

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **«РОЗРОБКА ПРОЕКТУ БЕЗПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ З ВИСОКОЮ
ІНТЕНСИВНІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ»**

Виконав: студент 6 курсу, групи ТСДМ-61
спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

Герман В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Лаврінець К.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(прізвище та ініціали)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ

Кафедра Телекомунікаційних систем та мереж

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

телекомунікаційних систем та мереж

В.Ф. Заїка

2019 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Герману Віталію Романовичу

1. Тема роботи: “Розробка проекту безпроводної мережі з високою інтенсивністю передачі інформації”, керівник роботи Лаврінець Костянтин Григорович, доцент кафедри ТСМ, затверджені наказом вищого навчального закладу від 14.11.2019 року № 518.
2. Строк подання студентом роботи 20.12.2019р.
3. Вихідні дані до 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.

5.Перелік графічного матеріалу (назва слайдів презентації):

1. Титуальний лист; 2. Мета та актуальність роботи; 3. Стандарти безпроводових мереж 802.11x; 4. Безпроводові технології Aruba Instant; 5. Основні умови побудови мереж з високою щільністю; 6. Розміщення точок доступу зверху (на стелі); 7. Розміщення точок доступу збоку (на стінах); 8. Розміщення точок доступу знизу (під кріслами); 9. Вибір точок доступу Aruba Instant; 10. Загальна пропускна здатність системи; 11. Розробка та налаштування мережі високої щільності; 12. Вибір необхідної кількості каналів; 13. Визначення пропускної здатності кожного каналу; 14. Вибір повторного використання частотних каналів; 15. Висновки.

6. Дата видачі завдання 11.09.2019р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір науково-технічної літератури	03.10.2019	виконано
2.	Перспективи розвитку технологій безпроводових мереж	25.10.2019	виконано
3.	Проектування безпроводно мережі з високою щільністю	10.11.2019	виконано
4.	Розробка та налаштування безпроводової мережі з високою інтенсивністю передачі інформації	27.11.2019	виконано
5.	Висновки, вступ, реферат	01.12.2019	виконано
6.	Розробка презентації	07.12.2019	виконано

Студент

(підпис)

Герман В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Лаврінець К.Г.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Текстова частина магістерської кваліфікаційної роботи: 93 сторінки, 23 рисунків, 22 таблиць, 16 джерел.

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

Предмет дослідження – побудова безпроводових мереж з високою щільністю абонентів.

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

Методи дослідження – теорії електровз'язку, теоретичної радіотехніки, математичного та комп'ютерного імітаційного моделювання.

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 передачі інформації

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

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
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.....	16
1.3 Характеристика точок доступу за технологією Aruba Instant та можливість її використання для побудови безпроводових мереж з високою щільністю.....	20
2 ПЛАНУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ З ВИСОКОЮ ЩІЛЬНІСТЮ.....	22
2.1 Стратегії побудови безпроводових мереж з високою щільністю абонентів ...	23
2.2 Вибір точки доступу для побудови мереж з високою щільністю.....	32
2.3 Обґрунтування мінімальної відстань між точками доступу для забезпечення безпроводової мережі з високою щільністю.....	36
3 РОЗРОБКА ТА НАЛАШТУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ З ВИСОКОЮ ІНТЕНСИВНІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ.....	42
3.1 Пропускна здатність каналу на базі точки доступу Aruba Instant.....	42
3.2 Розробка, налаштування та оцінка пропускної спроможності безпроводової мережі з високою інтенсивністю передачі інформації.....	53
3.3 Приклади побудови безпроводових мереж з високою щільністю на основі технології Aruba Instant.....	67
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	76
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ.....	78

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 канална інтерференція
- CCI – спів-каналне 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. За рахунок 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 і свободи від проводів, у той же 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 вирішувати 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 контрольністю 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 стандарти організації безпроводових комунікацій на обмеженій території в режимі локальної мережі, тобто коли декілька абонентів мають рівноправний 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.

- 802.11 standard
- Ethernet frames encapsulated by an 802.11 header
- Wireless signals transmitted on a channel (frequency in the 2.4 or 5 GHz band)
- Shared medium (one device transmits while others listen)
- Variety of data rates based on standard:
 - Legacy 802.11b (2.4 GHz)—Up to 11Mbps
 - Legacy 802.11a (5 GHz) and 802.11g (2.4 GHz)—Up to 54 Mbps
 - 802.11n (2.4 or 5 GHz)—Up to 600 Mbps
 - 802.11ac (5 GHz)—Up to about 1.3 Gbps on current equipment

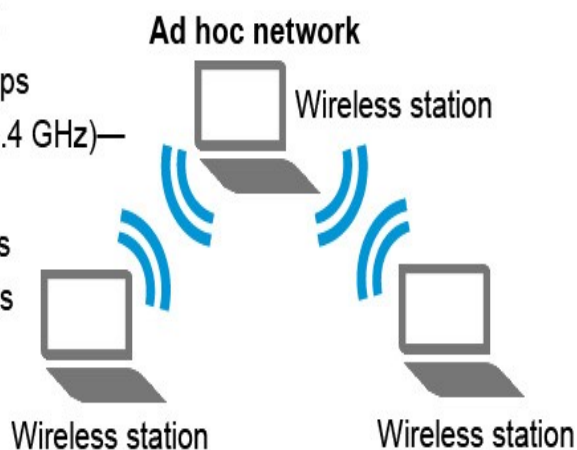


Рисунок 1.1. Безпроводовий зв'язок. Стандарт 802.11

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 еористування під торгової 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). воротна 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 велику ширину смуги з сімейства стандартів 802.11, що передбачає швидкість передачі даних до 54 Мбіт/с. На відміну від базового стандарту, орієнтованого на область частот 2,4 ГГц, специфікаціями 802.11a передбачена робота в діапазоні 5 ГГц. В якості методу модуляції сигналу вибрано ортогональне частотне мультиплексування (OFDM). До недоліків 802.11a ставляться більш висока споживана потужність радіопередавачів для частот 5 ГГц, а також менший радіус дії.

У стандарті IEEE 802.11b швидкість передачі даних до 11 Мбіт/з, працює в діапазоні 2,4 ГГц, цей стандарт завоював найбільшу популярність у виробників устаткування для безпроводових мереж під торгової маркою “Wi-Fi”. Оскільки

устаткування, що працює на максимальній швидкості 11 Мбіт/с має менший радіус дії, ніж на більш низьких швидкостях, то стандартом 802.11b передбачене автоматичне зниження швидкості при погіршенні якості сигналу.

Стандарт IEEE 802.11g є логічним розвитком 802.11b і передбачає передачу даних в тому ж частотному діапазоні. Крім того, стандарт 802.11g повністю сумісний з 802.11b, тобто будь-який пристрій 802.11g повинен підтримувати роботу з пристроями, що використовують стандарт 802.11b. Максимальна швидкість передачі в стандарті 802.11g складає 54 Мбіт/з, тому на той день це був найбільш перспективний стандарт безпроводового зв'язку.

Стандарт 802.11n включає в себе безліч удосконалень в порівнянні з пристроями стандарту 802.11g. Пристрої 802.11n можуть працювати в одному з двох діапазонів 2.4 5.0 або ГГц.

В основі стандарту 802.11n:

- збільшення швидкості передачі даних;
- збільшення зони покриття;
- збільшення надійності передачі сигналу;
- збільшення пропускної здатності.

На фізичному рівні реалізована вдосконалена обробка сигналу і модуляції, додана можливість одночасної передачі сигналу через чотири антени.

На мережевому рівні реалізовано більш ефективне використання доступної пропускної спроможності. Разом ці удосконалень дозволяють збільшити теоретичну швидкість передачі даних до 600 Мбіт/з – збільшення більш ніж у десять разів, порівняно з 54 Мбіт/с стандарту 802.11a/g.

Одним з основних моментів стандарту 802.11n є підтримка технології MIMO. За допомогою технології MIMO реалізована здатність прийому/передачі декількох потоків даних через кілька антен, замість 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 стандарту 802.11n є те, що в них реалізований вдосконалений 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 діапазону 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 працюючих 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 і збільшеною дальністю передачі даних, що забезпечуються стандартом 802.11n.

Крім того, пристрої 802.11 n можуть працювати в трьох режимах: успадкованому (Legacy), в якому забезпечується підтримка пристроїв 802.11b/g і 802.11a;

змішаному (Mixed), в якому підтримуються пристрої 802.11b/g, 802.11a і 802.11n;

«чистому» режимі — 802.11n (саме в цьому режимі можна скористатися перевагами підвищеної швидкості і збільшеною дальністю передачі даних, що забезпечуються 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 необхідно вести узгодження просторових потоків (Spatial Streams) і ширини каналу. Залежно від кількості антен виникають кілька просторових потоків. Повну теоретично можливу

пропускну здатність стандарту 802.11n в 600 Мбіт/с можна досягти лише при використанні чотирьох передавальних і чотирьох прийомних антен (конфігурація "4x4").

Стандарт 802.11n визначає Індекс модуляції і схеми кодування MCS (Modulation and Coding Scheme). MCS - просте ціле число, що привласнюється кожному варіанту модуляції (всього можливо 77 варіантів). Кожен варіант визначає тип модуляції радіочастоти (Type), швидкість кодування (Coding Rate), захисний інтервал (Short Guard Interval) і значення швидкості передачі даних. Поєднання всіх цих факторів визначає реальну фізичну (PHY) швидкість передачі даних, починаючи від 6,5 Мбіт / с до 600 Мбіт / с (дана швидкість може бути досягнута за рахунок використання всіх можливих опцій стандарту 802.11n).

Стандарт 802.11ac відноситься до п'ятого покоління безпроводових мереж і в розмовній мові за ним може закріпитися назву 5G WiFi, хоча офіційно воно невірно. При розробці цього стандарту однією з головних цілей ставилося досягнення гігабітної швидкості передачі даних.

Переваги даного стандарту порівняно з його попередниками:

- При передачі даних за допомогою мережі 802.11ac використовуються більш широкі канали і підвищена частота, що підвищує теоретичну швидкість до 1,3 Гбіт/с. На практиці пропускна здатність складає до 600 Мбіт/с. Крім того, пристрій на базі 802.11ac передає більше даних за один такт.

- Модифікація 802.11ac оснащена цілим асортиментом частот 5 ГГц. Новітня технологія має більш сильний сигнал. Адаптер з високим діапазоном охоплює смугу частот до 380 МГц.

- Цей стандарт надає більш широкий радіус дії мережі. Крім того, Wi-Fi підключення працює навіть через бетонні і гіпсокартонні стіни. Перешкоди, що виникають при роботі домашньої техніки і сусідського інтернету, ніяк не впливають на роботу вашого з'єднання.

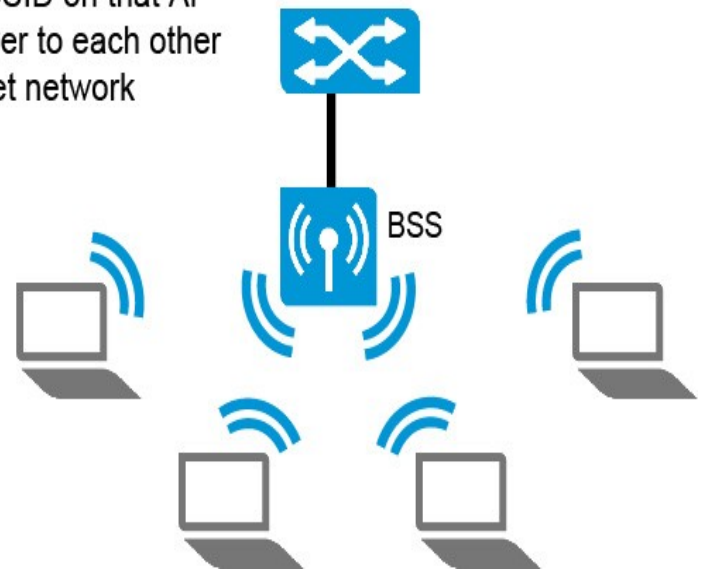
На рис.1.2. приведені повні відомості щодо частоти, кількості просторових і частотних каналів та швидкостей передачі вищезазначених стандартів сімейства 802.11.

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

Рисунок 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 відображаються за допомогою AP. Безпроводова станція приєднується до безпроводової мережі, зв'язуючись з AP.

- AP advertises an SSID (network name)
- Wireless clients associate with the SSID on that AP
- Clients send all traffic to the AP, never to each other
- AP distributes traffic onto an Ethernet network



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 широкими каналами, 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 під'юмі, 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 двопросторових потоків одночасно. Двопросторовий потік також залишитиметься обмеженням завдяки терміну служби акумулятора, конструкції антени та витрат.

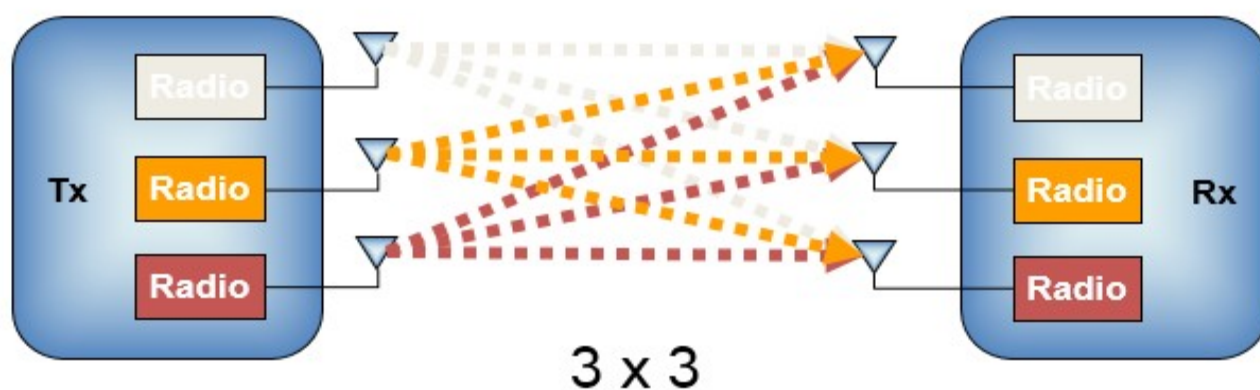
Така розбіжність між можливостями точки доступу та клієнтами вже відбувається на ринку. Вже ми бачимо що точка доступу просторових потоків 3SS є загальними, в той час як смартфони і планшети зазвичай всього 1SS або не більше 2SS. Єдиний пристрій, який сьогодні поставляються з мережевими адаптерами 3SS 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-Input Multi-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, потрібна 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 посилення, 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.

