



Взгляд на построение беспроводной сети глазами мобильного устройства

Юрий Довгань

Системный инженер

ydovgan@cisco.com

Содержание

- Первичное подключение
 - Алгоритмы сканирования и выбора точек доступа для подключения, пороговые значения
- Радиодизайн
 - Как оперировать мощностью и заставить клиента работать на 5 ГГц
- Оптимизация роуминга
 - Размер и пересечение зон покрытия
- Расчет плотности подключений на точку доступа
- Заключение

Первичное подключение

Представьте, что Вы - iPhone

- Вам нужно куда-то подключиться
- Вы не знаете, где расположены ТД
- Вы не знаете, какие доступны SSID
- Вы не знаете, на каких каналах работают ТД
- Вы не знаете, двигаетесь ли Вы
- Вы вообще мало что знаете 😊



Сканирование

- iOS 7 и более ранние версии ПО сканировали все сохраненные SSID
- Минусы: много шума, небезопасно, подвержен ошибкам (один probe на SSID, на канал)
- Последовательное сканирование (каналы 1,2,3... затем 36, 40 и т.д.)

```
323.021295 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1533, FN=0, Flags=.....C, SSID=NETGEAR22
323.021499 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1534, FN=0, Flags=.....C, SSID=Boingo Hotspot
323.021763 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1535, FN=0, Flags=.....C, SSID=Marriott_Guest
323.021870 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1536, FN=0, Flags=.....C, SSID=BloomsHotel
323.022135 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1537, FN=0, Flags=.....C, SSID=Dynamode
323.022384 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1538, FN=0, Flags=.....C, SSID=Kitty Hoynes
323.022491 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1539, FN=0, Flags=.....C, SSID=Verizon MIFI4510L 596D S
323.022760 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1540, FN=0, Flags=.....C, SSID=FMGuest
323.023009 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1541, FN=0, Flags=.....C, SSID=OCHAnnapolis
323.023114 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1542, FN=0, Flags=.....C, SSID=AIRSPACE
323.023385 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1543, FN=0, Flags=.....C, SSID=Airspace
323.023620 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1544, FN=0, Flags=.....C, SSID=Sprint MiFi4082 B3C Secu
323.023733 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1545, FN=0, Flags=.....C, SSID=BWUniversityInn
323.024006 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1546, FN=0, Flags=.....C, SSID=Carnival-WiFi
323.024119 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1547, FN=0, Flags=.....C, SSID=MSP-WiFi
323.024384 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1548, FN=0, Flags=.....C, SSID=NETGEAR22-5G
368.370772 Apple_4e:e5:c8 Probe Request, SN=1853, FN=0, Flags=.....C, SSID=NETGEAR22
```



Улучшенный алгоритм сканирования

- iOS 8 и далее используют только широковещательные Probe Requests (в неподключенном состоянии) + Unicast Probe Request-ы на SSID, к которым он ранее подключался + «слышит» их Beacons
 - Эффективнее и безопаснее
 - Не скрывайте Ваши SSID! (“не отвечать на broadcast запросы”)
- 2 probe request-а в течение 20мс интервала на каждом канале
 - В случае проблем с первым запросом/ответом, сработает второй
 - 5ГГц каналы сканируются в первую очередь (т.е. UNII-1, 3, потом 2, 2e), затем 2.4ГГц

```
29.5379120... 92:a0:f0:df:0d:e3 Probe Request, SN=96, FN=0, Flags=....., SSID=Broadcast
29.5573640... 92:a0:f0:df:0d:e3 Probe Request, SN=97, FN=0, Flags=....., SSID=Broadcast
33.4736916... 92:a0:f0:df:0d:e3 Probe Request, SN=136, FN=0, Flags=....., SSID=Broadcast
33.4941026... 92:a0:f0:df:0d:e3 Probe Request, SN=137, FN=0, Flags=....., SSID=Broadcast
41.4495906... 92:a0:f0:df:0d:e3 Probe Request, SN=176, FN=0, Flags=....., SSID=Broadcast
41.4689766... 92:a0:f0:df:0d:e3 Probe Request, SN=177, FN=0, Flags=....., SSID=Broadcast
```



Сканирование DFS каналов в ETSI

- Алгоритм сканирования каналов уникален для каждой страны
- Каналы 100 – 140 в европейском домене требуют DFS -> особый алгоритм сканирования

Сначала слушать...

