



# От покрытия к плотности. Современные подходы построения беспроводных сетей

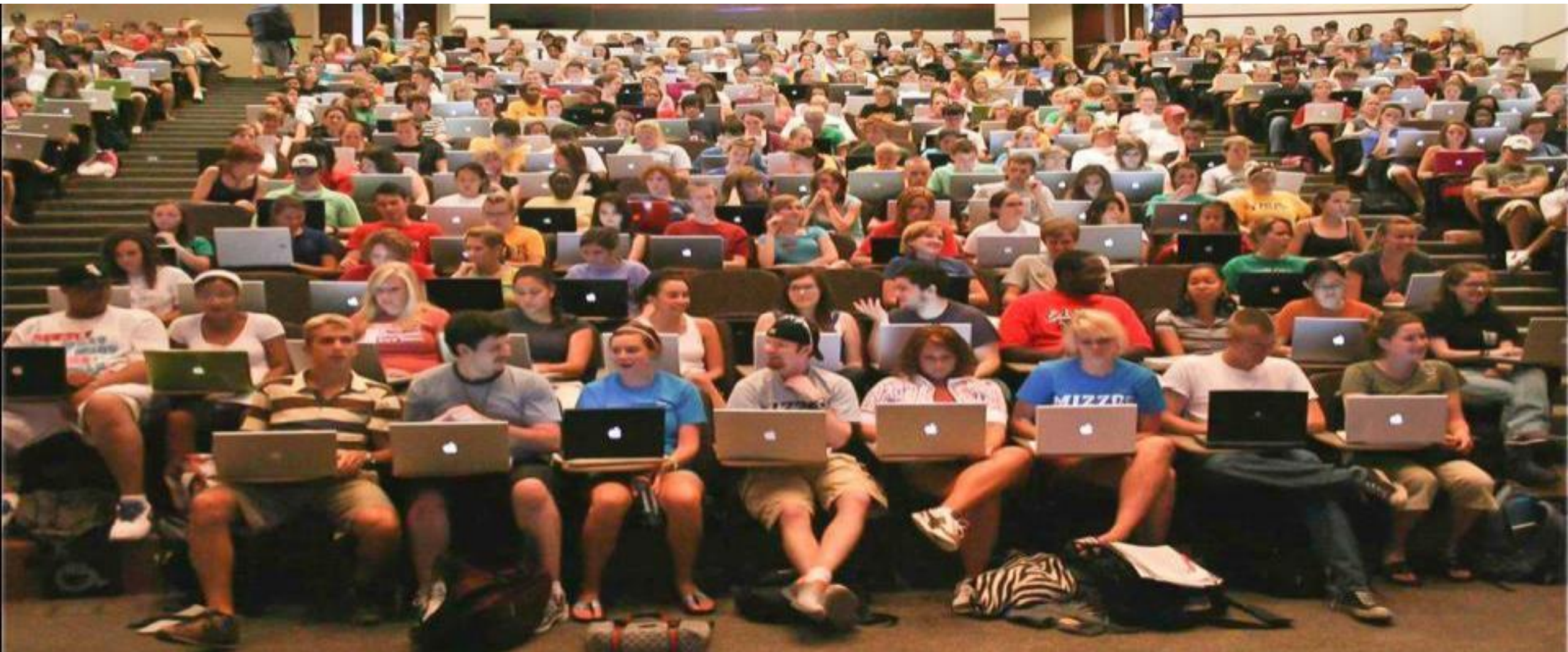
Юрий Довгань  
Системный инженер

18.05.2016

Cisco  
Forum



# Сегодняшние реалии



# Проектирование сетей высокой плотности

# ВНОВЬ О МОЩНОСТИ

Я говорю с клиентами очень ГРОМКО...Поэтому, я уверен, они меня услышат!!!



20 dBm = 100 mw

Да, точка доступа, я получил твоё сообщение. Ты меня слышишь?

Да, точка доступа, я получил твоё сообщение. Ты меня слышишь?

(ПОВТОР)



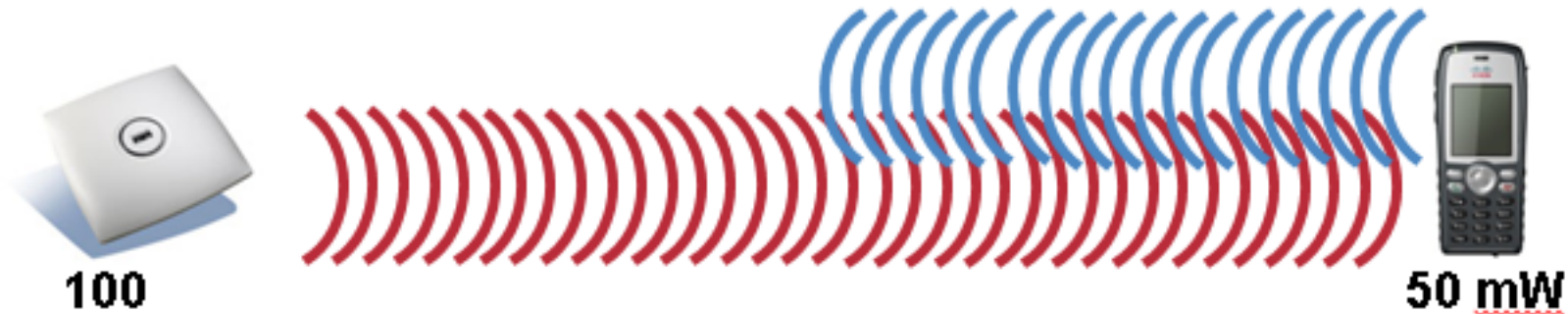
14 dBm = 25 mw

Да, точка доступа, я получил твоё сообщение. Ты меня слышишь?

(ПОВТОР)

# Покрытие. Плотность размещения точек доступа – основные постулаты

- Увеличение мощности до максимума – не есть средство увеличения области покрытия



- При радиопланировании мощность точки доступа устанавливается на одну ступень выше мощности передатчика самого слабого клиента

# Покрытие в офисе. Плотность размещения точек доступа – основные постулаты

- Типичные рекомендуемые плотности расположения точек доступа в «офисной среде»
- Расстояние между точками доступа с всенаправленными антеннами:
- 25 метров (для приложений типа 'data')
- 17-18 метров (для приложений 'voice' + 'data') - граница соты -67 dbm
- Работает Coverage Hole Detection (определение белых пятен)

# Высокоплотный Wi-Fi: основные проблемы

- Интерференции от других WiFi сетей на объекте
- Интерференции от не-WiFi устройств, работающих в том же диапазоне
- Межканальная интерференция: Больше точек – плотнее расположение
- Низкоскоростные клиенты (802.11b) снижают производительность сети
- Клиенты выбирают 2.4 ГГц (лучшие сигнал) вместо 5 ГГц (хуже сигнал)
- Залипшие клиенты: Клиенты остаются на точке доступа, даже если человек переместился с одного конца объекта в другой
- Ограничения в размещении точек. Сложно поместить ТД, куда нужно
- Штормы проб: 2.4 ГГц клиенты посылают пробы на всех 11 пересекающихся каналах

# Все начинается с физики: РЧ дизайн

## Выбор антенны:

Решить, какая антенна лучше подходит

### *Учитывать:*

- Плотность обслуживаемых клиентов
- Доступные места крепления
  - Около ~20м до дальнего клиента

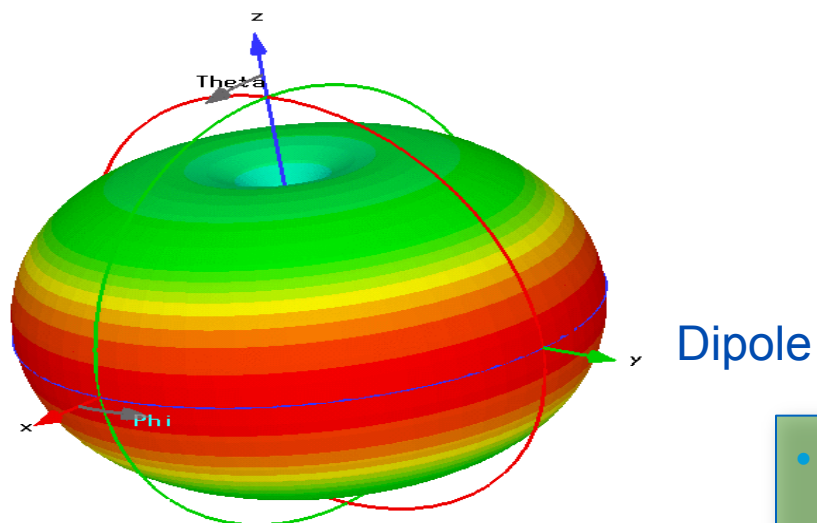
## Размещение антенны:

Где антенна обеспечит лучшую скорость и наиболее надежный сервис?

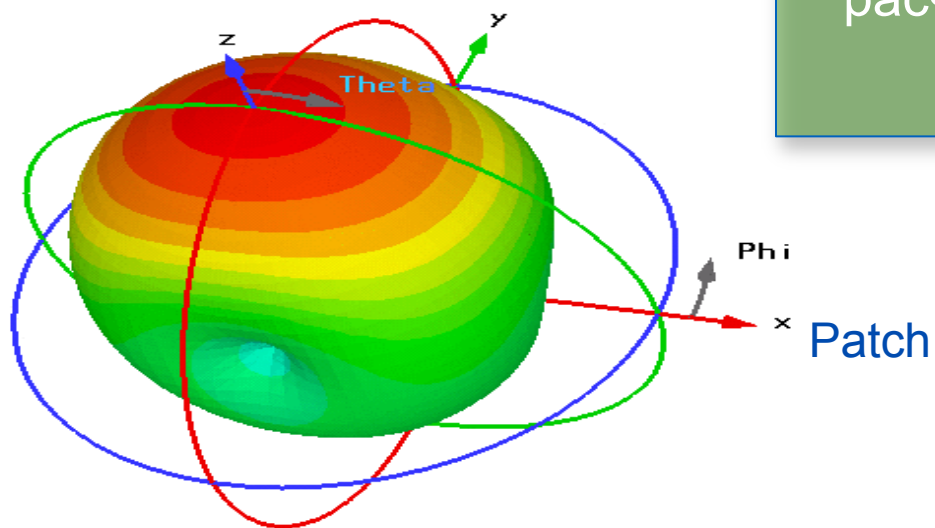
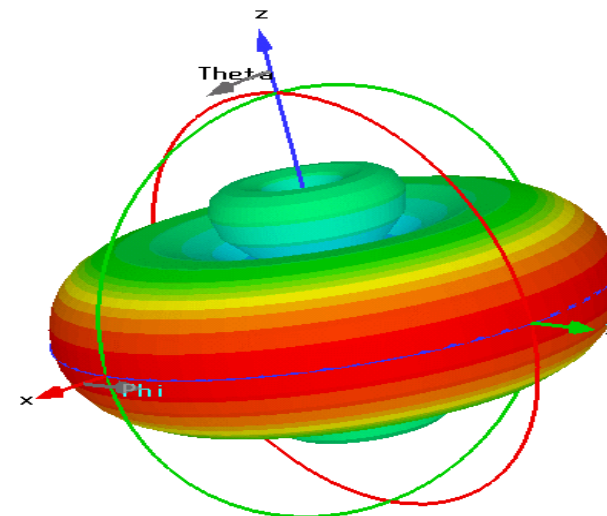
### *Учитывать:*

- Прямую видимость
- Изоляцию от внешних помех
- Угол наклона в сторону клиентских устройств

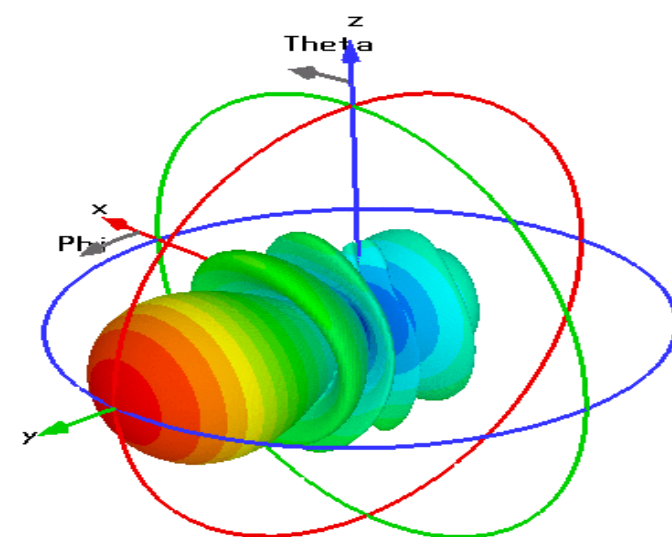
# Диаграммы направленности антенн



Omni



Yagi



- Выбор антенны – критический фактор при расчете покрытия

# Выбор антенны



**Двухрежимная стадионная антенна**  
**3702p + AIR-ANT2513P4M-N**

**2.4/5GHz**

30°/30° Az

30°/30° Elev

Покрытие  
сверху вниз

# Выбор антенны



Двухрежимная стадионная антенна  
**3702p + AIR-ANT2513P4M-N**

**2.4/5GHz**

30°/30° Az

30°/30° Elev

Покрытие сверху  
вниз

(стадионы,  
высокие потолки)



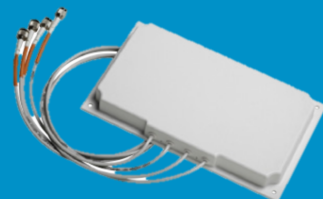
Двухрежимная панельная антенна  
**3702e/p + AIR-ANT2566D4M-R**

**Новая**

60°/60° Az

60°/60° Elev

HD-покрытие на  
малых  
расстояниях  
(<5-10 м к  
клиенту)