Channel bonding (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 пропускну 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).

802.11ac має 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 AP.

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

Поява технологій ARUBA INSTANT надала нові можливості для створення 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 роботи в розподіленому середовищі. Рішення організації має бути здатним швидко розгортатися, а також налаштовуватися та керувати централізовано. Окрім цих вимог, певні організації, такі як готельні оператори, власники ресторанів, роздрібні торговці та інші розподілені підприємства, повинні дотримуватися вимог щодо конфіденційності даних, таких, як індустрія платіжних карток (PCI), стандарт безпеки даних та для охорони здоров'я. Загалом, ці організації потребують багатофункціональної, корпоративної WLAN-мережі, яка може бути швидко розгорнута в географічно розподілених місцях, які мають обмежені або відсутні інформаційні ресурси на місці.

Архітектура Aruba Instant розроблена для вирішення цих ситуацій. Aruba поєднує продуктивність, безпеку та масштабованість WLAN для корпоративних версій, що забезпечує простоту 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.

Aruba Instant використовує технологію віртуального контролера мережі Wi-Fi для того, щоб вирішувати завдання безпеки, продуктивності і масштабованості. Багато точок доступу Aruba з 802.11ac підтримують Aruba Instant. Основна ідея полягає в тому, що в невеликій мережі Wi-Fi, що складається з кількох сучасних AP Aruba, 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 Aruba Instant до дротової мережі. На вихідній точці доступу можна настроїти всі необхідні параметри мережі Wi-Fi: SSID, методи аутентифікації і тп.

Aruba Instant 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 технологією 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. Забезпечувати не 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 кожен 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 наявністю 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 розміщені на високому рівні, бічні, та точки доступу, що розміщені 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.

1) Точки доступу, що розміщені 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 AP із вбудованими антенами або з'єднувальними AP з спеціально вибраними зовнішніми антенами.

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

3) Точки доступу, що розміщені на низькому рівні: ця конструкція створює пікомережі, використовуючи AP, 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, пісоселл 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 розміщені на високому рівні - інтегровані антени

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

На рис.2.1. бачимо, 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.

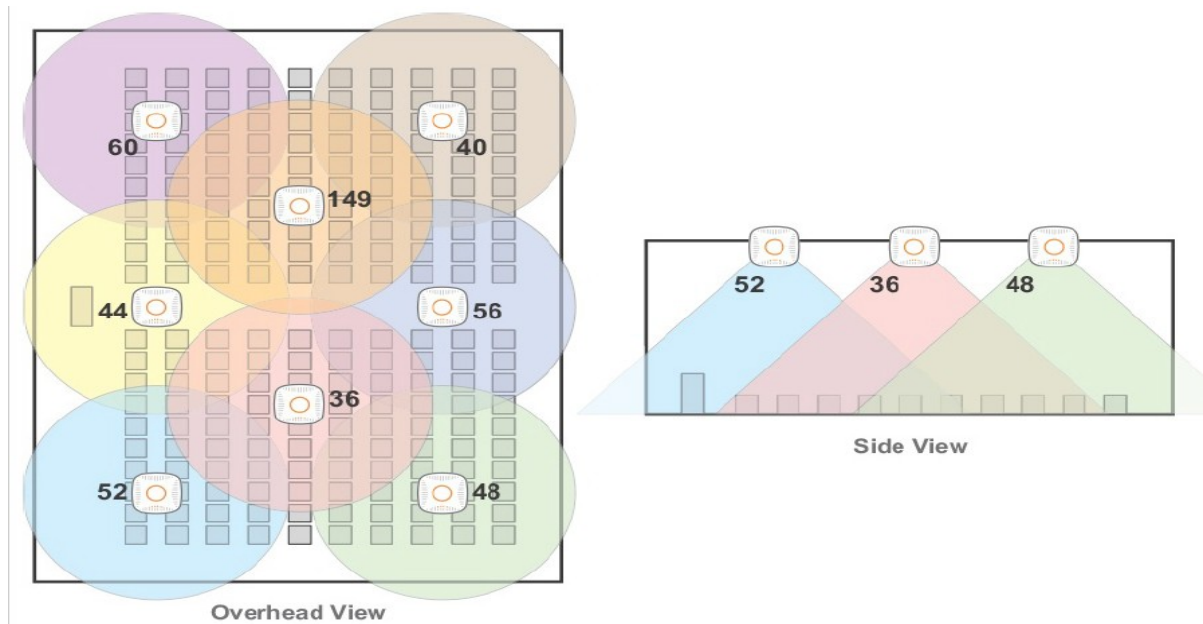


Рисунок 2.1. Приклад спрощення розгортання точок доступу, що розміщенні на високому рівні

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

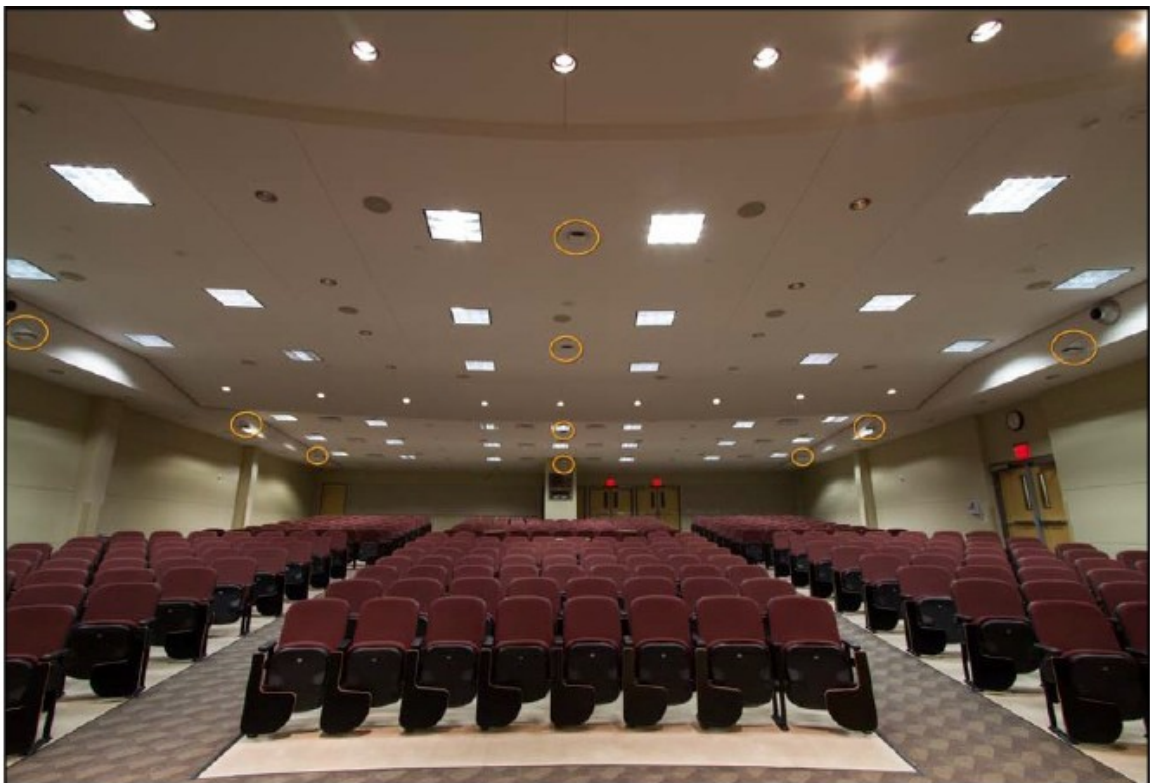




Рисунок 2.2. Точка доступу, що розміщена на високому рівні в Лекційному залі в університеті Айови

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 м ² / 1,600 м ²).

Сигнал у кімнаті більш рівномірний, коли точки доступу рівномірно розподілені.	Просторове повторне використання RF неможливо.
Накладні витрати APs забезпечують чітку лінію видимості для користувачьких 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 парпетні кріплення, що оточують зовнішні площадки;
- Тимчасові структури, такі як намети чи ярмарки на відкритому повітрі.

Як і при “Overhead Coverage”, використання просторові RF у приміщеннях 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.

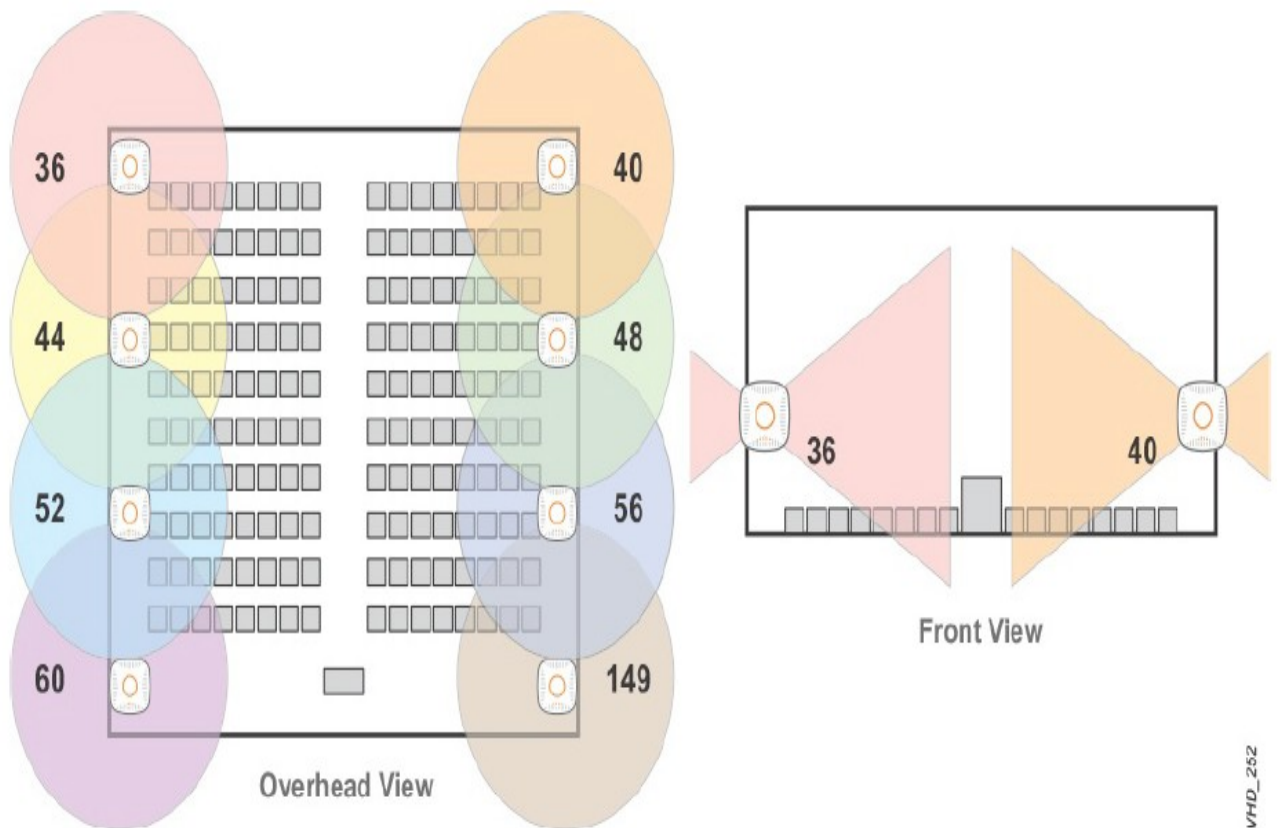


Рисунок 2.3. Приклад із спрощеним побічним покриттям із вбудованою антеною

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

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



Рисунок 2.4. Розгортання бічного охоплення в залі університетських лекцій

Як ви бачите, можливі нескінченні варіанти встановлення точок доступу методом бічного розтошування. 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
Унікає 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 м ²)

Picosells (розташування точок доступу на низькому рівні)

Для залів, де розміщено менше 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.

Точки доступу Picocell встановлюється під користувацьким сидінням (але над підлогою). Я перевернув верхню модель вниз і використав одну з вбудованих антенних моделей AP, які повертаються назад до стелі. Як ми можемо бачити, порівнюючи рис.2.3. і 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.

