищує швидкість передачі даних від конкретних клієнтів, однак ціною є підвищення вартості системи, а не її загальна пропускна здатність.

9. В роботі досліджено процес розробки, налаштування та оцінки пропускної здатності безпроводової мережі з високою щільністю, який міститься у наступних кроках:

вибір необхідної кількості каналів;

визначення пропускної здатності кожного каналу;

визначення кількість користувачів на канал та необхідної кількості точок доступу у кожному каналі;

вибір просторового фактора повторного використання частотних каналів;

обчислення загальної пропускної здатності системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. IEEE_802.1aq. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://ru.m.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.1aq

2. IS-IS. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://ru.m.wikipedia.org/wiki/IS-IS

3. HP Ethernet Virtual Interconnect and Multitenant Device Context Enable Cloud Computing with multi-tenancy and simple Data Center Interconnection. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:http://h17007.www1.hpe.com/docs/814/factsheet.pdf

4. HP Ethernet Virtual Interconnect (EVI) H8D13S. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://h20195.www2.hpe.com/v2/getpdf.aspx/c04758925.pdf

5. HP EVI vs. Cisco OTV: A Technical Look.[Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://www.networkcomputing.com/cloud-infrastructure/hp-evi-vs-cisco-otv-technical-look/164137810

6. HP’s Ethernet Virtual Interconnect (EVI) vs VPLS and Cisco’s OTV. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:http://parsun.com/2017/09/12/hps-ethernet-virtual-interconnect-evi-vs-vpls-and-ciscos-otv/

7. MPLS. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://ru.m.wikipedia.org/wiki/MPLS

8. Shortest Path Bridging for MAC. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://infoproducts.alcatel-lucent.com/html/0_add-h-f/93-0267-HTML/7X50_Advanced_Configuration_Guide/SPBM.html

9. Shortest Path Bridging Will Rock Your World.[Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://www.networkcomputing.com/networking/shortest-path-bridging-will-rock-your-world/1689548769

10. STP. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://ru.m.wikipedia.org/wiki/STP

11. TRILL. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://en.m.wikipedia.org/wiki/TRILL_(computing)

12. VRRP. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://ru.m.wikipedia.org/wiki/VRRP

13. Дата-центр. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://ru.m.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D1%82%D0%B0-%D1%86%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%80

14. Технология IRF для объединения ЦОД. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:https://m.habr.com/company/hpe/blog/193964/

15. Центры обработки данных. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL:http://www.systematic.ru/tsentry_obrabotki_dannyh.html

16. Что такое дата-центр и зачем он нужен. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: https://uniteddc.net.ua/ru/news/i/chto_takoe_datacentr_i_zachem_on_nygen/

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Презентація
до магістерської кваліфікаційної роботи на ступінь
вищої освіти «магістр»

на тему: «Методика побудови безпроводової мережі з підвищеною швидкістю передачі інформації»

Виконала: студентка групи ТСДМ-63, Герасименко-Вакуленко Н.О.
Керівник: КТН, доцент Кравченко В.І.

Мета та актуальність роботи

Мета роботи – проаналізувати можливість створення безпроводової мережі високої щільності на базі технології Aruba Instant та дослідити основні етапи розробки та налаштування мережі для забезпечення її високої пропускної спроможності та продуктивності.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що останнє покоління точок доступу на базі технології Aruba Instant поки що є малодослідженими з точки зору оптимізації побудови безпроводових мереж з високою щільністю абонентів.

Стандарти безпроводових мереж 802.11x

Стандарт	Опис стандарту
IEEE 802.11a	Діапазон 5 Ггц, швикість передачі даних 54 Мбіт/с (1999, вихід продуктів 2001).
IEEE 802.11b	Діапазон 2,4 Ггц, швидкість передачі даних 5,5 і 11 Мбіт/с (1999). Почав розповсюджуватись для загального користування під торговою маркою "Wi-Fi".
IEEE 802.11g	Діапазон 2,4 Ггц, швидкість передачі даних 54 Мбіт/с (зворотна сумісність зі стандартом b) (2003)
IEEE 802.11n	Діапазон 2,4 Ггц та 5 Ггц, збільшення швидкості передачі даних (600 Мбіт/с). зворотна сумісність з 802.11a/b/g
IEEE 802.11ac	Новий стандарт IEEE. Швидкість передачі даних до 1.3 Гбіт/с, енергоспоживання в порівнянні з 802.11 n знижено до 6 разів.