Двухрежимная панельная антенна  
**3702e/p + AIR-ANT2566P4W-R**

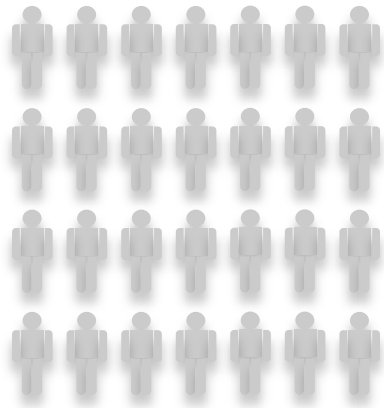
105°/125° Az

70°/60° Elev

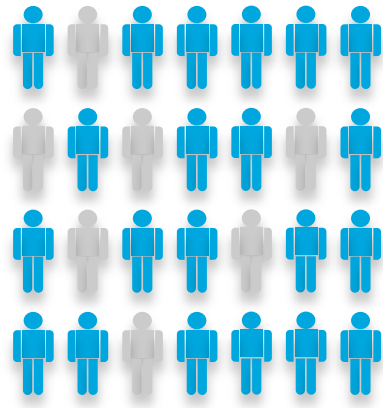
HD-покрытие на  
малых  
расстояниях  
(<15м к клиенту)

# Увеличивая емкость спектра

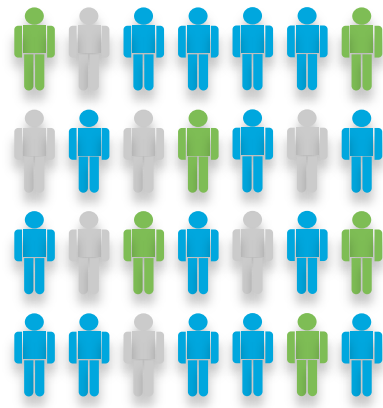
Сами клиенты являются источником интерференции



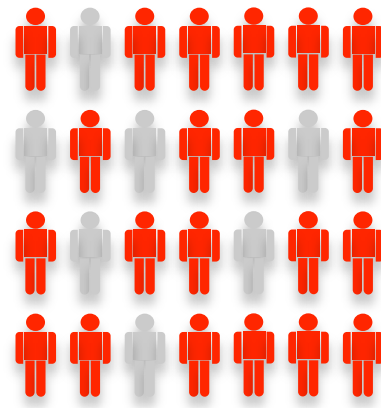
Клиенты в  
соте



Клиенты с  
телефонами



Клиенты  
подключенные  
к Wi-Fi



Клиенты, генерирующие  
интерференции

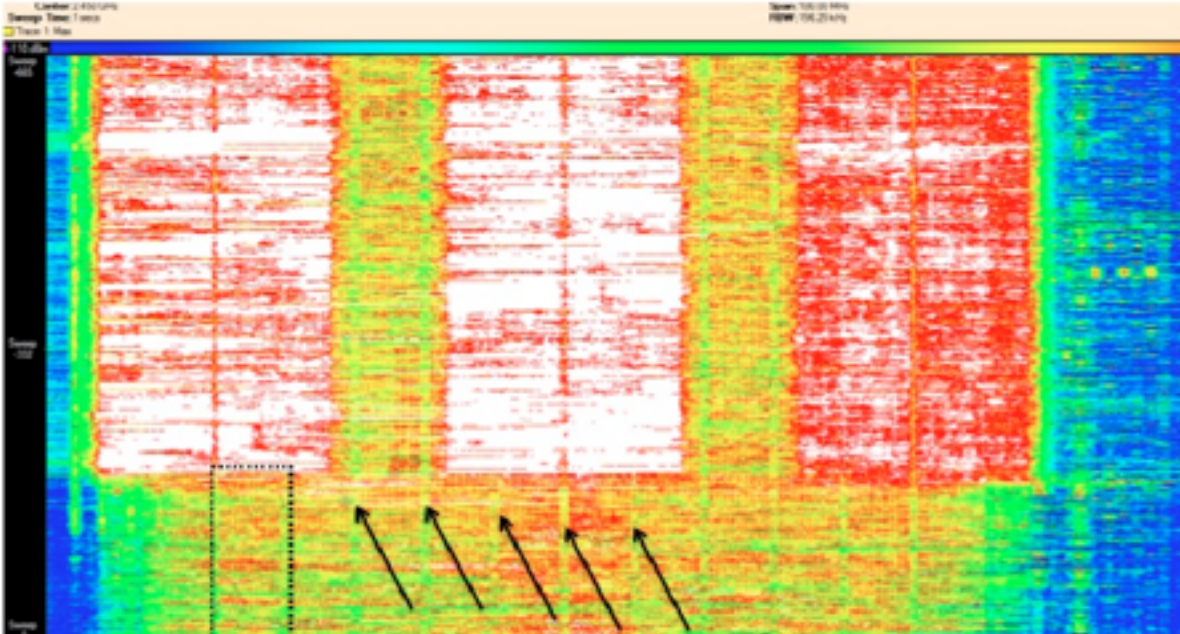


## Обычные допущения

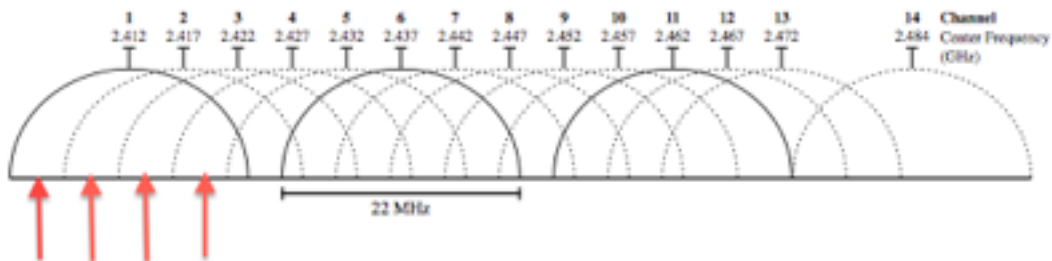
- 75% клиентов со смартфоном и включенным Wi-Fi адаптером
- 30% клиентов подключаться к Wi-Fi сети

# Увеличивая емкость спектра

## Интерференция от клиентов



- В основном затрагивает 2.4ГГц, но также и 5GHz через ACI (Adjacent Channel Interference)
- Пробы (запросы) шлются на всех каналах
  - Много фреймов на пересекающихся каналах, **увеличивается шум**
- Подключая эти устройства к сети, мы улучшаем ситуацию
  - Для ассоциированных устройств частота посылки проб снижается



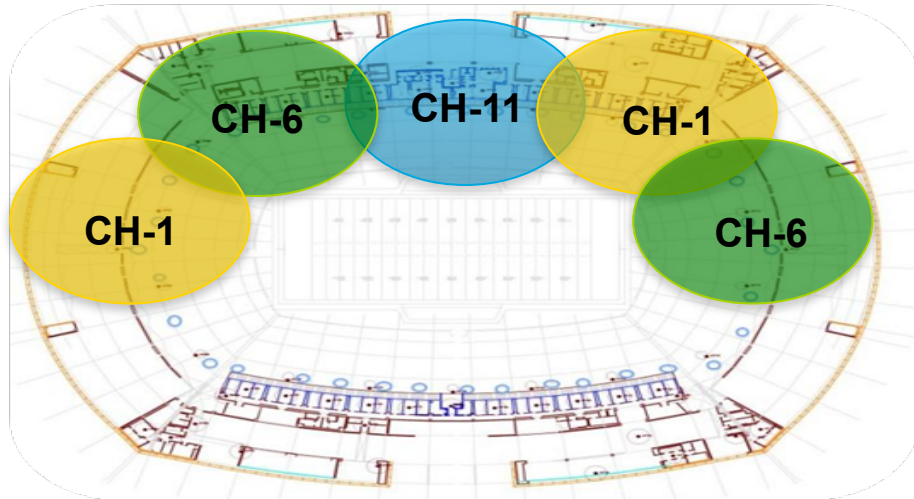
# Увеличение емкости спектра

## Клиентская интерференция

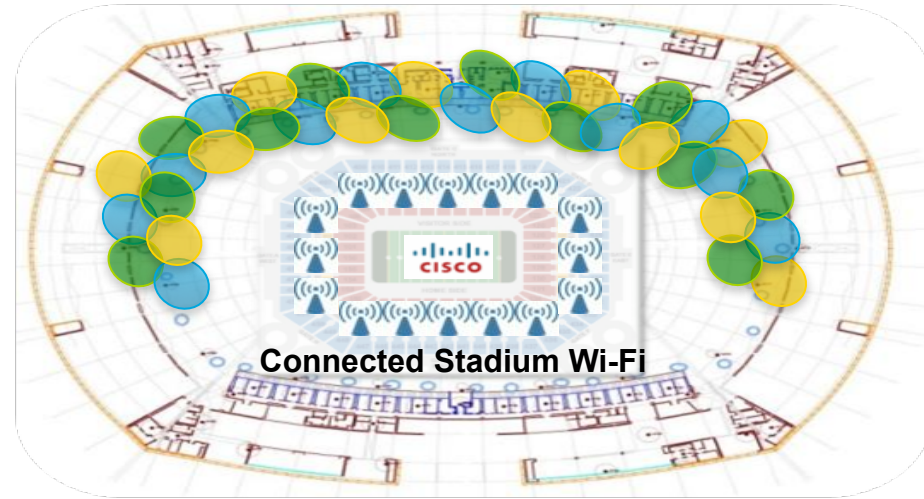
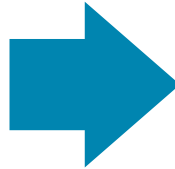


- Низкая скорость = много проб создают шум (1mb, максимальная мощность, все каналы)
  - Увеличивается **клиентская интерференция**
- **Подключенное устройство** **намного меньше вредит сети, чем неподключенное устройство**  
Device classification guide:
  - [http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/8-0/device\\_classification\\_guide.html](http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/8-0/device_classification_guide.html)

# Применение патч-антенн секторной направленности для повышения плотности подключений



**До**  
Широкие ячейки с низкой плотностью

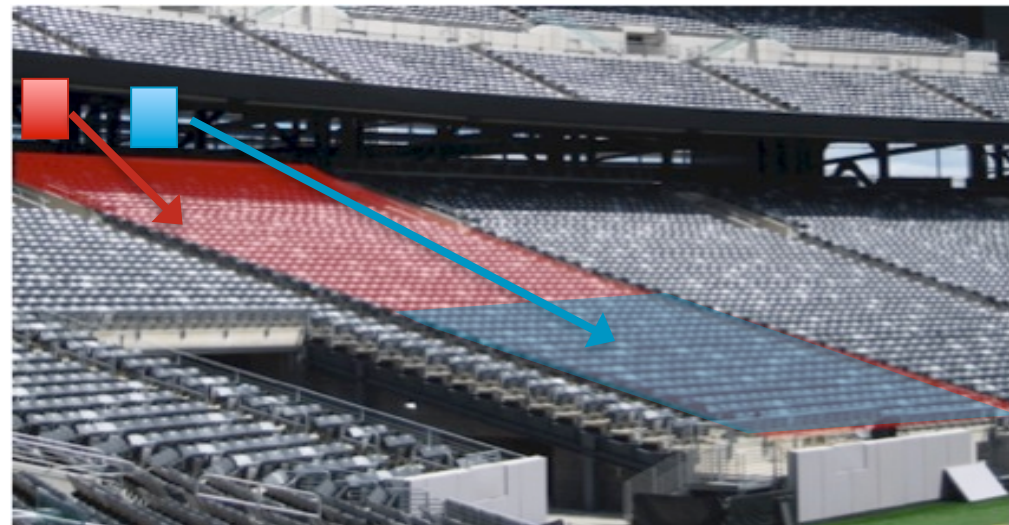
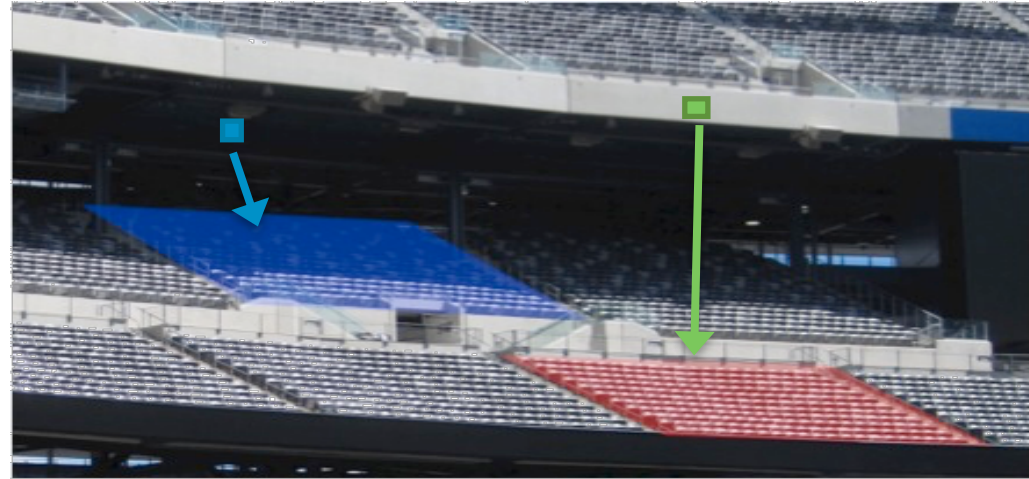


**После**  
Покрытие с высокой плотностью подключений

- Меньшие ячейки позволяют устройствам работать на более высоких скоростях
- Больше ячеек = Больше плотности (= скорости = клиентов)