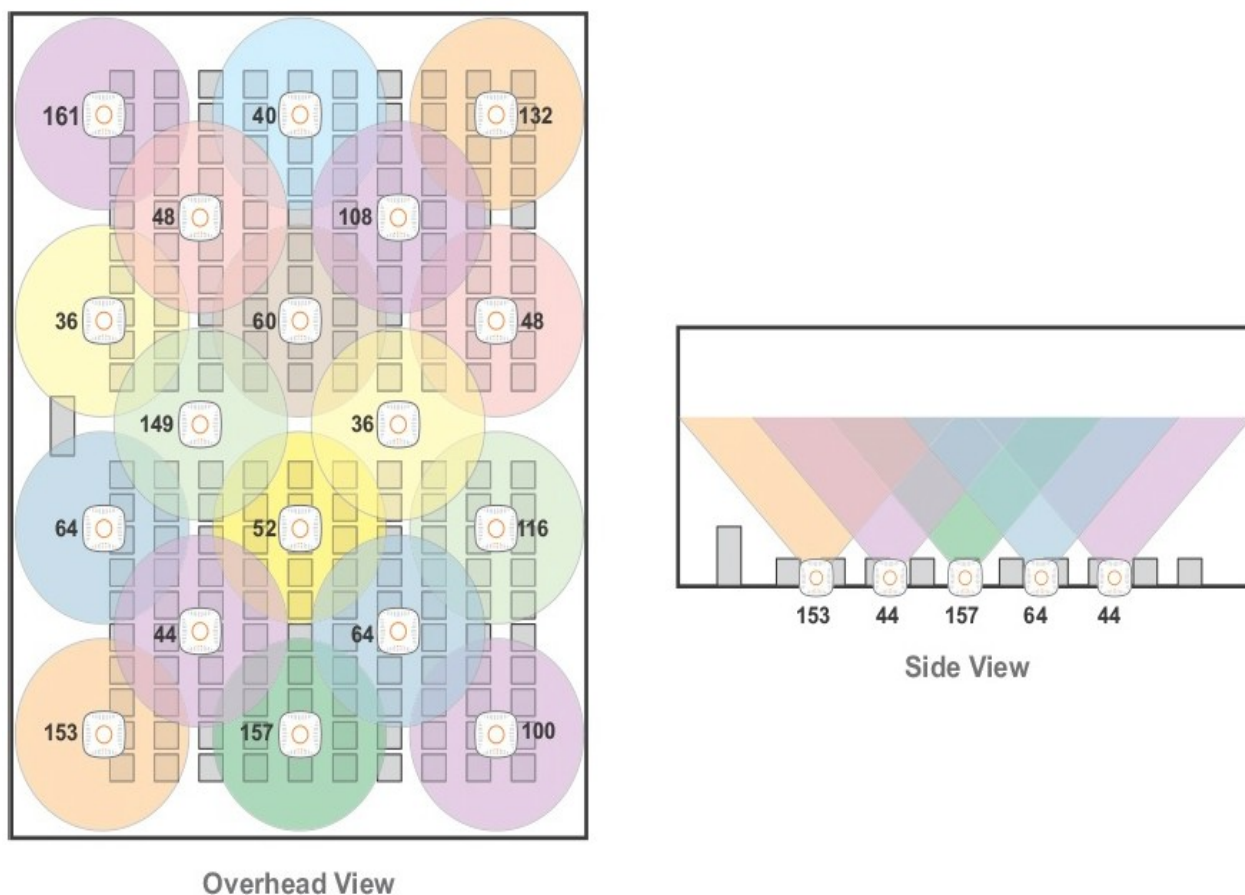


Рисунок 2.5. Приклад спрощеного покриття Ricocell

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 ricocell 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 мост, який захищений від втручання.



Рисунок 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.
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 стратегій

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 розміщені на високому рівні, бічні, та точки доступу, що розміщені 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.2.4. приведена порівняльна характеристика сімейства точок доступу для внутрішнього використання. Кожна модель поставляється з 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 і 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.

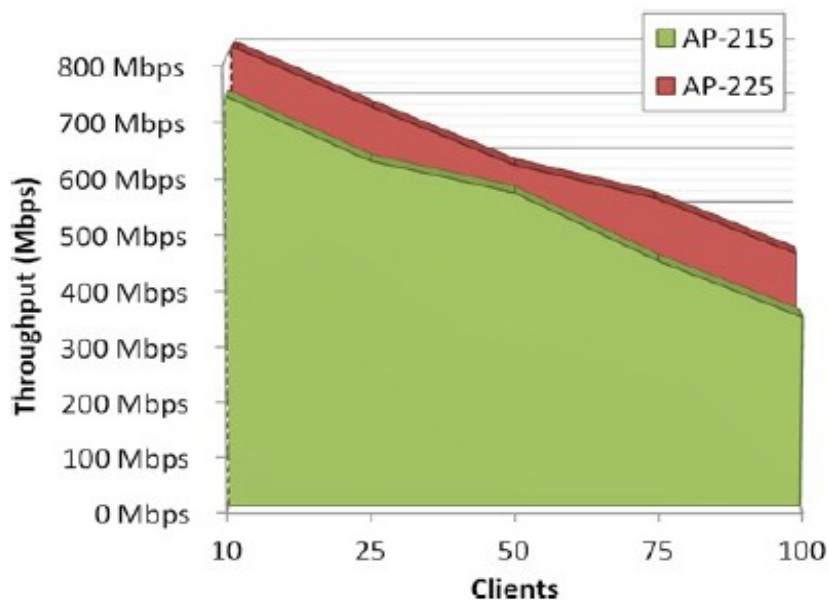


Рисунок 2.7. Ноутбук 3SS у каналі VHT80

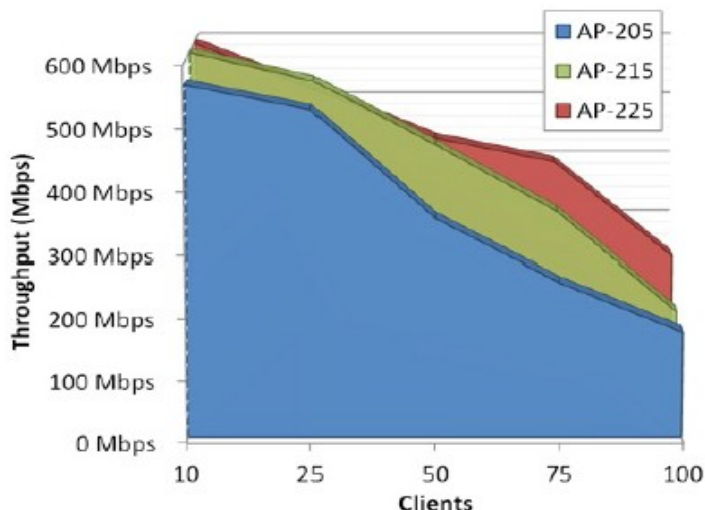


Рисунок 2.8. Ноутбук 2SS у каналі VHT80

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

Рис.2.8. показує двонаправлену пропускну здатність TCP 100 різних ноутбуків 2SS MacBook Air (MBA). Ноутбуки протестовані проти всіх трьох моделей артистичного типу Aruba. 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 більше 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 безпроводну 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 безпроводна 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 безпроводний носій.

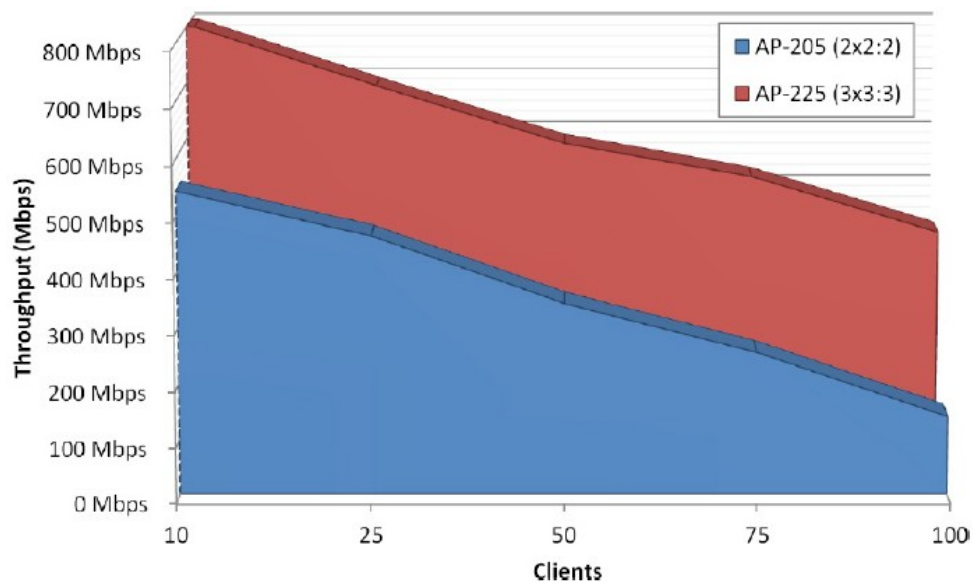


Рисунок 2.9. 3SS клієнти вимагають 3SS AP, щоб досягти максимальної продуктивності

2.3 Обґрунтування мінімальної відстань між точками доступу для забезпечення безпроводної 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 пісосells 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 відображення проміжків AP у зоні покриття.

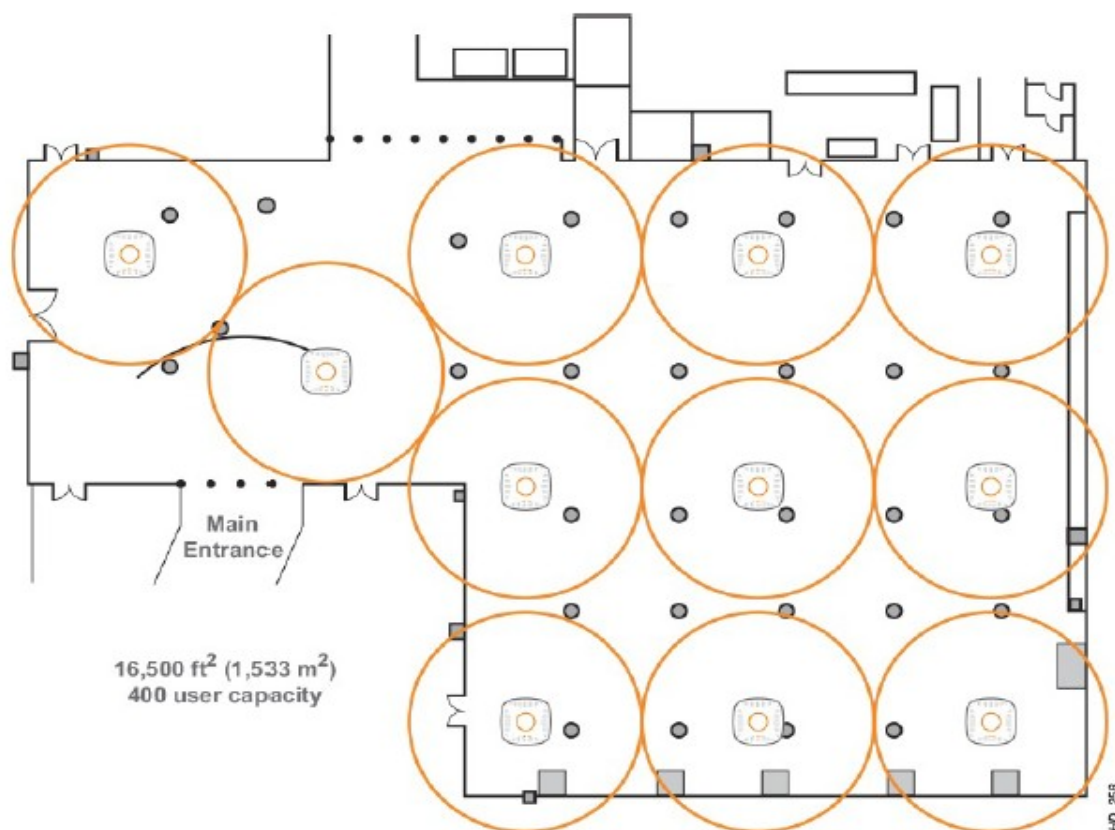


Рисунок 2.10. Приклад рівномірного розповсюдження AP в конференц-центрі

Існує сусідня канална інтерференція (ACI) і спів-каналне 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 включає в себе 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 променні 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 безпроводна 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 безпроводним 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.

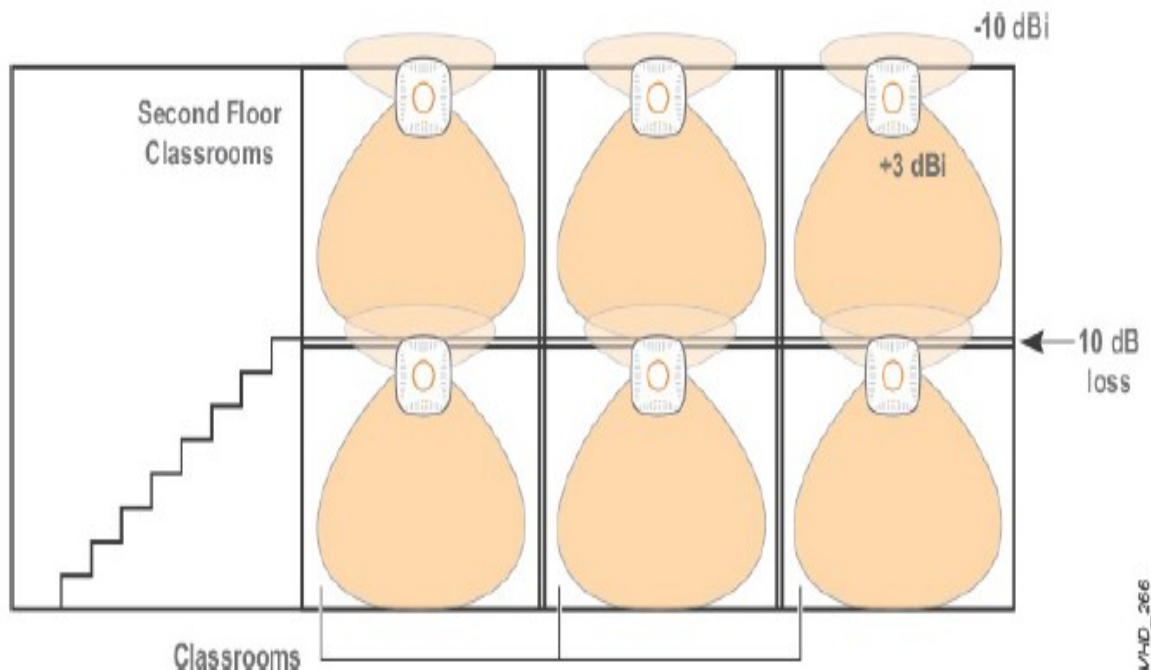


Рисунок 2.11. Використання інтегрованих антенних AP для ізоляції сусідніх VHD-WLAN

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 АСІ, так і ССІ.

