

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Державного університету
«Житомирська політехніка»

протокол від 20 листопада 2020 р.
№4

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для самостійних занять з навчальної дисципліни «Безпроводні мережі»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»
спеціальності 125 «Кібербезпека»
освітньо-професійна програма «Кібербезпека»
факультет інформаційно комп'ютерних технологій
кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

Рекомендовано на засіданні
кафедри біомедичної інженерії
та телекомунікацій
29 серпня 2020 р.,
протокол № 9

Розробник: старший викладач МОРОЗОВ Дмитро

Житомир
2020 – 2021 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 2

Метою дисципліни «Безпроводні мережі» є вивчення теоретичних та практичних основ функціонування безпроводних мереж передачі даних, вивчення основних сучасних протоколів передачі даних, технологій і принципів організації безпроводних мереж різного рівня складності, захисту інформації в цих мережах. Дисципліна є базовою для формування у студентів практичних навичок по організації технічної експлуатації, захисту, обслуговування та забезпечення надійності функціонування безпроводних мережевих телекомунікаційних пристроїв.

Завданнями вивчення дисципліни «Безпроводні мережі» є розвиток у майбутнього фахівця умінь проектувати, обслуговувати і усувати несправності в роботі безпроводних мереж, засвоєння практичних навичок роботи з безпроводним обладнанням, зміною налаштувань і архітектури всієї мережі, виконання заходів безпеки при розробці, розгортанні і експлуатації безпроводних мереж.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених стандартом вищої освіти зі спеціальності 125 «Кібербезпека»:

КФ 2. Здатність до використання інформаційно-комунікаційних технологій, сучасних методів і моделей інформаційної безпеки та/або кібербезпеки.

КФ 5. Здатність забезпечувати захист інформації, що обробляється в інформаційно-телекомунікаційних (автоматизованих) системах з метою реалізації встановленої політики інформаційної та/або кібербезпеки.

КФ 10. Здатність застосовувати методи та засоби криптографічного та технічного захисту інформації на об'єктах інформаційної діяльності.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю 125 спеціальності «Кібербезпека»:

РН 26. Впроваджувати заходи та забезпечувати реалізацію процесів попередження отриманню несанкціонованого доступу і захисту інформаційних, інформаційно-телекомунікаційних (автоматизованих) систем на основі еталонної моделі взаємодії відкритих систем.

РН 27. Вирішувати задачі захисту потоків даних в інформаційних, інформаційно-телекомунікаційних (автоматизованих) системах.

РН 31. Застосовувати теорії та методи захисту для забезпечення безпеки елементів інформаційно-телекомунікаційних систем.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 3

РН 36. Виявляти небезпечні сигнали технічних засобів.

РН 37. Вимірювати параметри небезпечних та заводових сигналів під час інструментального контролю процесів захисту інформації та визначати ефективність захисту інформації від витоків технічними каналами відповідно до вимог нормативних документів системи технічного захисту інформації.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. «Основи безпроводних мереж»

1. Основи безпроводних мереж. Історія розвитку безпроводних мереж. Wi-Fi. Стандарти 802.11. Wi-Fi 6.

2. Фізичні основи функціонування мереж Wi-Fi. Антенно-фідерні пристрої. Завадостійкість мереж Wi-Fi. OFDM та OFDMA. Технології MIMO та MU-MIMO. Формування лінії передачі (beamforming) в стандартах 802.11ac і 802.11ax. WDS та бездротові мости.

3. Wi-Fi на каналному рівні. MAC-підрівень. CSMA/CA. MACAW. Формат кадру 802.11. Типи кадрів. Процедура встановлення зв'язку з точкою доступу в мережі Wi-Fi

4. Контролери безпроводних мереж. Функції WLC. Легкі точки доступу. Протокол LWAPP. Протокол CAPWAP. Процедура CAPWAP Discovery/Join.

5. Основи безпеки в безпроводних мережах. Огляд методів аутентифікації. Принципи роботи і недоліки WEP. WPS. Основні атаки на WEP і WPS. WPA і його переваги над WEP. PSK-аутентифікація. TKIP. MIC. WPA Enterprise Mode.

6. Протокол WPA2. Алгоритм роботи протоколу шифрування AES-CCMP. Аутентифікація з використанням Extensible Authentication Protocol. RADIUS-сервер Атаки на WPA2. Основні методи взлому WPA2 і способи їм протидії. Brute force і словникові атаки. Атака KRACK. WPA-3. Переваги WPA3 над WPA2. WPA3-SAE. Атака Dragonblood.

Змістовий модуль 2 «WPAN мережі»

7. WPAN мережі. Особливості персональних безпроводних мереж. Історія виникнення і версії Bluetooth. Специфікації Bluetooth. Стек протоколів Bluetooth.

8. Архітектура Bluetooth. Протоколи і профілі Bluetooth. Особливості

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 4

роботи і енергозбереження.

9. Bluetooth з низькою енерговитратою (BLE). Особливості роботи і профілі BLE.

10. Безпека в Bluetooth. Основні вразливості Bluetooth. Відомі види атак.

Змістовий модуль 3 «Мобільні мережі передачі даних»

11. Системи мобільного зв'язку. Покоління мобільного зв'язку. Принципи побудови стільникової мережі. Базова станція. Організація роботи системи стільникового зв'язку. Використання частотного діапазону. Методи множинного доступу. 2G мережі. GPRS.

12. Передача даних в 3G мережах. Принципи побудови і функціонування UMTS мереж. WCDMA. Апаратне забезпечення 3G мереж.

13. Передача даних в 4G мережах. Принципи побудови і функціонування LTE мереж. E-UTRAN. Ядро мережі. Serving Gateway. Packet Data Network Gateway. Апаратне забезпечення 4G мереж.

14. 5G мережі. Принципи побудови і функціонування NR мереж. Просторове мультиплексування. Massive-MIMO. 5G інфраструктура. Перспективи впровадження 5G мереж в Україні

Змістовий модуль 4 «Безпроводні мережі інтернету речей»

15. Безпроводні мережі в IoT. Особливості побудови мереж з низьким енергоспоживанням. M2M бездротові мережі. LPWAN. Технологія LoRaWAN. Особливості функціонування LoRaWAN мереж в умовах міста.

16. NB-IoT мережі. Переваги і недоліки NB-IoT в порівнянні з іншими LPWAN мережами. Впровадження NB-IoT в Україні. UNB-мережі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52/5

Кредитний модуль	Змістовні модулі	Розподіл часу	
		Години	Джерело
№1	Тема 1. Основи безпроводних мереж	2	[1]
	Тема 2. Фізичні основи функціонування мереж Wi-Fi.	2	[1]
	Тема 3. Wi-Fi на каналному рівні.	2	[2]
	Тема 4. Контролери безпроводних мереж.	2	[2]
	Тема 5. Основи безпеки в бездротових мережах.	1	[2]
	Тема 6. Протокол WPA2.	2	[2]
	Лабораторна робота №1. Перетворювання одиниць вимірювання в безпроводних мережах	1	
	Лабораторна робота №2. Налаштування та дослідження функціонування безпроводних мереж на базі маршрутизаторів CISCOLINKSYS	1	
	Лабораторна робота №3. Налаштування та дослідження роботи безпроводних мереж, побудованих на базі маршрутизаторів CISCO	1	
Разом	-	16	–
№2	Тема 7. WPAN мережі.	3	[3]
	Тема 8. Архітектура Bluetooth.	3	[3]
	Тема 9. Bluetooth з низькою енерговитратою.	3	[1]
	Тема 10. Безпека в Bluetooth.	3	[3]
	Лабораторна робота №4. Налаштування та дослідження роботи безпроводної локальної мережі побудованої з використанням безпроводних контролерів Cisco	1	
	Лабораторна робота №5. Налаштування та дослідження роботи CISCO MERAKI	1	
Разом	–	14	–
№3	Тема 11. Системи мобільного зв'язку.	3	[3]
	Тема 12. Передача даних в 3G мережах	3	[1]
	Тема 13. Передача даних в 4G мережах	3	[1]
	Тема 14. 5G мережі.	3	[1]
	Лабораторна робота 6. Налаштування безпроводної мережі на роутері MikroTik hAP AC^2	1	
	Лабораторна робота 7. Налаштування безпроводної SONO мережі на обладнанні MikroTik	1	
Разом	-	14	
	Тема 15. Безпроводні мережі в IoT	6	[2]
	Тема 16. NB-IoT мережі.	5	[2]
	Лабораторна робота №8. Налаштування то дослідження роумінгу в безпроводній мережі побудованій за технологією CAPsMAN від Mikrotik	1	
Разом	-	12	
Розділи для самостійного вивчення			

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 6

	Резервування безпроводних мереж	4	[2]
	Програмні безпроводні контролери	4	[2]
	Основні етапи дослідження безпроводних мереж	4	[1]
	Принципи роботи і основні прийоми дослідження мереж за допомогою пакету Wireshark	4	[2]
	Основи мереж SD-WAN	4	[1]
Разом	–	20	–
Всього по курсу	–	116	–

Принципи контролю за самостійною роботою

Кредитно-модульна робота проводиться у вигляді письмової контрольної роботи. До складу входять теоретичні питання та задачі. Завдання можуть бути як репродуктивними, так і творчими.

При вивченні дисципліни передбачаються наступні форми контролю: контрольні роботи, які проводяться на лекціях, перевірка конспектів, усне опитування, захист звітів по лабораторним заняттям, контроль готовності до занять. Підсумкова форма контролю – іспит.

5. Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Перетворювання одиниць вимірювання в безпроводних мережах	4
2	Налагодження та дослідження функціонування безпроводних мереж на базі маршрутизаторів CISCOLINKSYS	4
3	Налагодження та дослідження роботи безпроводних мереж, побудованих на базі маршрутизаторів CISCO	4
4	Налагодження та дослідження роботи безпроводної локальної мережі побудованої з використанням безпроводних контролерів Cisco	4
5	Налагодження та дослідження роботи CISCO MERAKI	4
6	Налагодження безпроводної мережі на роутері MikroTik hAP AC^2	4
7	Налагодження безпроводної SOHO мережі на обладнанні MikroTik	4
8	Налагодження то дослідження роумінгу в безпроводній мережі побудованій за технологією CAPsMAN від Mikrotik	4
	Разом	32

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 7

6. Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
1	Резервування бездротових мереж	4
2	Програмні бездротові контролери	4
3	Основні етапи дослідження бездротових мереж	4
4	Принципи роботи і основні прийоми дослідження мереж за допомогою пакету Wireshark	4
5	Основи мереж NB-IoT	4
Разом		20

7. Методи контролю

Освітній процес побудований на сполученні лекційних і лабораторних занять з самостійною роботою студентів. Лекційні заняття призначені для теоретичного осмислення й узагальнення складних розділів курсу, що висвітлюється в основному на проблемному рівні. Практичні заняття призначені для отримання практичних навичок роботи з мережевим обладнанням

8. Схема нарахування балів

Модулі та їх елементи	Форма контролю	Максимальна кількість балів
Змістовий модуль 1. «Основи безпроводних мереж»		
Лекції 1-6 по темам 1-6	Модульна контрольна робота №1	15
Лабораторна робота №1	Виконання і захист ЛР	5
Лабораторна робота №2	Виконання і захист ЛР	5
Лабораторна робота №3	Виконання і захист ЛР	5
Разом за змістовий модуль 1		30
Змістовий модуль 2 «WPAN мережі»		
Лекції 7-10 по темам 7-10	Модульна контрольна робота №2	15
Лабораторна робота №4	Виконання і захист ЛР	5
Лабораторна робота №5	Виконання і захист ЛР	5
Разом за змістовий модуль 2		25
Змістовий модуль 3 «Мобільні мережі передачі даних»		
Лекції 11-14 по темам 11-14	Модульна контрольна робота №3	15

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 8

Лабораторна робота №6	Виконання і захист ЛР	5
Лабораторна робота №7	Виконання і захист ЛР	5
Разом за змістовий модуль 3		25
Змістовий модуль 4 «Безпроводні мережі інтернету речей»		
Лекції 15-16 по темам 15-16	Модульна контрольна робота №4	15
Лабораторна робота №8	Виконання і захист ЛР	5
Разом за змістовий модуль 4		20
Екзамен		100
Оцінка по дисципліні		100

9. Рекомендована література

Основна література

1. Сайко В.Г., Казіміренко В.Я., Літвінов Ю.М. Мережі бездротового широкосмугового доступу. Навчальний посібник. – К.: ДУТ, 2015. – 196 с.
2. Безпроводні локальні комп'ютерні мережі: Навчальний посібник для технічних університетів / В. Чернега, Б. Платнер. – К.: Кондор-Видавництво, 2013. – 238 с.
3. Системи рухомого зв'язку. Навчальний посібник / О. О. Семенова, А. О. Семенов, В. С. Белов. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 185 с.

Допоміжна література

4. Гнатушенко, В.В. Системи супутникового та стільникового зв'язку [Текст]: навч. посіб. / В.В. Гнатушенко, О.О. Дробахін, В.М. Корчинський. – Д.: РВВ ДНУ, 2012. – 80 с.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 52 / 9</i>

Теоретична частина

Збільшення кількості користувачів, які можуть отримати доступ до WLAN у невеликому фізичному просторі, залишається проблемою. Детально описані кроки та процес для успішного дизайну WLAN з високою щільністю користувачів, який можна перевірити, впровадити та підтримувати за допомогою об'єднаної бездротової мережевої архітектури Cisco. Він включає такі загальні етапи:

- План: Визначення вимог програми та пристроїв, таких як пропускна здатність, протоколи, частоти, узгодження рівня обслуговування (SLA-service level agreement) тощо.
- Дизайн: Визначення щільності, розміру комірок, антен, покриття, опитування сайту тощо.
- Реалізація: встановлення, тестування, налаштування, встановлення базової лінії тощо.
- Оптимізація: моніторинг, звітування, коригування, перегляд базової лінії для узгодження рівня обслуговування.
- Працює: моніторинг бездротових систем управління Cisco (WCS - Wireless Control System), інструменти усунення несправностей, засоби моніторингу та звітності тощо.

Загальні концепції, що лежать в основі дизайну Wi-Fi високої щільності, залишаються вірними для багатьох середовищ. Але важливо відзначити, що вміст та рішення, представлені тут, не відповідають кожному сценарію проектування WLAN. Швидше, мета цього посібника - пояснити проблеми в дизайні WLAN для клієнтських середовищ високої щільності та запропонувати успішні стратегії, щоб інженери та адміністратори зрозуміли їх та змогли сформулювати вплив дизайнерських рішень.

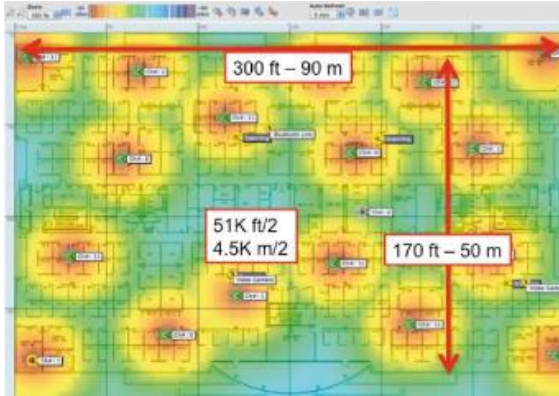
Цільові екологічні характеристики для WLAN в середовищі вищої освіти
Дизайн бездротової локальної мережі з високою щільністю відноситься до будь-якого середовища, де клієнтські пристрої розміщуватимуться в щільності, що перевищує очікування покриття від звичайного розгортання підприємства, в даному випадку - традиційного офісу з килимами. Для довідки, типова середовище для офісу має характеристики поширення в приміщенні для ослаблення сигналу. Щільність користувача - найважливіший фактор у дизайні. Сукупна доступна пропускна здатність передається на стільник(стільник – зона покриття однієї точки доступу або однієї антени з деякою діаграмою направленості), а кількість користувачів та їх характеристики зв'язку (такі як швидкість, робочий цикл, тип AP, діапазон, сигнал та SNR(відношення сигнал-шум)), що займають цю клітинку, визначають загальну доступну пропускну здатність для кожного користувача.

У типовому офісному середовищі, на малюнку 1, можуть бути розгорнуті точки

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 10

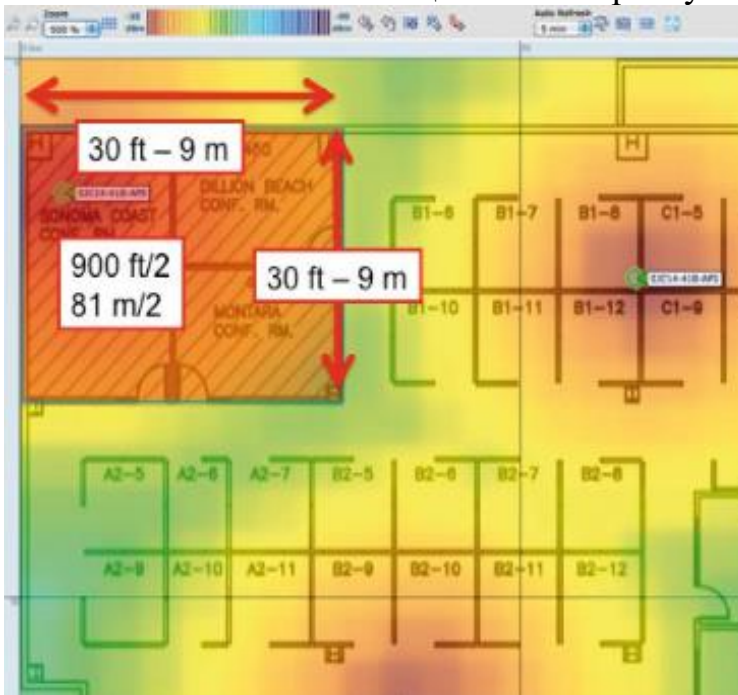
доступу до 2500 до 5000 квадратних футів із сигналом в -67 децибел в міліваті (дБм) та максимум від 20 до 30 користувачів на клітинку. Це щільність одного користувача на кожні 120 квадратних футів (кв. Фут.) І видає мінімальний сигнал -67 дБм.