Безпроводові технології Aruba Instant

Рішення Aruba Instant дозволяє максимально підвищити продуктивність мобільних пристроїв у середовищах з виключно високою щільністю клієнтів Wi-Fi, забезпечити високу швидкість передачі, потужний захист від загроз.



Стандарт - 802.11ac

Максимальна швидкість передачі - 1,3 Гбіт/с

Ethernet інтерфейс - 1000 Мбіт/с

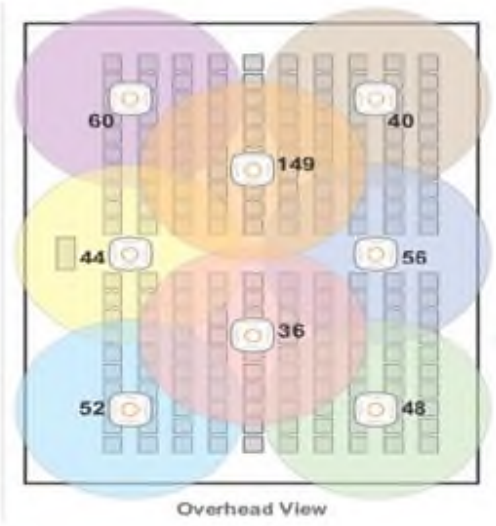
Хмарні сервіси для фільтрації контенту і управління програмним забезпеченням

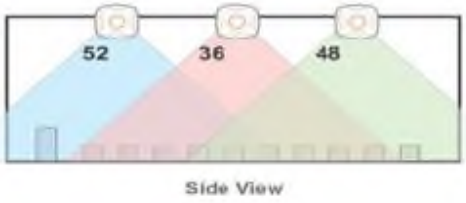
Основні умови побудови мереж з високою щільністю

При побудові безпроводової мережі з високою щільністю на базі технології Aruba Instant необхідно забезпечити належне відношення рівня сигналу до рівня шуму по всій зоні обслуговування (велику потужність сигналу), достатньо пропускну здатність для обслуговування великої кількості абонентів, усунення перешкод між точками доступу та ефективне використання ефірного часу, що досягається:

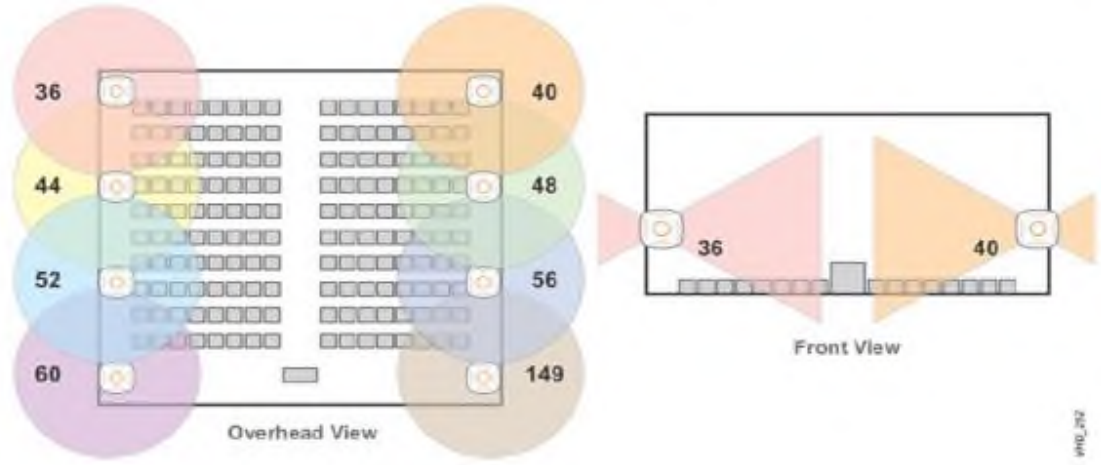
- стратегією розміщення точок доступу для мереж з високою щільністю;
- вибором точок доступу з параметрами, що задовольняють вимогам побудови мереж з високою щільністю;
- обгрунтування мінімальної відстань між точками доступу для забезпечення безпроводової мережі з високою щільністю.