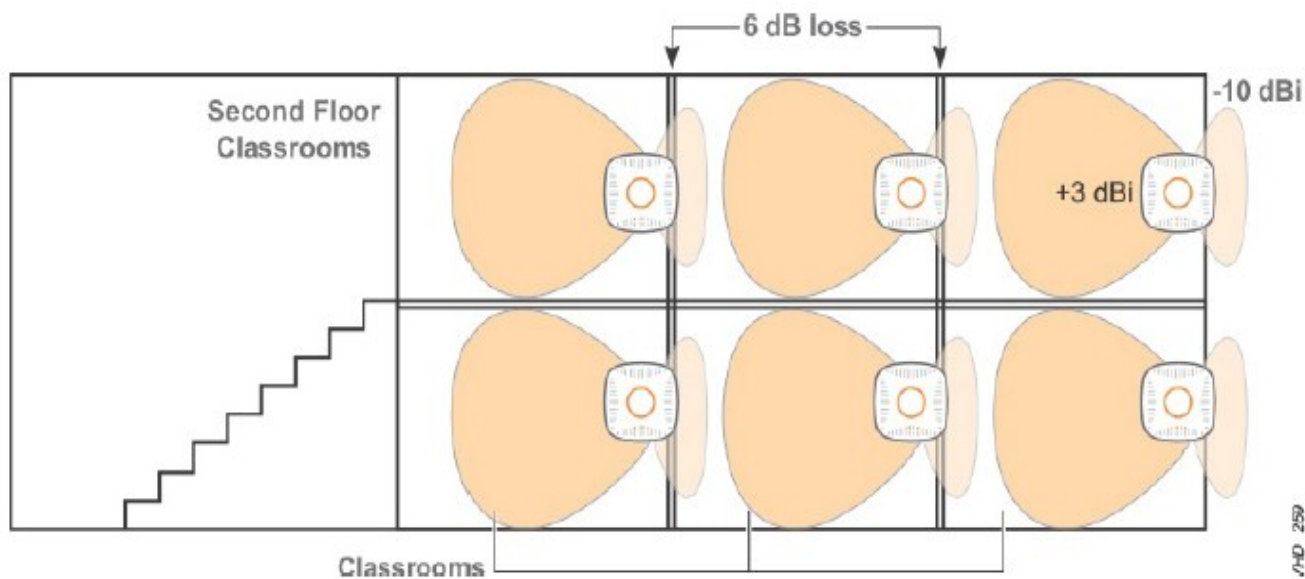


Рисунок 2.12. Використання інтегрованих антенних AP для ізоляції сусідніх VHD-WLAN

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.

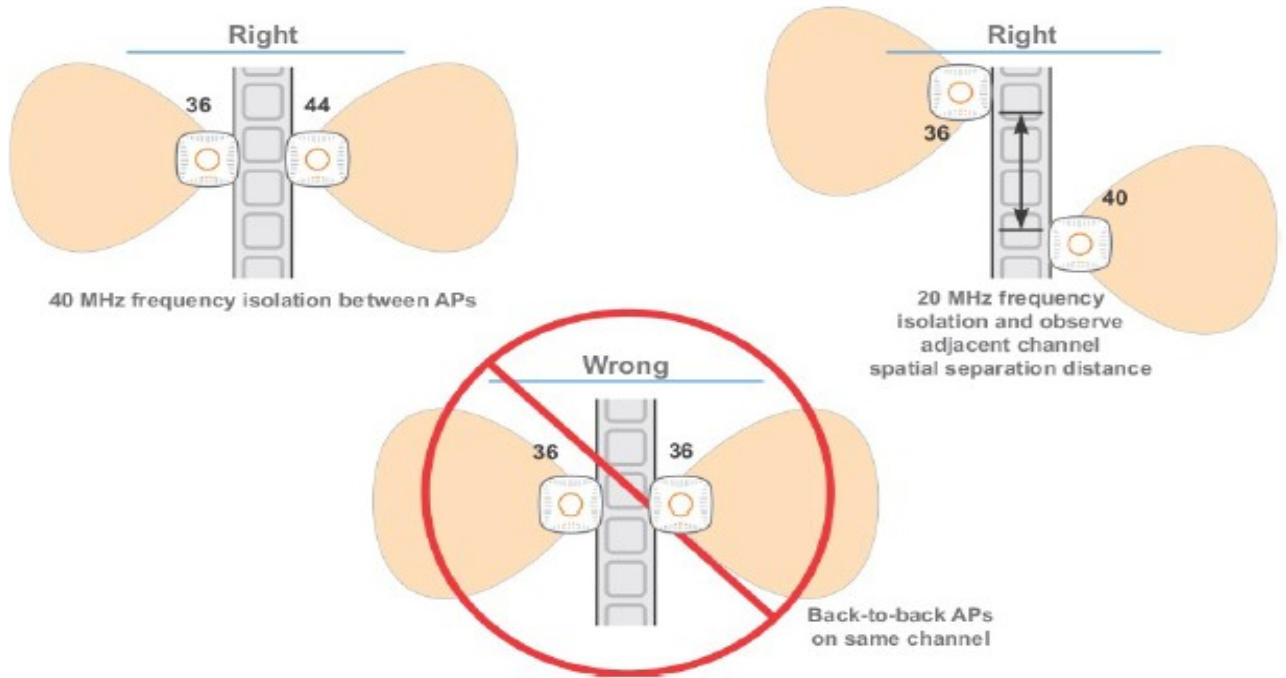


Рисунок 2.13. Розміщення в режимі "назад до спини"

3. РОЗРОБКА ТА НАЛАШТУВАННЯ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ З ВИСОКОЮ ІНТЕНСИВНІСТЮ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Пропускна здатність каналу на базі точки доступу Aruba Instant

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 каналному блоці.

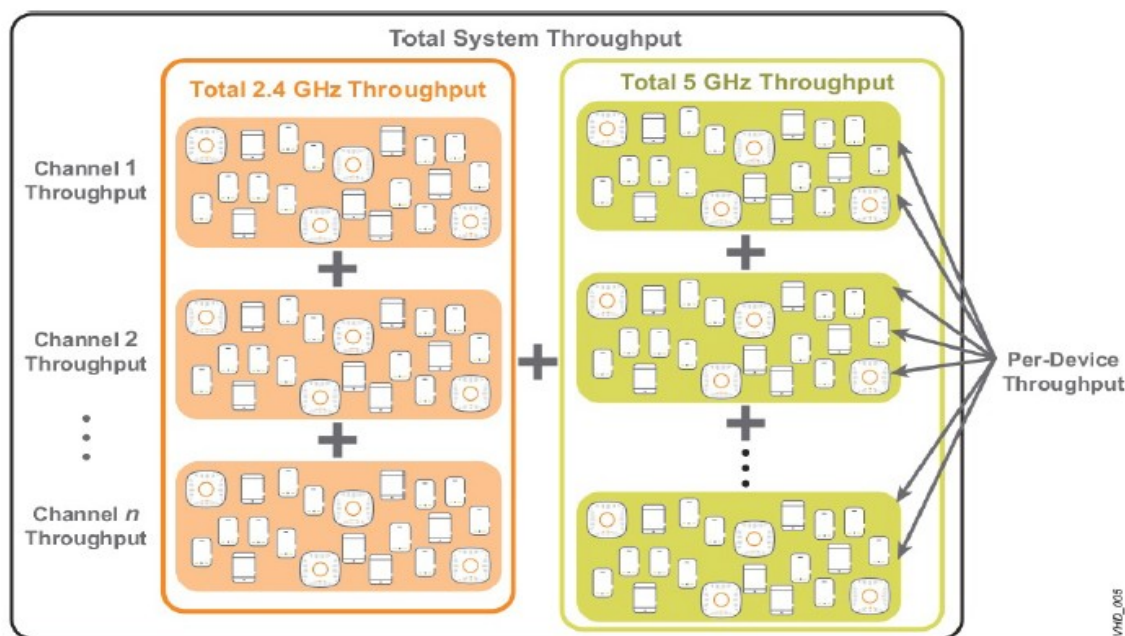


Figure EC2-1 Defining Throughput Terminology for a VHD Wireless LAN

Рисунок 3.1. Визначення пропускної здатності термінології для віртуального жорсткого диска по безпроводовій мережі

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:

$$TST = \text{канал} * \text{середня пропускна здатність каналу} * \quad (3.1)$$

коефіцієнт повторного використання):

канали - кількості каналів, що використовуються безпроводовою мережею 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:

$$TST = 9\text{каналів} * 50\text{ Мб} * 1\text{ повторне використання} = 450\text{ Мб}. \quad (3.2)$$

TST - це найвища навантаження, яку ви коли-небудь очікуєте побачити на восхідній лінії маршрутизатора WAN. Тому посилення 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 відрізнити 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:.

$$\text{Середня пропускна здатність пристрою} = \frac{\text{загальна пропускна спроможність системи}}{\text{миттєвий рахунок користувачів}} \quad (3.3)$$

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.

$$\text{Пропускна спроможність одного клієнта ("Goodput")} = \quad (3.4)$$

*Максимальна швидкість передачі даних * (1 - Протокол накладних%)*

Пікова швидкість передачі даних - це найшвидша швидкість передачі даних по 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. Незважаючи на 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.3.2. 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 пропускну спроможність

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

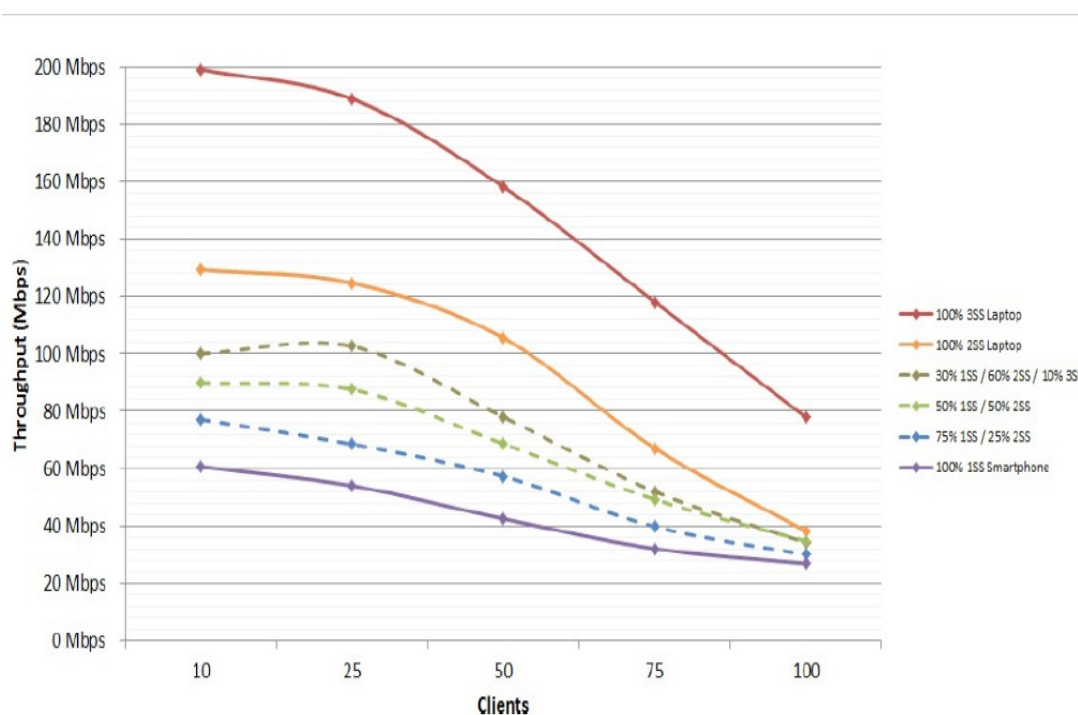


Рисунок 3.2. Результати тесту TCP для 100 одночасних пристроїв 802.11ac

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.

$$\text{Середня пропускна здатність каналу} = \text{пропускна спроможність (N)} * (3.5) \\ (1\text{-коефіцієнт зменшення корисності}\%)$$

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, давайте переведемо правий бік рис.3.2. 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 оберемо 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 форм-факторах 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 типі 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 розвинути 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.3.5. і табл.3.6. можуть 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 будемо використовувати її в кожному плані нашої потужності VHD.

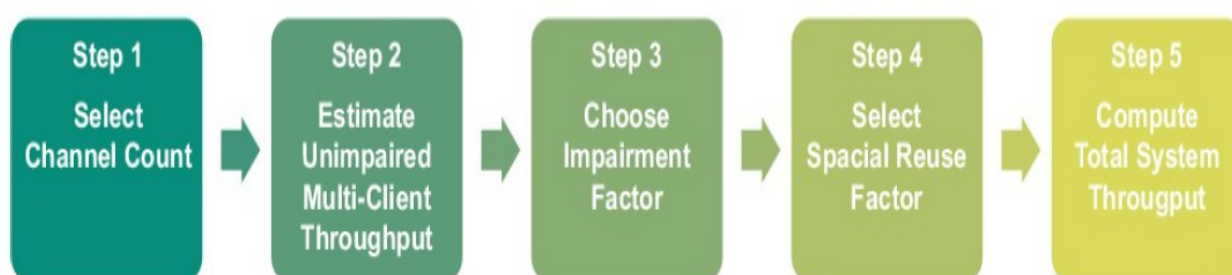
Таблиця 3.7.