Малюнок 1. Типовий Office WLAN



При плануванні та розгортанні такої бездротової локальної мережі AP зазвичай розміщується в зоні, яка, як очікується, має більшу щільність користувачів, наприклад, у конференц-залі, тоді як загальні зони залишаються з меншим покриттям. Таким чином передбачається попереднє планування районів з високою щільністю. Конференц-зали часто розміщують в кластерах, тому найкраще розробити проект для максимальної місткості площі. Наприклад, максимальна зайнятість для трьох кімнат - 32, тому щільність користувачів складе один користувач на 28 квадратних футів, малюнок 2.

Малюнок 2. Обчислення щільності користувачів

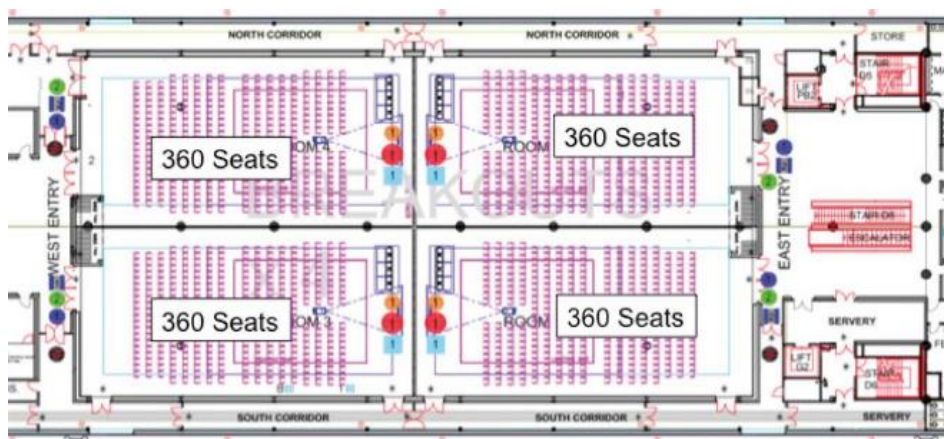


Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 11

У середовищі високої щільності, такому як лекційний зал чи аудиторія, щільність користувачів у зайнятому просторі різко зростає. Крісла для користувачів зазвичай розташовані дуже близько один до одного для досягнення високої зайнятості. Загальні розміри простору дійсно корисні лише для отримання уявлення про втрату вільного простору на шляху сигналу AP. Щільність користувачів не рівномірно розподілена по всьому простору, оскільки проходи, етапи та подіуми являють собою відсоток простору, який є відносно незайнятим. RF-динаміка AP дуже відрізняється від дуже відрізняється від досвідчених на рівні користувача. Точки доступу мають чудовий вид на приміщення, і пристрої користувачів будуть розташовані тісно разом із ослаблювальними тілами, що їх оточують.

Найбільшими джерелами втручання в приміщення є самі клієнтські пристрої. Для кожного користувача, який сидить у глядацькій залі, який може зручно опиратися рукою на спинку сидіння перед ними, відстань становить приблизно три фути, середня ширина сидіння - 24 дюйма. Це дає вихід, що визначається як середовище з високою щільністю, з розміщенням менше 1 квадратного метра на пристрій, припускаючи, що один чи більше пристроїв підключено на одне місце.

Малюнок 3. Сидіння та перешкоди



Що в кінцевому підсумку буде впливати на клієнтські пристрої більше, ніж будь-який інший фактор, - це погіршення співвідношення сигнал-шум (SNR) через спільно розташовані перешкоди каналу, керованими пристроями, розташованими разом. Правильна інженерія системи може мінімізувати вплив за рахунок максимального правильного просторового повторного використання, але її неможливо виключити у високо щільних середовищах повністю. Оперативні поля стають більш критичними, оскільки ущільнюється простір і поганий радіозв'язок або поведінка в суміші можуть мати великий вплив у стільнику. Поведінка клієнта в цих умовах буде сильно відрізнятися, а також повідомляються про тенденції, засновані на середовищі та типі подій.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 12

Щодо певного клієнтського поєднання чи поведінки можна зробити не так багато. Мета проекту - максимально надійно побудувати мережеву сторону та контролювати розуміння всіх змінних.

У середовищі, що кваліфікується як середовище з високою щільністю, також є підмоделі. Наприклад, у середовищі з високою щільністю, наприклад, у публічному майданчику чи стадіоні, ємність планується виходячи з того, який відсоток користувачів може бути активним у мережі в будь-який момент. В університеті існує інша модель, коли випадкова активність бездротової локальної мережі є одним із випадків використання, тоді як діяльність, коли професор читає лекції, може різко зрости, до 100 відсотків.

Планування

Процес проектування WLAN може розпочатися багатьма способами, але, як правило, він починається з вираженого бажання забезпечити з'єднання з певною областю, де певна кількість користувачів буде брати участь у зосередженій діяльності. Щоб оцінити, що можливо, спершу потрібно зрозуміти, що потрібно, а також що можливо. Зазвичай існує первинний додаток, який викликає необхідність підключення. Розуміння вимог пропускну здатності для цієї програми та інших заходів, які будуть проходити в мережі, забезпечить дизайнеру мету максимізування пропускну здатності для кожного користувача. Помноження цього числа на кількість очікуваних з'єднань дає сукупну пропускну здатність, яка буде потрібна

Необхідна пропускну здатність на з'єднання використовуватиметься для приведення наступних проектних рішень.

Дизайн(проектування) Пункт # 1: Створення і перевірка пропускну здатності для кожного підключення

Яку пропускну здатність в середньому вимагає кожен користувач? У таблиці 1 наведені вимоги до номінальної пропускну здатності для декількох популярних застосувань та випадків використання в умовах вищої освіти.

Таблиця 1. Вимоги до ширини пропускання для програми

Застосування	Номінальна швидкість
Веб - звичайний	500 кілобіт в секунду (Кбіт / с)
Веб - посилений	1 Мегабіт в секунду (Мбіт / с)
Аудіо - звичайне	100Кбіт / с
Аудіо - збільшеної якості	1Мбіт / с
Потокове відео - мала якість	1Мбіт / с
Потокове відео - висока якість	2-4Мбіт / с
Друк	1Мбіт / с
Передача невеликих файлів	1-2Мбіт / с
Передача великих файлів	2-8Мбіт / с

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 13

Онлайн тестування	2-4Мбіт / с
Резерування(Бекап)	10Мбіт / с

У всіх випадках доцільно протестувати цільову програму та перевірити її фактичні вимоги до пропускну здатності. Дизайнерам програмного забезпечення часто потрібно вибрати лише одне середнє число, щоб представити вимоги програми, коли насправді існує багато режимів і рішень щодо розгортання, які можуть скласти більш точну статистику для розгортання. Також важливо перевірити програми на репрезентативному зразку пристроїв, які мають підтримуватися в WLAN. Крім того, не всі браузерери та операційні системи користуються однаковою ефективністю, а додаток, який працює на 100 кілобітів в секунду (Кбіт / с) на ноутбучі Windows з Microsoft Internet Explorer або Firefox, може потребувати більшої пропускну здатності при перегляді на смартфоні або планшет із вбудованим браузером та операційною системою.

Як тільки буде відома необхідна пропускну здатність на з'єднання та додаток, це число можна використовувати для визначення сукупної пропускну здатності, необхідної у зоні покриття WLAN. Щоб досягти цього числа, помножте мінімально прийнятну пропускну здатність на кількість з'єднань, що очікуються в зоні покриття WLAN. Це дає цільову пропускну здатність, необхідну для необхідної серії кроків.

Дизайн(проекування) Пункт №2: Обчислення сукупної пропускну здатності, необхідної для зони покриття

Якщо цей посібник з проектування був би призначений для дротової, а не для бездротової мережі, обчислення вимог сукупної пропускну здатності потягнуло б за собою поділ сукупної потужності на наявну пропускну здатність каналу. Тоді кількість каналів буде встановлено, і вони будуть підключені до комутатора. Але у мережі WLAN швидкість каналу впливає на багато факторів, включаючи протоколи, умови навколишнього середовища та робочу смугу адаптера. Перш ніж обчислити сукупну пропускну здатність, слід врахувати кілька речей.

У сукупному підрахунку пропускну здатності з'єднання замість сидінь (використовувались як основа для розрахунку) використовуватиметься Кількість з'єднань у комірці - це те, що визначає загальну пропускну здатність, яка буде реалізована за з'єднання замість кількості місць. Більшість користувачів сьогодні мають як основний обчислювальний пристрій (наприклад, смартфон, планшетний комп'ютер чи ноутбук), так і другий пристрій (наприклад, смартфон). Кожне з'єднання, що працює у WLAN з високою щільністю, споживає повітряний час та мережеві ресурси, і тому буде частиною сукупного обчислення пропускну здатності. Збільшення кількості підключень пристроїв є однією з головних причин, коли старі конструкції WLAN досягли надмірної підписки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 14

Wi-Fi - це спільний носій. Подібно до сегменту Ethernet без комутації, він працює як напівдуплексне з'єднання. Лише одна станція може одночасно використовувати канал, і висхідна(uplink), і низхідна(downlink) лінія працюють на одному каналі. Кожен канал або клітинка, що використовується в розгортанні Wi-Fi, представляє потенційну одиницю пропускної здатності, подібно до з'єднання Ethernet з концентратором. В Ethernet технологія комутації була розроблена для підвищення ефективності середовища за допомогою обмеження доменів колізій та підключення користувача до фізичного порту та створення точкових з'єднань між портами за необхідності, різко збільшуючи загальну потужність .

Користувачі та додатки також мають тенденцію бути непередбачуваними (міра нерівномірності чи змін у потоці трафіку) у природі, і часто мережі шарів доступу розробляються із збільшеннями 20: 1 для врахування цих відхилень. Необхідно визначити, а також врахувати схеми використання програми та передбачуваних кінцевих користувачів. Деякі додатки, такі як потокове відео з багатоадресної передачі, зменшать цей коефіцієнт переписки, тоді як інші можуть зменшити цей коефіцієнт ще вище, щоб визначити прийнятну угоду про рівень обслуговування для розрахованої місткості кожної комірки.

Для бездротових мереж 802.11 або будь-якої радіомережі взагалі повітря є середовищем поширення. Незважаючи на те, що досягнуто багато досягнень у ефективності, неможливо логічно обмежити область фізичного мовлення та зіткнення радіочастотного сигналу або відокремити його спектровий слід від інших радіостанцій, що працюють в тому ж спектрі. З цієї причини Wi-Fi використовує діапазонний план, який розбиває наявні спектри на групу каналів, що не перекриваються. А-канал являє собою стільник. Використовуючи аналогію Ethernet, комірка являє собою єдиний домен суміжного зіткнення.

Скільки користувачів можуть комфортно отримати доступ до AP? Сотні. Але питання не в тому, скільки користувачів може успішно асоціюватися з AP, а скільки користувачів може бути в приміщенні і все-таки отримати прийнятну пропускну здатність для кожного користувача.

802.11 та масштабованість: скільки пропускної здатності буде надавати стільник?

Щоб масштабувати 802,11 мережі та надійно доставити послідовну пропускну здатність до великої кількості користувачів у безпосередній близькості, важливо вивчити деякі принципи бездротової локальної мережі в розумних досить ідеальних умовах. Після того, як правила зрозумілі, будуть представлені способи їх маніпулювання з максимальною користю.

У реальних мережах WLAN фактична пропускну здатність програми є важливою для кінцевого користувача, і це відрізняється від швидкості сигналу. Швидкість передачі даних являє собою швидкість, з якою пакети даних будуть

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 15

переноситися за носієм. Пакети містять певну кількість накладних витрат, необхідних для адресації та контролю пакетів. Пропускна здатність програми переноситься як дані про корисне навантаження в межах цих витрат. У таблиці 2 наведено середню пропускну здатність програми за протоколом у хороших умовах RF.

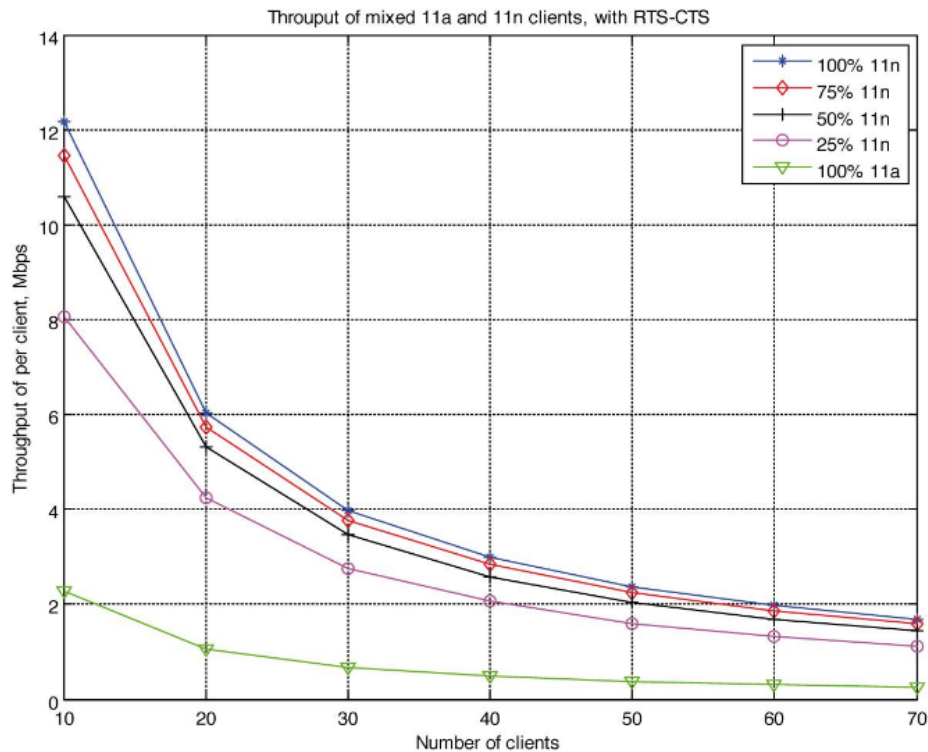
Таблиця 2. Середня пропускну здатність програми за протоколом

Протокол	Пропускна здатність
802.11 b	7.2
802.11 b/g mix	13
802.11 g	25
802.11 a	25
802.11 n-HT20 one spatial stream (1ss) Modulation Coding Scheme 7 (MCS7)	25
802.11 n-HT20 2ss Modulation Coding Scheme 15 (MCS15)	70
802.11 n-HT40 2ss Modulation Coding Scheme 15 (MCS15)	160

Are 802.11n Data Rates Dependable?

Сьогодні багато клієнтів готові до 802.11n, і це може забезпечити підвищення пропускну здатності та підвищення ефективності в умовах розгортання високої щільності. Однак більшість WLAN підтримуватимуть поєднання клієнтських протоколів. Оцінити середньостатистичний клієнтський набір у бездротовій локальній мережі можливо, переглянувши графічний інтерфейс користувача (GUI -graphical user interface) контролера WLAN або звіти Cisco Wireless Control System та використовуючи цю історичну сукупність інформації для планування. Якщо WLAN не є унікальним, більшість середовищ, швидше за все, матимуть справу з різноманітним набором клієнтів та протоколів найближчим часом. Враховуйте, що можна очікувати, що інші фактори, наприклад, кількість з'єднань, змінюватимуться з часом, і з цих причин часто найкраща практика будувати якийсь буфер, щоб згладити довгострокові результати. Переважна швидкість у високошвидкісному 802.11n високої пропускну здатності (HT-high throughput) є вражаючою та підвищує загальну ефективність та потужність конструкції, дозволяючи реалізувати більше користувачів або більш високі швидкості на одному каналі. На малюнку 4 показані змішані ємності протоколу клієнта для даної комірки.

Рисунок 4. Продуктивність змішаного протоколу бездротового клієнта в стільнику (швидкості передачі даних 802.11a / g / n)



На наведеному вище графіку показано швидкість пропускної здатності в різних сумішах схеми кодування модуляції HT20-15 (MCS15) 2SS швидкості передачі даних та застарілі 802.11a / g (для цього обговорення 802.11a та 802.11g є одними і тими ж діапазонами протоколу і розглядаються рівні) швидкості передачі даних в межах однієї ізольованої комірці.

- У всіх MCS15 або всіх клієнтів 802.11a / g різниця в пропускній здатності становить 480 відсотків.
- Завдяки суміші 50/50 збільшується на 400 відсотків порівняно зі застарілою пропускною здатністю.
- З падінням всього до 25 відсотків клієнтів MCS15, зростання становить 300 відсотків.
-

У цьому прикладі, використовуючи 30 підключень, пропускна здатність програми для кінцевого користувача склала б 833 Кбіт / с із застарілими з'єднаннями або 3,9 Мбіт / с з усіма 802.11n з'єднаннями. Змішані рухає пропускну здатність вниз. Інші змінні, такі як щільність користувачів або шум у навколишньому середовищі, можуть і, ймовірно, змінюватись з часом і впливати на пропускну здатність.