Розміщення точок доступу зверху (на стелі)

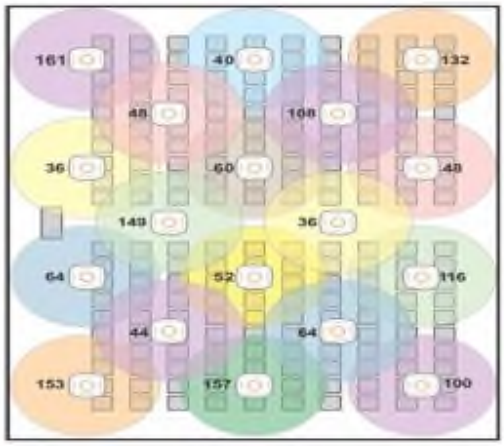




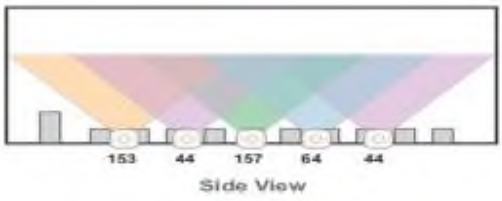
Розміщення точок доступу збоку (на стінах)



Розміщення точок доступу знизу (під кріслами)



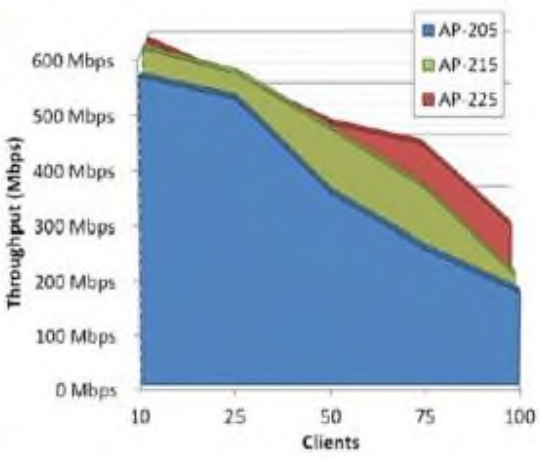
Overhead View



Side View

Вибір точок доступу Aruba Instant

	Low Cost	Medium Performance	Maximum Performance
Model	AP-204 / AP-205	AP-214 / AP-215	AP-224 / AP-225
			
MIMO	2x2:2	3x3:3	3x3:3
CPU	Broadcom 53014A Single core, 1 GHz	Freescale P1010 Single core, 800 MHz	Freescale P1020 Dual core, 800 MHz
Memory	SDRAM – 128 MB Flash – 32 MB	SDRAM – 256 MB Flash – 32 MB	SDRAM – 512 MB Flash – 32 MB
Radio	Broadcom BCM43520	Broadcom BCM43460	
Antenna / Connectors	Integrated downtilt antenna; or 3 diplexed RP-SMA connectors		
Max Conducted Power	+21 dBm (18dBm per chain)	+23 dBm (18dBm per chain)	+23 dBm (19dBm per chain)
Maximum EIRP	+25 dBm (2.4-GHz) +27 dBm (5-GHz)	+28 dBm (both bands)	+26.5 dBm (2.4-GHz) +27.5 dBm (5-GHz)
Operating Temp	0°C to +50°C		
Power	802.3af POE		802.3at POE