Если обнаружены 802.11 фреймы → канал можно использовать → отослать Probe Request

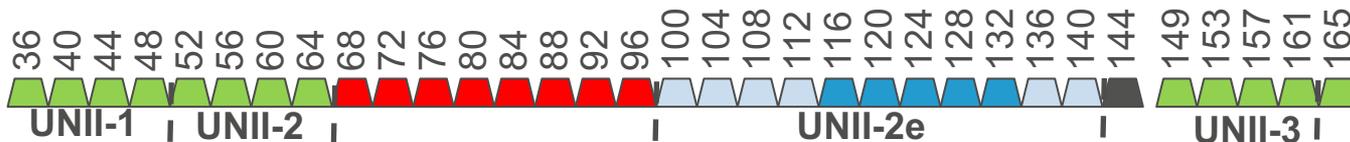
сканирование будет отложено на время от 100мс до 60с!

Чтобы этого избежать, iOS сначала сканирует остальные каналы, потом 52-60, 100 – 140 (UNII-2, UNII-2 Extended)

Например, для Североамериканского домена порядок сканирования: 36, 40, 44, 48, 149, 153, 157, 161, 165, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

Повторить 5 раз, затем просканировать 52, 56, 60, 64, 100, 104, 108, 112, 118, 120, 124, 128, 132, 136, 140

iPhone / iPad может понадобиться до одной минуты, чтобы обнаружить ТД на каналах 52-64, 100 – 140



Логика выбора оптимальной ТД

- iOS 9 и ранее: более мощный сигнал с уровнем -70 dBm и выше



Телефон выберет ТД В

Проблема: мощный сигнал не означает
“оптимальная Точка Доступа”

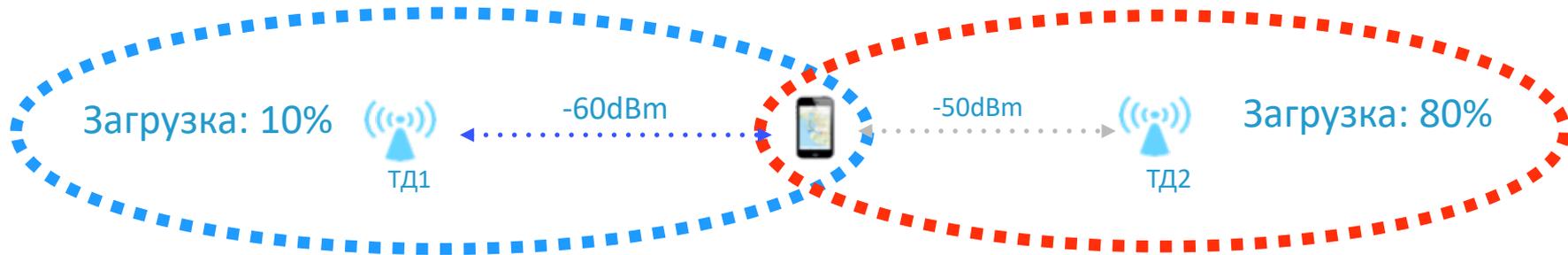
iOS 10 улучшил алгоритм выбора ТД

- ТД сообщает информацию о своей загрузке в beacon-ах
 - Утилизация канала, число подключенных клиентов
- iPhone рассчитывает некий “рейтинг” для каждой ТД, где рейтинг – это:
 - Функция RSSI и Загрузки ТД, т.е. оценка потенциальной пропускной способности
- iPhone выбирает ТД с наивысшим “рейтингом” как для первоначального подключения, так и для роуминга

```
0.087272 CiscoInc_db:ce:fd Beacon frame, SN=692, FN=0, Flags=.....C, BI=102, SSID=WHOPPERWIFI
0.087272 Tag: QBSS Load Element 802.11e CCA Version
Tag Number: QBSS Load Element (11)
Tag length: 5
QBSS Version: 2
Station Count: 3
Channel Utilization: 221 (86%)
Available Admission Capabilities: 15625 (500000 us/s)
```