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						
Stadium / Arena / Theater	Fan / Guest	1	2	50%	50%	--
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'ятиетапного підходу:



VHD_006

Крок 1 - Вибераємо 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.3.3. показує, 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.

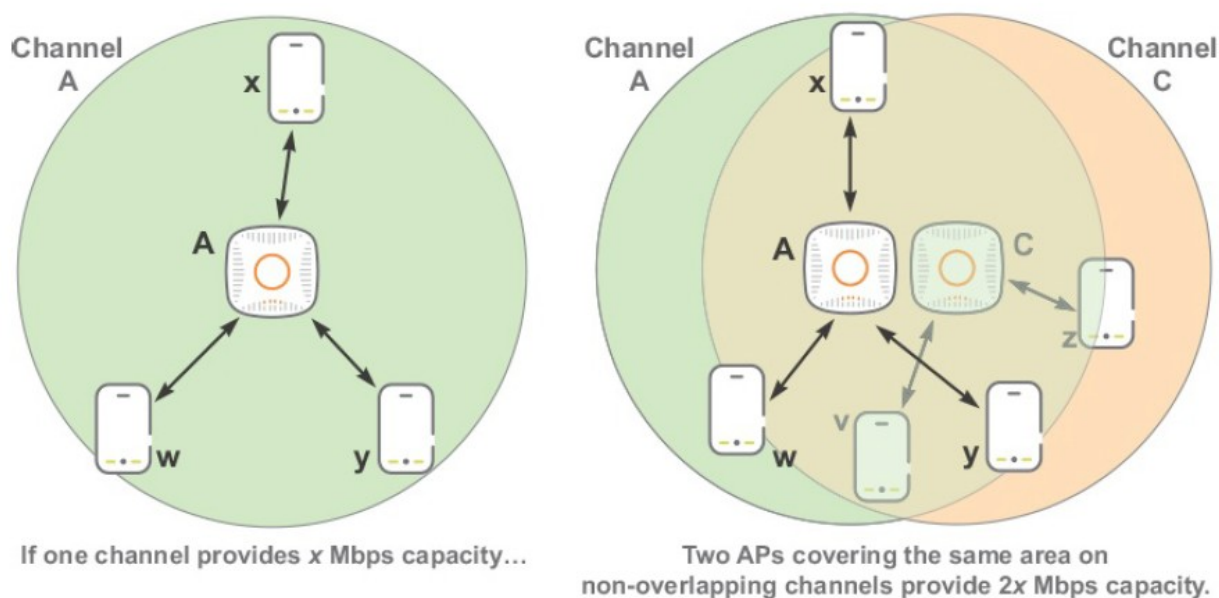


Рисунок 3.3. Використання додаткових каналів для збільшення ємності WLAN

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

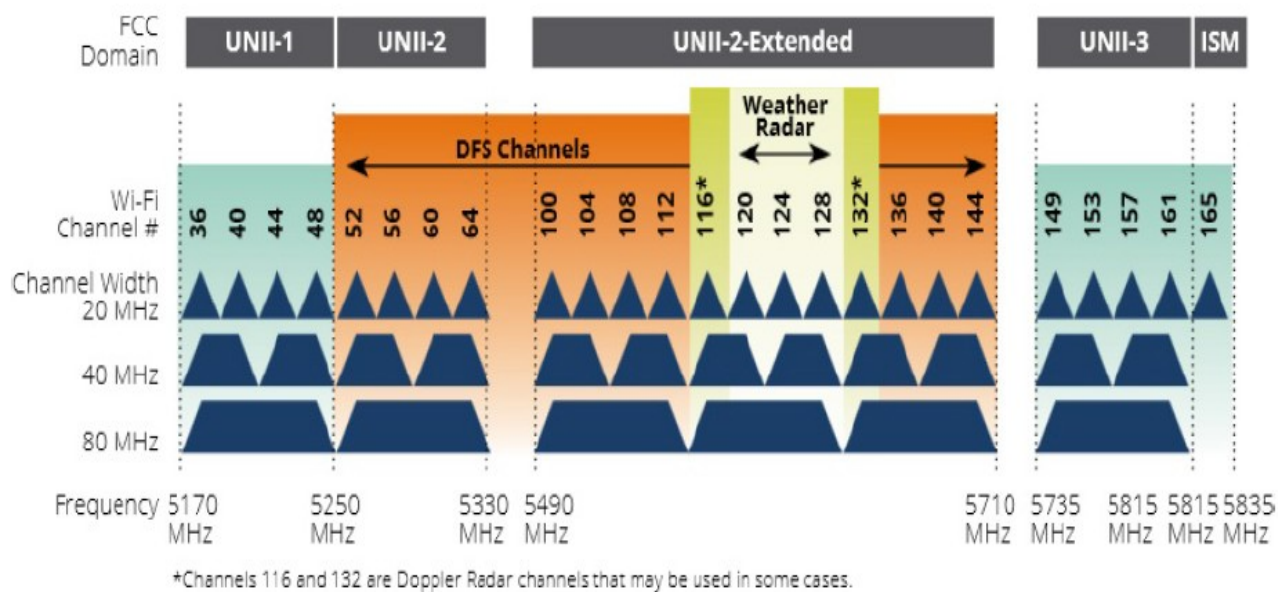


Рисунок 3.4. Дозволені канали в регулюючому домені США

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:

$$\text{Придатні канали} = \text{дозволені канали} - \text{неефективні канали DFS} - \quad (3.6)$$

Ch.144 - зарезервовані канали - інші обмежені канали

Де:

- Дозволені канали = загальна кількість каналів, дозволених регулятором спектру в даній країні;
- Неefективні 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 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 більше 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.

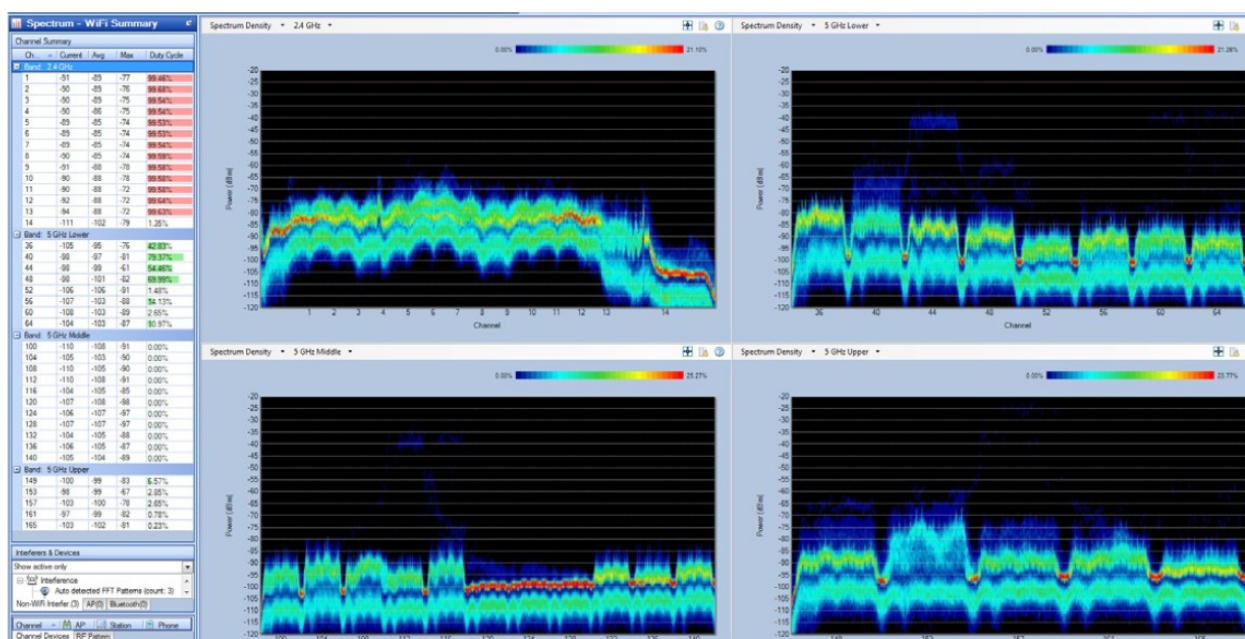


Рисунок 3.5. Спектр аналізу діапазонів 2,4 ГГц та 5 ГГц на великому стадіоні

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.3.10. містить всю інформацію, необхідну для завершення цього кроку. Значення у правому стовпчику виводяться безпосередньо з результатів випробувань Aruba VHD, представлених на рис.3.2. Для кожного з шести типів об'єктів безпроводної 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 більше 90% від площі VHD.

Результатом має бути середня пропускна спроможність каналу.

Крок 3. Вибераємо і застосовуємо фактор знецінення

Значення пропускної спроможності в табл.3.10. 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 відобразити вплив CCI, ACI. Aruba називає цю метрику "коефіцієнтом знецінення".

Вибераємо різні знецінення для діапазонів 2,4 ГГц та 5 ГГц через значно вищого рівня перешкод у смузі 2,4 ГГц. "Використовуємо «плоскі» показники. Табл.3.11. включає 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%	<ul style="list-style-type: none"> • Above average duty cycles
Lecture Hall			<ul style="list-style-type: none"> • 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%	<ul style="list-style-type: none"> • 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%	<ul style="list-style-type: none"> • Lower duty cycles (except for people streaming videos) • Structural isolation of same-channel BSS in adjacent rooms • Heavy My-Fi usage
Casino	25%	10%	<ul style="list-style-type: none"> • Low duty cycles on casino floor • Low My-Fi usage
Stadium / Arena	50%	25%	<ul style="list-style-type: none"> • 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%	<ul style="list-style-type: none"> • 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	
Classroom / Lecture Hall	75 Mbps	
Convention Center	50 Mbps	
Airport	50 Mbps	
Casino	70 Mbps	
Stadium / Arena	40 Mbps	
Shopping Mall	70 Mbps	

Suggested Impairment	
2.4 GHz	5 GHz
10%	5%
25%	10%
25%	15%
25%	10%
50%	25%
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 проектування. 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.3.6. показує два кластери багаторазового використання та відносне розташування повторно-використовуваних каналів.

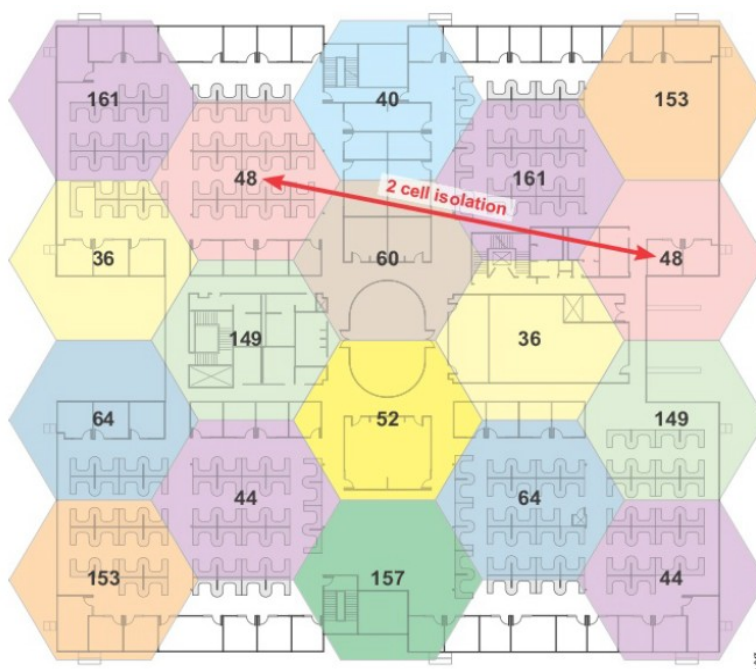


Рисунок 3.6. Channel Plan з 11 каналами на 5 ГГц з мінімальним поділом на дві комірки

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.