Використовуючи застарілі показники даних як номінальне значення, Таблиця 3 показує взаємозв'язок між пропускною здатністю стільника та пропускною здатністю з'єднання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 17

Таблиця 3. Дані пропускної здатності та підключення користувачів в різних протоколах

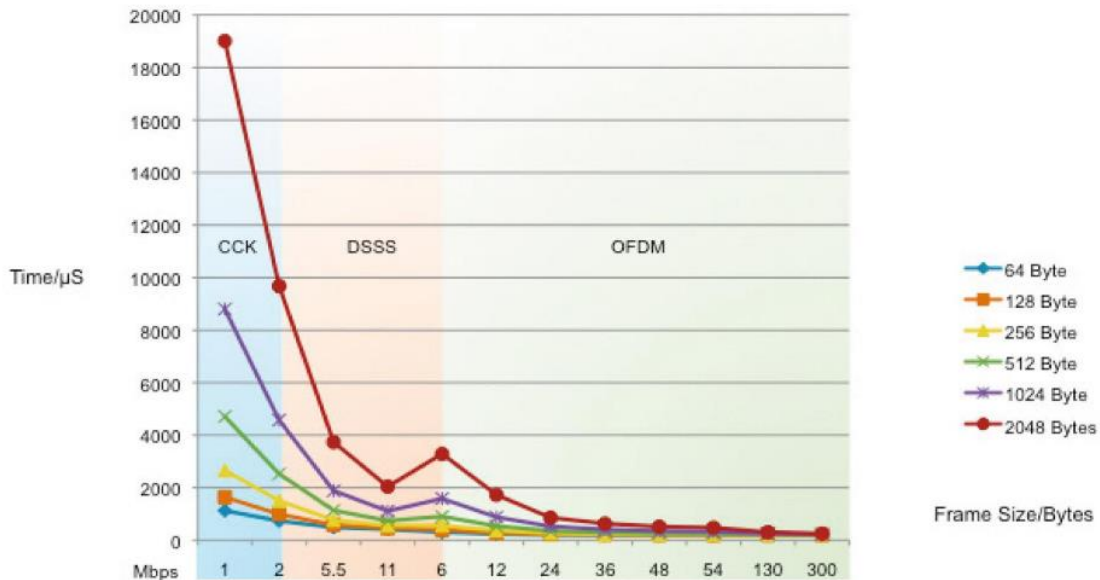
Протокол	Швидкість передачі даних (Мбіт / с)	Сукупна пропускна здатність (Мбіт / с)	Кількість користувачів	Середня пропускна здатність на користувача
802.11b	11	7.2	10	720 Кбіт / с
802.11b	11	7.2	20	360Кбіт / с
802.11b	11	7.2	30	240Кбіт / с
802.11b/g	54	13	10	1.3Мбіт / с
802.11b/g	54	13	20	650Кбіт / с
802.11b/g	54	13	30	430Кбіт / с
802.11a	54	25	10	2.5Мбіт / с
802.11a	54	25	20	1.25Мбіт / с
802.11a	54	25	30	833Кбіт / с
802.11n MCS7	72	35	10	3.5Мбіт / с
802.11n MCS7	72	35	20	1.75Мбіт / с
802.11n MCS7	72	35	30	1.16Мбіт / с

Змішана комірka, що містить і 802.11b, і 802.11g трафік, призводить до пропускної здатності удвічі більшої, ніж у 802.11b, і приблизно вдвічі менше 802.11g. Аналогічний ефект спостерігався при порівнянні 802.11n та застарілих 802.11a / g. До включення 802.11n, всі досягнення технології Wi-Fi відбулися за рахунок поступового розвитку технології кодування. 802.11n змінив кодування та раціоналізував об'єднання 20 МГц каналів і збільшив доступну пропускну здатність каналу. Впроваджуючи нові технології, необхідно також передбачити механізм, який дозволяє співіснувати стрим протоколам поряд з новими (legacy support). Саме цей механізм знижує загальну ефективність каналу за рахунок додаткових операцій. Модем 802.11b не був розрахований на підтримку 802.11g. Щоб уникнути проблем, радіостанції 802.11b повинні бути поінформовані, що каналу потрібно протокол 802.11g протягом певного періоду часу.

У середовищі з високою щільністю слід використовувати кожну наявну можливість для досягнення бажаної мети максимальної пропускної здатності та доступу. На малюнку 5 показано співвідношення повітряного часу на кадр (channel utilization-використання каналу), розмірів кадру та швидкості передачі даних.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 18

Малюнок 5. Використання кадру каналу, розміри кадру та швидкість передачі даних у WLAN

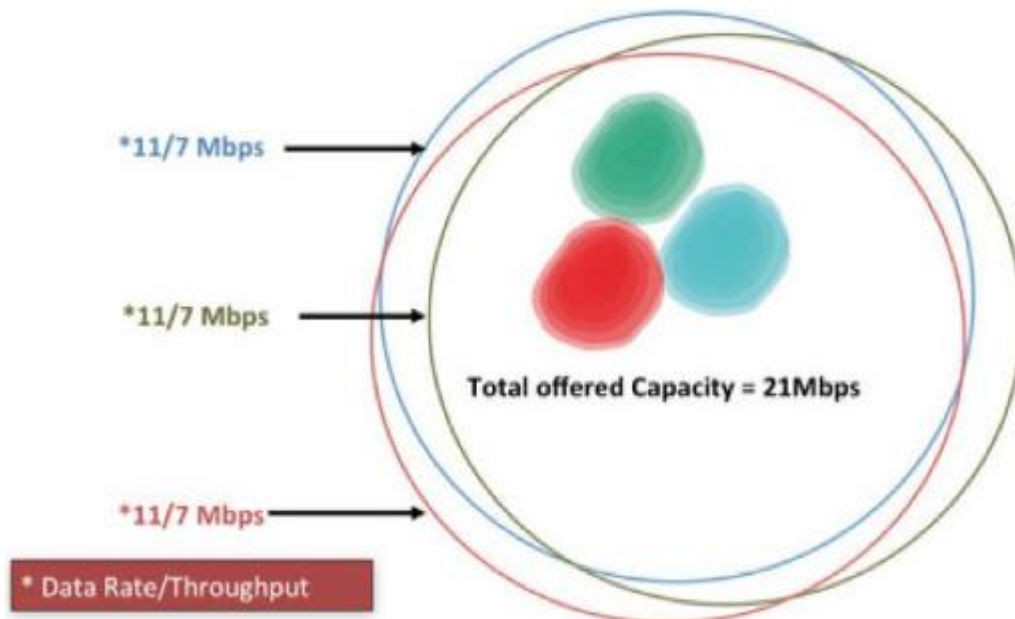


Наведена вище шкала часу в мікросекундах (мкс). У верхньому кінці діаграми передається 2048-байтний пакет зі швидкістю 1 Мбіт / с, забираючи майже 0,02 секунди ефірного часу. За один раз в повітрі може знаходитися лише один пакет, і чим швидше цей пакет пройде, тим краще використовується витрачений час. Дивлячись на це з іншого погляду, для досягнення потрібної пропускної здатності при підтримці 802.11b та 802.11g знадобиться більше точок доступу та осередків та більш вдосконалені методи ізоляції для їх успішної реалізації.

Теоретично, якби три точки доступу можна було поставити на один полюс, що обслуговує всі три канали, що не перекриваються в одному стільнику, міг би бути створений стільник, який втричі перевищує пропускну здатність в 2,4 ГГц і більше ніж в 20 разів у 5 ГГц, рис. 6

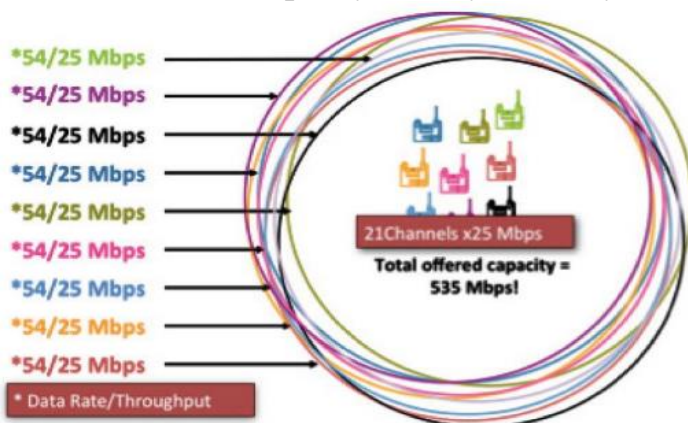
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 19

Малюнок 6. Загальна ємність трьох AP(точок доступу) 2,4 ГГц на один стільник



У 5 ГГц більший спектр, і отримана теоретично пропускна здатність одного стільника різко збільшується, рис. 7.21 канал на одному стільнику 5 ГГц і результуюча ємність

Завдяки сучасному дизайну безпроводних мереж, APs можна було б розмістити одна на одну, але це не було б добре для дизайну високої щільності. Це призвело б до того, що однакова зона покриття одного стільника ймовірно не охоплювала б потрібну площу навіть у відносно невеликій лекційній залі.



Показники даних – це функція отриманої потужності сигналу та відношення сигналу до шуму (SNR) на приймачі. Це не практичний або ефективний спосіб для блокування AP до конкретної швидкості передачі даних, так як AP приймає рішення про ефективність на основі наявних умов зв'язку. Не кожен клієнт буде реагувати так само в іншому статичному середовищі. Змінні, такі як чутливість приймача, конфігурація антени, версія драйвера, і навіть положення в стільнику по відношенню до поглинаючих та відбиваючих об'єктів матиме

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 20

змінний вплив на клієнта. Середовище, яке сприяє хорошій ефективності передачі чигналу може допомогти у відповідному дизайні. Чим вище середня отримана потужність сигналу і чим краще SNR, тим більша буде швидкість передачі даних.

Технологія ClientLink Cisco може вибірково збільшувати сигнал для застарілих клієнтів 802.11 a / g Ортогональне мультиплексування частотного поділу (OFDM-Orthogonal Frequency-Division Multiplexing). Оскільки застарілі клієнти не підтримують підвищення ефективності, реалізовані в 802.11n, вони представляють найменш ефективних клієнтів у нашому дизайні. Використання ClientLink в дизайні мережі високої щільності дозволяє AP покращити SNR з 3-6 дБ на основі відправлених пакетів для клієнта, що вказує на необхідність зміни швидкості. Це в цілому впливає на збільшення дальності та швидкості для мережі та заохочує застарілих клієнтів підтримувати більш високі швидкості передачі даних при несприятливих умовах. Це відмінне доповнення до мережі високої щільності. Документ Cisco ClientLink: Оптимізована продуктивність пристрою для 802.11n забезпечує повне обговорення технології Cisco ClientLink.

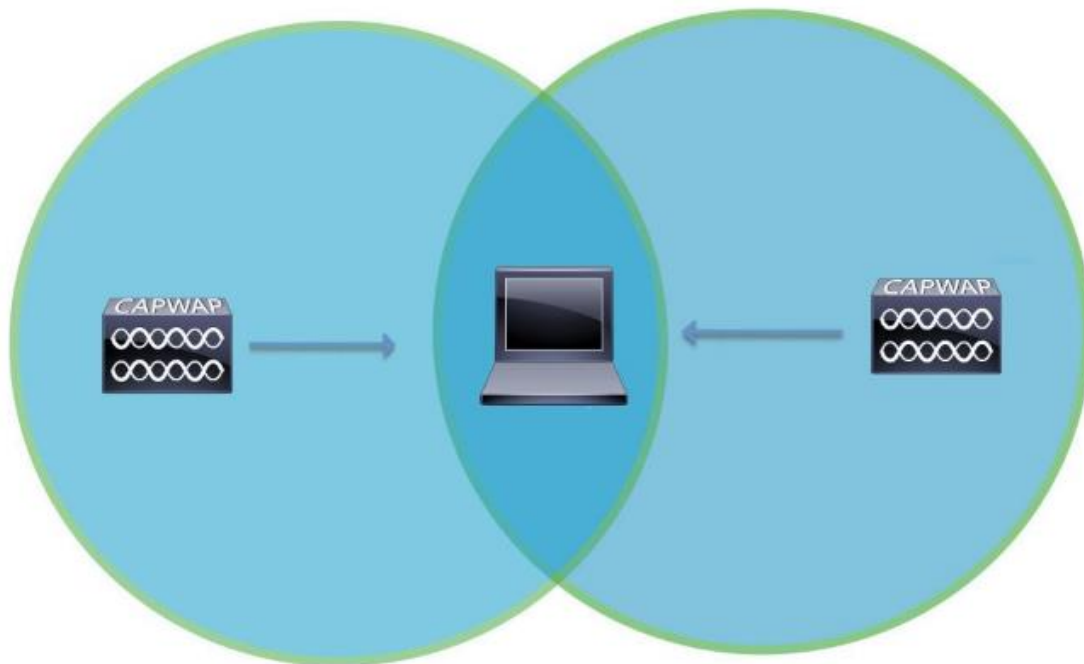
При розгортанні мереж з високою щільністю канали будуть агреговані для збільшення загальної пропускної здатності. Це означає переміщення AP все ближче один до одного в проектному просторі. Ключовим фактором успіху є міжканальна інтерференція (CCI-Co-Channel Interference). CCI впливає на ємність стільника за рахунок зменшення пропускної здатності.

Що таке інтерференція суміжних каналів (CCI) і чому це важливо в локальних мережах з високою щільністю?

CCI - це важлива концепція, яку потрібно зрозуміти, коли йдеться про розуміння поведінки та продуктивності 802.11 WLAN. Це явище, коли передачі від одного пристрою 802.11 втручаються у діапазон прийому інших пристроїв 802.11 того ж каналу, викликаючи перешкоди та зменшуючи доступний спектр та результативну продуктивність. CCI може спричинити затримку доступу до каналу, а також зіткнення передач, які пошкоджують кадри під час передачі. На малюнку 8 показано, як APs на одному каналі заважають один одному.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 21

Малюнок 8. Міжканальна інтерференція (Co-Channel Interference)



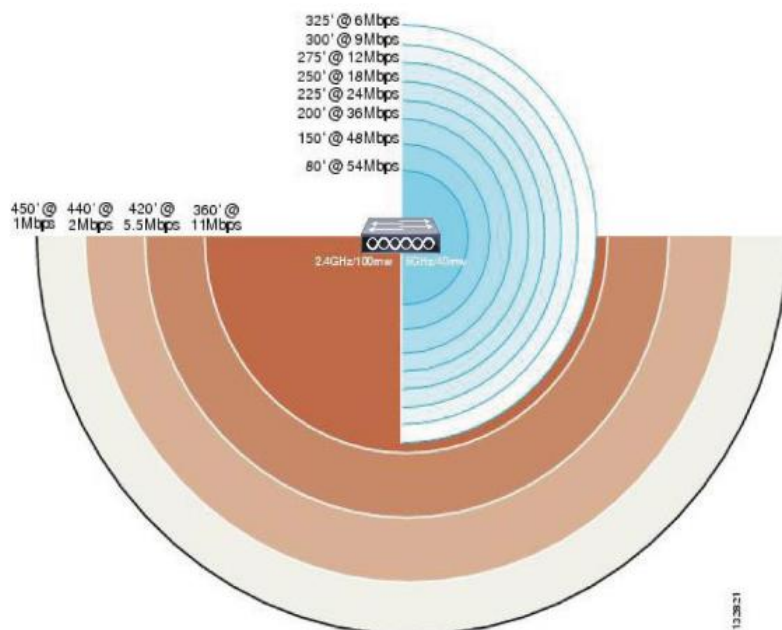
Basic CCI - AP's on the same Channel interfere with one another

Мережі 802.11 засновані на колізіях і покладаються на механізми чіткого оцінювання каналів (CCA-Clear Channel Assessment) для визначення середнього стану (якщо ми зайняті, ми чекаємо, коли ми вільно передаємо). У наведеному вище прикладі на ефективність цього клієнта впливає, оскільки він може чути обидва AP. Для цього клієнта два стільника AP з'єднані або виступають як один супер стільник. Для висхідної (uplink) лінії зв'язку обидві AP будуть сприйматися клієнтом як зайнятий канал, і клієнт просто чекатиме можливість передачі. Що ще гірше, на низхідній (downlink) лінії зв'язку передачі від будь-якої AP потенційно зіткнуться, і повторні спроби збільшать суперечку щодо середовища та продовжуватимуть знижувати швидкість передачі даних загалом. Ефекти CCI не обмежуються лише покриттям AP. У середовищі з високою щільністю, самі клієнти матимуть ефект збільшення загального розміру стільника.

CCA базується на прийомі порогу, який оцінює середовище для активності. Як правило, доброю практикою вважати -85 децибелів на міліват (дБм) як цей поріг. На малюнку 9 показана модель покриття на основі швидкості передачі даних. Більш високі швидкості передачі даних не поширюються далеко. Якщо відстані виглядають довго в цій моделі, це тому, що вона була розрахована за допомогою моделі відкритого простору на відкритому повітрі, а не внутрішньої моделі, яка передбачає ослаблення факторів навколишнього середовища. Між AP і клієнтами в більшості розгортань високої щільності не так багато стін

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 22

Малюнок 9. Модель покриття WLAN на основі швидкості передачі даних



У будь-якому дизайні Wi-Fi ефекти CCI можна обмежити, ізолюючи окремі осередки один від одного за допомогою каналів, що не перекриваються, та природного ослаблення навколишнього середовища (стіни, стелі, шафи та ін). Ми б не розміщували два AP на одному каналі навпроти навмисно. У звичайному дизайні навколишнє середовище та відстані, які ми охоплюємо, зазвичай дозволяють адекватне покриття без великої кількості CCI. Але в дизайні мережі з високою щільністю відстані будуть обмежені, і розповсюдження буде хорошим, оскільки таке з'єднання стільників і результат CCI стануть набагато більш імовірними.