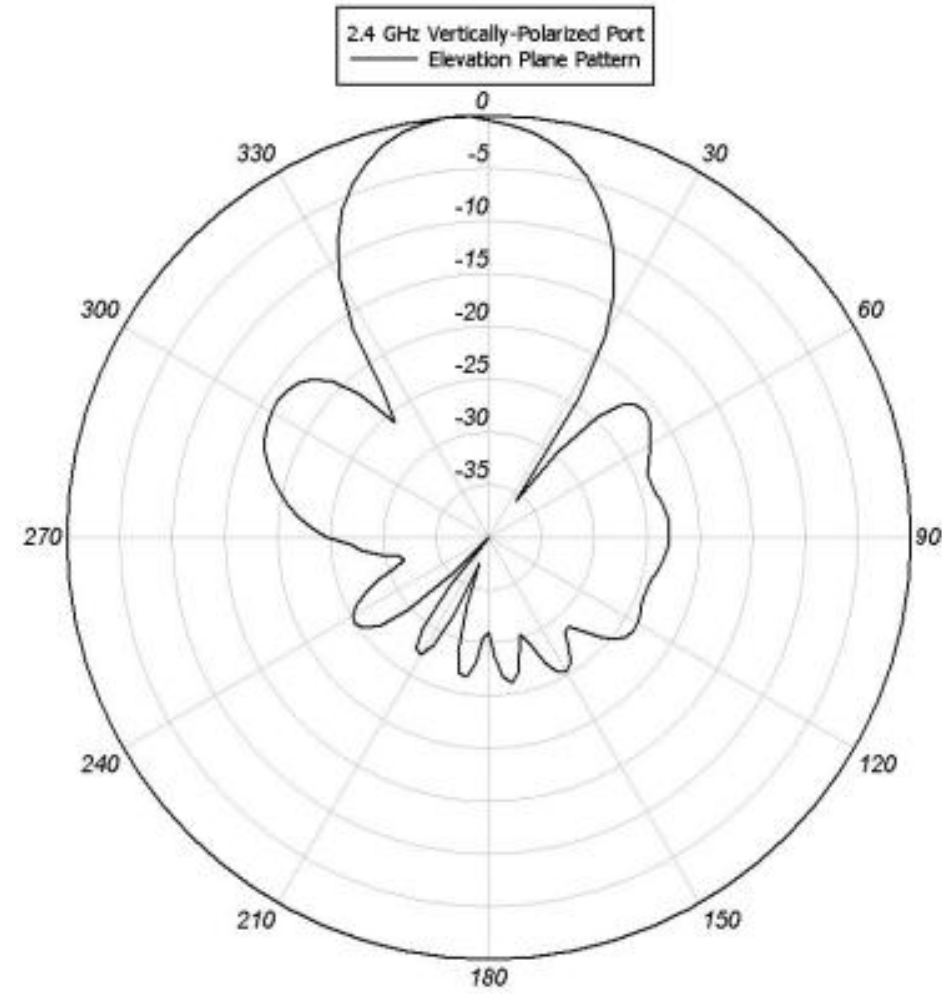
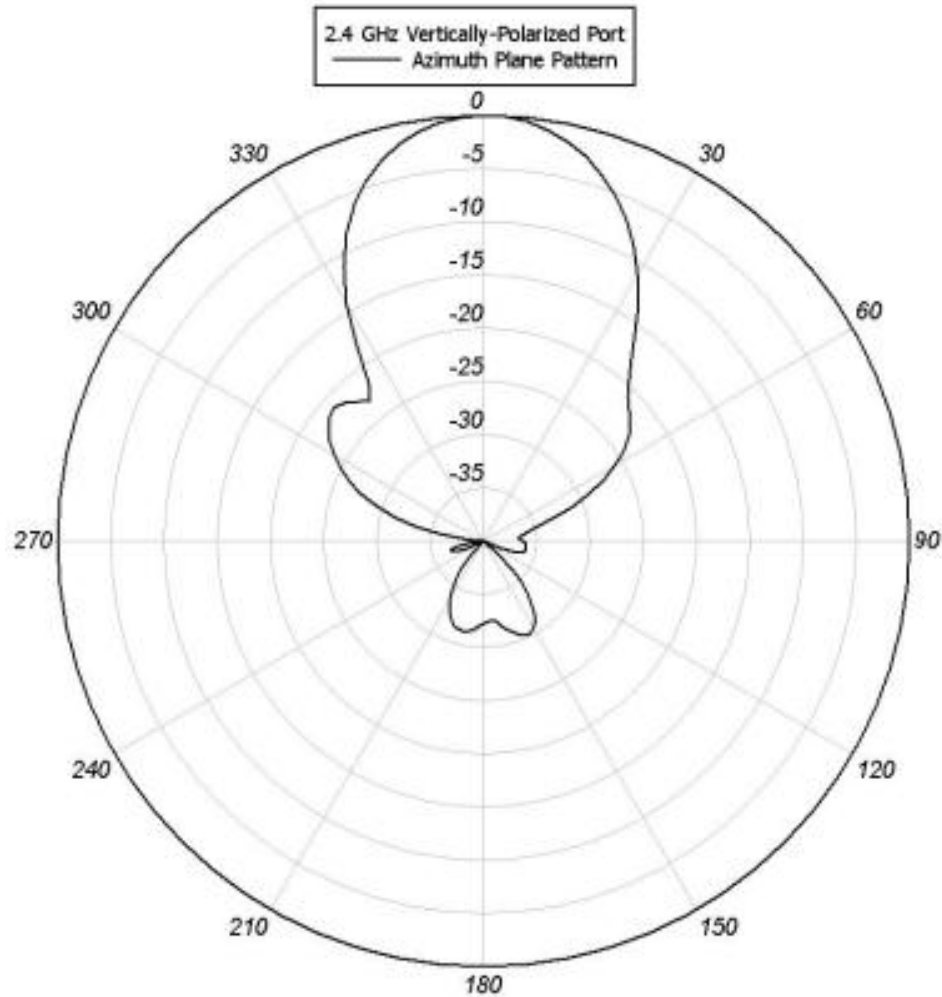
# Применение патч-антенн секторной направленности для повышения плотности подключений

- Антенна с высоким коэффициентом усиления и узкой диаграммой направленности
- Возможность с помощью большего количества точек доступа обеспечить большую емкость сети и избежать интерференций





# AIR-ANT2513P4M-N @ 2.4 GHz (вертикальная поляризация)

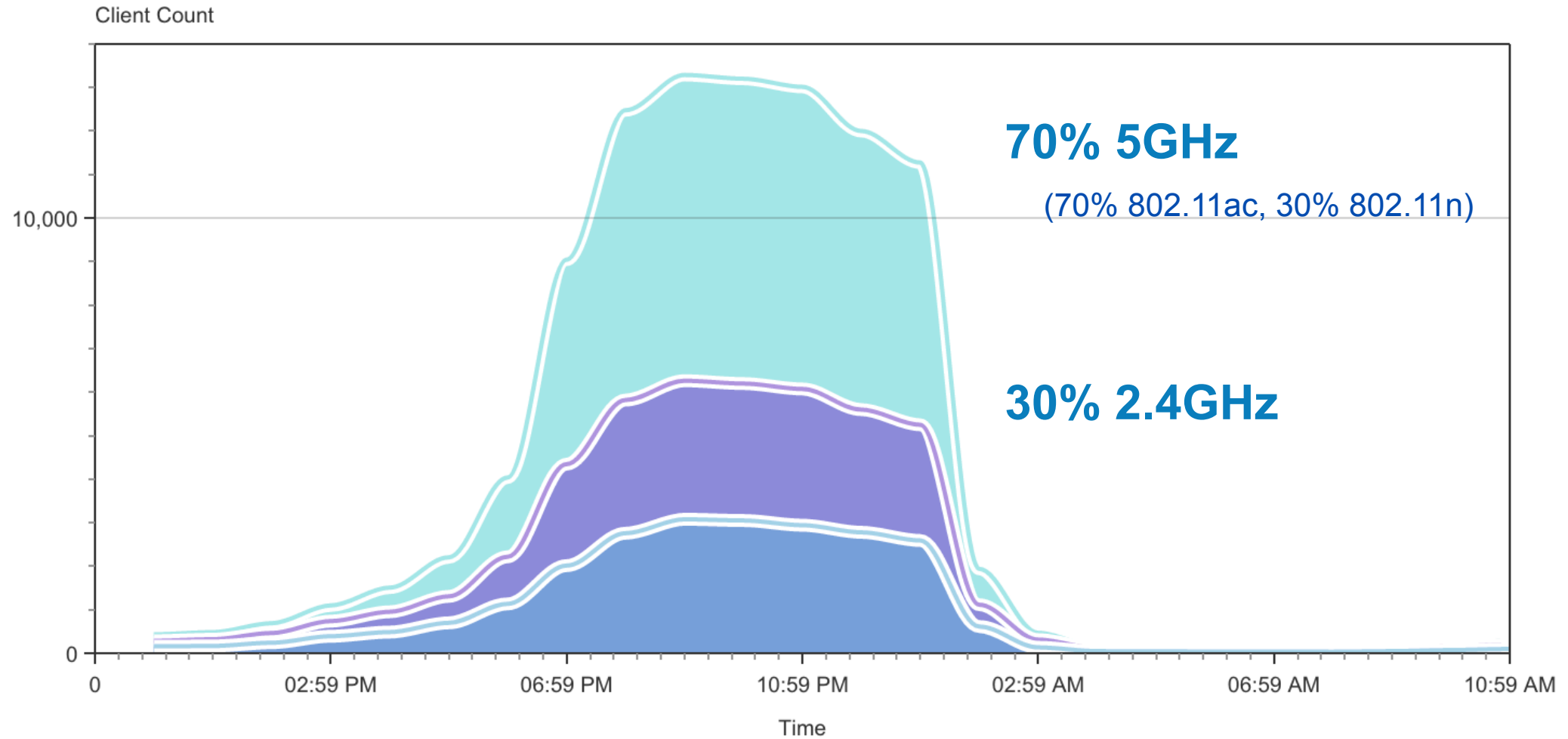


# Cisco AS Wireless Practice + Cisco HDx WiFi + Major League Baseball



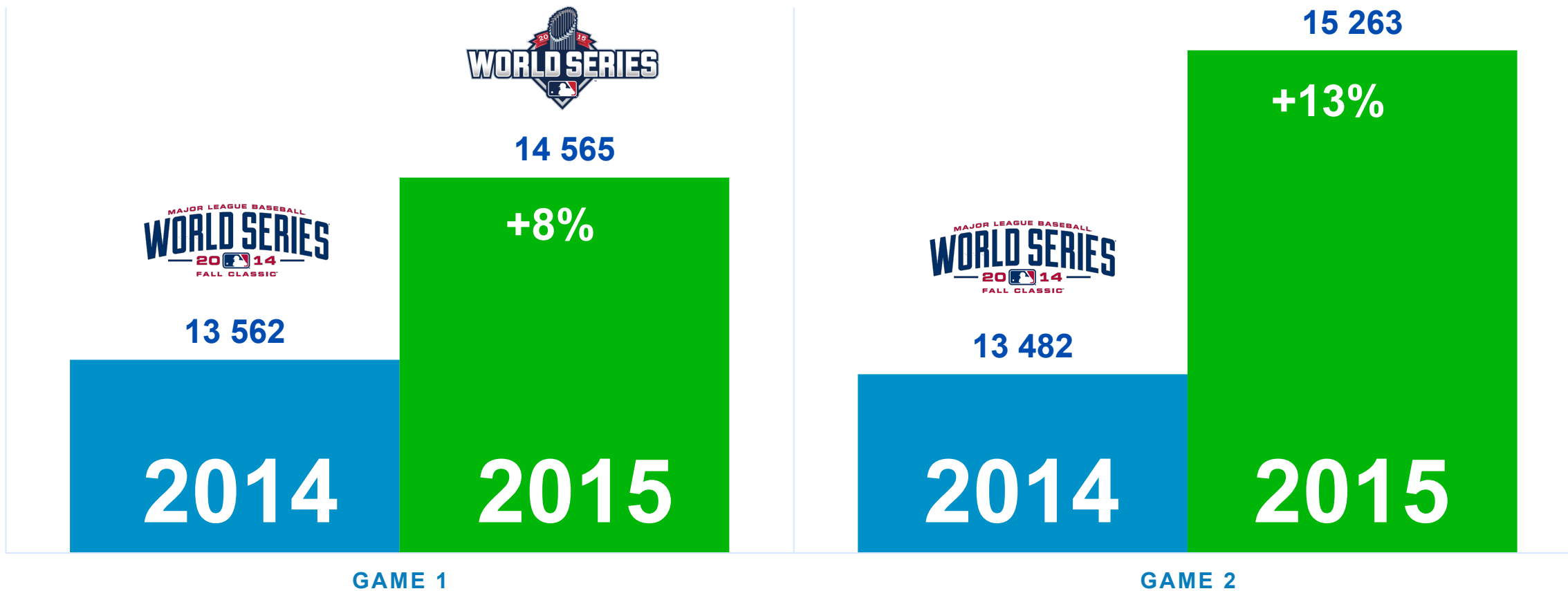
- Cisco HD WiFi работает на **10 MLB стадионах** с дня открытия, 6 апреля 2015
- Все сети спроектированы, внедрены и оптимизированы командой Cisco **Advanced Services Wireless Practice**
- **900+** игр проведено
- Более **350 Терабайт данных**
- Более **1.5 миллиона уникальных клиентов**