Подключение

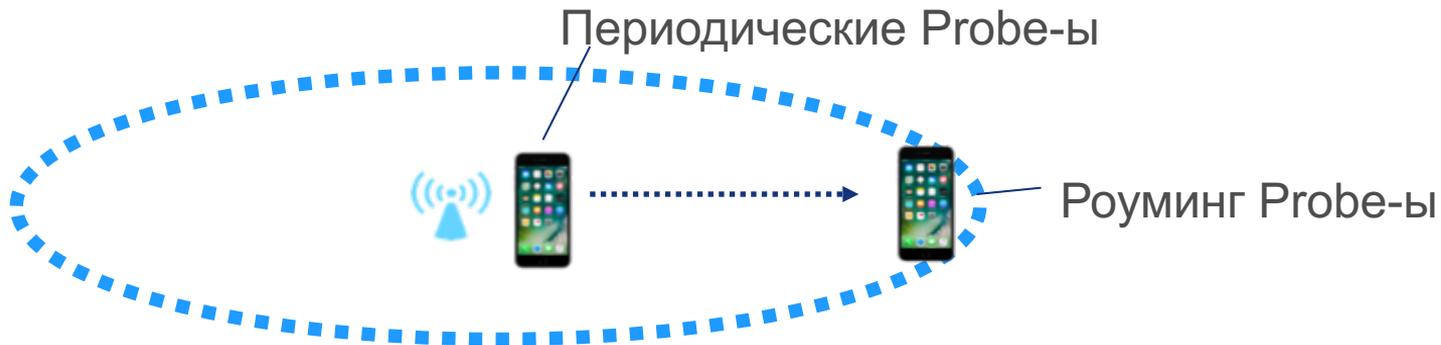
- iOS 10 и позднее: хороший сигнал и БОльший потенциал пропускной способности



(ТД с загрузкой 100% исключаются из списка доступных для подключения)

Наконец, телефон подключен!

- iPhone / iPad продолжит отсылать Probe Requests:
 - Каждые 327 секунд
 - Если уровень сигнала от текущей ТД упадет ниже -70dBm
- iOS отсылает как широковещательные Probe-ы, так и Probe-ы для того SSID, с которым он в данный момент ассоциирован



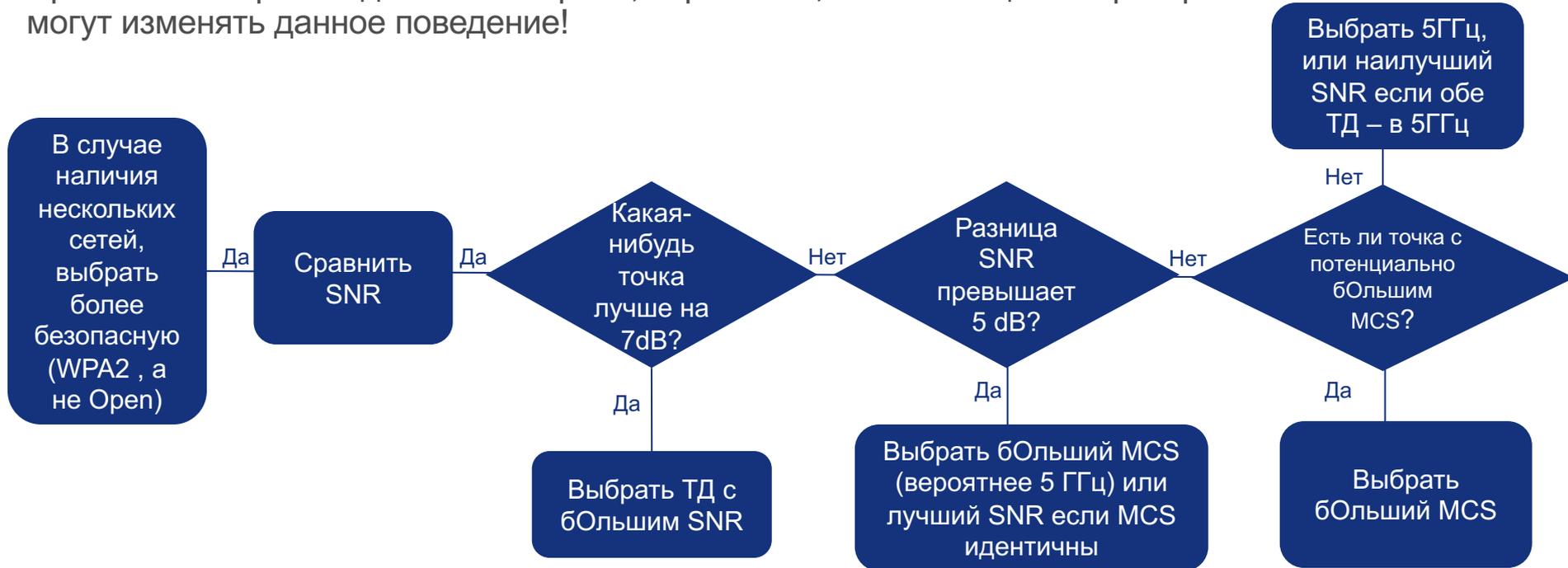
А что у не Apple
устройств?