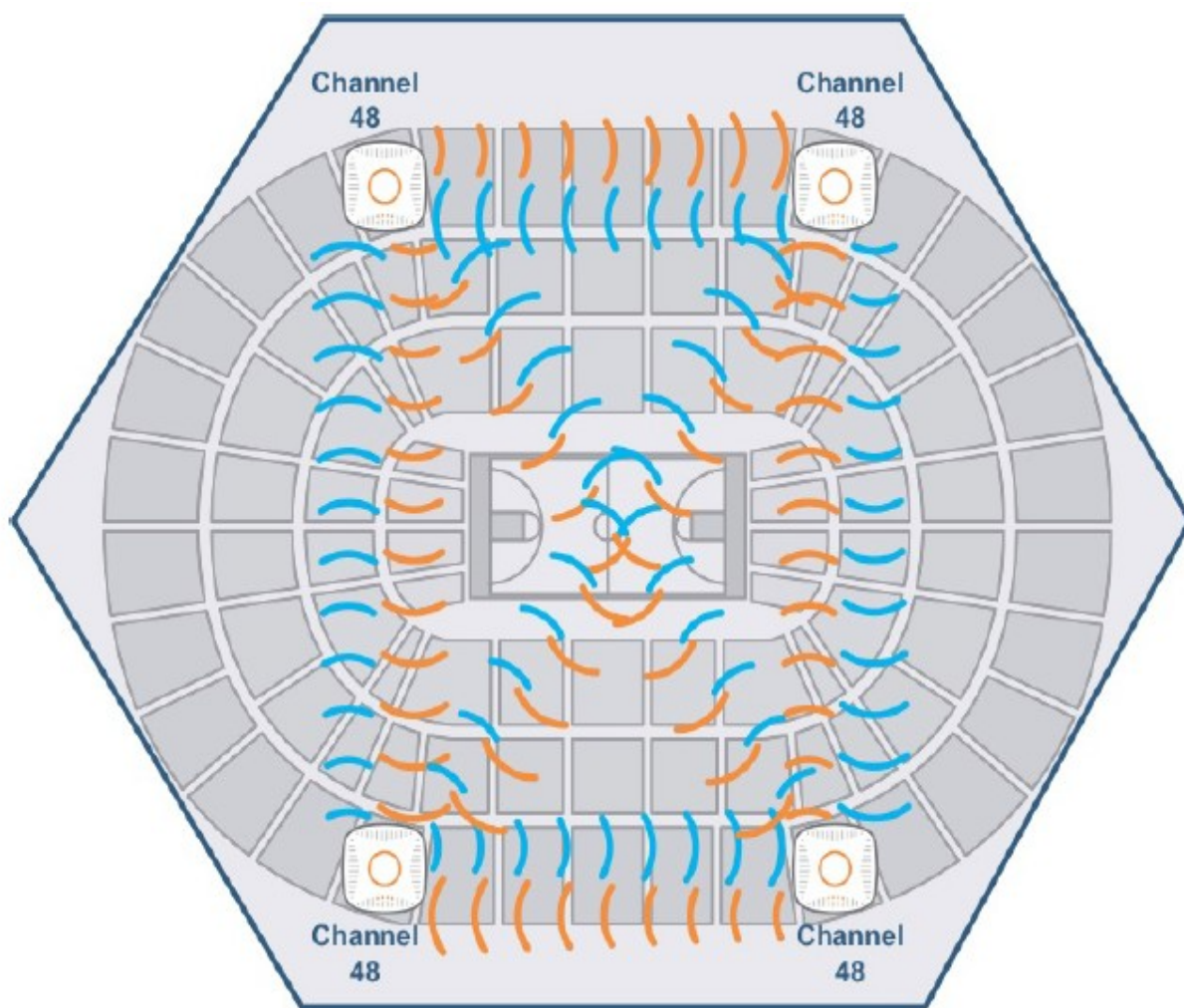


Рисунок 3.7. Укладання одного і того ж каналу AP у велику залізovu арена

На рис.3.7. є приміщення (арена) з чотирма AP 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 аренау

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 AP деяким чином збільшує пропускну здатність безпроводової мережі з VHD. Це правда, що наявність більшої кількості AP - 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 AP 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, обрають коефіцієнт повторного використання в 1. (Напевно, це може бути менше 1 у певних умовах)

Зовнішні безпроводові мережі з VHD, іноді можуть досягати коефіцієнта повторного використання більш ніж 1. Наприклад, давайте уявимо 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 пропускну спроможності системи

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

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

Процес оцінки процесів пропускної здатності для кожного пристрою

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

$$\text{Середня продуктивність пристрою} = \frac{\text{загальна пропускна спроможність системи}}{\text{миттєвий графік користувачів}} \quad (3.7)$$

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:

$$\text{Середня продуктивність пристрою} = \frac{\text{загальна пропускна спроможність системи}}{\text{активний потенціал пристрою} * \text{робочий цикл пристрою}} \quad (3.8)$$

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.3.13. 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%.

$$ADT = \frac{500 \text{ Mbps}}{5,000 \text{ Users} * 50 \% \text{ Take Rate} * 25 \% \text{ Duty Cycle}} = \frac{500}{\cancel{25}} = 800 \text{ Kbps} \quad (3.9)$$

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

Навичився 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:

$$ADC = 500 \text{ Seats} * 3 \text{ Devices} * 70 \% \text{ Take Rate} = 1,050 \text{ Devices} \quad (3.10)$$

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

(3.11)

$$APs = \frac{5 \text{ GHz Radio Count} * 525 \text{ Devices}}{150 \text{ Associations per radio}} = 4$$

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

Тепер давайте обчислимо 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.3.12. (30% / 60% / 10%)
- Коефіцієнт знецінення 5% для 5 ГГц та 10% для 2,4 ГГц (з табл.3.13.).
- Програми для навчання в класі мають робочий цикл на 25% (з табл.3.14.).

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.3.12. (50% / 50% / 0%);
- Коефіцієнт знецінення 25% для 5 ГГц та 50% для 2,4 ГГц (з табл.3.13.);
- Користувацькі пристрої мають робочий цикл 10% (з табл.3.14.);
- 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.3.13. 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:

Таблиця 3.15.

Таблиця пропускної спроможності

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.3.12. (50% / 50% / 0%);
- Коефіцієнт знецінення 25% для 5-ГГц та 50% для діапазонів 2,4 ГГц (з табл.3.13.);
- Користувацькі пристрої мають робочий цикл 10% (з табл.3.14.);
- 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 в той же час на одному каналі. Тож давайте використаємо коефіцієнт повторного використання 2.

Таблиця 3.16.

Таблиця коефіцієнта повторного використання

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 Aruba 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.3.8. показує підсумки для кожного клієнта для тих самих даних

масштабування клієнта, представлених на рис.3.7.

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 трьохпросторовим потоком.

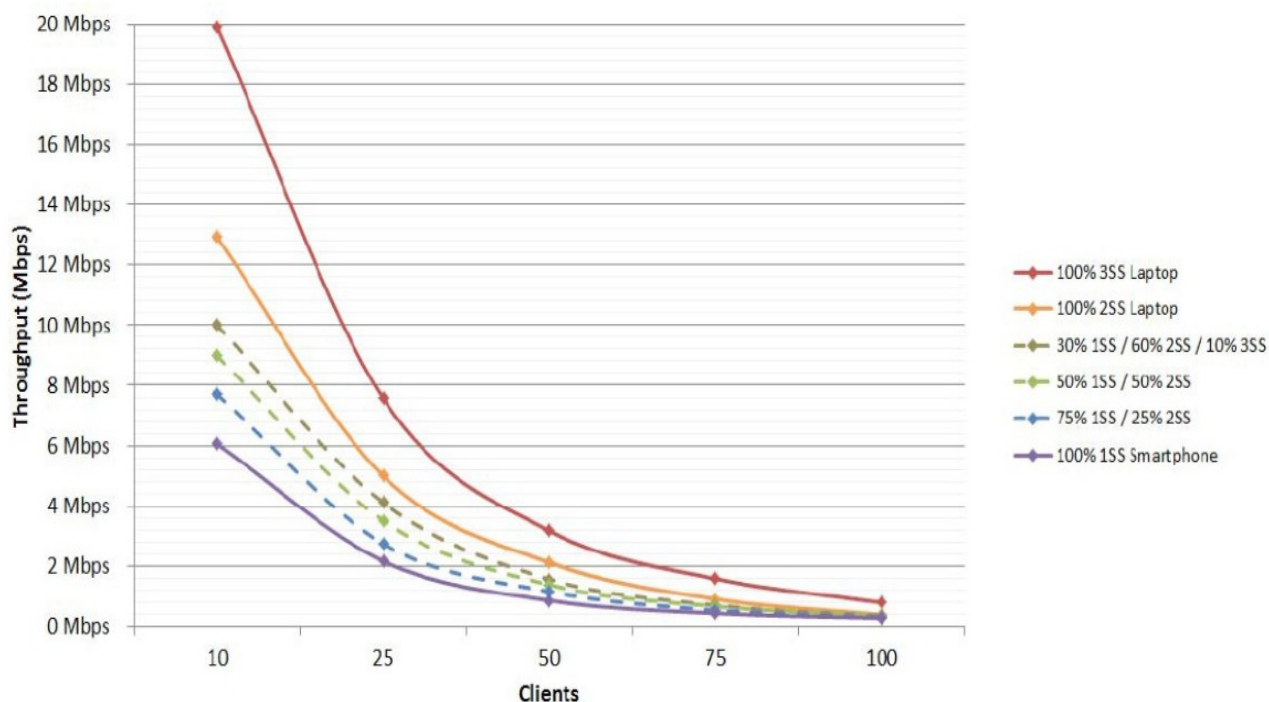


Рисунок 3.8. Пропускна здатність TSP для кожного пристрою від лабораторії Aruba VHD

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 кваліфікаційної роботи досліджено параметри безпроводової мережі з високою інтенсивністю передачі.

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

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), достатню 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 відстань між точками доступу для забезпечення безпроводової мережі з високою щільністю.

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.

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 точку доступу AP-225 для забезпечення високої щільності, навіть у випадку, коли якщо безпроводна мережа рекомендована на обладнанні AP-205 або AP-215.

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.

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:

$$TST = \text{канал} * \text{середня пропускну здатність каналу} * \text{коефіцієнт повторного використання):}$$

канали - кількості каналів, що використовуються безпроводовою мережею VHD;

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

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

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

вибір просторового фактору 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.hp.com/docs/814/factsheet.pdf>
4. HP Ethernet Virtual Interconnect (EVI) H8D13S. [Електронний ресурс] – Режим доступу. – URL: <https://h20195.www2.hp.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_\(computing\)](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. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – 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. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://m.habr.com/company/hpe/blog/193964/>

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

16. Что такое дата-центр и зачем он нужен. [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL:

https://uniteddc.net.ua/ru/news/i/chto_takoe_datacentr_i_zachem_on_nygen/

ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Презентація

до магістерської кваліфікаційної роботи на ступінь
вищої освіти «магістр»

на тему: **«Розробка проекту безпроводної мережі з
високою інтенсивністю передачі інформації»**

Виконав: студент групи ТСДМ-61, Герман В.Р.

Керівник: Лаврінець К.Г.

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, 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 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

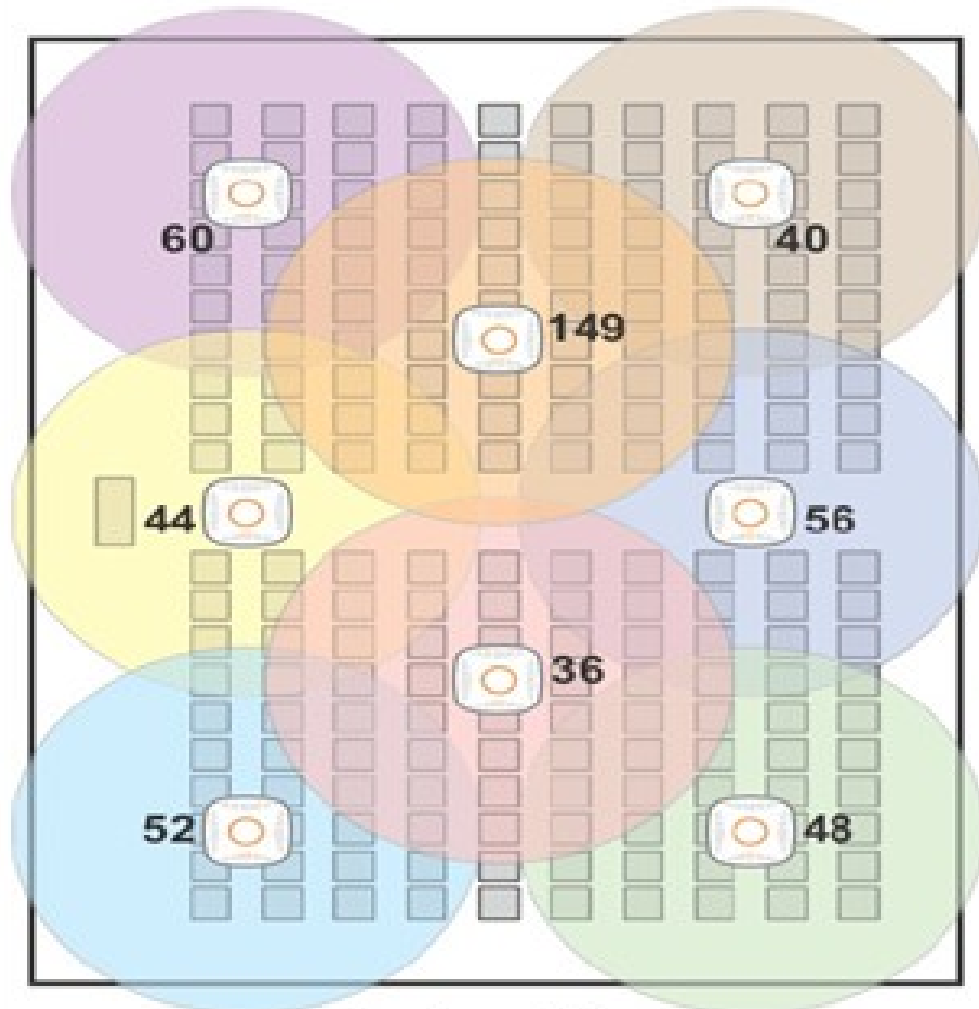
Хмарні сервіси для фільтрації
контенту і управління програмним
забезпеченням

Основні умови побудови мереж з високою щільністю

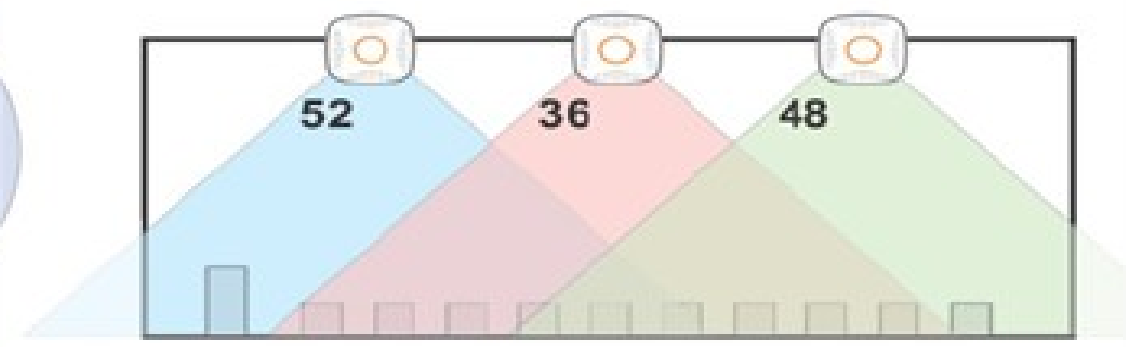
При побудові безпроводової мережі з високою щільністю на базі технології **Aruba Instant** необхідно забезпечити належне відношення рівня сигналу до рівня шуму по всій зоні обслуговування (велику потужність сигналу), достатньо пропускну здатність для обслуговування великої кількості абонентів, усунення перешкод між точками доступу та ефективно 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;
- обґрунтування мінімальної відстань між точками доступу для забезпечення безпроводової мережі з високою щільністю.