# Соотношение 2.4GHz к 5GHz



# Уникальные Wi-Fi пользователи за игру

~40,000 Attendees



# Передача данных за игру



5,39 TB



3,42 TB

+58%

2014

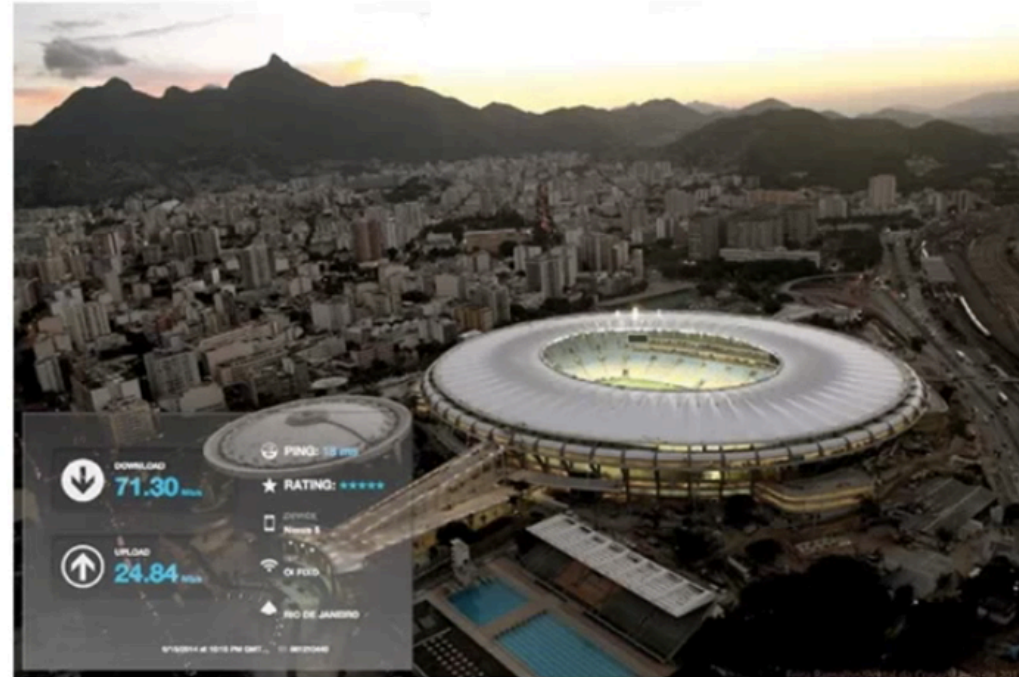
2015

GAMES 1 & 2

# Количество трафика – мерило сетей высокой ПЛОТНОСТИ

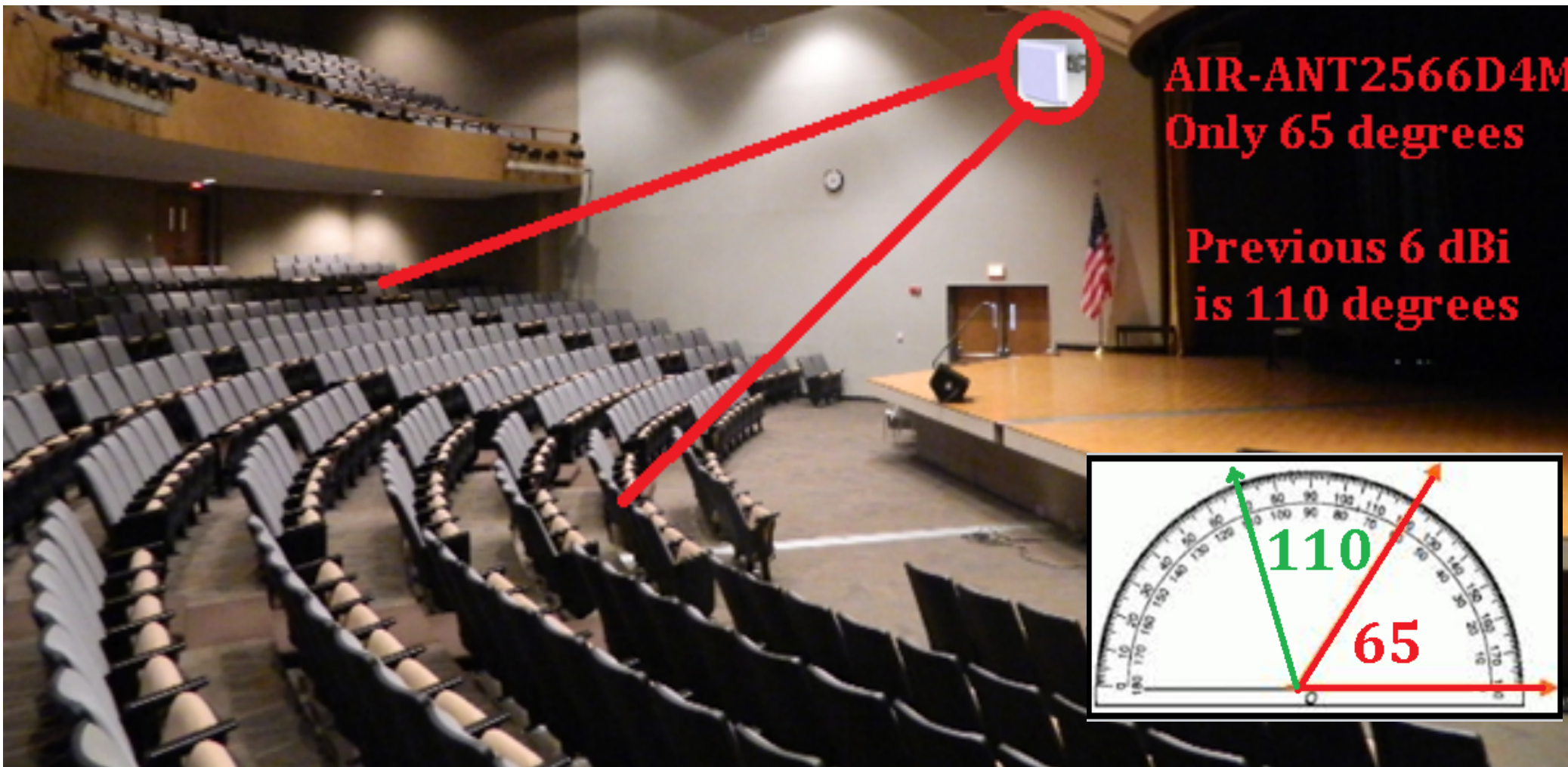
## 1) Maracanã Stadium – Venue for Final Match

- Location: **Rio de Janeiro, Brazil**
- Capacity: 76,000 seats
- Number of APs Used: 217
- Peak Usage: >11,400 simultaneous users and > 770 Mbps of peak throughput
- Aggregate Usage: >30,000 unique users and >580 GB total data traffic during World Cup finals



# Сужая угол направленности сигнала

Предыдущая 6 dBi панель была широкая для некоторых внедрений @ 110 градусов СЕЙЧАС @ 65 ГРАДУСОВ



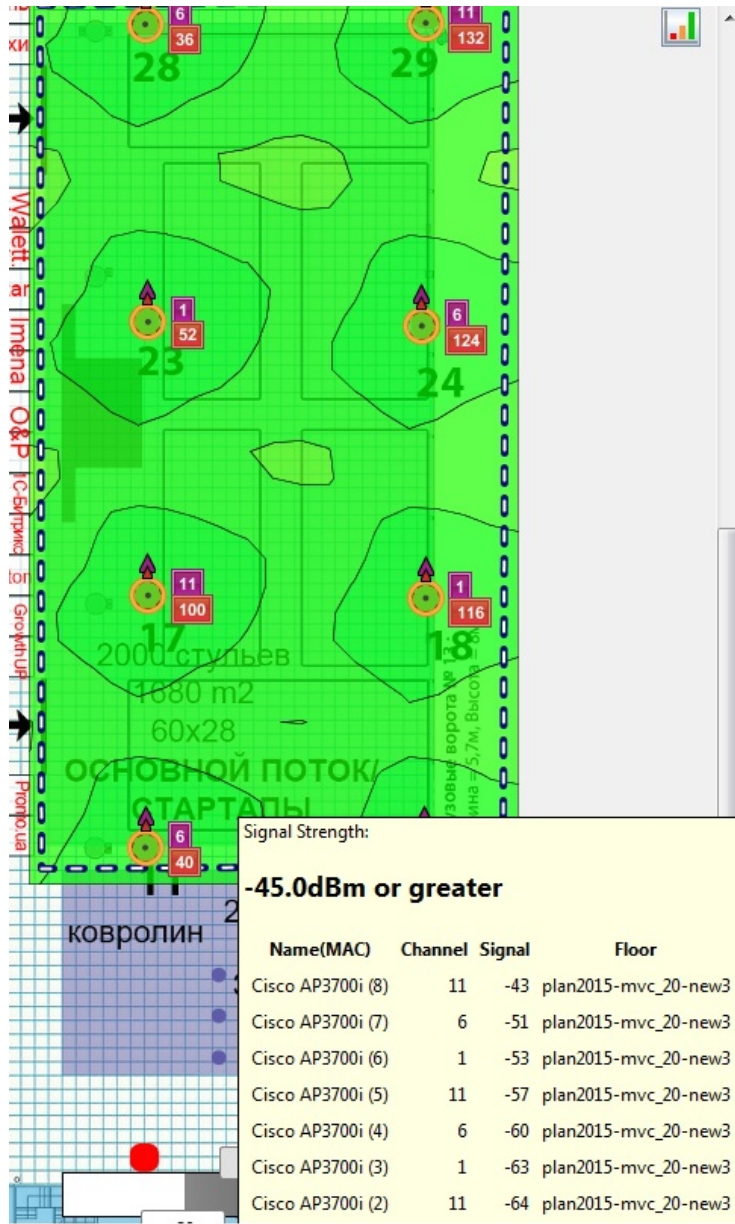
# Размещение антенны

Высокая плотность в конференц-залах, на концертах, в торговых центрах, аэропортах и т.д.

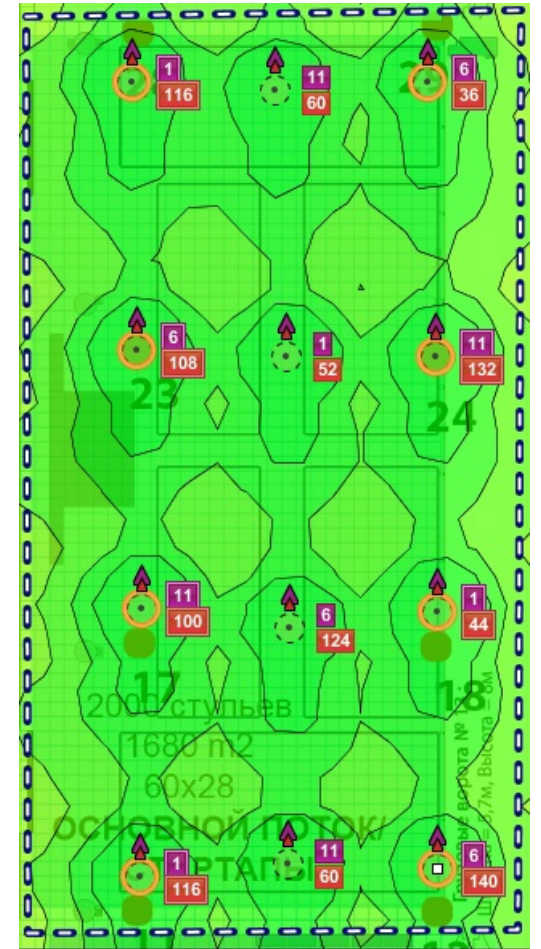


- Всенаправленные антенны не есть идеальный выбор в открытых залах, где требуется высокая емкость сети (из-за межканальных интерференций)
- Задача – создать малые соты с помощью направленных антенн, направленных сверху вниз
- Проанализировать как RRM будет работать в таких условиях (назначение каналов, мощность)

# Поккрытие. Omni vs Stadium антенны



- Мощность передатчика на точке – 12 mW в обоих вариантах
- Высота размещения стадионной антенны – 5 метров (направление – вниз)
- Минимизация межканальных интерференций из-за направленной природы антенны
- Больше количество точек – больше емкости спектра, больше клиентов и выше производительность



# Все начинается с физики

## Выбор антенны:

Много клиентов -> Высокий уровень шума

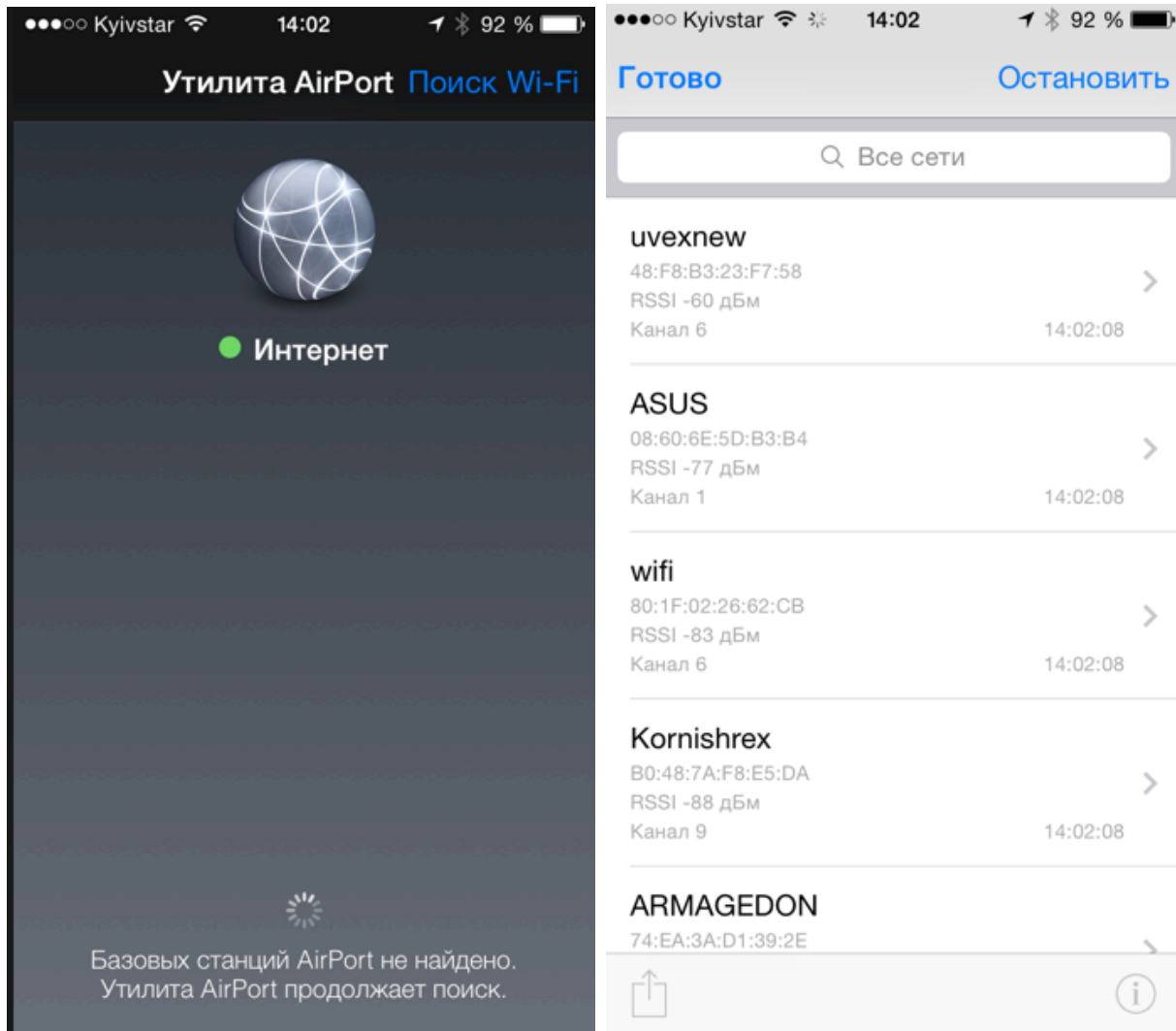
## Размещение антенны:

Увеличивая граничный уровень мощности сигнала (RSSI), мы сохраняем достаточно высокий SNR

### Учитывать:

- Уровень сигнала на стороне клиента должен быть не менее **-60dbm для самого слабого клиента (смартфон)**
  - До ~20м до самого дальнего клиента
  - Допустимые граничные расстояния от антенны до клиента 15-23м

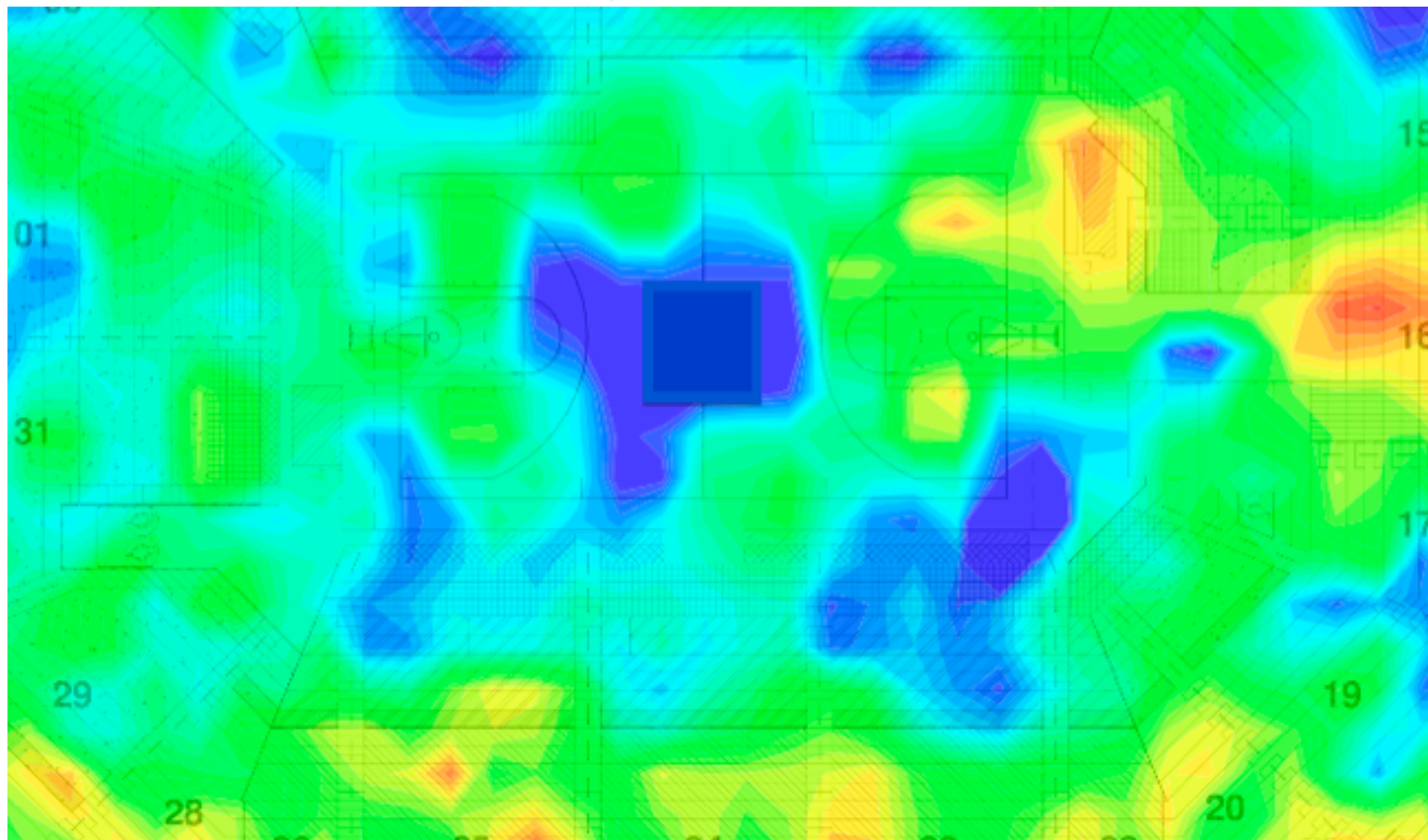
# Расчет покрытия (как клиент слышит точку)



- Ориентируемся на самого слабого клиента - смартфон
- Утилиты AirPort (для Apple) и WiFi Analyzer (Android)
- Допустимое значение мощности в высокоплотных внедрениях – -60dbm и лучше

# Как клиенты слышат точки доступа

Радиоисследование

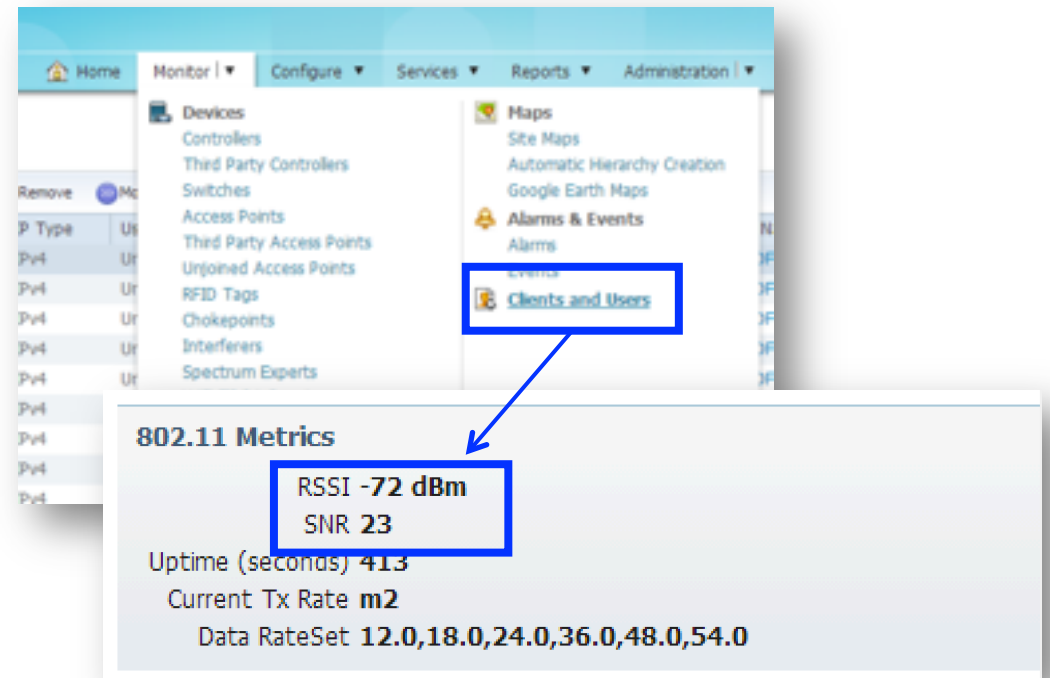


# Как точка доступа слышит клиентов

На WLC: “show client detail”

```
(Cisco Controller) >show client detail 0c:30:21:00:1c:36
Client MAC Address..... 0c:30:21:00:1c:36
<snip>
Client Statistics:
Number of Bytes Received..... 10389
Number of Bytes Sent..... 2205
Number of Packets Received..... 49
Number of Packets Sent..... 22
Number of Interim-Update Sent..... 0
Number of EAP Id Request Msg Timeouts..... 0
Number of EAP Request Msg Timeouts..... 0
Number of EAP Key Msg Timeouts..... 0
Number of Data Retries..... 59
Number of RTS Retries..... 0
Number of Duplicate Received Packets..... 0
Number of Decrypt Failed Packets..... 0
Number of Mic Failed Packets..... 0
Number of Mic Missing Packets..... 0
Number of RA Packets Dropped..... 0
Number of Policy Errors..... 0
Radio Signal Strength Indicator..... -70 dBm
Signal to Noise Ratio..... 23 dB
Nearby AP Statistics:
BAR-AP6-4B-S111(slot 0)
  antenna0: 47 secs ago..... -73 dBm
  antenna1: 47 secs ago..... -71 dBm
```

С системы управления Prime Infrastructure:  
Monitor -> Clients and Users



Для автономной точки доступа : “show dot11 association all-client”

# Как точки доступа слышат друг друга

## WLC Config Analyzer (WLCCA)

## Prime Infrastructure Maps

Information: Neighbors received by selected AP

Total APs received at 802.11/g Radio: 13  
Max Power 802.11b/g: -48  
Min Power 802.11b/g: -79  
802.11b/g Channel: 1, Power: 4

Filter by: Heard Power -90 Displayed Neighbors: 0 Current AP:

Neighbor Name	Radio Mac	Heard Channel	Heard Power	Compensated Heard Power
BAR-AP3-1A-E33	2c:36:f8:43:9e:80	11	-48	-57
BAR-AP3-1A-E36	2c:36:f8:b8:af:f0	6	-49	-58
BAR-AP3-1E-B24	2c:36:f8:43:ad:00	6	-50	-59
BAR-AP3-1E-A35	2c:36:f8:b8:b4:20	11	-54	-63
BAR-AP3-1A-E41	3c:ce:73:09:4b:80	1	-59	-68
BAR-AP3-1E-B34	3c:ce:73:09:52:40	1	-68	-77
BAR-AP3-1E-B01	3c:ce:73:09:50:60	6	-72	-78
BAR-AP5-1A-F12	2c:36:f8:e9:9d:50	1	-64	-82
BAR-AP5-1A-F11	2c:36:f8:b8:b1:f0	6	-68	-83
BAR-AP5-1A-F13	3c:ce:73:09:55:90	11	-68	-83
BAR-AP1-1A-B23	2c:36:f8:e9:9d:70	6	-72	-87
BAR-AP1-1A-F04	2c:36:f8:43:aa:70	11	-72	-87
BAR-AP3-1E-A38	2c:36:f8:e9:a1:20	11	-79	-88

Floor View

Rx Neighbors of BAR-AP5-4D-C16 (802.11a/n)

Neighbors on current Map

AP Name	RSSI
BAR-AP5-4D-B42	-68 dBm
BAR-AP5-4D-B08	-72 dBm
BAR-AP5-4D-B03	-67 dBm

Neighbors not on current Map

AP Name	MAP
BAR-AP5-3A-C15 System Campus >	> 3 Main Co
BAR-AP5-3A-A41 System Campus >	> 3 Main Co
BAR-AP5-3E-A33 System Campus >	> 3 Main Co

BAR-AP5-4D-C16

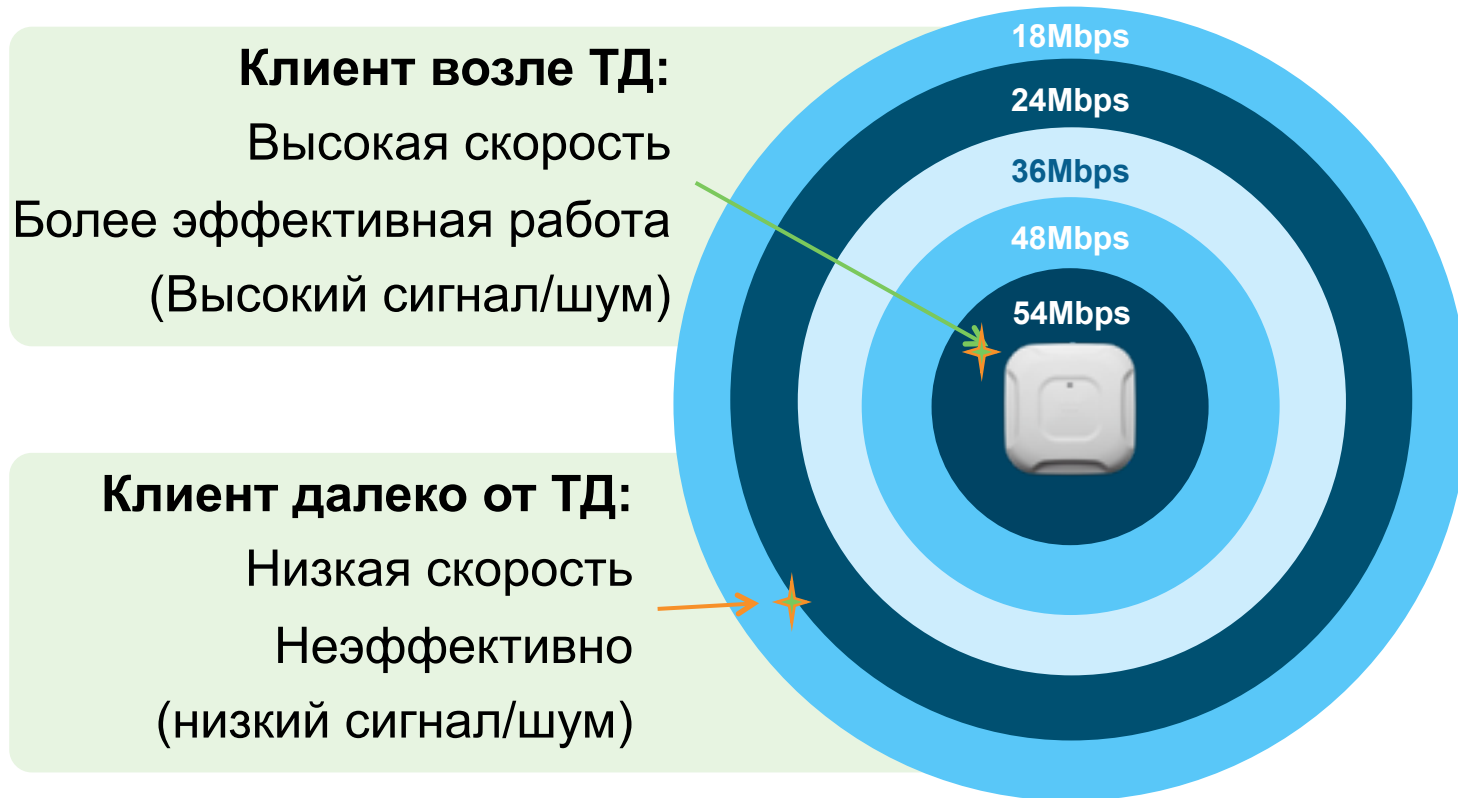
AP Info 802.11 a/n 802.11 b/g/n

Channel Number	48
Extension Channel	N/A
Channel Width	20
Tx Power Level	3
Client Count	0
Rx Utilization	0%
Tx Utilization	0%