Изучение поведения Android устройств требует времени

- Поведение Android зависит от версии ОС (более-менее одинаково для версий от 4.4 до 6.0), но возможны различия от производителя к производителю: лучше протестировать
- «Счастливый» телефон отправляет Probe-ы редко
- Пример Samsung S7: подключенный к сети, во время информационного обмена и хорошим сигналом. S7 отправляет probe request-ы через 313, 1813 и 1430 секундные интервалы

Алгоритм выбора ТД для подключения устройствами на базе Android

- Примечание: производитель телефона, версия ОС, кастомизация операторами связи могут изменять данное поведение!



Радио-дизайн: мощность и выбор оптимального радио-диапазона

Я хочу использовать максимальную мощность...

- ✓ Мне нужно меньше ТД
- ✓ Дизайн по принципу покрытия
- ✓ РЧ радиопланирование показывает везде зеленое покрытие
- ✓ Это значение по умолчанию



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)

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

(ПОВТОР)

10 dBm = 10 mw

Мощность – клиент против ТД

Пример: iPhone 7



- Смартфоны обычно имеют маленькую и очень плохую антенну

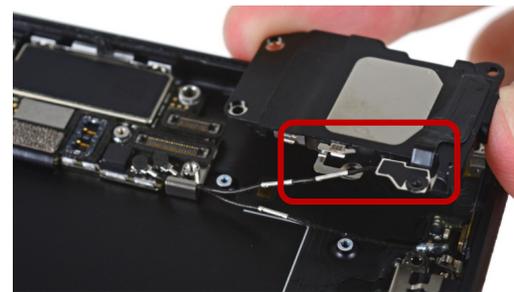
Реальные значения излучаемой айфоном мощности

Диапазон	Макс ЭИИМ
2.4ГГц ISM	15 dBm
UNII-1	14.8 dBm
UNII-2	13.3 dBm
UNII-2e	10.8 dBm
UNII-3	11.8 dBm
ISM (канал 165)	11.8 dBm

Диапазон	КУ антенны (dBi)
2.4 GHz ISM	0.05
UNII-1	0.05
UNII-2	0.05
UNII-2e	0.04
UNII-3	0.02
ISM (Ch 165)	0.02