Дизайн(проекування) Пункт№3: Виберіть високу мінімальну швидкість передачі даних для підтримки підвищеної ефективності, черги нижчого циклу та зменшення ефективного розміру результуючого стільника

CCI - це не лише проблема, з якою доведеться стикатися при об'єднанні каналів у рамках розгортання мереж високої щільності, але й те, що потрібно пам'ятати стосовно існуючих розгортень прилеглих районів. Лекційні зали та аудиторії, як правило, розташовуються в одному приміщенні, тому загальний дизайн повинен враховуватися.

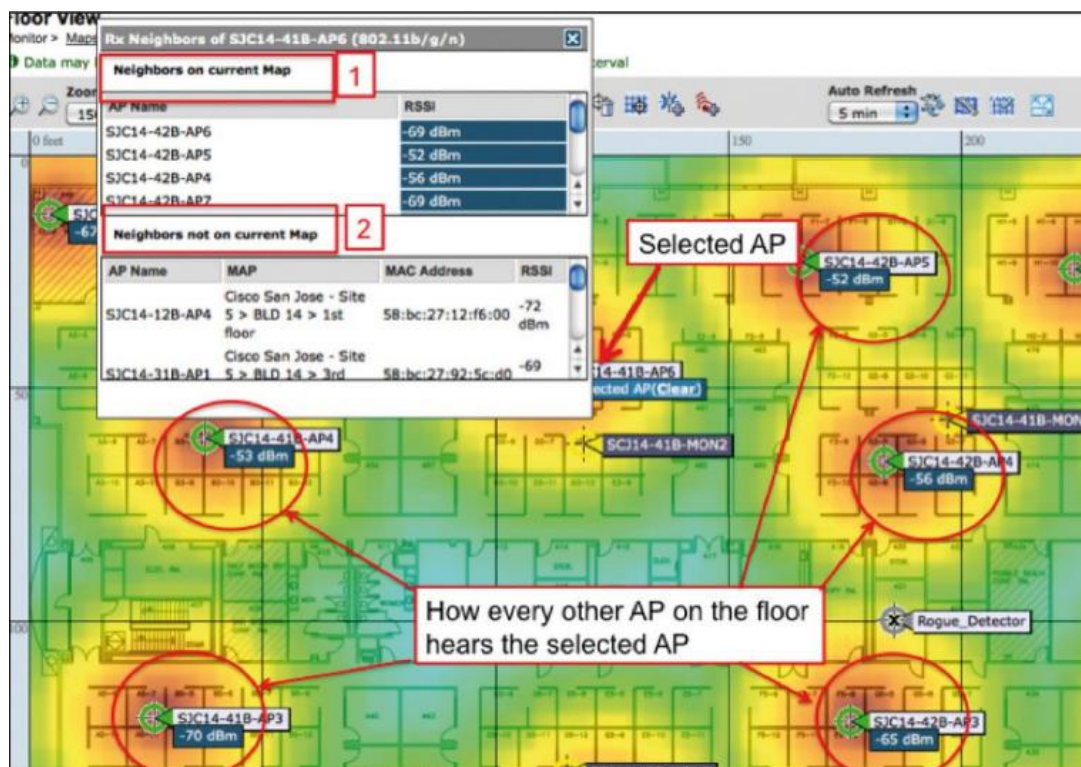
WCS та контролери Cisco роблять моніторинг CCI та ідентифікують відповідальні AP виправляють ці проблеми. Алгоритми керування радіресурсами Cisco (RRM) є централізованими і загальносередовими ресурсами, які постійно оцінюють кожну точку доступу в радіочастотній мережі, щоб визначити її взаємозв'язок з будь-яким іншим AP в системі. Це відбувається завдяки використанню над повітряним (OTA-over the air)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 23

вимірювань та спостережень. Знання того, наскільки добре інші AP можуть чути вибрану AP, є дуже корисною функцією при розгляді або плануванні розгортання WLAN з високою щільністю. Використовуючи Cisco WCS, можна оцінити, наскільки добре AP можуть чути одна одну, незалежний від каналу. Ця інформація відображається на графічному дисплеї, що показує не тільки те, як AP впливають один на одного на конкретній карті, але і як інші AP, які відсутні на карті, можуть також впливати на WLAN.

Контролер бездротової локальної мережі підтримує два списки AP (рис. 10), обидва сусіди передачі та прийому (TX - transmit і RX - receive), які вказують, як інші AP чують вибрану AP та як обрана AP чує інші AP. Це можна переглянути за допомогою інструмента аналізатора конфігурації бездротової локальної мережі (WLC) та використовувати його для налаштування отриманої мережі та ідентифікації джерел RF так, як це бачать самі AP. Оскільки це спостереження базується на показниках OTA, а не на основі прогнозного моделювання, ці значення не залежать від комбінації антени та AP.

Малюнок 10. Подвійний список точок доступу, що підтримуються контролером WLAN



2.4 GHz Channel Reuse in High-Density Wireless Design

У 2,4 ГГц є три канали, що не перекриваються, з якими можна працювати для досягнення ізоляції. Властивості RF сигналів 2,4 ГГц дають йому кращий діапазон і менше загасання, ніж сигнали в 5 ГГц. У середовищі з високою

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 24

щільністю часто використовується лише один чистий канал повторного використання в межах 10 000 квадратних футів. Повторне використання каналів у такій області є в кращому випадку опортуністичним, і його неможливо оцінити без ретельних передових методів обстеження. Результати будуть відрізнятися від збільшення пропускної здатності до скромних посилень і відрізнятимуться від сайту до сайту. Якщо ви зіткнулися з таким викликом, проконсультуйтеся з професіоналом, який має досвід передових інженерних методів, характерних для розгортання RF високої щільності. Додавання більшої кількості точок доступу може зменшити кількість користувачів на осередок і може видавати більше покриття, коли місце порожнє. Але як тільки вона заповниться, ефект матиме велика суперкамера, що покриває приміщення з обмеженою пропускною здатністю та спорадичними з'єднаннями для всіх. Крім того, якщо WLAN знаходиться в регуляторному домені, де є пропускна здатність для розгортання чотирьох каналів (наприклад, доступність каналів 13 і 14), якщо WLAN недостатньо ізольована від будь-якої іншої мережі, швидше за все, хтось розгорнеться, використовуючи стандарт 1, 6, 11 моделі та різко збільшують перешкоди для WLAN. Якщо необхідно максимізувати з'єднання 2,4 ГГц, можна збільшити пропускну здатність та ефективність сот, фізично обмеживши поширення за допомогою антен та креативних варіантів розміщення. Для цього потрібна спеціальна інженерія та ретельне вимірювання та проектування. Cisco Advanced Services та досвідчені партнери Cisco можуть допомогти в цьому дизайні та досягли дивовижних результатів у надзвичайно великих та складних умовах. Однак це не завжди є можливим з бюджетних чи естетичних міркувань. Ми поговоримо про це набагато детальніше в розділі про розміщення AP.

Повторне використання каналу 5 ГГц у дизайні з високою щільністю

На відміну від 2,4 ГГц, 5 ГГц має набагато більше каналів, з якими можна працювати. У Сполучених Штатах може бути прийнято аж 20 каналів, а в інших - від п'яти до 21. Більшість регіонів мають від 19 до 21 каналу. Але всі канали 5 ГГц створюються не однаково. Обмеження щодо максимальної потужності для частин діапазону не викликає занепокоєння, але канали вибору динамічної частоти (DFS-Dynamic Frequency Selection) представляють певні проблеми, з якими потрібно вирішити.

Динамічний вибір частоти та дизайн високої щільності

DFS був реалізований таким чином, щоб AP та клієнти могли ділитися діапазоном з радіолокаційними пристроями. DFS докладно визначає, як виявляється радіолокатор і що слід робити у разі виявлення. AP, що працюють на каналах DFS, повинні спочатку прослухати канал протягом 60 секунд, щоб визначити, чи присутній радар, перш ніж передавати якусь енергію. Якщо AP

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 25

працює на каналі DFS і виявляє радіолокатор (реальний або хибний), він повинен припинити дії на цьому каналі та відмовитися від нього на 30 хвилин, перш ніж цей канал можна буде знову оцінити для використання.

AP компанії Cisco були одними з перших у галузі, які підтримували канали DFS. Клієнт підтримки DFS канали було несумісні, однак. Клієнтські пристрої не мають можливості виявляти радіолокатори та покладатися на інфраструктуру, встановлену сертифікованою точкою доступу DFS. Більшість клієнтів сьогодні підтримують канали 52-64. Підтримка клієнтів для каналів 100-140 надходить повільно. Часто це стосується не тільки обладнання, але і версії драйвера для клієнта, що визначає його діапазон робочих каналів.

Підтримка клієнтів постійно зростає і на сьогоднішній день Intel 5100 a/g/n, 5300 a/g/n, 6300a/g/n працюють на каналах 52-64 та 100-140. IP-телефон Cisco Cius та Apple iPad та IP-телефон Cisco 7925 також підтримують весь спектр каналів DFS.

Ефект від використання каналів, які підтримуються не всіма клієнтами, може призвести до появи дірок для покриття цих клієнтів. Канали 100-140 відключені за замовчуванням у об'єднаній бездротовій мережі Cisco, але їх можна легко включити у виборі каналів DCA шляхом вибору розширених каналів UNII-2. Перш ніж це зробити, настійно рекомендується провести інвентаризацію клієнтів та драйверів, які повинні бути підтримані.

Якщо канали DFS використовувались у встановленні бездротової локальної мережі, буде встановлено їх придатність у межах WLAN. Якщо вони раніше не були включені, бажано, щоб канали DFS обстежувались за допомогою обладнання Cisco, а моніторинг на виявлення радіолокації проводився перед включенням каналів. У громадських та інших місцях у вищих навчальних закладах часто рекомендується уникати використання цих розширених каналів UNII-2 через їхню відсутність підтримки клієнтів. Базова доступність каналів UNII-2 для клієнтів є більш розповсюдженою, і це канали, які можна розглянути, але постійний моніторинг можливостей клієнта не слід випускати з уваги.

802.11n - Канали 20 МГц або 40 МГц?

802.11n може працювати в каналі 40 МГц, з'єднуючи два канали 20 МГц разом, і це значно збільшує пропускну здатність. Однак це зарезервовано лише для передач серійного режиму. Це практично лише в 5 ГГц, оскільки 2,4 ГГц вже обмежена кількістю доступних каналів. Якщо для досягнення цілей WLAN є достатньо 5 ГГц каналів, використовуючи приєднаний план каналів (9 в США, якщо використовуються доступні канали DFS), щоб досягти цілей пропускну здатності, врахуйте це. Якщо їх змусять повторно використовувати 5 ГГц канали, більш послідовні результати будуть надані, використовуючи строго канали 20 МГц і уникаючи втрати ефективності через CCI.

Оцінка вимог для підтримки 2.4GHz та 5 GHz

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 26

Важливим питанням для дизайну високої щільності є те, скільки каналів для кожного діапазону знадобиться, щоб відповідати клієнтській базі? Це може бути складним питанням, оскільки навіть клієнти з двома діапазонами не завжди вибирають швидший діапазон 5 ГГц. Оскільки смуга пропускання в 2,4 ГГц буде обмежена, для досягнення мети потрібно покладатися на 5 ГГц.

Адаптери подвійного діапазону вже деякий час постачаються в більшості ноутбуків. Це не означає, що кожен ноутбук є подвійним клієнтом, але багато хто є. Просто наявність дводіапазонного клієнта не гарантує, що він вибере 5 ГГц понад 2,4 ГГц. Операційна система Microsoft Windows за замовчуванням здійснює пошук каналу Wi-Fi, який починається з каналу 36 ГГц 36 і продовжує пошук через усі 5 ГГц каналів, на які клієнт здатний. Якщо AP 5-ГГц не знайдено, він продовжить пошук у 2,4 ГГц, починаючи з каналу 1. Якщо не буде змінено стандартний засіб Windows або користувач не обрав сторонню утиліту Wi-Fi для встановлення переваги спектру на 2,4 ГГц, клієнтський адаптер спершу спробує підключитися до AP 5 ГГц. В останньому випуску Apple Computer для чіпсетів Atheros і Broadcom спочатку здійснюється пошук 5 ГГц.

Функція Cisco BandSelect дозволяє інфраструктурі оптимізувати такі типи вибору клієнтського з'єднання. Там, де це можливо, це допомагає переконатися, що пристрої підключаються до 5 ГГц-спектральних каналів, де джерела перешкод значно легші. Набагато більший вибір каналу призводить до зменшення проблем із пропускну здатністю.

Планшетні комп'ютери та смартфони почали виходити на ринок з приголомшливою швидкістю. Переважна більшість постачальників смартфонів сьогодні працює лише в 2,4 ГГц. Хоча багато з них є клієнтами 802.11n, з них більшість реалізували єдиний вихідний вихід (SISO), а не множинне введення, множинне виведення (MIMO). Пристрій SISO може підтримувати швидкість передачі даних MCS7 або 54 Мбіт / с.

Дизайн(проекування) Пункт№4: Підтримка 5 ГГц критично важлива для високої щільності, тому визначте план каналу, який ви будете підтримувати, і як він буде адмініструватися

Оцінка конкретного клієнтського різноманіття для WLAN може бути легко виконана в бездротових мережах Cisco, використовуючи функції звітності в системі управління бездротовою системою Cisco або переглянувши журнали підключення контролера WLAN.

Визначте кількість потрібних каналів та стільників

Зразок проекту з високою щільністю бездротової локальної мережі може включати в себе дизайн, який послідовно дає 300Мбіт/с для підтримки 300 одночасних користувачів. За оптимальних умов швидкості передачі даних 802.11g та 802.11a дають пропускну здатність 25Мбіт/с. Однак середовище високої щільності буде менш оптимальним з точки зору SNR. Краще число, яке

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 27

потрібно використовувати, - 20 Мбіт/с. У таблиці 4 наведено швидкий довідник, використовуючи 20Мбіт/с на клітинку та на канал як значення пропускної здатності. Дивлячись строго на 5ГГц і не допускаючи повторного використання каналу в цей момент, зрозуміло, що 1Мбіт/с на користувача з 15 каналами та 15 стільниками можна легко підтримувати.

Табл.4.Посібник з посиланнями для каналів, з'єднань та заг. пропускної здатності в Мбіт / с

# Channels	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Aggregate Bandwidth	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
# Connections	600							0.27	0.30	0.33	0.37
	500						0.28	0.32	0.36	0.40	0.44
	400					0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
	300				0.27	0.33	0.40	0.47	0.53	0.60	0.67
	200		0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
	100		0.40	0.60	0.80	1.00	1.20	1.40	1.60	1.80	2.00
	90		0.44	0.67	0.89	1.11	1.33	1.56	1.78	2.00	2.22
	80		0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
	70		0.57	0.86	1.14	1.43	1.71	2.00	2.29	2.57	2.86
	60		0.67	1.00	1.33	1.67	2.00	2.33	2.67	3.00	3.33
	50		0.80	1.20	1.60	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.00
	40	0.02	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
	30	0.67	1.33	2.00	2.67	3.33	4.00	4.67	5.33	6.00	6.67
	20	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
10	2	4	6	8	10	12	14	16	18.00	20.00	
Aggregate Bandwidth	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220
# Channels	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
# Channels	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

Aggregate Bandwidth	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	
# Connections	600	0.40	0.43	0.47	0.50	0.53	0.57	0.60	0.63	0.67	0.70
	500	0.48	0.52	0.56	0.60	0.64	0.68	0.72	0.76	0.80	0.84
	400	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05
	300	0.80	0.87	0.93	1.00	1.07	1.13	1.20	1.27	1.33	1.40
	200	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80	1.90	2.00	2.10
	100	2.40	2.60	2.80	3.00	3.20	3.40	3.60	3.80	4.00	4.20
	90	2.67	2.89	3.11	3.33	3.56	3.78	4.00	4.22	4.44	4.67
	80	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25
	70	3.43	3.71	4.00	4.29	4.57	4.86	5.14	5.43	5.71	6.00
	60	4.00	4.33	4.67	5.00	5.33	5.67	6.00	6.33	6.67	7.00
	50	4.80	5.20	5.60	6.00	6.40	6.80	7.20	7.60	8.00	8.40
	40	6.00	6.50	7.00	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00	10.50
	30	8.00	8.67	9.33	10.00	10.67	11.33	12.00	12.67	13.33	14.00
	20	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	
10											
Aggregate Bandwidth	240	260	280	300	320	340	360	380	400	420	
# Channels	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 28

Якщо канали DFS не будуть використовуватися, потрібно 15 каналів, використовуйте дев'ять каналів, що не є DFS, і повторно використовуйте шість з них. Усі стільники повинні бути ізольовані один від одного, щоб запобігти похибкам CCI від доступної пропускної здатності.

Wi-Fi без інтерференції та мережі високої швидкості

Важлива роль інтерференції Wi-Fi у мережах високої щільності має бути зрозумілою. Успіх WLAN з високою щільністю буде погіршений, якщо будь-які перешкоди Wi-Fi працюють у тому ж середовищі. Інтерференції в Wi-Fi мають набагато більший вплив на пропускну здатність у середовищі високої щільності, ніж некерована енергія Wi-Fi. Це пояснюється тим, що 802.11 використовує механізми доступу на основі конфлікту для координації доступу станції до каналу. Всі пристрої 802.11 працюють таким чином. Пристрої без Wi-Fi, що працюють в одній смузі, не поділяють ці правила і дуже добре порушують механізми встановлення черги та відключення, змушуючи всі станції в межах досяжності чекати, поки повітря не буде вільним.