<https://supportforums.cisco.com/document/7711/wlc-config-analyzer>

# Увеличение спектра

## Настройка скоростей подключения



- Как быстро мы можем передавать?
  - Сигнал (RSSI) и шум – ключевые факторы
- Когда клиент отдаляется от ТД или увеличивается шум, клиент скатывается на низкую скорость
- Меньшая скорость – больше времени потребляется
- Располагать антенны и ТД так, чтобы избегать низких скоростей (напр., <18mbps)
- Отключать 802.11b скорости



# Отключение низких скоростей

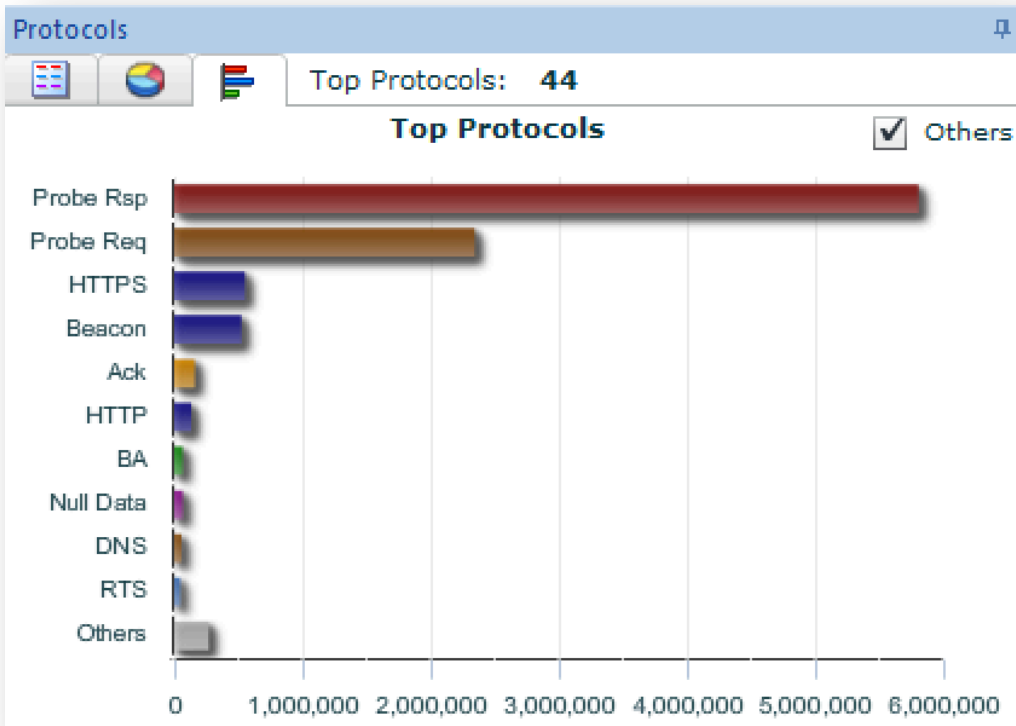
- Disabled – не доступна клиенту
- Supported – доступна ассоциированному клиенту
- Mandatory – должна поддерживаться клиентом, чтобы ассоциироваться
- Самая высокая Mandatory скорость – скорость передачи Multicast-трафика

## Data Rates\*\*

1 Mbps	Disabled
2 Mbps	Disabled
5.5 Mbps	Disabled
6 Mbps	Disabled
9 Mbps	Disabled
11 Mbps	Disabled
12 Mbps	Supported
18 Mbps	Supported
24 Mbps	Mandatory
36 Mbps	Supported
48 Mbps	Supported
54 Mbps	Supported

# Увеличивая емкость спектра

Избегать избыточного контрольного трафика



- Всегда стремиться к 1 SSID
  - **Особенно** в местах плотного скопления людей
- **Больше SSID = Хуже производительность**
- Почему?
  - Каждый SSID требует отдельного Beacon
  - Каждый SSID будет посылать Beacons на самой низкой Mandatory скорости
- Каждый SSID будет отвечать на null probe requests
  - **Экспоненциально** растет расход эфирного времени

# Руководство к действию

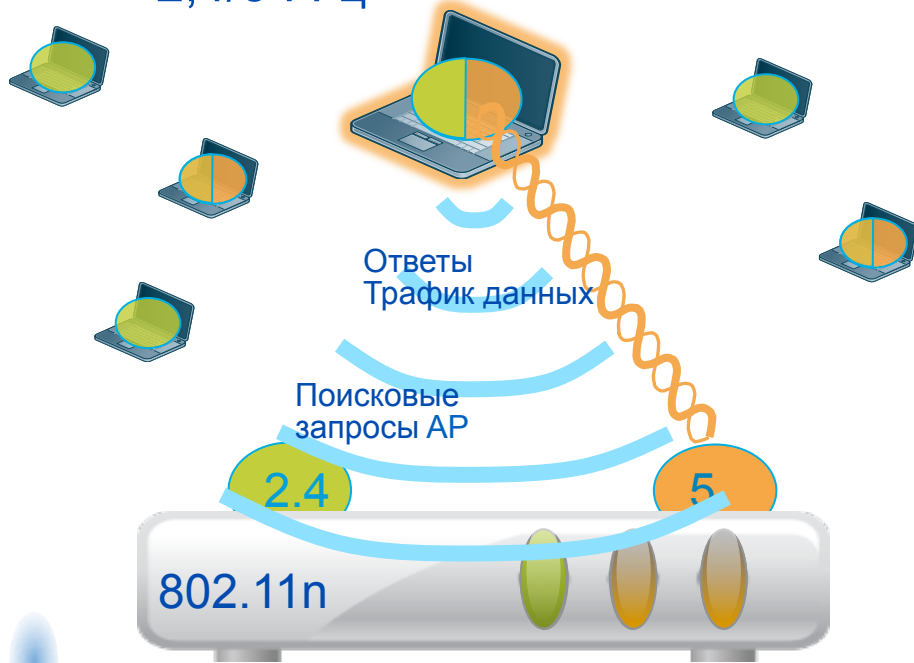
- Отключить низкие скорости (до 11 Mbps включительно)
- Уменьшить количество SSID. Каждый SSID – утилизация канала менеджмент фреймами (beacons).
- Для высокоплотных (High Density внедрений) самая низкая mandatory скорость – от 18-24 Mbps
- Количество SSID – 1 для высокоплотных внедрений, 1-3 для корпоративных

# Ширина канала 5ГГц

- Каналы шириной 40 МГц в корпоративной среде
- В рамках стандарта 802.11n мы увеличиваем скорость подключения клиентов вдвое
- Для высокоплотных (High Density внедрений) рекомендуется использовать ширину канала 20 МГц для минимизации интерференций со своими и чужими точками доступа

# BandSelect

Двухрежимный  
клиентский передатчик  
2,4/5 ГГц



Множество двухрежимных клиентов подключаются на частоте 2,4 ГГц

Функция **BandSelect** позволяет двухрежимным клиентам подключаться на частоте 5 ГГц

Преимущество: оптимизация РЧ-использования

- Повышение эффективности использования диапазона 5 ГГц
- Высвобождение диапазона 2,4 ГГц для однорежимных клиентов

Оптимизация использования эфира за счет вывода клиентов с поддержкой 5 ГГц из каналов 2,4 ГГц

# High-Density Experience

Продвинутый тюнинг: RX-SOP, Optimized Roaming, RF Profiles

# Cisco High-Density Experience Technology

Производительность, Устойчивость и роуминг для сетей высокой плотности

## Cisco CleanAir® 80 MHz

Чистый эфир для сценариев высокой плотности

Поиск и устранение не-WiFi помех, оптимизированный для 802.11ac's широких каналов



## RF Turbo Performance

Поддерживает большее количество пользователей без деградации производительности

Масштабируется свыше 60+ 802.11ac клиентов, использующих интерактивное видео и другой емкий трафик без деградации скорости

## Cisco® ClientLink 3.0

Увеличивает производительность и дальность покрытия до 60%

Формирование направленного луча для 802.11 a/b/g/n/ac клиентов

## RF Noise Reduction

Минимизация смежно-канальных интерференций в условиях плотного расположения точек и клиентов

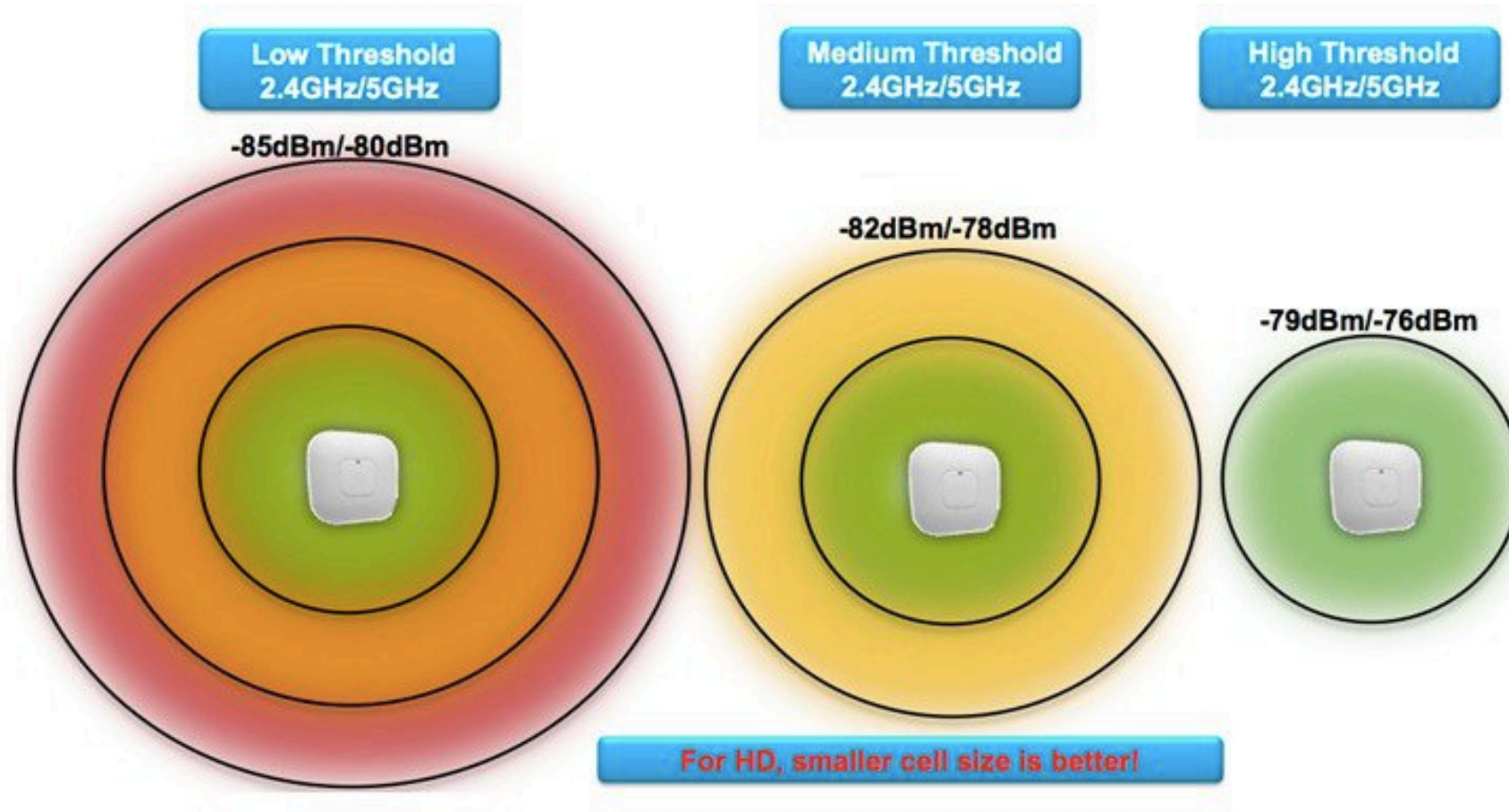
Улучшает эффективность использования спектра