Источник: FCC F Dipole cal. Certificate

<https://apps.fcc.gov/eas/GetApplicationAttachment.html?id=3080795>



Мощность – клиент против ТД

Пример: iPhone 5

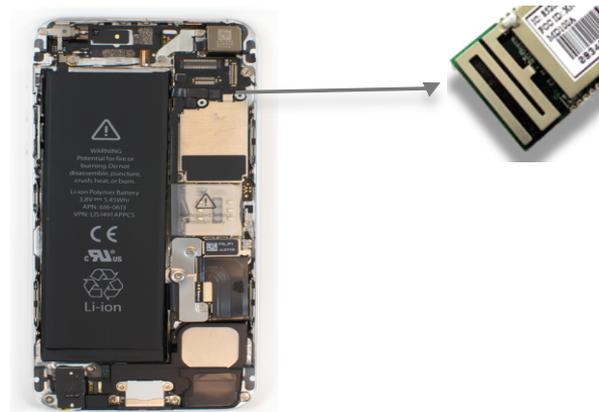


- Смартфоны обычно имеют маленькую и очень плохую антенну

Реальные значения излучаемой айфоном мощности

Диапазон	Макс ЭИИМ
2.4ГГц ISM	14.6 dBm
UNII-1	14.2 dBm
UNII-2	12 dBm
UNII-2e	11 dBm
UNII-3	10 dBm
ISM (Канал 165)	10 dBm

Frequency (GHz)	Gain (dBi) Type: Pifa
2.400-2.480	-1.4
5.150-5.250	0.14
5.250-5.350	-1.66
5.47-5.725	-0.83
5725-5850	-2.85



Мощность – клиент против ТД

Реальный пример: iPhone X



Точка доступа -> бетонная стена -> клиент

149 канал (200 mW): 200 Mbps downlink / 45 Mbps uplink

36 канал (100 mW): 116 Mbps downlink / 166 Mbps uplink

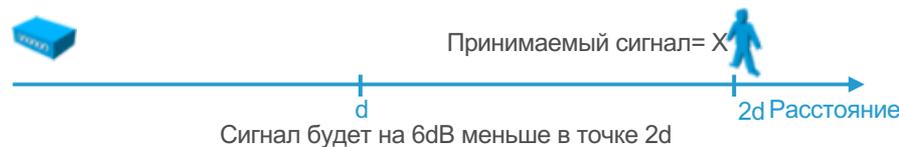
На UNII-1 каналах у iPhone зачастую максимальная выходная мощность

Изучение поведения Android устройств - если времени нет

- Хороший сценарий: в основном, в Вашей сети один тип клиентского устройства, и это не NONAME: его поведение может быть уже описано здесь: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/controller/technotes/8-0/device_classification_guide.html
- Плохой сценарий: в Вашей сети большое количество разнообразных устройств, включая малоизвестные брэнды: считайте, что роуминг будет происходить при падении RSSI от ТД до уровня -70 dBm (на стороне клиентского устройства). Сравнительная таблица максимальной мощности различных устройств:

Модель	ЭИИМ 2.4ГГц	Худшая* ЭИИМ 5ГГц
Iphone 6	14.5 dBm	10.2 dBm
Ipad 4	15.2 dBm	22.67 dBm
Nexus 6	14.8 dBm	11.1 dBm
LG G3	12.05 dBm	11.24 dBm
Samsung S5	13.4 dBm	10.61 dBm
HTC One M8	14.4 dBm	13.8 dBm
Nokia Lumia 1520	13.1 dBm	11.6 dBm
PC (ASUS PCE-AC66)	22 dBm	22.83 dBm

Простое правило: с увеличением расстояния в два раза уровень сигнала падает на 6dB



Выбор между 5 ГГц и 2.4 ГГц

- Существующий стереотип: большинство клиентов не поддерживает 5 ГГц, давайте будем строить сеть под 2.4 ГГц
- Включим максимальную мощность ТД, чтобы клиенты подключились на максимальной скорости

Итог:

- Соотношение клиентов в 2.4 и 5 ГГц: 85% на 15% соответственно
- Реальный пример в Киеве: 388 устройств в 2.4 ГГц, 68 устройств – в 5 ГГц
- Band Steering не работает

Вопрос: Почему так?

Did you know ?