Розміщення точок доступу зверху (на стелі)

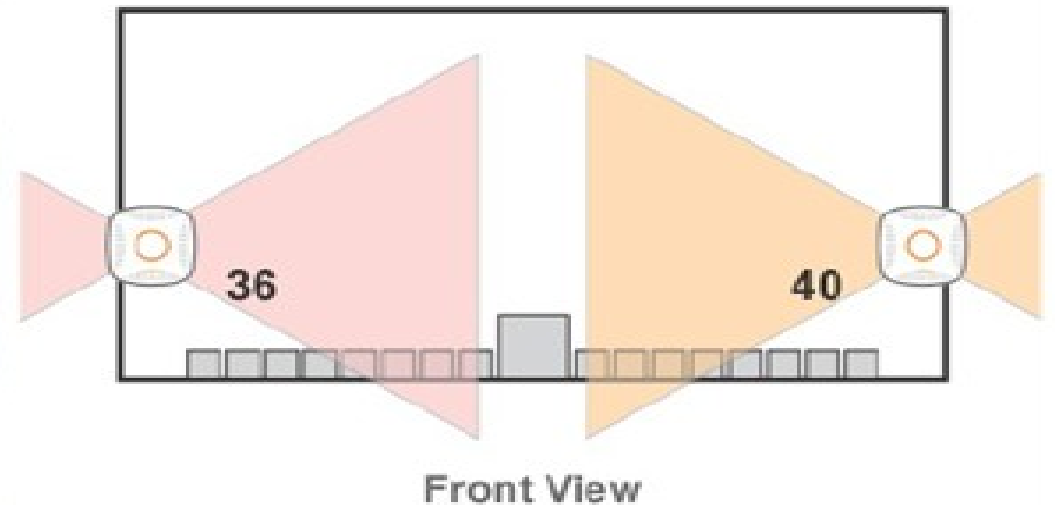
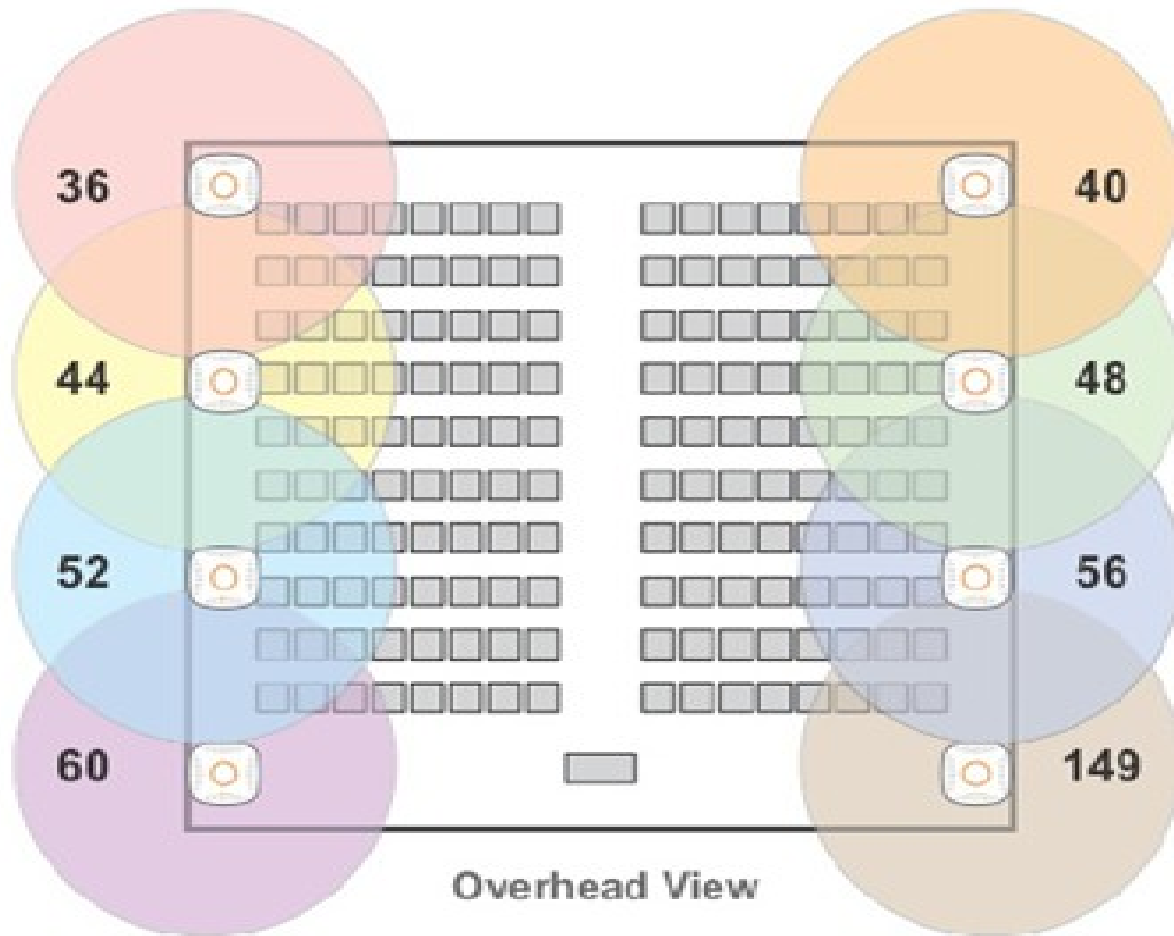


Overhead View

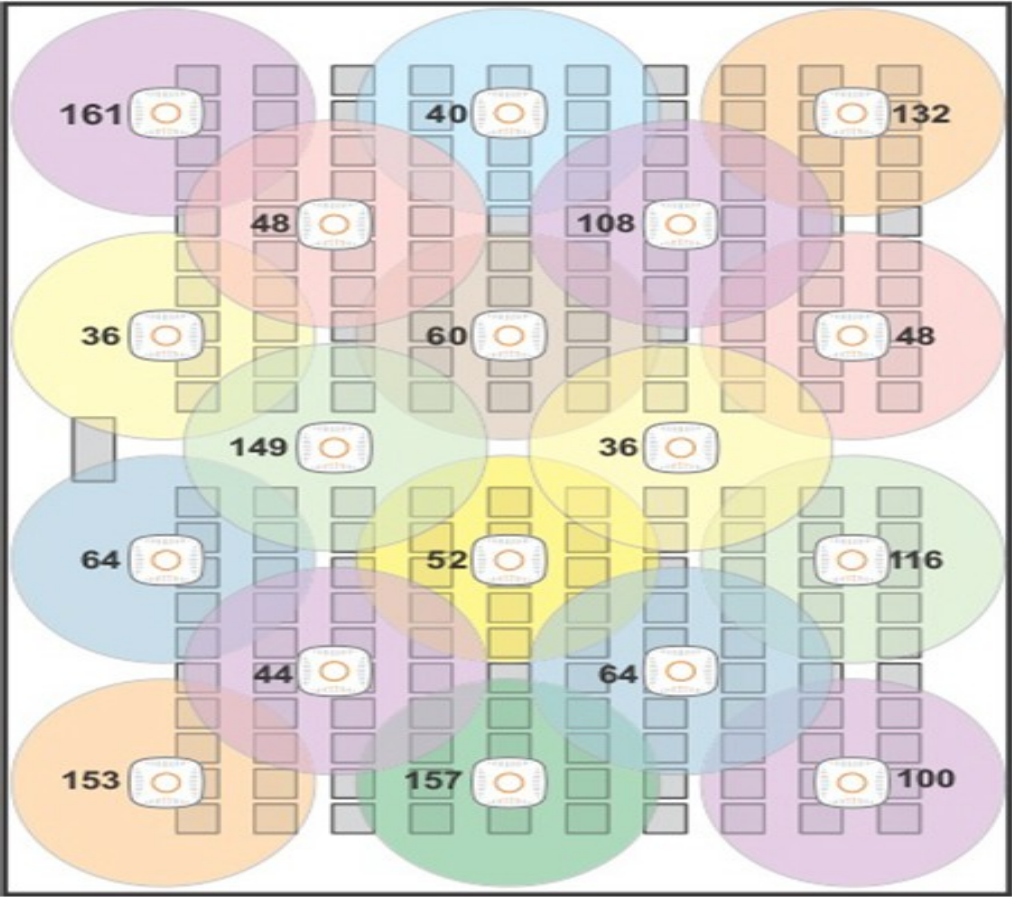


Side View

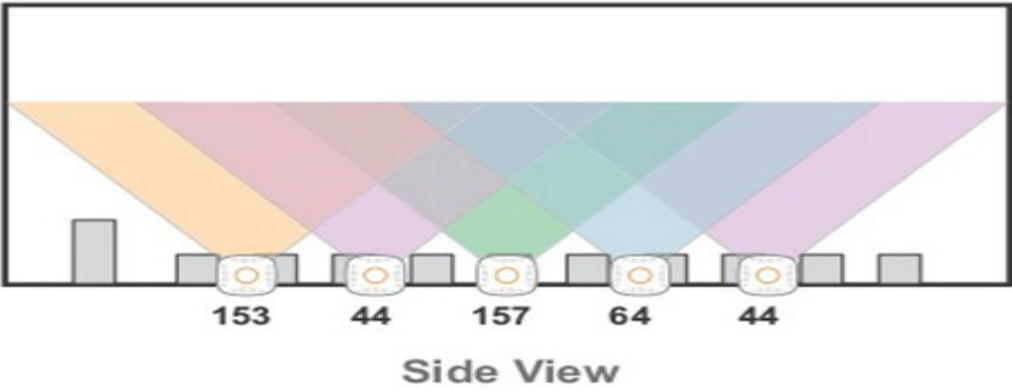
Розміщення точок доступу збоку (на стінах)



Розміщення точок доступу знизу (під кріслами)






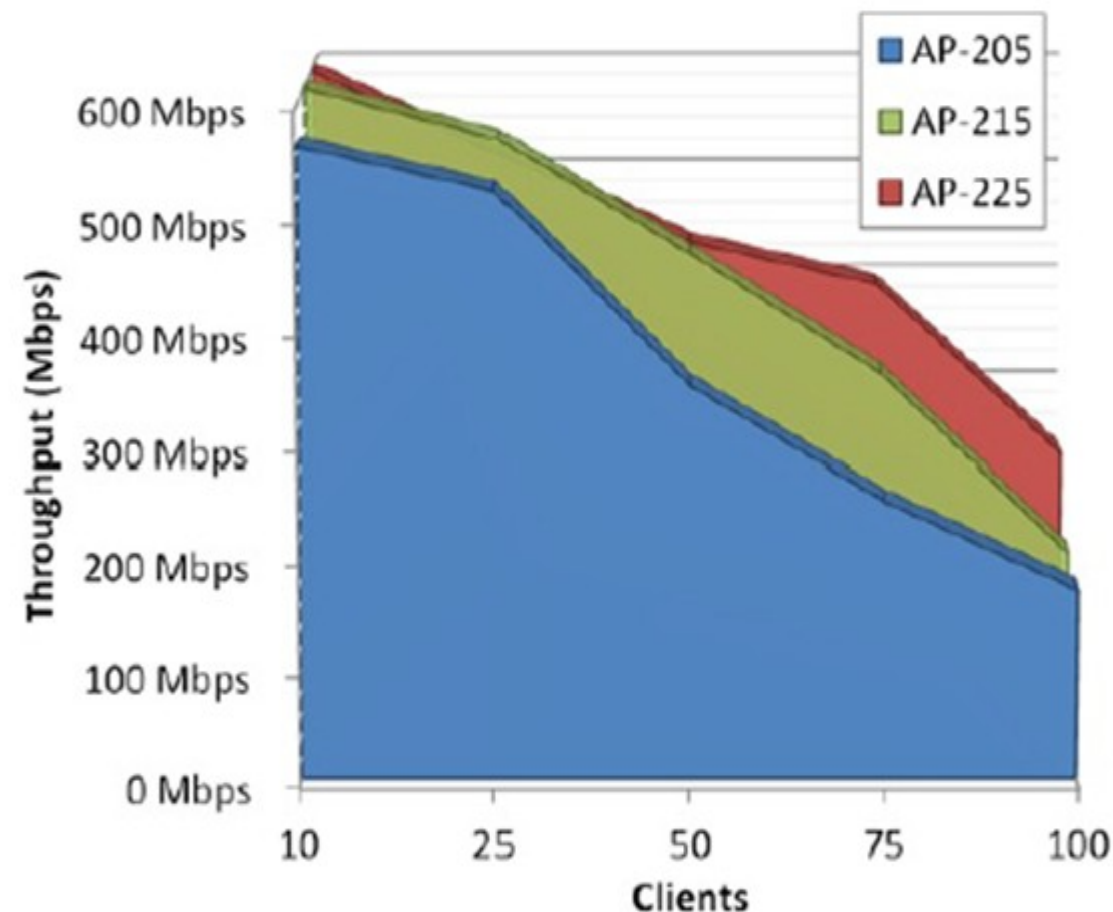
Overhead View



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 duplexed 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