## Optimized AP Roaming

Помогает клиенту совершить роуминг на 3G при плохом уровне сигнала

Оптимизация производительности Wi-Fi соты при большом количестве клиентских устройств

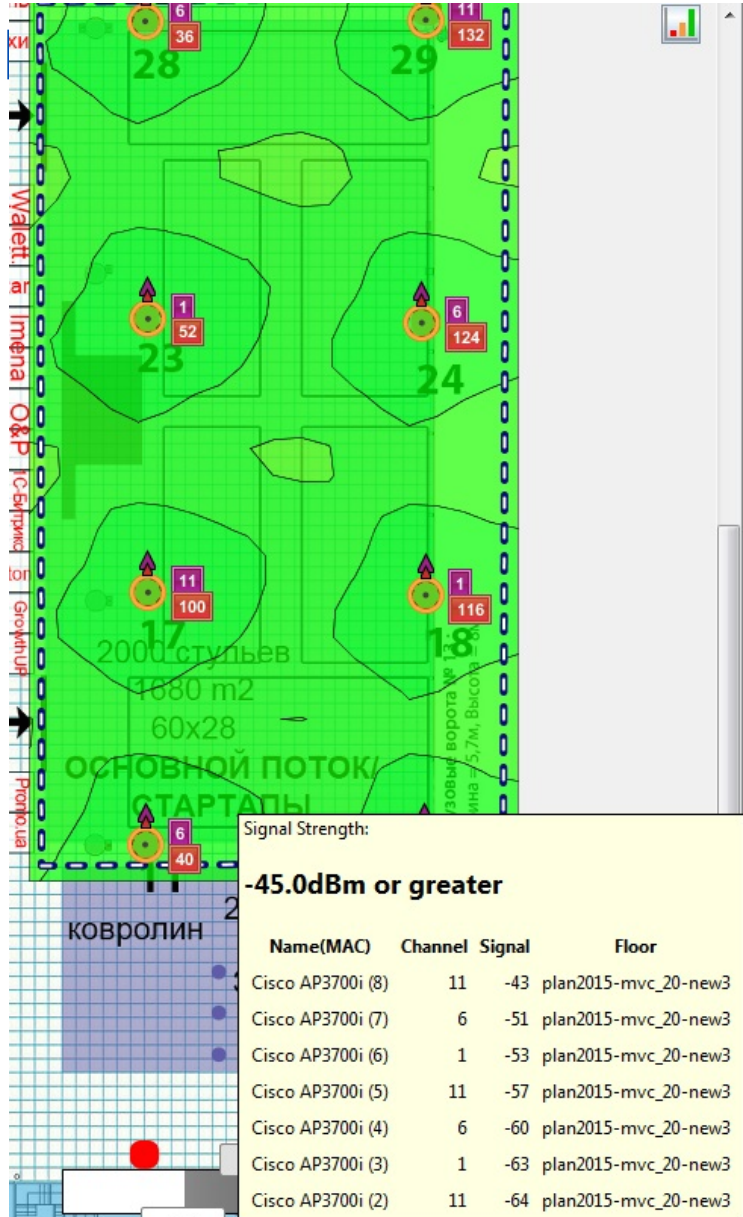
# Уменьшение межканальных интерференций с помощью RX-SOP



- Receiver Start of the Packet Threshold (RX-SOP)
- Определяет граничное значение мощности принимаемого сигнала для демодуляции
- Уменьшает межканальные интерференции

353189

# Межканальная



Точки с всенаправленными антеннами очень хорошо слышать друг друга в открытом пространстве

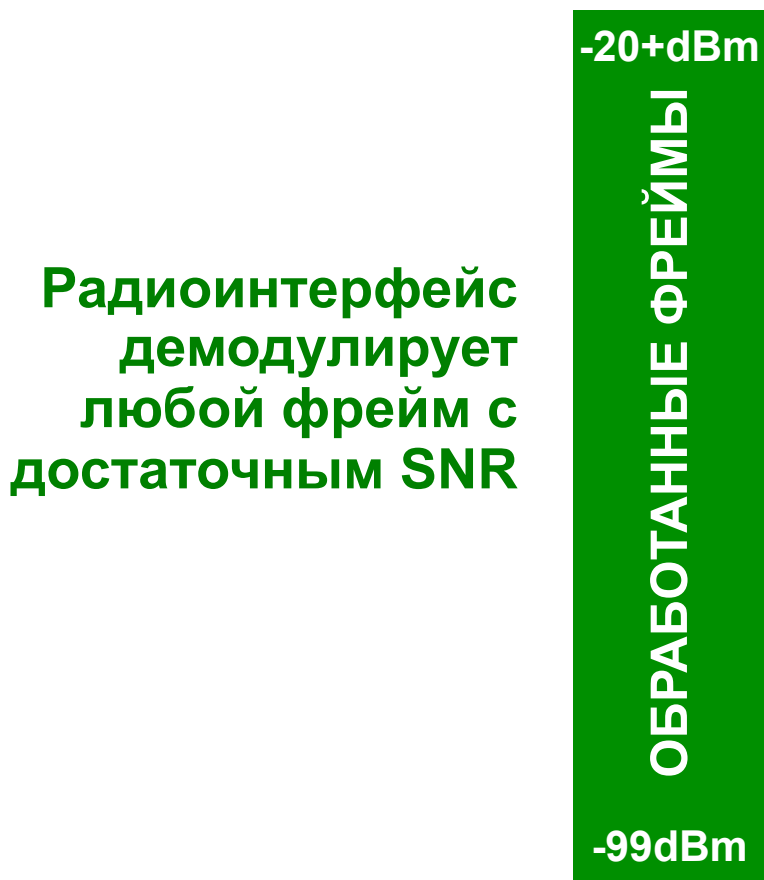
Увеличение количества точек для высокой плотности – только вредит

Увеличиваются межканальные интерференции



# Receive Sensitivity Threshold (RX-SOP)

Без настроенного RX-SOP Threshold  
(Чувствительность по умолчанию)



Настроенный RX-SOP Threshold



# RX-SOP настройка

- Настройки High, Medium, Low, Auto
- Auto – поведение по умолчанию (работает алгоритм CCA)
- Доступна глобально
- Может настраиваться в рамках RF-профайлов
- Настройка через CLI: от -60 до -100 dBm

The screenshot shows the Cisco Wireless configuration page for an RF Profile named 'enterprise'. The 'High Density' tab is selected, and the 'Rx Sop Threshold Parameters' section is visible. A dropdown menu is open for the 'Rx Sop Threshold' parameter, showing options: High, Medium, Low, and Auto. The 'High' option is currently selected. Other visible parameters include 'Maximum Clients(1 to 200)' set to 200 and 'Multicast Data Rates' set to auto.

<b>RX SOP Thresholds</b>			
802.11 Band	High Threshold	Medium Threshold	Low Threshold
5 GHz	-76 dBm	-78 dBm	-80 dBm
2.4 GHz	-79 dBm	-82 dBm	-85 dBm

# RX-SOP Настройка

- Преднастроенные пороги в WLC v8.0+ (GUI) – low, medium, high
- Custom пороги (только CLI) – для каждого RF Profile, **использовать с осторожностью**  
config 802.11b rx-sop threshold  
config rf-profile rx-sop threshold <value> <rf-profile>  
show 802.11b extended (to verify)
- Для любого сценария: понять, как сеть слышит клиента в самой удаленной точке соты  
Оставить хотя бы 10dB запаса (напр. тело перед клиентским устройством)  
Например: если точка слышит удаленного клиента с -71 dB,, пробуйте -81  
Использовать методы, описанные на странице “Как ТД слышит клиентов”

# Review: Как ТД слышит клиентов

## On AP CLI:

Telnet/SSH to AP and use “Show Controller <D0 | D1>” for immediate client RSSI readings of ALL clients associated to the specified radio

```
KCR-6A0-OFC-394#show controller d1
```

```
<snip>
```

	RxPkts	KBytes	Dup	Dec	Mic	Txc	TxPkts	KBytes	Retry	RSSI	SNR
1ce6.2bb5.e294	158	23	0	0	0	0	122	30	43	63	34

```
<snip>
```

## Решение сегодня

Слабый Wi-Fi  
Сигнал

-85dB

Снижение  
производительности  
для всех

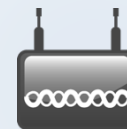
-80dB



«Залипшие»  
клиенты  
мешают  
остальным

## Cisco "Optimized Roaming"

-80dB



-80dB

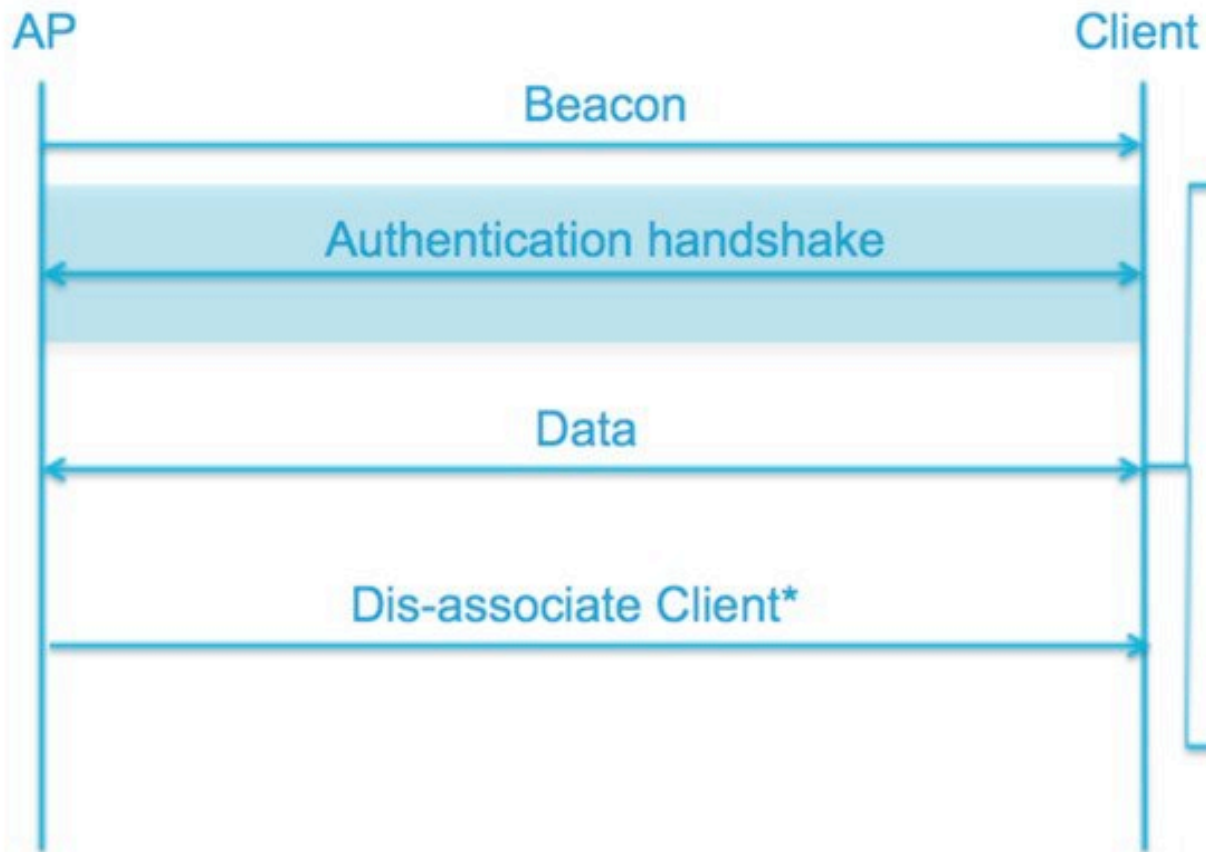


Стабильный  
сигнал везде

Эффективное  
использование  
СОТЫ



3G или 4G



If more than X% of at least Y packets in a 5 sec period is less than Z RSSI, the AP will disassociate the client once the reporting interval expires

```

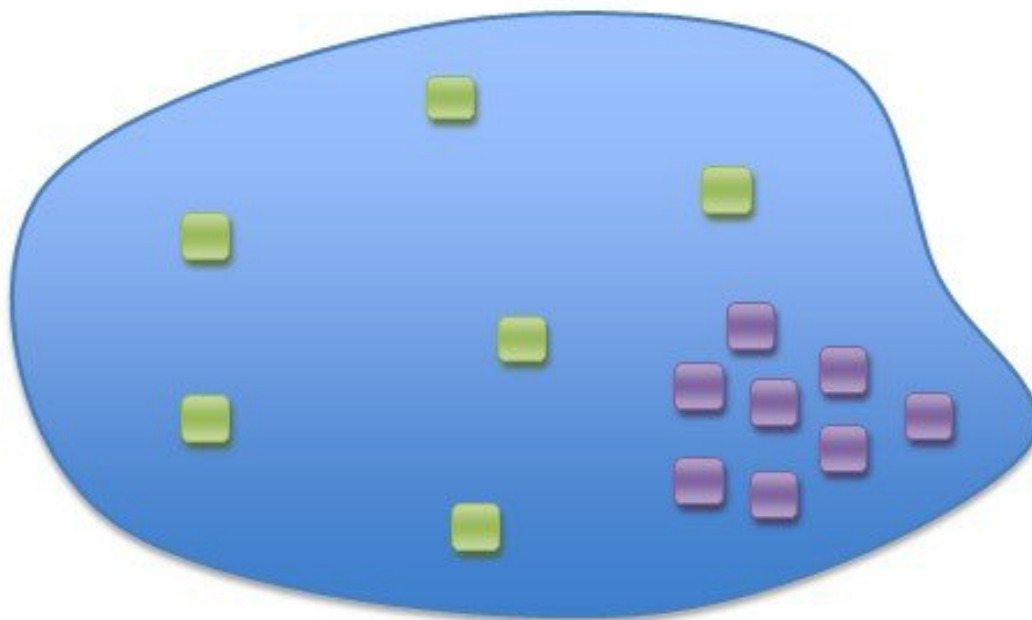
Frame 85: 40 bytes on wire (320 bits), 40 bytes captured (320
Radiotap Header v0, Length 26
  Header revision: 0
  Header pad: 0
  Header length: 26
  Present flags
  MAC timestamp: 4738705159
  Flags: 0x10
  Data Rate: 6.0 Mb/s
  Channel frequency: 5580 [A 116]
  Channel type: 802.11a (0x0140)
  SSI Signal: -84 dBm
  SSI Noise: -94 dBm
  