Загальна пропускна здатність системи

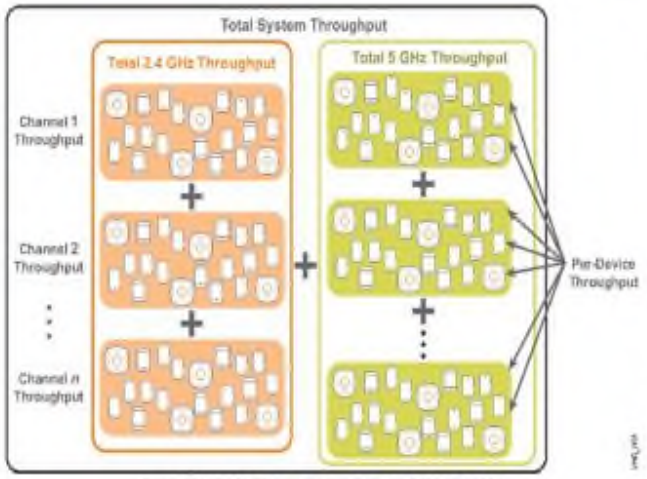


Figure EC2-1 Defining Throughput Terminology for a VHD Wireless LAN

Загальну пропускну здатність системи (TST) можна розглядати як сумарне навантаження, яке генерується мережею високої щільності через WAN-інтерфейси маршрутизаторів Інтернету. TST оцінюється за допомогою такого рівняння:
TST = кількість каналів * середня пропускна здатність каналу * коефіцієнт повторного використання частотних каналів точок доступу.

У кожному каналі використовується більше ніж одна точка доступу для забезпечення можливості усіх користувачів з'єднатися з мережею.

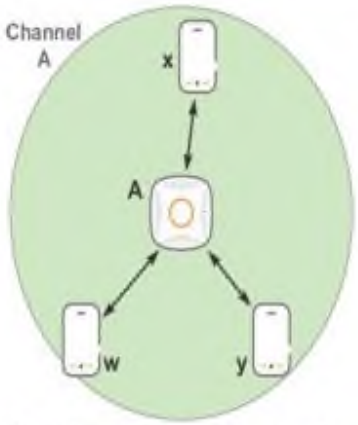
Розробка та налаштування мережі високої щільності



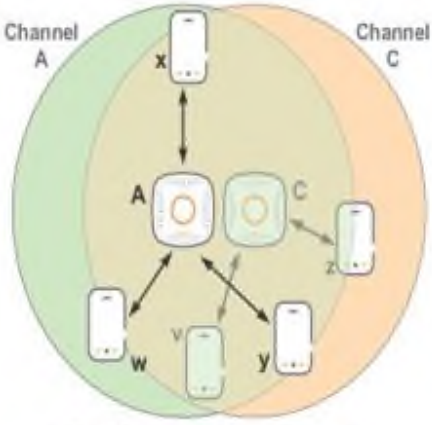
В роботі досліджено процес розробки, налаштування та оцінки пропускної здатності безпроводової мережі з високою щільністю, який міститься у наступних кроках:

- вибір необхідної кількість каналів;
- визначення пропускної здатності кожного каналу;
- визначення кількість користувачів на канал та необхідної кількості точок доступу у кожному каналі;
- вибір просторового фактору повторного використання частотних каналів;
- обчислення загальної пропускної здатності системи.

Вибір необхідної кількість каналів



If one channel provides *x* Mbps capacity...



Two APs covering the same area on non-overlapping channels provide 2*x* Mbps capacity.

У будь-якій VHD-WLAN необхідно використовувати якнайбільше радіоканалів, оскільки продуктивність збільшується лінійно. Рис. показує, що два спільно розташованих AP на різних каналах забезпечують приблизно вдвічі більшу продуктивність однієї AP.

Визначення пропускної здатності кожного каналу

VHD Venue Type	Application Usage Profile	Spatial Stream Mix	Typical Concurrent Users per Channel	Unimpaired VHT20 Goodput
Classroom / Lecture Hall	Work / Study	1SS – 30% 2SS – 60% 3SS – 10%	50	75 Mbps
Convention Center			75	50 Mbps
Airport			75	50 Mbps
Casino	Fan / Guest	1SS – 50% 2SS – 50%	50	70 Mbps
Stadium / Arena			100	40 Mbps
Shopping Mall			50	70 Mbps

Вибір повторного використання частотних каналів



У цьому випадку одночасно можуть здійснювати передачу два пристрої (точки доступу) на одному частотному каналі, але в різних комірках. Може бути і більше. Повторне використання частотних каналів точок доступу досягається тому, що радіосигнали однієї комірки не перешкоджають іншій комірці, яка знаходиться на належній відстані.