Загальна пропускна здатність системи

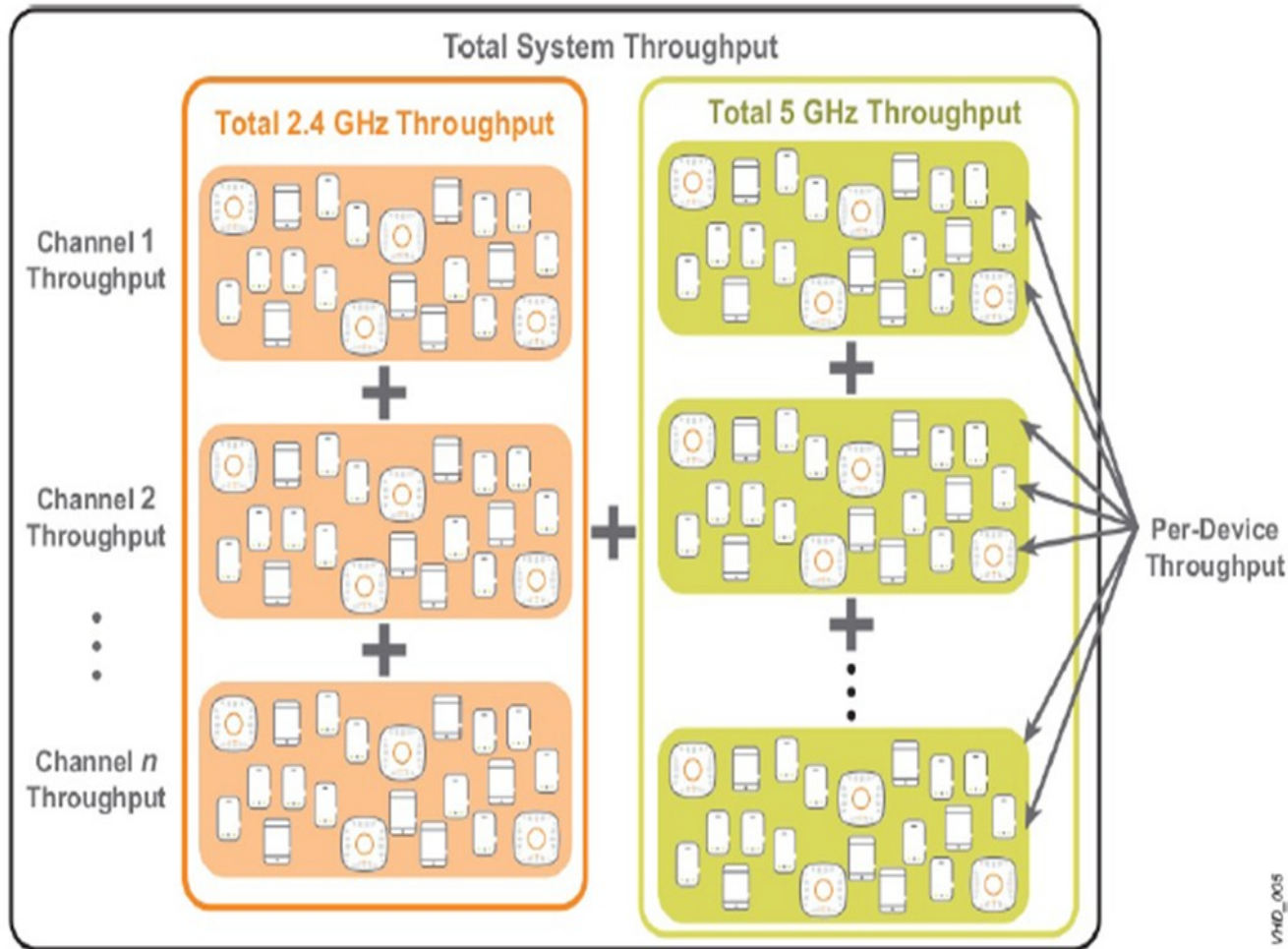


Figure EC2-1 Defining Throughput Terminology for a VHD Wireless LAN

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

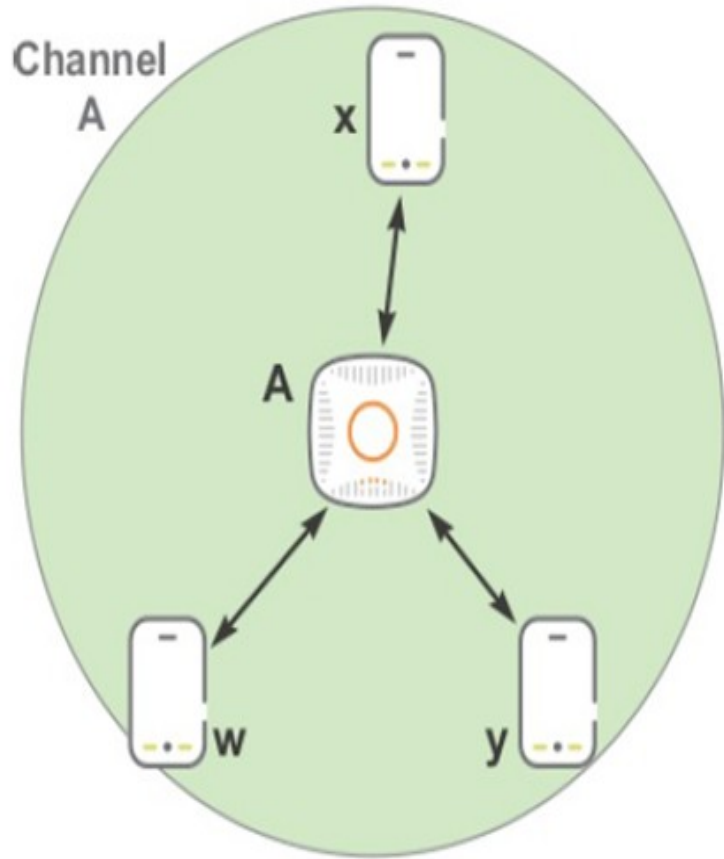


VHD_006

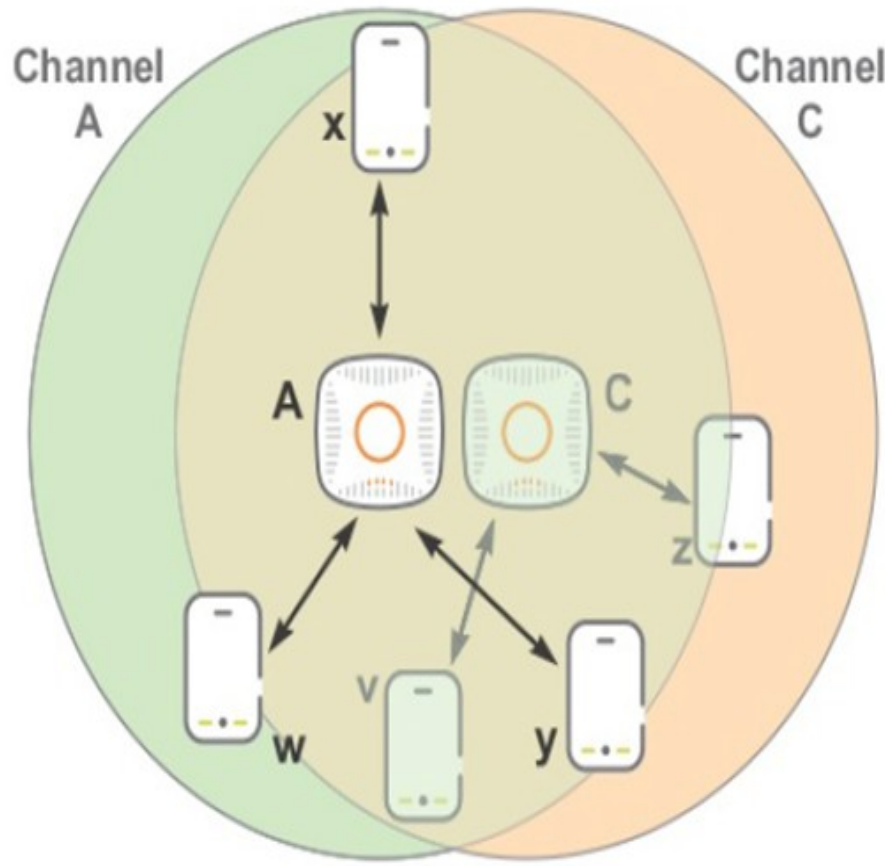
В роботі досліджено процес розробки, налаштування та оцінки пропускної здатності безпроводової мережі з високою щільністю, який міститься у наступних кроках:

- вибір необхідної кількості каналів;
- визначення пропускної здатності кожного каналу;
- визначення кількості 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 кількості каналів



If one channel provides x Mbps capacity...



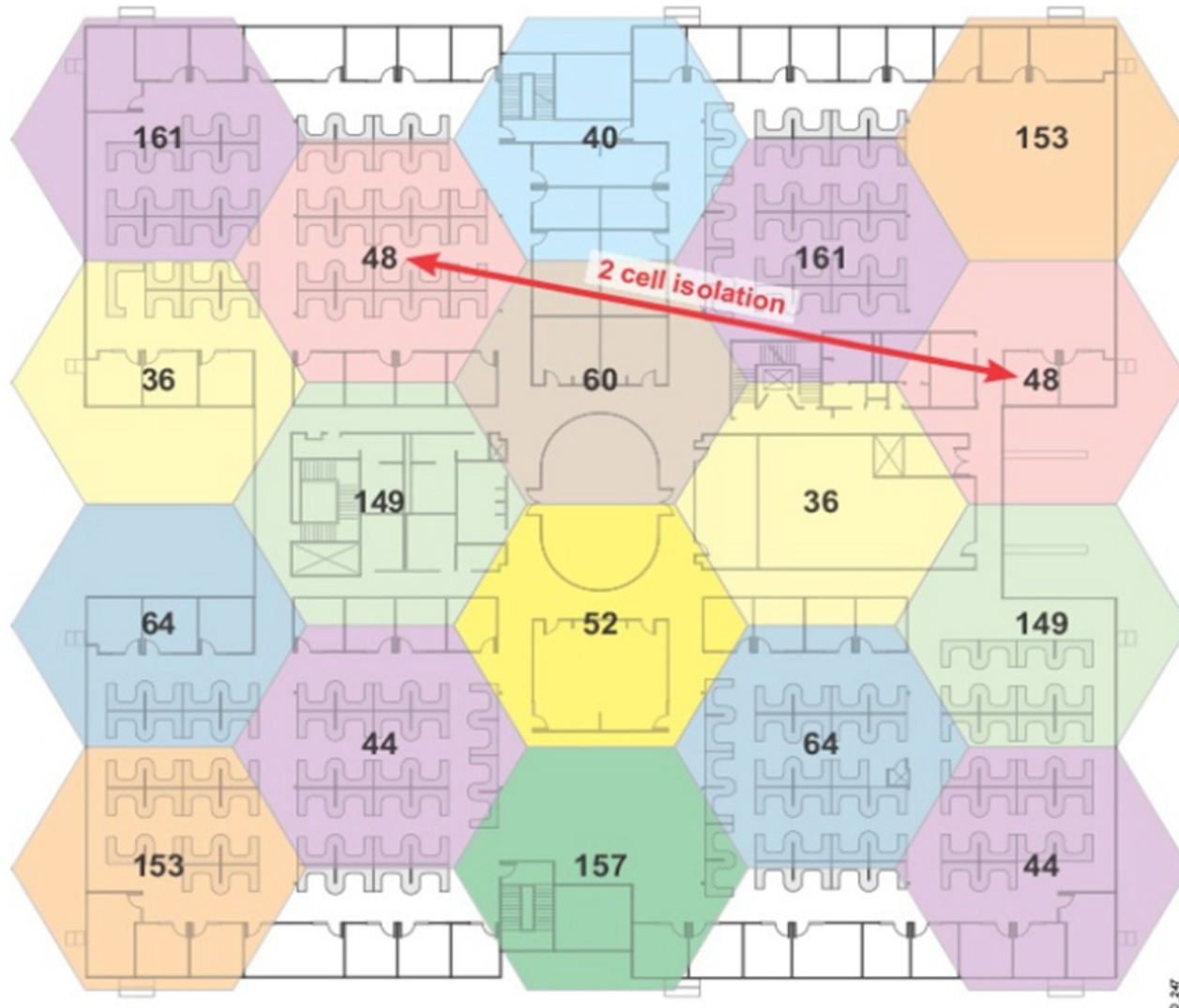
Two APs covering the same area on non-overlapping channels provide $2x$ Mbps capacity.

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 комірці не перешкоджають іншій комірці, яка знаходиться на належній відстані.

Висновки

1. З розвитком безпроводових технологій та появою точок доступу нового покоління **Aruba Instant** з'являється 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 - розміщені точки доступу на високому рівні, бічні, та точки доступу, що розміщені на низькому рівні. Кожна стратегія має переваги та недоліки, але ці архітектури ніколи не повинні об'єднуватися в єдину зону покриття.

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

вибір необхідної кількості каналів;

визначення пропускної здатності кожного каналу;

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

вибір просторового фактору повторного використання частотних каналів;

обчислення загальної пропускної здатності системи.