Коли розроблялися стандарти 802.11, існувало велике занепокоєння тим, що поширення мереж Wi-Fi створюватиме перешкоди для ліцензованих користувачів, що працюють в одних і тих же смугах частот. Внаслідок цього Wi-Fi був розроблений як "ввічливий", що дало групі майже все, що там було знайдено. Через двадцять років існує багато споживчих пристроїв, які обмінюються промисловими, науковими та медичними (ISM-industrial, scientific, medical) смугами з Wi-Fi. Виклик полягає в тому, що, хоча ці пристрої працюють з однаковими обмеженнями потужності пристроїв Wi-Fi, вони жодним чином не зобов'язані давати смугу для Wi-Fi трафіку, і більшість цього не роблять. Це створює проблему для звичайних операцій Wi-Fi, оскільки модем аWi-Fi може класифікувати енергію лише як:

- Wi-Fi (виявлена енергія може бути демодульована)
- Шум (вся енергія, що залишилася вважається «шумом»)

Вплив перешкод, що не належать до Wi-Fi, є логарифмічним у впливі на роботу мережі Wi-Fi. Чим вище використання Wi-Fi мережі, тим руйнівнішою буде енергія без Wi-Fi. Це означає, що якщо є перешкоди і мережа використовується лише незначно (наприклад, у спектрі є достатній робочий цикл), присутність енергії, яка не є Wi-Fi, може навіть не помітити. Для обох є спільний простір. Однак якщо мережа Wi-Fi широко використовується, то навіть невелика кількість перешкод для Wi-Fi може мати великий і помітний ефект.

Ось чому Cisco створив CleanAir, системний рівень, проактивний механізм моніторингу, звітування та пом'якшення наслідків як основний системний ресурс для CUWN. WLAN з високою щільністю розроблений, щоб скористатися всіма бітами доступного спектру. Будь-який спектр, що споживається навіть відносно доброякісним джерелом Wi-Fi перешкод без,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 29

матиме великий вплив у щільних умовах. Перешкоди повинні бути визначені, керовані та усунені, щоб забезпечити необхідну пропускну здатність для належної роботи мережі високої щільності.

Дивіться докладнішу інформацію про [Cisco CleanAir](#).

Дизайн(проектування) Пункт №5: Обліковий запис та управління всією енергією в операційному спектрі, щоб забезпечити все це доступне для використання

Цикл обов'язку клієнта

Досі обговорення було зосереджене на випадку використання, коли кожен клієнт у просторі(кімнаті) одночасно змагатиметься за пропускну здатність. Це той випадок, коли користувачі в просторі(кімнаті) одночасно отримують доступ до ресурсу в черзі. Однак є багато випадків, коли вимога дизайну полягає у наданні доступу до ресурсів чи Інтернету для випадкового використання на заходах або в межах місця проведення, наприклад, на спортивній арені. Планування та розмір мережі для таких типів подій можуть бути зовсім різними і ґрунтуватимуться на очікуваному циклі обов'язків клієнта.

Наприклад, на спортивному заході є певні зони, які потребують повсюдного та негайного доступу протягом усього заходу. Для продажу квитків, продажутоварів, персоналу та преси зазвичай потрібен найвищий доступ. З іншого боку, зона преси є єдиною, яка вимагає високого рівня ємності на самій арені. Для шанувальників, які відвідують подію, лише один відсоток буде активний у мережі WLAN в будь-який час. З досвіду ми бачимо, що від 20 до 30 відсотків коефіцієнт приймає з певними чітко визначеними піками, які виникають під час перерв. Під час гри дуже мало шанувальників отримує доступ до WLAN. Однак це змінюється, оскільки такі програми, як перегляд відео, миттєва статистика та замовлення на концесію з місця, стають більш звичними.

Дотримання розумних вимог користувачів WLAN та ситуаційних вимог сприятиме розробці розумних цілей дизайну мережі. 500 користувачів у просторі(кімнаті), які потребують одночасного доступу до одного ресурсу, - це завдання, що відрізняється від дизайну, ніж 1000 або 1500 користувачів, які лише час від часу використовують бездротову мережу. Також майте на увазі, що зразки користувачів можуть змінюватися з часом. Це спостерігається зі збільшенням кількості клієнтів мережі на одного користувача. Моніторинг доступу до мережі та збереження хорошої статистики дозволить інженерам бездротового зв'язку бути в курсі тенденцій користувачів в університетському кампусі. Хороші платформи управління, такі як Cisco WCS або Cisco Network Control System (NCS), мають важливе значення для управління отриманою мережею в режимі реального часу та проактивного моніторингу тенденцій.

Стратегії зони охоплення та розміщення точок доступу(AP)

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 30

Часто однією з найбільших проблем у середовищі з високою щільністю є доступ та естетика. Великий зал для нарад вражає своїми розмірами і багато вникає в естетику навколишнього середовища. Найкращий підхід до проектування конкретного простору - це проведення кваліфікованого огляду. Після монтажу точок доступу фізичні налаштування стають набагато складнішими, тому найкраще перевірити під час встановлення та переконатися, що покриття, визначене в дизайні, саме те, що встановлено.

AP дуже швидко розвиваються за короткий проміжок часу. Якщо слід використовувати AP з можливостями зовнішньої антени, важливо також використовувати антену, яка була розроблена для цієї точки доступу. Для належної роботи MIMO або 802.11n AP потрібні MIMO антени. Навіть якщо тарифи на НТ не враховуються, антена та радіоприймачі є системою, і система призначена для роботи з усіма цими елементами. Хороший огляд антен та інформацію про візерунок можна знайти в [Antenna Patterns and Their Meaning](#).

Всенаправлені антени проти направлених антен для покриття високої щільності

Встановлення AP або направлених антен безпосередньо над головою в оточенні може бути неприйнятним для власників будинків. Існує кілька способів вирішити цю проблему, і в залежності від навколишнього середовища та обмежень, які застосовуються, декілька методів можуть використовуватися разом.

Найкращий підхід до розробки конкретного простору для WLAN з високою щільністю - спочатку зробити ретельне, активне опитування сайту, щоб визначити, як і де слід оптимально встановлювати точки доступу. Це дозволить уточнити, що можливо в просторі, і забезпечить дизайн, з яким можна працювати. Будь-які зміни оптимального розміщення, накладені обмеженнями, потребують іншого опитування, оскільки кінцева пропускна здатність для простору, ймовірно, зміниться. Якщо навколишнє середовище та вимоги потребують використання спрямованих антен, пам'ятайте, що після встановлення точок доступу фізичні пристрої можуть стати набагато складнішими, залежно від місця кріплення. Тому найкраще протестувати їх під час їх встановлення, щоб гарантувати, що очікуване покриття буде результатом встановленого.

Всенаправлені антени

Використовувати AP з приєднаною всеспрямованою антеною MIMO з низьким коефіцієнтом посилення рекомендується, якщо монтаж слід робити на стелі невеликої аудиторії(в середньому 20 футів або нижче), не вимагаючи повторного використання каналу в 2,4 ГГц або 5 ГГц. Всенаправлені антени забезпечують краще покриття від стелі до підлоги, тим самим зменшуючи ймовірність того, що пакет, який подорожує клієнтові або від нього, відштовхується від якогось об'єкта (як правило, стіни або стелі), перш ніж

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 31

дістатися до приймальної антени. Це зменшує можливість багатостороннього втручання.

Пов'язане з цим питання полягає у підвищенні коефіцієнта коефіцієнта корисної дії порівняно з низьким коефіцієнтом посилення:

- **Слід уникати використання всенаправленої антени з високим коефіцієнтом посилення.** Цей тип антени збільшить розмір комірки та кількість користувачів, які будуть спільно використовувати пропускну здатність. Більш високий коефіцієнт посилення в конструкції всеспрямованої антени, як правило, означає збільшення горизонтальної ширини променя зі зменшенням вертикальної ширини променя. Цей ефект буде більш вираженим у міру збільшення висоти стелі.
- **Всенаправлена антена з низьким коефіцієнтом посилення має менше горизонтального покриття,** а в аудиторії буде менше покриття підлоги, ніж антена з високим коефіцієнтом посилення. Це підтримує ціль малого каналу та невеликий розмір підлоги, і це послужить обмеженню кількості користувачів у зоні покриття, ефективно керуючи взаємодією спільного каналу на основі клієнта. Антена з низьким коефіцієнтом посилення також надасть сигнал кращої якості.


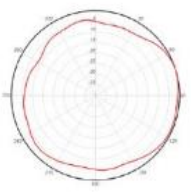
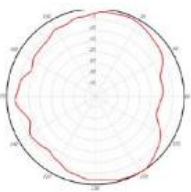
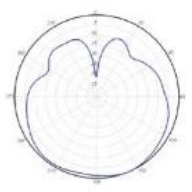
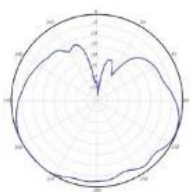
Точки доступу Cisco для приміщень з внутрішніми антенами

AP Cisco із внутрішніми антенами (табл. 6) мають оптимізовані схеми покриття для послідовного розподілу RF. Шаблони покриття для всіх AP, що постачаються в даний час, оптимізовані для монтажу на стелю, однак будуть добре встановлені на стіні, під сидінням або під підлогою.

Таблиця 5. Інтегровані антени серії Cisco Aironet 1040, 1140 та 3500i

Примітка: Такі ж інтегровані антени використовуються на цих пристроях, але AP-1040 має лише два елементи на діапазон.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 32

Cisco Aironet 1040, 1140, 3500i Series Integrated Antennas			
			
2.4 GHz, 4 dBi Azimuth Plane Radiation Pattern	5 GHz, 3 dBi Azimuth Plane Radiation Pattern	2.4 GHz, 4 dBi Elevation Plane Radiation Pattern	5 GHz, 3 dBi Elevation Plane Radiation Pattern
			
Frequency Range		<ul style="list-style-type: none"> • 2.4-2.5 GHz • 5.15-5.85 GHz 	
Gain		<ul style="list-style-type: none"> • 2.4 GHz: 4 dBi • 5 GHz: 3 dBi 	
Polarization		Linear, Vertical	
Azimuth 3 dB Beamwidth		Omnidirectional	
Cisco Aironet 1040, 1140, 3500i Series Integrated Antennas			
Elevations 3 dB Beamwidth		2.4 GHz = 120 Degrees, 5 GHz = 120 Degree	
Antenna Connector		Integrated	
Mounting		Integrated	
Antenna Type		Omnidirectional	

Параметри всепрямованої антени МІМО з низьким коефіцієнтом посилення для AP Cisco 802.11n представлені в Таблиці 7.

Якщо застосовується AP Cisco Aironet 1250, 1260 або 3500e, існує кілька варіантів зовнішньої всенаправленої антени, щоб дозволити більш широкі варіанти монтажу та відповідати різним естетичним вимогам. Щоб отримати детальнішу інформацію, зверніться до довідника [Антени CiscoAironet](#).

Таблиця 6. Параметри всенаправлених антен в AP серії Cisco 802.11n

Використання радіоприймачів 802.11n є основоположним дизайном для сучасних середовищ з високою щільністю клієнтів. Перераховані вище переваги, особливо в змішаному середовищі, добре піддаються розгортанню високої щільності.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 33

Product ID	Description	Product	Gain
AIR-ANT2452V-R	2.4 GHz 5.2 dBi Diversity pillar mount ant, RP-TNC connectors		5.2 dBi
AIR-ANT2451NV-R	2.4 GHz 3 dBi/5 GHz 4 dBi 802.11n dual band omni antenna		3 dBi/4 dBi
AIR-ANT2430V-R	2.4 GHz Omni 3 dBi, 3 element ceiling mount		3 dBi
AIR-ANT5140V-R	5 GHz Omni 4 dBi, 3 element ceiling mount		4 dBi
AIR-ANT2422SDW-R	2.4 GHz 2.2 dBi Short white dipole antenna, Qty 1		2.2 dBi
AIR-ANT5135SDW-R	5 GHz 3.5 dBi Short white dipole antenna, Qty. 1		3.5 dBi
AIR-ANT2440NV-R	2.4 GHz 4 dBi 802.11n Omni wall mount antenna		4 dBi
AIR-ANT5140NV-R	5 GHz 4 dBi 802.11n Omni wall mount antenna		4 dBi

Направлені антени

Не завжди вдасться вирішити проблеми у середовищі високої щільності, використовуючи суворо всенаправлені антени. Якщо WLAN вимагає повторного використання каналу в одній і тій же площі підлоги або якщо необхідне покриття для нестандартних областей, таких як внутрішні або зовнішні манежі, варіанти монтажу корисної конструкції можуть бути обмежені. Тому антени спрямовані в багатьох моделях покриття, які більше підходять для складних середовищ, де всенаправленість не буде адекватною.

Коли середовище вимагає використання спрямованих антен, складність конструкції та втілення обох підвищиться відповідно. Однак слід також зазначити, що можна досягти видатних результатів.

Антени повторного використання та спрямованості каналів

Якщо ви монтуєте на стелю в аудиторії з високими стелями більше 25 футів, рекомендується використовувати патч з високим посиленням або антени MIMO у стилі Yagi, оскільки ці антени забезпечують:

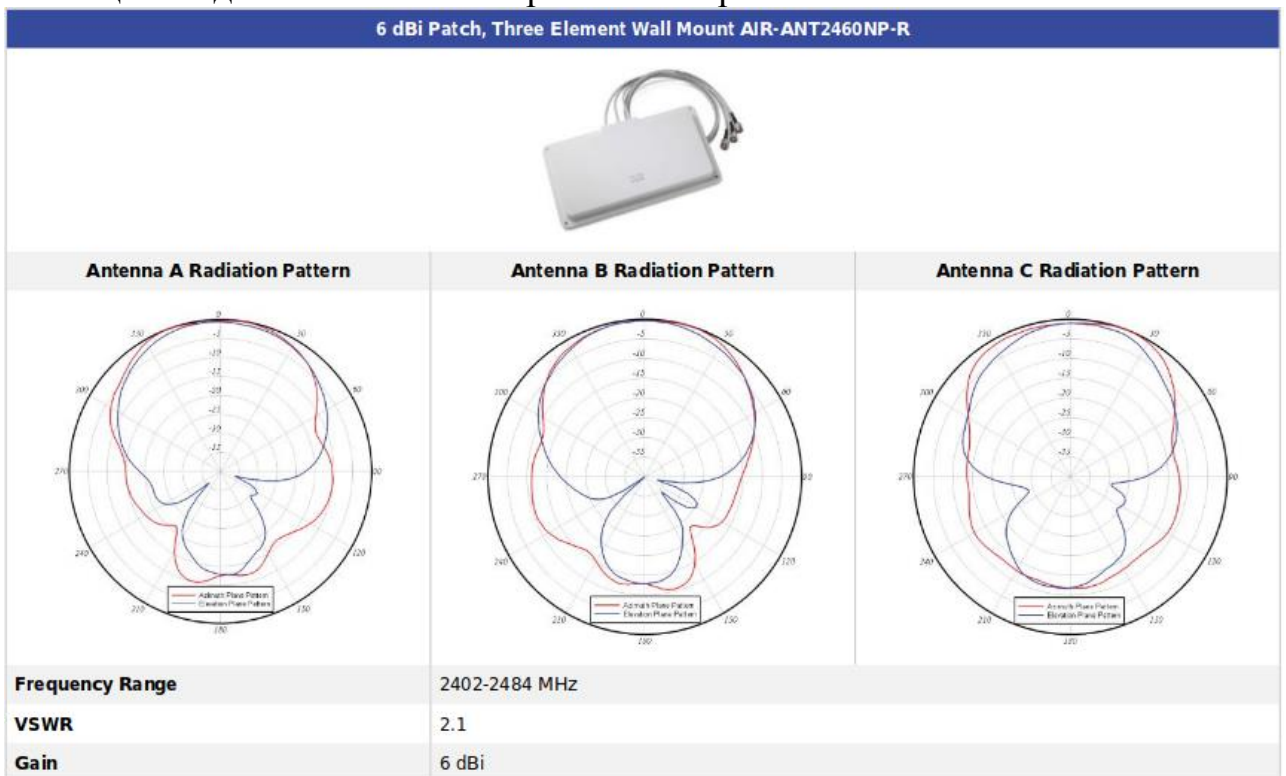
- Краще покриття від стелі до підлоги, якщо його встановити на стелі або на підумах з антенами, орієнтованими у прямому напрямку вниз. Це створює менші осередки покриття безпосередньо під точками доступу і дозволяє краще ізолювати канали між сусідніми клітинками, зберігаючи рівні потужності та чутливість у напрямку клієнтів, що охоплюються.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 34

- Покриття у великих залах з дуже високими стелями або, можливо, там, де доступ до стелі не доступний. Розміщення направлених антен на середньому рівні з боків або ззаду зони покриття та використання нижнього шару може забезпечити керовані зони покриття та кращі варіанти установки у складних умовах.
- Значно вужча частина покриття або промінь, що дозволяє меншим осередкам, тому кількість стільників і каналів як для 2,4 ГГц, так і для 5 ГГц може займати загальне приміщення, забезпечуючи посилену ізоляцію стільників і зменшення ССІ. Це вкрай важливо в будь-яких умовах, коли проектне рішення вимагає повторного використання каналів для будь-якого діапазону.

Спрямовані антени, як антенни всенаправлені, класифікуються за шириною проміння 3 дБ у горизонтальній та висоті площин. Але спрямовані антени зазвичай мають набагато більший коефіцієнт посилення, ніж антена, яка класифікується як всенаправлена. Наприклад, антена AIR-ANT2460NP-R, Таблиця 7, має горизонтальну ширину променя 3 дБ 80 ° та площину висоти 75 °. Це досить корисно для ізоляції AP та антени від навколишньої енергії та забезпечення кращого покриття в запланованій зоні.