Висновки

1. З розвитком безпроводових технологій та появою точок доступу нового покоління Aruba Instant з'является можливість створення складних високопродуктивних безпроводових мереж, які дозволяють підвищити швидкість передачі, забезпечити високу щільність абонентів та підвищити надійність.

2. При реалізації стратегії розміщення точок доступу при створенні мереж високої щільності, доступні три архітектури - розміщенні точок доступу на високому рівні, бічні, та точки доступу, що розміщенні на низькому рівні. Кожна стратегія має переваги та недоліки, але ці архітектури ніколи не повинні об'єднуватися в єдину зону покриття.

3. В роботі досліженно процес розробки проекту, налаштування та оцінки пропускної здатності безпроводової мережі з високою щільністю, міститься у наступних кроках:

вибір необхідної кількість каналів;

визначення пропускної здатності кожного каналу;

визначення кількість користувачів на канал та необхідної кількості точок доступу у кожному каналі;

вибір просторового фактору повторного використання частотних каналів;

обчислення загальної пропускної здатності системи.

Дякую за увагу, доповідь закінчив.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Презентація
до магістерської кваліфікаційної роботи на ступінь вищої освіти «магістр»

на тему: «Побудова безпроводової мережі з підвищеною швидкістю передачі інформації»

Виконав: студент групи ТСДМ-63 Ярошук О.В.
Керівник: ДТН, професор Заїка В.Ф.

Київ-2025 р.

Мета та актуальність роботи

Мета роботи – проаналізувати можливість створення безпроводової мережі високої щільності на базі технології Aruba Instant та дослідити основні етапи розробки та налаштування мережі для забезпечення її високої пропускної спроможності та продуктивності.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що останнє покоління точок доступу на базі технології Aruba Instant поки що є малодослідженими з точки зору оптимізації побудови безпроводових мереж з високою щільністю абонентів.

Стандарти безпроводових мереж 802.11x

Стандарт	Опис стандарту
IEEE 802.11a	Діапазон 5 Ггц, швикість передачі даних 54 Мбіт/с (1999, вихід продуктів 2001).
IEEE 802.11b	Діапазон 2,4 Ггц, швидкість передачі даних 5,5 і 11 Мбіт/с (1999). Почав розповсюджуватись для загального користування під торговою маркою "Wi-Fi".
IEEE 802.11g	Діапазон 2,4 Ггц, швидкість передачі даних 54 Мбіт/с (зворотна сумісність зі стандартом b) (2003)
IEEE 802.11n	Діапазон 2,4 Ггц та 5 Ггц, збільшення швидкості передачі даних (600 Мбіт/с). зворотна сумісність з 802.11a/b/g
IEEE 802.11ac	Новий стандарт IEEE. Швидкість передачі даних до 1.3 Гбіт/с, енергоспоживання в порівнянні з 802.11 n знижено до 6 разів.

Безпроводові технології Aruba Instant

Рішення Aruba Instant дозволяє максимально підвищити продуктивність мобільних пристроїв у середовищах з виключно високою щільністю клієнтів Wi-Fi, забезпечити високу швидкість передачі, потужний захист від загроз.



Стандарт - 802.11ac

Максимальна швидкість передачі - 1,3 Гбіт/с

Ethernet інтерфейс - 1000 Мбіт/с

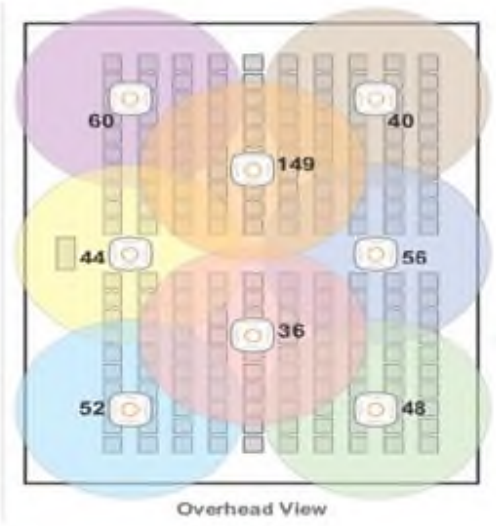
Хмарні сервіси для фільтрації контенту і управління програмним забезпеченням