```


Key:  
 X – Coverage Exception Level Percentage  
 Y – Number of packets  
 Z – Data RSSI threshold value


53196

Отключает клиента насильно при достижении граничного низкого уровня сигнала

# RF-Profiles



 High density RF Profile 1 AP: Bandwidth 40 MHz

 RF Profile 2 AP: Bandwidth 80 MHz

- **RF Profiles** позволяет тонко настроить РЧ параметры для разных областей

Высокая или низкая плотность клиентов

20/40/80 МГц

Разные граничные скорости

Разные каналы

Разные параметры мощности

353400

# RF Profiles

## RF Profile

### Profile Name

[RFP Bowl NWCorner 24](#)

[RFP EastBowl 24](#)

[RFP Event Plaza 24](#)

[RFP Press 24](#)

[RFP Ticketing 24](#)

## Ap Groups > Edit 'EastBowl-RFP'

802.11a none  
802.11b RFP\_EastBowl\_24

## RF Profile > Edit 'Enterprise'

### TPC

Maximum Power Level Assignment (-10 to 30 dBm) 30  
Minimum Power Level Assignment (-10 to 30 dBm) -10  
Power Threshold v1(-80 to -50 dBm) -70  
Power Threshold v2(-80 to -50 dBm) -67

### DCA

Avoid AP Foreign AP Interference  Enabled  
Channel Width  20 MHz  40 MHz  80 MHz

### DCA Channel List

DCA Channels  
36, 40, 44, 48, 52, 56, 60, 64, 149, 153, 157, 161

Select	Channel
<input type="checkbox"/>	153
<input checked="" type="checkbox"/>	157

## RF Profile > Edit

Profile Name RFP\_Bowl\_NWCorner\_24  
Radio policy 802.11b/g  
Description RF Policy for NW Corner of Bowl 2.4GHz

### TPC

Maximum Power Level Assignment (-10 to 30 dBm) 30  
Minimum Power Level Assignment (-10 to 30 dBm) -10  
Power Threshold v1(-80 to -50 dBm) -67  
Power Threshold v2(-80 to -50 dBm) -67

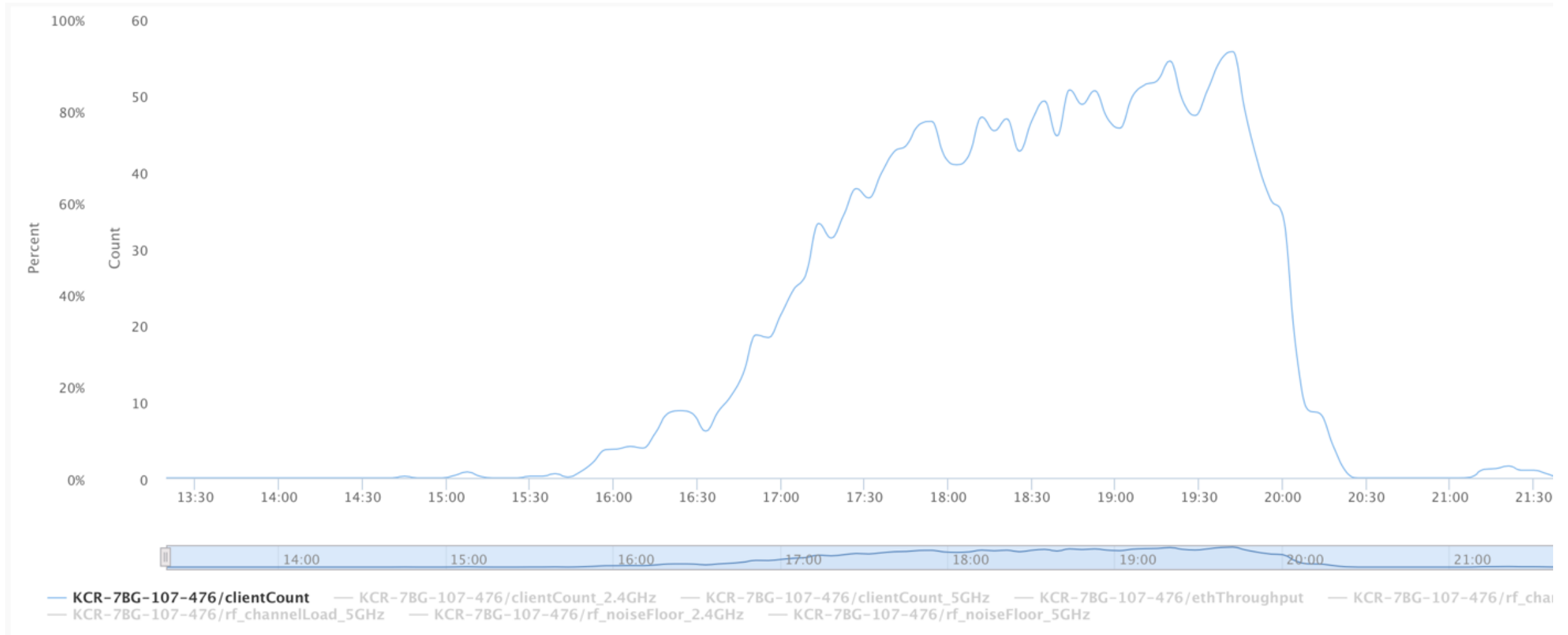
### Data Rates\*\*

1 Mbps Disabled  
2 Mbps Disabled  
5.5 Mbps Disabled  
6 Mbps Disabled  
9 Mbps Disabled  
11 Mbps Disabled  
12 Mbps Disabled  
18 Mbps Supported  
24 Mbps Supported  
36 Mbps Mandatory  
48 Mbps Supported  
54 Mbps Supported

353211

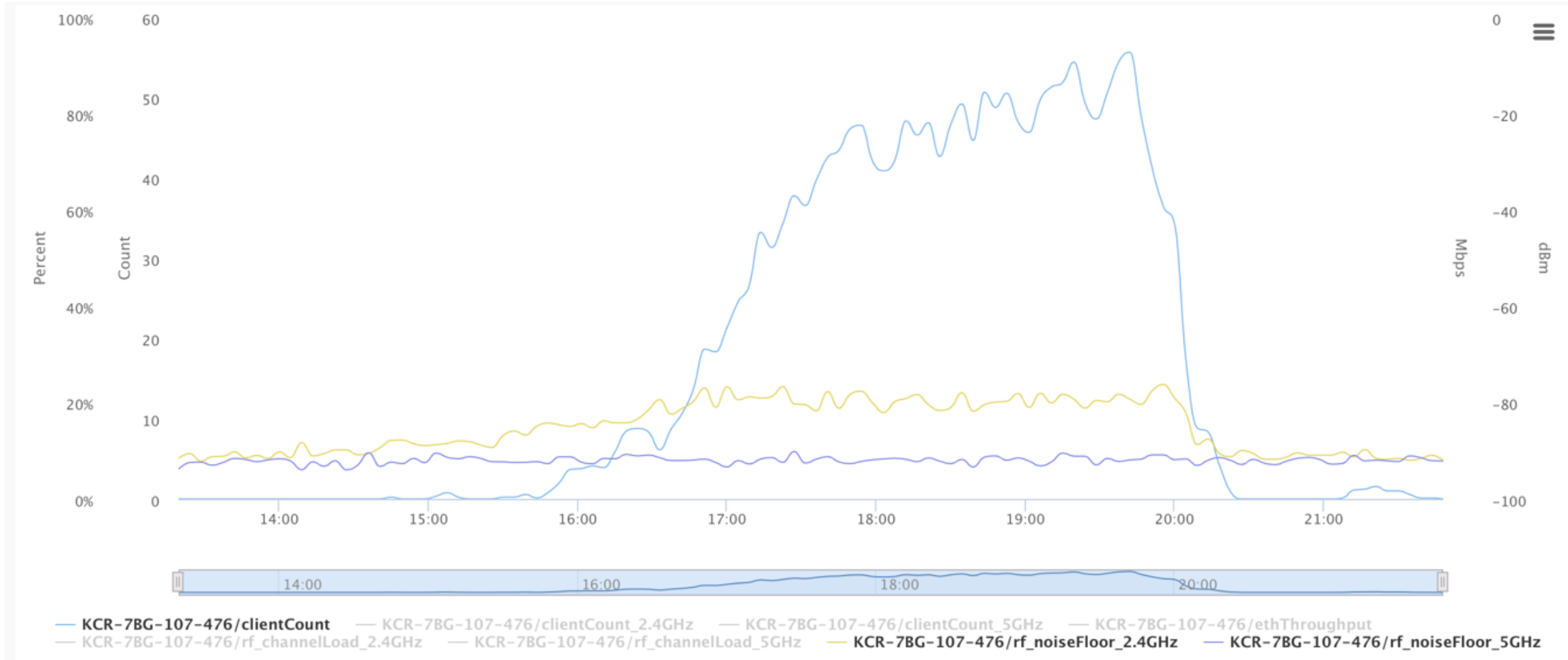
# Один день из жизни точки доступа в условиях высокой плотности подключений

# Кол-во клиентов на ТД



**Source: Cisco AS WiFi Operations Service**

# Уровень шума



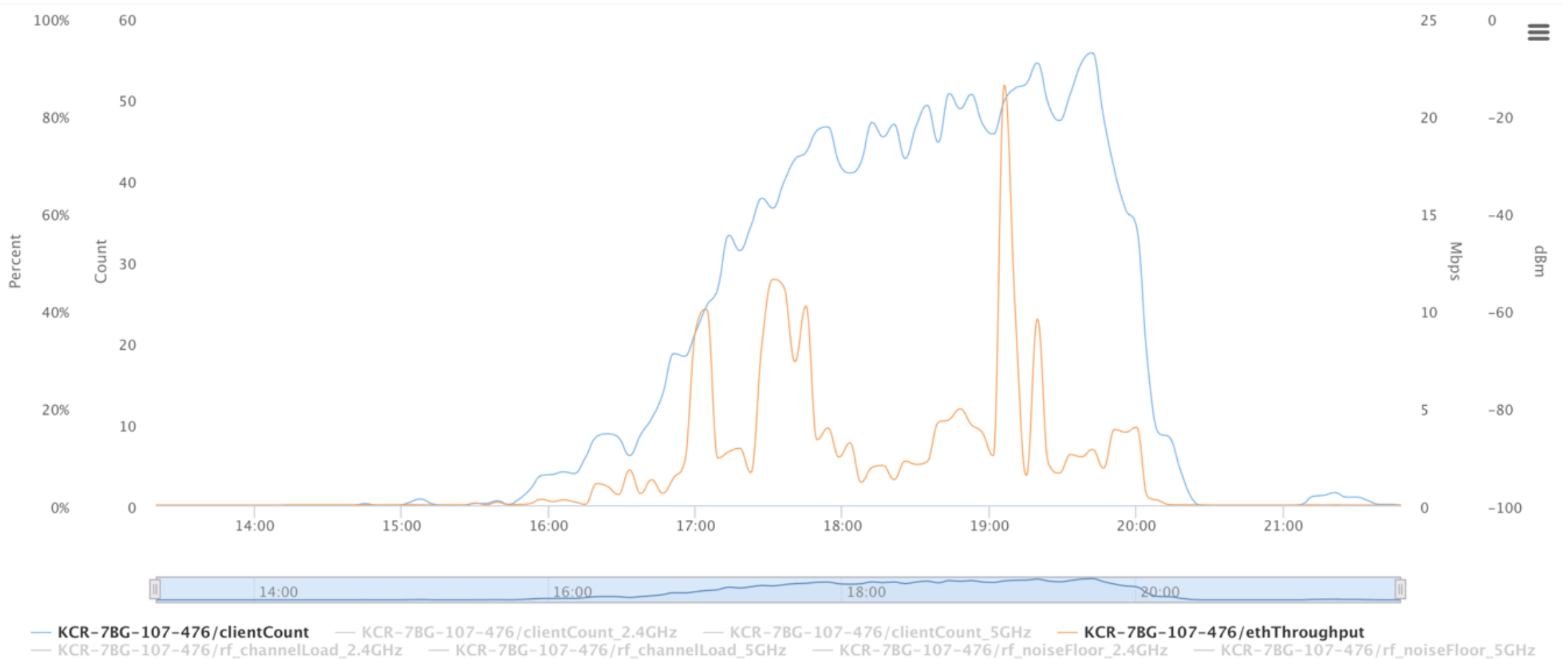
Source: Cisco AS WiFi Operations Service

# Утилизация РЧ канала



**Source: Cisco AS WiFi Operations Service**

# Производительность



Source: Cisco AS WiFi Operations Service

# Выводы

# HD Wi-Fi – Лучшие практики

## РЧ дизайн

- Ограничить РЧ  
Направленные антенны,  
наклон вниз
- Хороший РЧ план:  
Каналы, мощность TX
- Минимизировать  
интерференции  
Чужие точки доступа и не-  
WiFi помехи

## Базовый тюнинг

- Минимизировать кол-во  
SSID
- Отключить низкие  
скорости  
Помогает с дальними  
клиентами, увеличивает  
емкость сети
- Band Steering  
Посылает двухрежимных  
клиентов на 5 GHz
- RF Profiles

## Продвинутый тюнинг

- RX-SOP и Optimized  
Roaming тюнинг  
Улучшает емкость спектра,  
снижая межканальные  
интерференции  
Уменьшает количество  
залипших клиентов

Thank you.