Таблиця 7. 6 дБі Патч настінне кріплення з трьома елементами



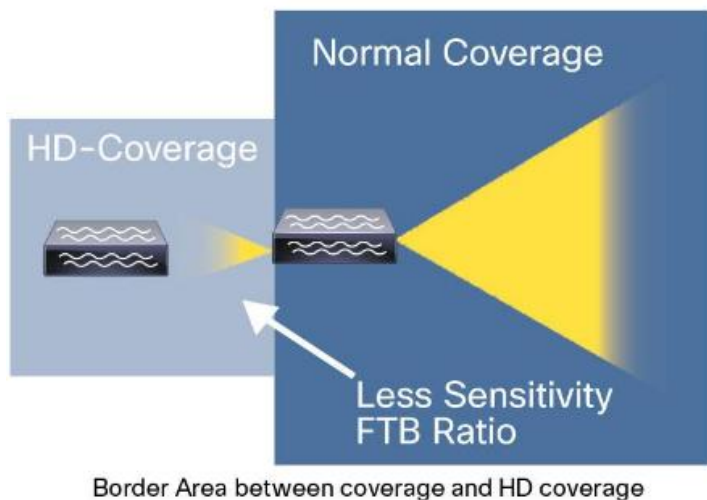
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 35

6 dBi Patch, Three Element Wall Mount AIR-ANT2460NP-R	
Polarization	Linear
Azimuth 3 dB Beamwidth	80 degrees
Elevations 3 dB Beamwidth	75 degrees
Antenna Connector	(3) RP-TNC male
Cable Length	36 in (91.4 cm) plenum rated
Dimensions	5.8 in x 11.25 in x 1.13 in (14.7 cm x 28.6 cm x 2.9 cm)
Mounting	Wall mount

Front to back ratio (FTB -співвідношенн фронту до спаду) - це ще одне вимірювання, яке зазвичай забезпечується специфікаціями спрямованої антени. Оскільки приріст збільшується в одному напрямку, він зменшується в іншому місці. Коефіцієнт FTB визначає кількість ізоляції, яку можна досягти в протилежному напрямку від передбачуваного покриття антени. Для ANT-2460NP-R FTB номінально становить 8 дБі. У поєднанні з щільністю середньої несучої стіни, що дорівнює мінімальному протіканню в іншу сторону або з неї.

Ось приклад того, як це може бути використане як перевагу в умовах кампусу: сьогодні більшість кампусів досягли рівня повного покриття, і цілком ймовірно, що вимоги дизайну HD WLAN будуть розділяти принаймні частину свого повітряного простору з іншою зоною покриття . Як правило, при розробці для чистого покриття буде включена нижча швидкість передачі даних для максимального покриття (збільшення розміру комірки). Це достатньо для передбачуваної зони покриття, але негативно вплине на зону покриття HD, де розмір стільників був ретельно сконструйований, щоб виключити більш низькі швидкості передачі даних. Реінжиніринг нормальної зони покриття може бути досягнутий бажаного покриття та зменшення кількості зв'язку між зонами покриття, рис. 11.

Рисунок 11. Приклад управління зоною покриття кордону з використанням спрямованої антени



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 36

У таблиці 8 представлені продукти МІМО з спрямованою антеною для AP AP Cisco 802.11n

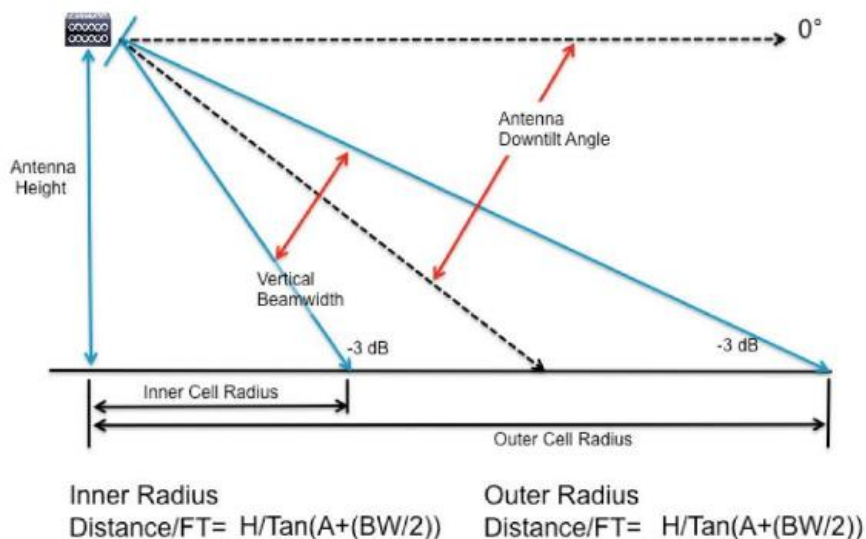
Product ID	Description H/E plane	Product	Gain
AIR-ANT2460NP-R	2.4 GHz 80°/75° MIMO directional patch		6 dBi
AIR-ANT5160NP-R	5 GHz 65°/65° MIMO directional patch		6 dBi
Product ID	Description H/E plane	Product	Gain
AIR-ANT2410Y-R	2.4 GHz 55°/47° single element yagi (1 Piece, 3 Required)		10 dBi
AIR-ANT25137NP-R	Dual-Band 2.4 GHz 36°/36° 5 GHz 55°/48° MIMO directional patch Requires AP 3502P		13/7 dBi

Використання направлених антен та Downtilt(нахил вниз)

Одне з викликів, що часто стикаються в лекційній залі або аудиторії, - це необхідність забезпечити більшу пропускну здатність, ніж дозволить одноразове використання каналів, доступних у 2,4 ГГц. Використання спрямованої антени може забезпечити ізоляцію стільників, якщо її розмістити, встановити та відрегулювати належним чином. Одним із аспектів використання спрямованих антен є концепція механічного спуску. Downtilt передбачає коригування антени вниз для зміни схеми покриття, яка створюється.

Рисунок 12. покриття можна регулювати, змінюючи висоту кріплення або кута нахилу

Малюнок 12. Регулювання спрямованої антени за допомогою Downtilt



Значення для формули вище:

- H = висота антена
- A = кут пониження

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 37

- $BW = 3$ дБ горизонтальна ширина променя антени

Регулюючи нижню частину антени, можна "набрати" - або додати покриття WLAN - до конкретних областей у зоні покриття. AP і енергія радіочастотного типу діють так само, як світло, що відводиться освітлювальними приладами. Можна запалити цілий склад голою лампою на стелі, але результат - низький рівень освітлення в деяких районах. Але якщо є кілька світильників, в тому числі деякі з більш високими малюнками освітленості для освітлення більшого розміру, результатом є всебічне освітлення. RF невидиме, тому для вимірювання покриття та його коригування потрібні інструменти для вимірювання покриття. Для кожного розміщення антени просто ходити по області під нею та коригувати антену для зміни шаблону на основі рівнів сигналу прийнятого сигналу міцності (RSSI) на відповідність вимогам покриття, як правило, все, що потрібно при початковій установці. Антени чують те саме, що і передають. Якщо вимірювання та регулювання виконуються ретельно, використовуючи послідовні вимірювання та інструменти, можна досягти хороших результатів.

Будь-яка додаткова настройка може бути керована за допомогою регулювання порогу потужності через RRM. У всіх випадках необхідне повне опитування на сайті для порівняння результатів із планом після встановлення всіх активів.

Спрямованість в антені збільшує загальний коефіцієнт посилення та отриману потужність, яка буде подаватися. Скромні посилення (4-8dBi) можна легко управляти RRM. Однак у деяких ситуаціях для досягнення бажаної структури покриття потрібні більші коефіцієнти збільшення (10-13-17 дBi). Важливо звернути увагу на ефективну ізотропну випромінювану потужність (EIRP-effective isotropic radiated power), оскільки це зростатиме із посиленням антени. Фізичне ослаблення лінії електропередачі, використовуючи хороші якісні радіовипромінювачі, оцінені за спектром і потужністю. Якщо потужність TX встановлена на мінімальному рівні (-1 дБм), антена 13dBi матиме EIRP 12 дБм. Якщо конструкція WLAN вимагає потужності передачі 4-5 дБм, тоді знадобиться 10 дБ атенюатор, щоб повернути EIRP назад в регульований діапазон потужності передачі AP. Атенюатори знизять загальний рівень сигналу, який знаходиться у передачі та прийманні, і тим самим знизить отриману потужність клієнтів в AP. Це не є проблемою, оскільки підхід полягає у компенсації збільшення коефіцієнта посилення антени.

Параметри розміщення точок доступу

Підвісні

Найпоширеніший метод досягнення рівномірного покриття - рівномірне розміщення точок доступу безпосередньо над клієнтами, яких вони обслуговуватимуть. Існує декілька варіантів, щоб розмістити накладне кріплення AP ненав'язливо. Хоча багато людей не вважають будь-яку точку

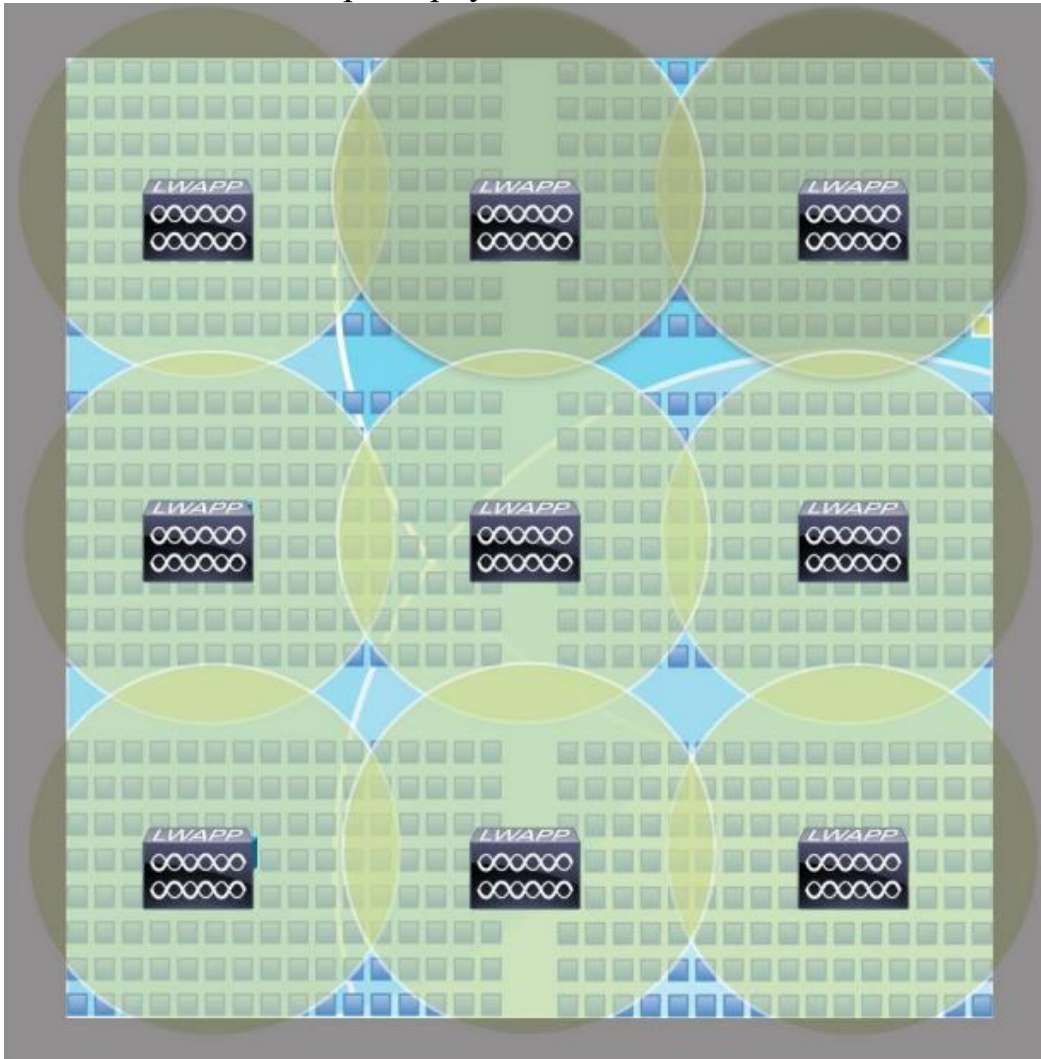
Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 38

доступу стилістичним доповненням до кімнати, AP з внутрішніми антенами можна встановити на різних поверхнях і запропонувати варіант з меншим впливом на естетику приміщення. У цих випадках антена кріплення може бути набагато менш нав'язлива. Зовнішні антени незначно збільшують вартість та складність установки, але це може бути виправдано, якщо кінцевим результатом є можливість покриття приміщення достатньою щільністю та задоволення естетичних вимог. Після того, як буде прийнято рішення про включення зовнішніх антен, відкриваються численні варіанти формування радіочастотної комірки(стільника) за допомогою використання спрямованих антен. Повторне використання каналу в 2,4 ГГц може бути досягнуто в менших просторах, використовуючи направлені антени над головою. Висота стелі та вибір антени визначатимуть межі комірок і потрібно проводити вимірювання.

На малюнку 13, якщо припустити, що кімната складає 9000 квадратних футів, використання внутрішньої антени дозволяє використати дев'ять каналів AP 5 ГГц та три канали 2,4 ГГц для забезпечення комфортного доступу до мережі. Використовуючи зовнішню всенаправлену антену, результати були б майже однаковими. Використовуючи всенаправлені антени на 5 ГГц та спрямовані антени на 2,4 ГГц, в цьому просторі можуть бути додані один, два або три додаткові канали 2,4 ГГц. Поліпшення пропускної здатності значною мірою було б досягнуто за рахунок більш рівномірного розподілу клієнтів та менших результатів ССІ у клієнта. Буде отримано деяку додаткову ємність, але лише в тій мірі, в якій ССІ можна буде усунути між осередками, і це залежатиме від висоти стелі, схеми антени та потужності в 2,4 ГГц.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 39

Малюнок 13. WLAN розгорнутий дев'ятьма AP



Висота стель може бути набагато вищою в лекційній залі, ніж це було б у звичайному класі. Звичайна висота стелі може становити 8-12 футів, але в лекційній залі це може бути 20 футів і більше. Це вплине на результуючі RF рівні, видно на позиції клієнта, якщо це не враховано в дизайні. Тому що AP від Cisco централізує своє управління RF, стосунки між AP та AP не здійснюватимуться між AP, але AP будуть бути ближче один до одного, ніж вони до клієнта, і для цього знадобиться деяка настройка порогу. Як правило, регулювання 3-8 дБ на порозі управління потужністю передачі (TRP- transmit power control) буде достатнім для збільшення потужності до а комфортний рівень на підлозі. Це одноразове регулювання, яке зміщує всю установку. Дуже хороші результати можна досягти таким чином. Якщо таким чином використовуються спрямовані антени, додаткове посилення пов'язане з антенами, як правило, компенсує втрати шляху, пов'язані з високою стелею, але з дуже високими стелями (30 футів) можуть знадобитися коригування TRP, залежно від обраної антени.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 40

Якщо накладне кріплення не є можливим (наприклад, немає доступу до рівня стелі для кабелів або всієї кімнати був розроблений таким чином, щоб нічого не було на стелі, або якщо є великий просвіт) є багато інших варіантів кріплення.

Бічне кріплення(настінне)

Залежно від габаритів приміщення, можливо, можна буде покрити всю кімнату з боків. Якщо кімната є ширше, ніж дві комірки, буде розміщуватися (якщо припустити, що кожен стільник охоплює одну половину кімнати), потрібно буде використовувати спрямовані антени та механічні канали для покриття окремих секцій кімнати для кожної АР. В великій кімнаті матимуть проходи, що розділяють місця для сидіння, і цей простір може бути використаний для проектування ділянок, що перекриваються стільниками. Якщо для цього використовуються механічні антени і спрямовані антени, чим вище антена може бути змонтована і тим більша буде отримано стільник. Хороших результатів можна досягти, якщо антени встановлені на вісім футів вгору на стіні з 30-60 градусами downtilt.