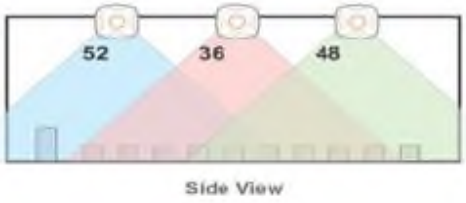
Основні умови побудови мереж з високою щільністю

При побудові безпроводової мережі з високою щільністю на базі технології Aruba Instant необхідно забезпечити належне відношення рівня сигналу до рівня шуму по всій зоні обслуговування (велику потужність сигналу), достатньо пропускну здатність для обслуговування великої кількості абонентів, усунення перешкод між точками доступу та ефективне використання ефірного часу, що досягається:

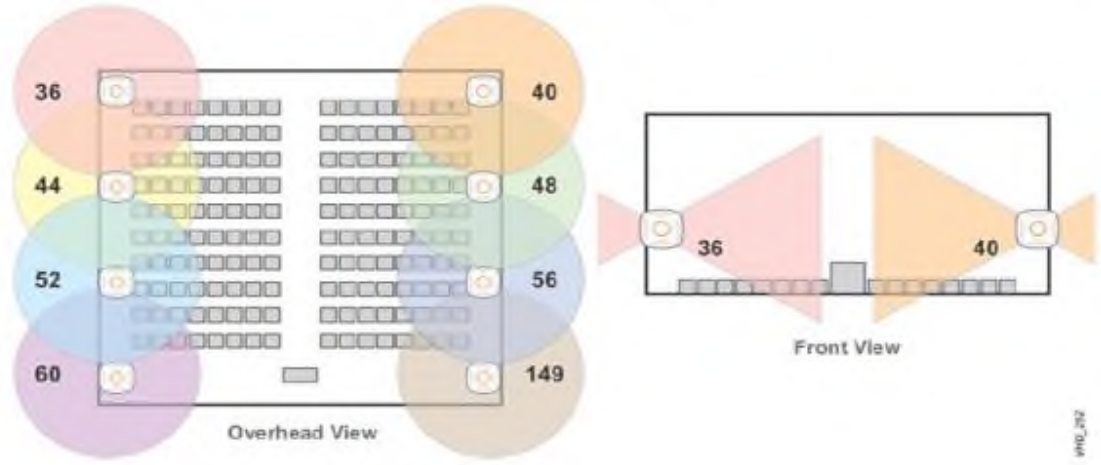
- стратегією розміщення точок доступу для мереж з високою щільністю;
- вибором точок доступу з параметрами, що задовольняють вимогам побудови мереж з високою щільністю;
- обгрунтування мінімальної відстань між точками доступу для забезпечення безпроводової мережі з високою щільністю.

Розміщення точок доступу зверху (на стелі)

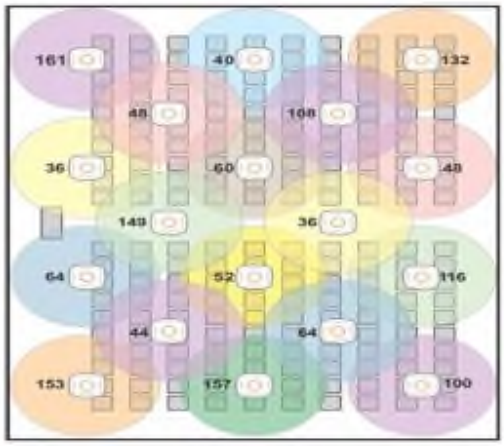




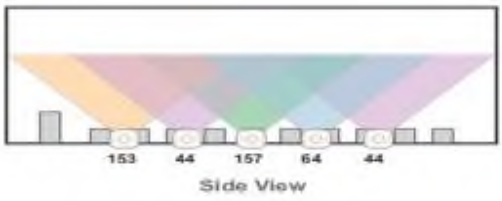
Розміщення точок доступу збоку (на стінах)