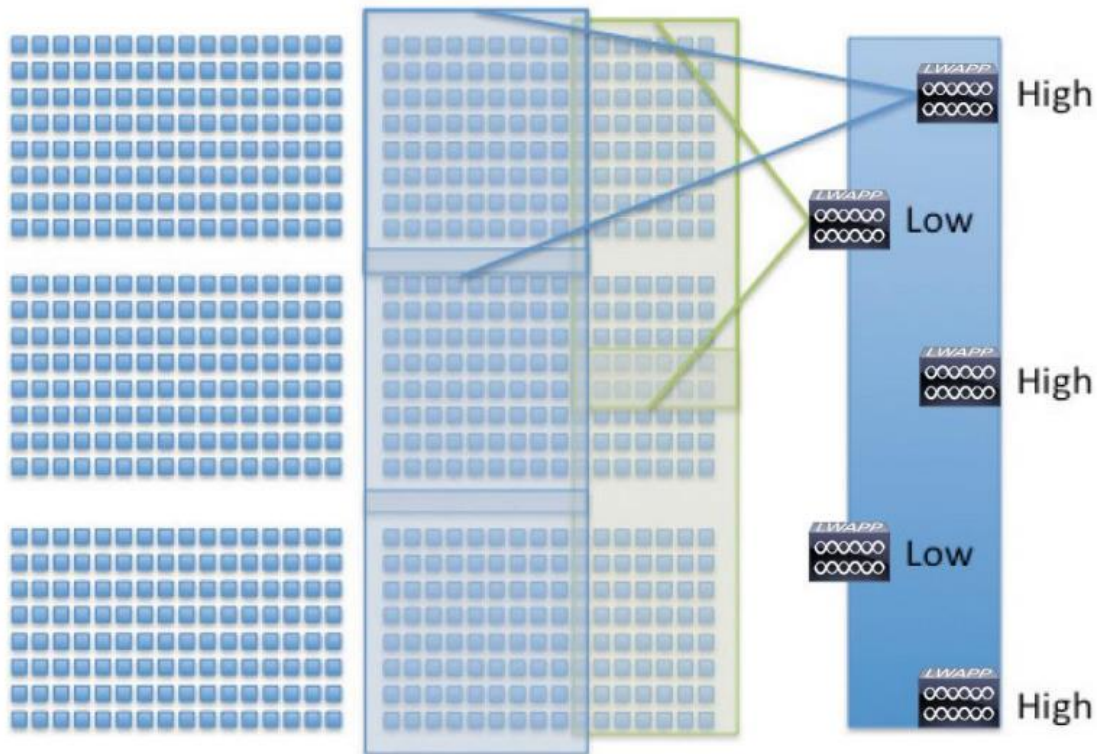
Переднє і заднє кріплення

Фасади та задня частина кімнат - це інші зони, де між краєм вікна зазвичай буде відкритий простір від користувачів. У приміщенні театрального стилю шукайте місця кріплення під або перед піднятою платформою або сцену та накладні, звернені назовні. Можна розміщувати точки доступу в обох місцях, використовуючи нижнє положення на або поблизу підлоги та антени, такі як AIR-ANT2460NP-R при куту 80 градусів і по вертикалі 75 градусів відносно перших рядів. (Зауважимо, що два з них забезпечують майже повний обхват на 180 градусів та два канали 2,4 ГГц). Для 5 ГГц використовуйте AIR-ANT5160NP-R при 65 градусах по горизонталі та вертикалі. Додаткові АР можуть бути встановлені поблизу стелі, повернена назад до кімнати, використовуючи AIR-ANT25137NP-R на 55 градусів вертикально і горизонтально для покриття секції за першими рядами (з 55 градусами, 3-4 канали). Цю схему можна повторити з тильного боку кімнати і вона забезпечить безліч каналів по периметру.

На малюнку 14 АР-пристрої встановлені низько до підлоги, забезпечуючи стільник, який використовуватиме користувачів для зменшення відстані поширення. АР також були встановлені біля стелі, використовуючи механічний нижній вал для управління розміром осередку.

Малюнок 14. АР встановлені низько до підлоги

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 41



Тіні(Shadows)

Особливості в такій кімнаті, як опорні колони або балкони, можуть представляти природні тіні всередині кімнати. При нормальній щільності такі функції потребують додаткової точки доступу, щоб забезпечити охоплення користувачів, розмічених у такій тіні. У установці з високою щільністю ці функції можна використовувати для переваги, збільшуючи повторне використання каналу, створивши максимізацію цього ефекту, а потім заповнивши інший канал.

Кріплення під сидіння

Один з оптимальних способів покрити велику, щільну зону - знизу користувачів. Це забезпечує дві переваги. По-перше, користувачі самі пом'якшують сигнали (тому більше AP може бути розміщене при повторному використанні каналів, ніж дозволяли б інші більш відкриті методи). По-друге, це, як правило, чудовий спосіб приховати точки доступу. Для цього необхідно виконати кілька експериментів для оцінки характеристик поширення місця кріплення. Під кріслом або під столом кріплення може забезпечити від 6 дБ до 20 дБ ослаблення до комірки, залежно від відкритості параметрів кріплення.

Важливо зауважити, що металеві ніжки стільця та компоненти робочого столу будуть взаємодіяти з антеною AP та змінювати схему випромінювання. Огляд результатів рішень щодо розміщення за допомогою хорошого інструменту необхідний, перш ніж приймати постійні монтажні рішення. Це можна зробити, вибравши представницьку секцію кімнати і тимчасово помістивши мінімум 4 AP (чим більше тим краще). Аналіз декількох варіантів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 42

кріплення дасть порівняльні дані, які будуть корисні для прийняття остаточного рішення.

Вибране рішення повинно забезпечити гідне загасання та корисну схему. Наявність тіней у такому типі монтажу не є проблемою і може бути корисною, якщо тіні послідовні та заповнені іншими клітинками. Це може здатися великою роботою, але результати можуть бути варті зусиль. Як правило, для цього типу установки рекомендується використовувати АР з внутрішніми антенами. Експериментуйте з антенами АР, спрямованими вгору та вниз. Не надто турбуйтеся про рівні потужності; в порожньому приміщенні вони, як правило, виглядатимуть дуже високо, порівняно зі звичайною установкою. В якості остаточного тесту виберіть частину кімнати – можливо 25 відсотків зони відпочинку - і виміряйте майданчик із присутніми користувачами. Це можна зробити за допомогою ідентифікатора набору службових служб (SSID-service set identifier), щоб запобігти залученню активних користувачів. На цьому етапі ми оцінюємо розміщення, а не пропускну здатність користувача. Подивіться на ССІ та модель покриття, щоб оцінити ефективність дизайну.

Під підлогою

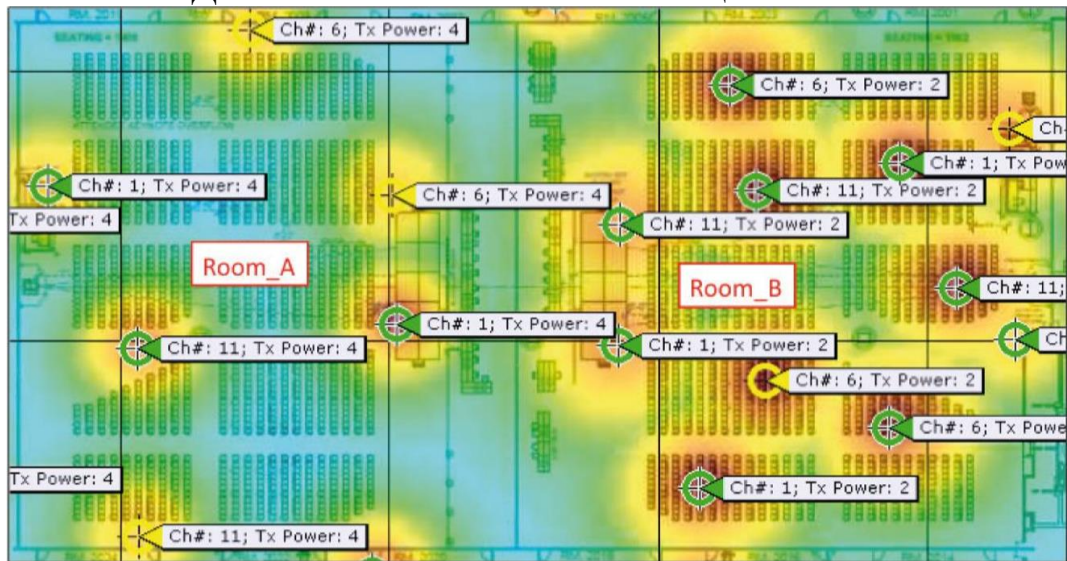
Монтаж АР під підлогу з метою випромінювання до користувачів може забезпечити велике послаблення. Це теоретично спрацює і дозволить створити більше піко-стілників у даному середовищі. Однак, виходячи з досвіду, кількість закладів, де це виявилось практичним, залишається невеликою. Монтаж під підлогу не слід ігнорувати як варіант, і його слід досліджувати. Випадок, коли це життєздатний варіант, може бути досить корисним для дизайну. Обмежуючими факторами будуть радіочастотна щільність підлоги та доступність. Попередньо напружені бетонні підлоги або підлоги, що містять багато армуючих матеріалів, як правило, не підходять. Також важливо враховувати відображаючий потенціал матеріалу підлоги і де це буде відображатися в іншій частині інфраструктури.

Об'єднання всього цього разом

Розглянемо розгортання WLAN з високою щільністю у двох кімнатах, які разом займають 26 000 квадратних футів, малюнок 15. У кімнаті А розміщено 1450 місць, а в кімнаті В - 1500 місць. Обидві кімнати розділені подвійною повітряною тимчасовою стінкою, що забезпечує хороше ослаблення радіохвиль. Мета проекту - забезпечити охоплення учасників, передбачаючи 25-відсотковий робочий цикл. Основна увага приділяється охопленню 2,4 ГГц, оскільки це критичний ресурс для більшості всіх КПК та декількох моделей планшетів. 5 ГГц демонструє подібні переваги у щільнішому приміщенні та кімнаті В, які були набагато щасливішими користувачами 5 ГГц, просто тому, що відстані поширення були меншими загалом між АР та клієнтами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 43

Малюнок 15. Двокімнатна WLAN з високою щільністю



У номері А розміщено шість точок доступу. Два AP мають антени, спрямовані на бічні сторони, два AP з внутрішніми антенами розміщені спереду, одна внутрішня антена AP розміщена в задній частині приміщення, а одна внутрішня AP розташована на підлозі, щоб заповнити тінь за стовпом. в кімнаті. Рівень потужності встановлюється в 11 дБм, що призводить до хорошого рівня покриття приміщення. Мінімальна швидкість передачі даних встановлена на рівні 9 Мбіт / с. Увімкнено BandSelect та Cisco ClientLink.

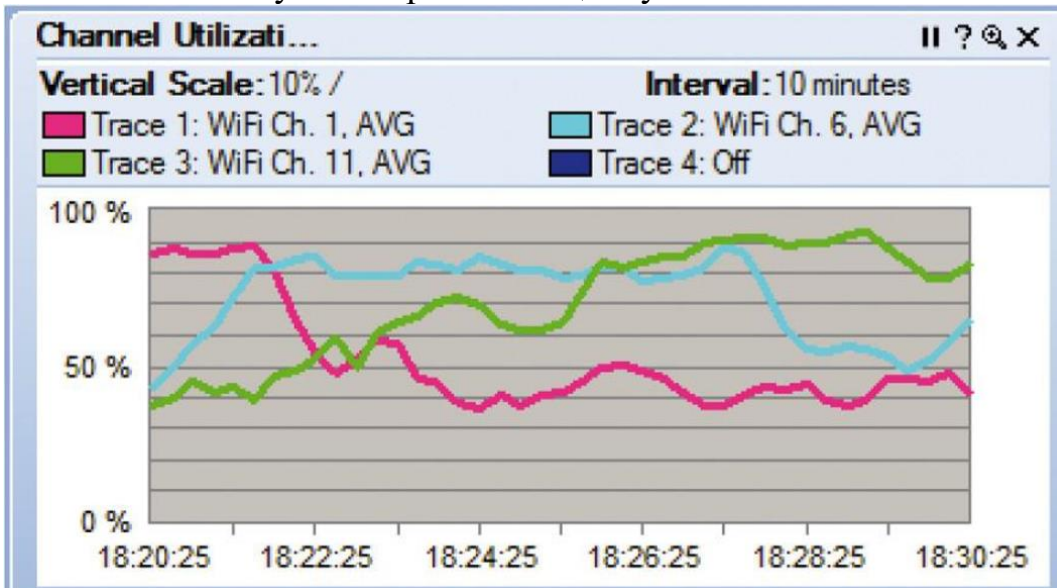
У приміщенні В розміщено загалом 12 AP. Вісім розміщені під сидіннями в кімнаті. Два AP - ззаду, а два AP - в передній частині кімнати. Рівень потужності був знижений до 5 дБм. Мінімальна швидкість передачі даних проходила в 12 Мбіт / с, включено BandSelect і Cisco ClientLink.

Ці розгортання призвели до суттєво різного досвіду користувачів у кожній кімнаті:

- У номері А не було рівномірного балансу клієнтів на всіх шести AP, при цьому яскраво виражена кількість перебування на AP, яке було біля входу в кімнату, вказувало на те, що вони ніколи не блукали. Продуктивність була помірною, але скарг користувачів не було.
- У приміщенні В було набагато більш врівноважене навантаження, розподілене по всіх AP в приміщенні, а продуктивність була значно кращою, про що свідчить пропускання здатність, що спостерігається в приміщенні та в мережі, що постачає його.

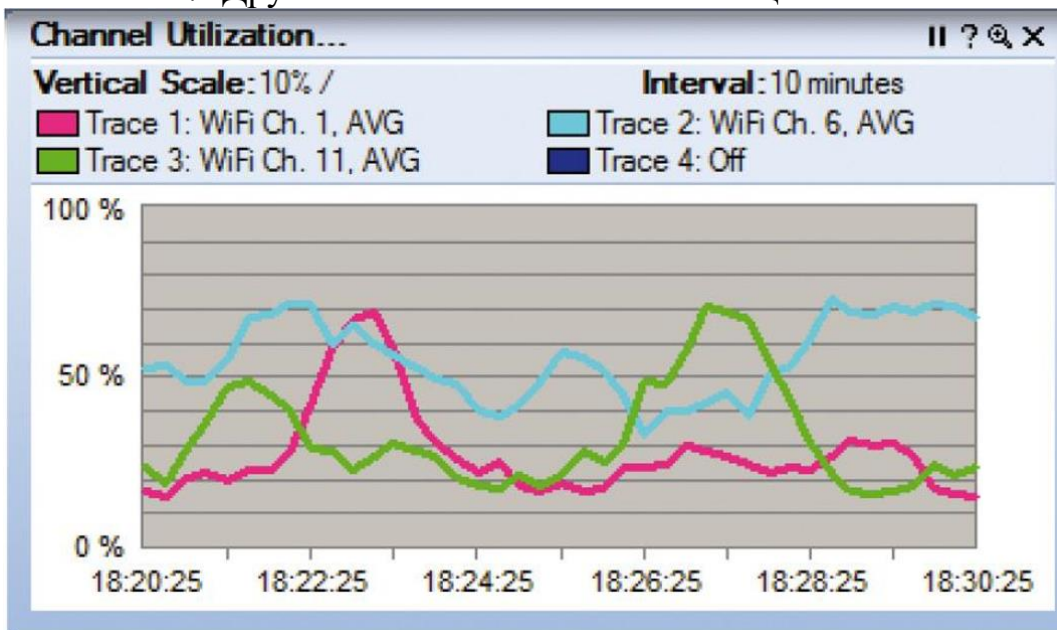
Переглядаючи робочий цикл у двох приміщеннях за той самий період, було помітна різниця в умовах RF між приміщеннями А і В. За 10-хвилинний період робочий цикл каналів 6,11 в кімнаті А в середньому становив майже 100%, і на каналі 1 виявлені піки на 100%, як показано на Малюнку 16.

Малюнок 16. Результати робочого циклу в кімнаті А



За 10-хвилинний період робочий цикл каналів 1,6,11 в кімнаті В становив у середньому 50 відсотків із короткими піками в 70%, малюнок 17.

Малюнок 17. Друга кімната WLAN з високою щільністю

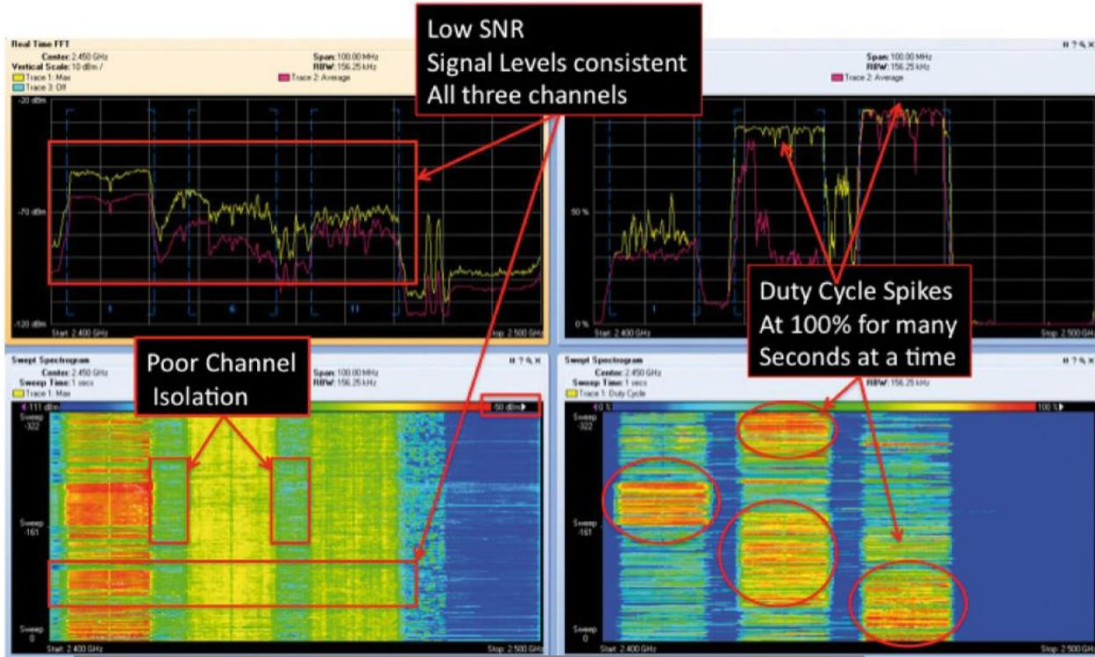


Робочий цикл вимірює фактичне використання RF; це відсоток часу активності TX для заданої частоти. Використання каналу відрізняється, і, як правило, вище значення, ніж робочий цикл RF, оскільки він додає таймери протоколів у метрику для показу загальної доступності Wi-Fi каналу. Додаючи мінімум вікна конфлікту (CW_min - contention window minimum), вектор розподілу мережі (NAV- network allocation vector) та CCI разом, це показує відсоток часу, коли станція Wi-Fi не може отримати доступ до каналу. Як вже згадувалося раніше, Wi-Fi заснований на суперечці, і поки сигнали присутні вище порогу CCA, жодна станція не може отримати доступ до каналу. 100-відсотковий

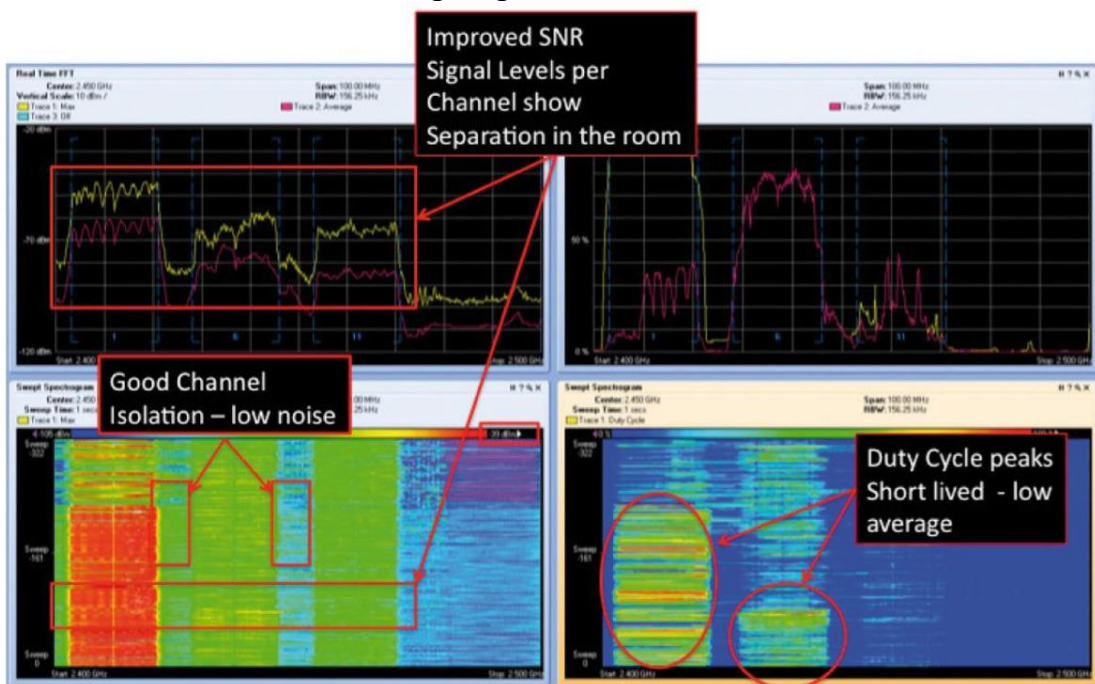
робочий цикл RF поганий. У цьому випадку це пояснюється неефективним використанням спектру.

З фізичного шару ці погляди на спектр, рисунки 18-19, були зроблені за допомогою експерта Cisco Spectrum та CleanAir з моніторингової AP, розташованої в центрі кожної кімнати.

Малюнок 18. Вигляд спектра приміщення А



Малюнок 19. Вигляд спектра приміщення В



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 46

Зауважте, що для кімнати А шкала спектрограми в лівому нижньому куті дисплея мала червоний рівень -39 дБм, а для кімнати В - до -50 дБм. Сигнали були дещо гарячішими в кімнаті А. У номері А було менше каналів, і AP були далі від клієнта; це в свою чергу змусило клієнтів збільшити свою потужність. Поєднання збільшеної потужності та меншої кількості каналів приблизно в одному просторі викликало більше шуму та швидше погіршення загального доступного спектру.

У конструкції WLAN з високою щільністю більше AP та менша потужність означають більш високу спектральну ефективність. Більш висока спектральна ефективність заохочує більш високі швидкості і вимагає меншої кількості ефірного часу при однаковому відносному навантаженні та менше ефірного часу, призначеного для відновлення та повторної передачі або накладних витрат.

Чим ближче, що AP і клієнти можуть бути один до одного, тим вище буде спектральна ефективність. Якщо AP та клієнти повинні працювати на відстані через архітектурні вимоги, використання спрямованих антен покращить ізоляцію стільників та зменшить потужність, необхідну для TX в обох напрямках.

Першочерговий збій у більшості конструкцій з високою щільністю - це недостатня кількість точок доступу та каналів. Вторинна причина відмови в більшості конструкцій високої щільності - погана ізоляція каналів; занадто багато точок доступу та каналів у просторі.

Cisco уніфіковані бездротові мережі Кращі практики

Наступні розділи висвітлюють деякі основні дизайнерські рішення, які слід враховувати та чому вони важливі. Зрозуміло, що не всі перераховані рекомендації будуть можливими в старій конструкції. Ці пункти наполегливо рекомендуються для підтримки конструкції WLAN з високою щільністю. Ринок та технології продовжують швидко розвиватися, і ці рекомендації також будуть розвиватися.

Інформація в цьому розділі не призначена для заміни рекомендованих посібників з дизайну для розгортання кампусів та бездротових мереж, на які посилається в іншому місці цього документа. Це частковий перелік міркувань, що стосуються конкретно міркувань для мереж з високою щільністю. Місцеві команди продажів Cisco або партнери Cisco - найкращий ресурс для питань, що стосуються цілей та вимог конкретного дизайну WLAN.

Інспекція сайту перед розгортанням та затвердження

Перед розгортанням бездротової локальної мережі сайт слід оцінювати виходячи з наступного:

RF-інтерференція

- На сайті можуть бути наявні бездротові локальні мережі як частина тієї ж RF мережі.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 47

- Можуть бути сусідні бездротові локальні мережі, які не є частиною існуючої радіочастотної мережі.
- Можуть бути поблизу джерела мікрохвильових печей та / або камер спостереження або інші форми без Wi-Fi перешкод.
- Скоріше за все буде Bluetooth.
- WCS та контролер WLAN забезпечують точну звітність про умови CCI.
- Cisco CleanAir забезпечує поглиблений аналіз перешкод і моніторинг 7x24.

Опитування на сайті

- Візуально огляньте сайт на предмет багатостороннього потенціалу та варіантів розміщення для AP та антен.
- Ходити по сайту, використовуючи хороший інструмент опитування, дуже рекомендується. Використання живого радіочастотного інструменту, такого як AirMagnet Surveyor, дозволить оцінити поширення RF та можливість активно передавати дані та оцінювати діапазон та швидкість охоплення даних

Інструменти проектування WLAN

Надання бездротової локальної мережі з високою щільністю - це очевидно складний проект, але ці мережі все частіше розгортаються. Знання того, що є на місці, та використання спектру сьогодні є важливими кроками. Знання, куди йде спектр при установці, є критично важливим. Підтримка навколишнього середовища також вимагає регулярного спостереження та епізодичного усунення несправностей, оскільки динаміка WLAN має тенденцію змінюватися з часом. Більшість проблем управління може бути усунено шляхом впровадження WCS Cisco, але важливість обстеження сайту під час планування та розгортання не може бути достатньо підкреслена. Потреба в хороших інструментах та точних оцінках зростає із щільністю розгортання. Існує тонка грань між перешкодами та корисним спектром у WLAN з високою щільністю. Cisco WCS версії 7.0 MR1 користується інтеграцією як з Ekahau Site Survey 5.1, так і з AirMagnet / Fluke Survey Pro та Planner v 8.1. Ці інтеграції зменшують зусилля, пов'язані з обробкою та обміном інформацією між платформою управління та інструментами опитування. Це зменшує час і зусилля, необхідні при максимальній точності планування та управління життєвим циклом отриманої мережі.

Калібрування

Коли слово калібрування використовується в контексті інструментів, воно, як правило, посиляється на необхідність тестування та коригування точності певних інструментів вимірювання щодо опорного сигналу для підтвердження того, що отримані результати є точними. У бездротових мережах більшість інструментів покладаються на мережевий адаптер, який

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 48

використовується для опитування сайтів або для проведення конкретних вимірювань. Мережеві адаптери рідко, якщо взагалі потребують калібрування. Мережеві адаптери можуть і дуже відрізняються залежно від їх оцінки фізичного рівня. Ось декілька найкращих практик, за допомогою яких можна забезпечити корисні та точні дані, отримані з кількох джерел, у порівнянні. Для інструментів на основі ноутбуків важливо бути впевненим, що використовуваний мережевий адаптер відповідає між різними інструментами та наборами даних, які будуть порівнюватися. Це означає, що всі ноутбуки, які використовуються для опитування, повинні мати одне і те ж програмне забезпечення для адаптера та драйвера. Різні результати можна отримати навіть при використанні одного і того ж адаптера з тим же програмним забезпеченням драйвера на різних платформах. Антени та розміщення антен зазвичай залежать від фізичного простору, наявного на платформі, а компроміси проектування залежать від платформи та платформи. Це вплине на те, як AP сприймає світ. Порівняйте різні платформи в статичному середовищі перед початком опитування.

Найкращі практики включають:

- Використовуйте зовнішні USB-адаптери для оглядового обладнання.
- Програмне забезпечення зазвичай може ліцензуватися на адаптер і переміщуватися з платформи на платформу, зберігаючи інструмент вимірювання послідовним.
- Завжди використовуйте одне і те саме програмне забезпечення драйверів від виробника пристрою або від виробника інструменту для всіх інструментів, які використовуються для кількісної оцінки результатів у заданому середовищі.
- Оновлюючи драйвер, порівняйте результати між новим і старим драйвером. Це допоможе осмислити старі набори даних.
- Запишіть, які адаптери, платформи та програмне забезпечення драйверів використовувались під час збору наборів даних. Це полегшить запам'ятовування деталей пізніше набагато простіше, якщо виникне потреба.

Готовність до інфраструктури

Провідна локальна мережа повинна видаляти весь протокольний трафік, який не вимагається програмами на кінцевих точках WLAN. Провідна LAN повинна бути розроблена для підтримки конфігурацій якості обслуговування (QoS-quality of service) WLAN. Локальна мережа повинна бути розроблена для підтримки різкого зростання трафіку аутентифікації.

Призначення SSID

Користувачі підключаються через різні SSID для кожного сегменту користувача, причому кожен SSID відокремлюється у відповідній VLAN. Це

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 49

бездротове з'єднання захищено відповідними протоколами бездротової аутентифікації. У таблиці 9 наведено приклад SSID, які використовуються в університетах.

Таблиця 9. SSID, використовувані в університетських місечках SSID Група користувачів

SSID	Група користувачів
IT	Внутрішнє технічне управління
Факультет	Співробітники університету
Студент	Студент
Гість	Публічні користувачі Інтернету та гості

Примітка. Кількість SSID слід звести до мінімуму, щоб уникнути негативного впливу на продуктивність через надмірний трафік управління. Кожен SSID вимагає окремого повідомлення маяка, яке транслюватиметься з найнижчою обов'язковою швидкістю передачі даних і може суттєво вплинути на продуктивність в дизайні з високою щільністю.

Рекомендації щодо конфігурації бездротової локальної мережі та особливості функції

Ось деякі конкретні рекомендації щодо конфігурації та їх функції для середовища з високою щільністю. Це не перелік конкретних вимог, і окремі деталі конфігурації, ймовірно, будуть різними.

WLANs => WLANs #n Tab Advanced

- Захист клієнта MFP - необов'язковий або вимкнений, інвалід трохи опуститься
- Балансування завантаження клієнта - увімкнено
- Клієнт BandSelect - увімкнено

Wireless=>Access Points=>802.11a/b=>Configure

- Параметри 11n - увімкнено ClientLink, клієнтське посилення дозволяє формувати промінь до застарілого клієнта і активується, коли SNR клієнта вказує, що потрібен зсув швидкості. Це додасть клієнту 3-6 дБ для низхідного потоку і, ймовірно, запобіжить зсув швидкості
- Призначення радіоканалу RF - глобальне
- Призначення рівня потужності TX - глобальне

Wireless=>Advanced=>

- Балансування навантаження: регулювання розміру вікна клієнта для вашого оточення. За замовчуванням 5, потрібно буде більше відповідати очікуваному рівню завантаження 30-50 клієнтів. Максимальна кількість відмов можна регулювати, але за замовчуванням зазвичай достатньо. Повинно бути увімкнено або вимкнено через SSID та WLAN

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 50

- BandSelect: Значення за замовчуванням повинні бути хорошими за винятком прийнятного RSSI клієнта. Встановіть це так, щоб відображати очікувані рівні потужності в приміщенні. Це також запобіжить моніторингу клієнтів поза зоною високої щільності в черзі

Wireless=>802.11a/802.11b=>Network

Мережа - тарифні дані

- Обов'язковий = Клієнт повинен підтримувати, щоб пов'язати
- Підтримується = Необов'язково: клієнт може, за бажанням, перейти до цієї ставки
- Disabled = Не підтримується на AP

Рекомендації: Встановіть мінімально прийнятну швидкість передачі даних для комірки як підтримувану. Виберіть більш високу швидкість передачі даних як швидкість цільового клієнта та встановіть її як обов'язкову. Перший або найнижчий обов'язковий тариф - це швидкість, з якою будуть надсилатися маяки. Найвища обов'язкова швидкість - швидкість, з якою транслюватиметься багатоадресна передача. Конструкція для WLAN з високою щільністю повинна використовувати мінімальну обов'язкову швидкість передачі даних 18 або 24 Мбіт /с.

Wireless=>802.11a/802.11b=>RRM

RRM слід використовувати для управління як живленням, так і каналами в WLAN з високою щільністю. Це забезпечить оптимізацію рівня потужності та вибору каналу. RRM буде контролювати показники розповсюдження та використання OTA та коригувати всі точки доступу, залежно від їх перегляду один для одного, щоб забезпечити оптимальну пропускну здатність / продуктивність. Щоб отримати повне обговорення конфігурації, перегляньте Посібник з конфігурації WLC.

Transmit Power Control Algorithm (TPC Алгоритм управління потужністю передачі)

- Мінімальна / максимальна потужність встановлює обмеження на мінімальну та максимальну потужність, яку може використовувати AP. Він перекриває рекомендації TPC та впливає лише на локальний контролер та пов'язані з ним AP.
- Поріг потужності TPC використовується для регулювання потужності на краю стільника. За замовчуванням - 70 дБм. Налаштуйте конкретні вимоги до установки. Можливо, знадобиться відрегулювати поріг потужності TPC в умовах із висотою стелі понад 25 футів.

Dynamic Channel Assignment (DCA Алгоритм динамічного призначення каналу) Algorithm

Значень за замовчуванням має бути достатньо за такими винятками:

- Уникайте сторонніх втручань AP. Це повідомляє DCA розміщувати канали, якими користуються інші AP, і намагатися обійти це завдання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	Екземпляр № 1	Арк 52 / 51

Якщо на кордоні з іншою зоною покриття в окремій радіочастотній групі, увімкніть це (за замовчуванням). Вимкніть це, якщо існують інші мережі, які перебувають поза вашим контролем.

- Чутливість каналу DCA (середнє значення за замовчуванням) має працювати добре в більшості програм. Встановити низький рівень, щоб зробити зміни каналу вкрай мало ймовірним. Встановіть максимум, щоб заохочувати зміни каналів у відповідь на зміни навколишнього середовища.
- У лише середовищах 802.11a, що мають ширину каналу 20 МГц / 40 МГц, більшість середовищ високої щільності отримують більше користі від більш доступних каналів. Але деякі програми, такі як відео, ефективно використовуватимуть 40 МГц.
- Канали DCA 100-140 та 165 відключені за замовчуванням, дозволяють розширеним каналам UNII-2 автоматично вибирати 100-140

Алгоритм виявлення дір в покритті мережі

Поріг покриття: дані RSSI повинні бути встановлені для мінімально прийнятної рівня RSSI для підтримки мінімальної швидкості передачі даних, необхідної в зоні покриття з високою щільністю. Це дозволить Coverage Hole повідомляти про випадки, коли клієнт перевищив цей поріг.

Примітка: Значення за замовчуванням повинні бути достатніми для рівня виключень клієнта. Увімкнення реалістичного порогу дозволить системі відстежувати та повідомляти клієнтів за MAC-адресою, що опускається нижче порогу. Якщо послуги локації доступні, це можна побудувати на дисплеї карти. Це може бути дуже корисно для усунення неполадок остаточного розгортання або для виявлення нового типу клієнта, який має різні можливості RF.

Загальне - Поріг профілю для пасток

Відрегулюйте їх для очікуваних рівнів у зоні покриття високої щільності. Це зробить пастки та сповіщення змістовними

Wireless=>802.11a/802.11b=>High Throughput (802.11n)

Потрібно увімкнути обидві діапазони, підтримуючи бездротовий зв'язок MCS = => Media Stream

Wireless=>Media Stream

- Увімкнути, якщо підтримує програми для потокового відео
- Для всіх перерахованих вище команд настійно рекомендується використовувати WCS та шаблони AP та контролерів для внесення змін та призначення. Використання функції груп AP також настійно рекомендується впорядковувати точки доступу до зони покриття та конфігурації SSID WLAN.

Висновок

Продуктивність WLAN з високою щільністю в середовищі вищої освіти сильно залежить від того, наскільки добре розуміються вимоги мережі до розгортання мережі. Добре розуміння цих концепцій дозволить дизайнеру модифікувати

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.05- 05.01/125.00.1/ВК8.1 -2020
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 52 / 52</i>

дизайн, щоб він міг відповідати непередбаченим проблемам та вимогам. Важливо мати альтернативні варіанти, засновані на змінні факторів, і залишатися гнучкими в підході, коли пред'являються нові вимоги та проблеми. Наприклад, в більшості залів естетика матиме першорядне значення, і передбачити дизайнерську відповідь на естетичну критику заздалегідь корисно. Розуміння відмінностей у роботі між оптимальним рішенням та менш нав'язливим (або більш естетично прийнятним, із прихованими AP-рішеннями) дозволить дизайнеру підготуватися до цього обговорення та змінити очікування за потреби.