Розміщення точок доступу знизу (під кріслами)



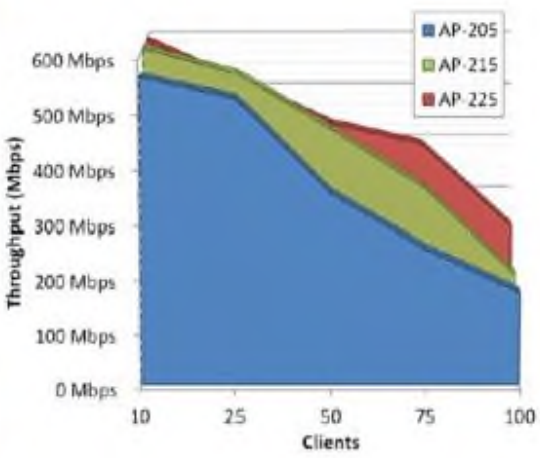
Overhead View



Side View

Вибір точок доступу Aruba Instant

	Low Cost	Medium Performance	Maximum Performance
Model	AP-204 / AP-205	AP-214 / AP-215	AP-224 / AP-225
			
MIMO	2x2:2	3x3:3	3x3:3
CPU	Broadcom 53014A Single core, 1 GHz	Freescale P1010 Single core, 800 MHz	Freescale P1020 Dual core, 800 MHz
Memory	SDRAM – 128 MB Flash – 32 MB	SDRAM – 256 MB Flash – 32 MB	SDRAM – 512 MB Flash – 32 MB
Radio	Broadcom BCM43520	Broadcom BCM43460	
Antenna / Connectors	Integrated downtilt antenna; or 3 diplexed RP-SMA connectors		
Max Conducted Power	+21 dBm (18dBm per chain)	+23 dBm (18dBm per chain)	+23 dBm (19dBm per chain)
Maximum EIRP	+25 dBm (2.4-GHz) +27 dBm (5-GHz)	+28 dBm (both bands)	+26.5 dBm (2.4-GHz) +27.5 dBm (5-GHz)
Operating Temp	0°C to +50°C		
Power	802.3af POE		802.3at POE



Загальна пропускна здатність системи

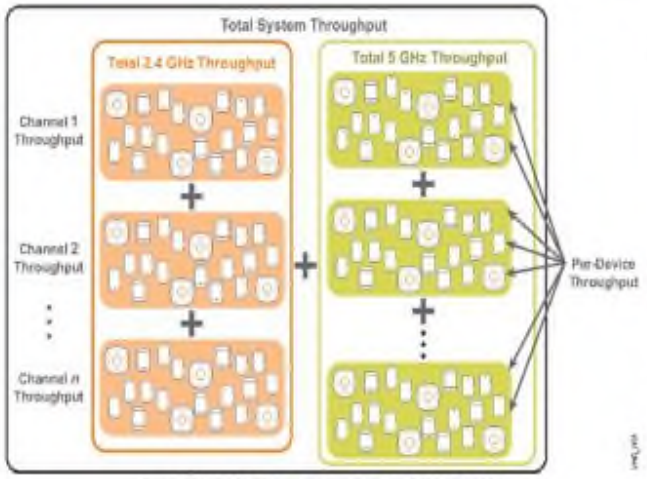


Figure EC2-1 Defining Throughput Terminology for a VHD Wireless LAN

Загальну пропускну здатність системи (TST) можна розглядати як сумарне навантаження, яке генерується мережею високої щільності через WAN-інтерфейси маршрутизаторів Інтернету. TST оцінюється за допомогою такого рівняння:
TST = кількість каналів * середня пропускна здатність каналу * коефіцієнт повторного використання частотних каналів точок доступу.

У кожному каналі використовується більше ніж одна точка доступу для забезпечення можливості усіх користувачів з'єднатися з мережею.

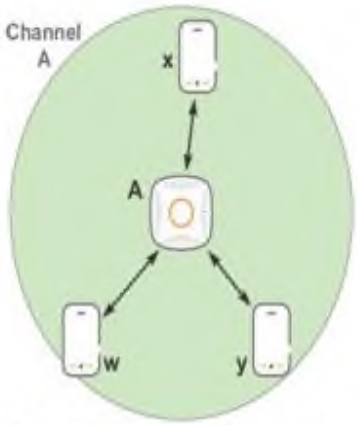
Розробка та налаштування мережі високої щільності



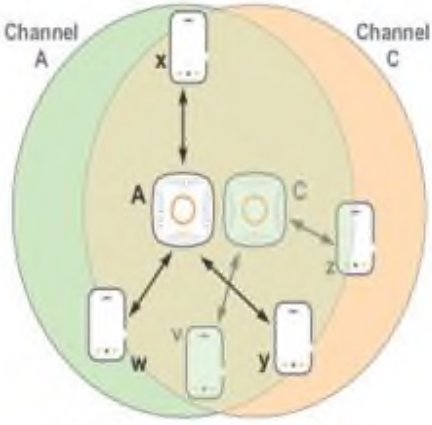
В роботі досліджено процес розробки, налаштування та оцінки пропускної здатності безпроводової мережі з високою щільністю, який міститься у наступних кроках:

- вибір необхідної кількість каналів;
- визначення пропускної здатності кожного каналу;
- визначення кількість користувачів на канал та необхідної кількості точок доступу у кожному каналі;
- вибір просторового фактору повторного використання частотних каналів;
- обчислення загальної пропускної здатності системи.

Вибір необхідної кількість каналів



If one channel provides *x* Mbps capacity...



Two APs covering the same area on non-overlapping channels provide 2*x* Mbps capacity.

У будь-якій VHD-WLAN необхідно використовувати якнайбільше радіоканалів, оскільки продуктивність збільшується лінійно. Рис. показує, що два спільно розташованих AP на різних каналах забезпечують приблизно вдвічі більшу продуктивність однієї AP.

Визначення пропускної здатності кожного каналу

VHD Venue Type	Application Usage Profile	Spatial Stream Mix	Typical Concurrent Users per Channel	Unimpaired VHT20 Goodput
Classroom / Lecture Hall	Work / Study	1SS – 30% 2SS – 60% 3SS – 10%	50	75 Mbps
Convention Center			75	50 Mbps
Airport			75	50 Mbps
Casino	Fan / Guest	1SS – 50% 2SS – 50%	50	70 Mbps
Stadium / Arena			100	40 Mbps
Shopping Mall			50	70 Mbps

Вибір повторного використання частотних каналів



У цьому випадку одночасно можуть здійснювати передачу два пристрої (точки доступу) на одному частотному каналі, але в різних комірках. Може бути і більше. Повторне використання частотних каналів точок доступу досягається тому, що радіосигнали однієї комірки не перешкоджають іншій комірці, яка знаходиться на належній відстані.

Висновки

1. З розвитком безпроводових технологій та появою точок доступу нового покоління Aruba Instant з'является можливість створення складних високопродуктивних безпроводових мереж, які дозволяють підвищити швидкість передачі, забезпечити високу щільність абонентів та підвищити надійність.

2. При реалізації стратегії розміщення точок доступу при створенні мереж високої щільності, доступні три архітектури - розміщенні точок доступу на високому рівні, бічні, та точки доступу, що розміщенні на низькому рівні. Кожна стратегія має переваги та недоліки, але ці архітектури ніколи не повинні об'єднуватися в єдину зону покриття.

3. В роботі досліженно процес розробки проекту, налаштування та оцінки пропускної здатності безпроводової мережі з високою щільністю, міститься у наступних кроках:

вибір необхідної кількість каналів;

визначення пропускної здатності кожного каналу;

визначення кількість користувачів на канал та необхідної кількості точок доступу у кожному каналі;

вибір просторового фактору повторного використання частотних каналів;

обчислення загальної пропускної здатності системи.

Дякую за увагу, доповідь закінчив.