- iPhone 4s was the last iPhone with 802.11n (2.4Ghz only) (2011)
- Samsung S2 (May 2011)
- You can increase the capacity of your network with fewer Aps
- Cisco Bedfont UK office moved to 5GHz only network
- Cisco and Apple strongly recommend a 5 GHz-only (802.11a/n/ac) wireless

Event	Clients 5GHz vs. 2.4GHz
Mobile World Congress 2015	87% / 13%
Cisco Live 2016	90% / 10%
Democratic National Convention	85% / 15%

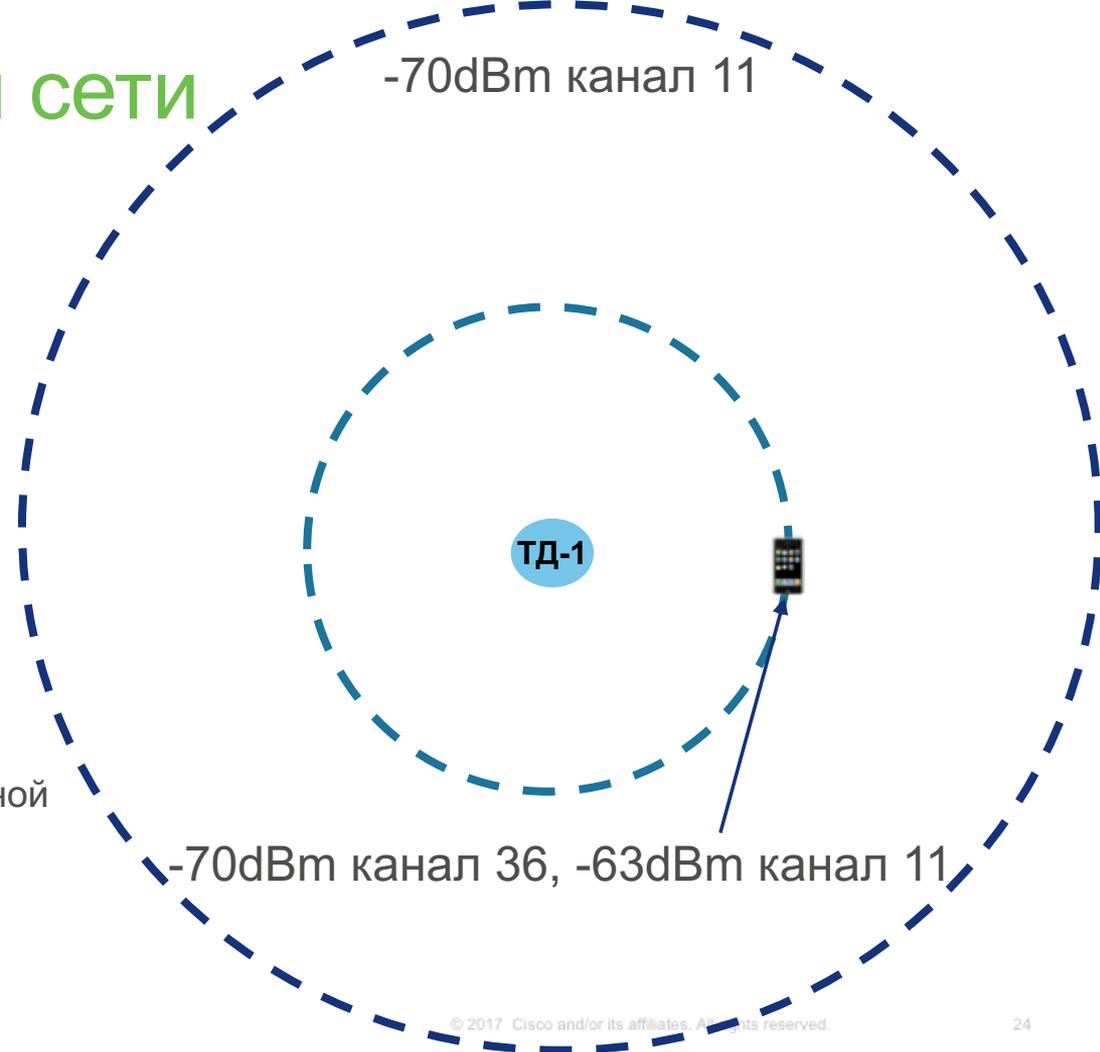
Влияние на дизайн сети

Проблема 2.4ГГц или 5ГГц

- ТД-1 макс. мощность в 5ГГц
- ТД-1 макс. мощность в 2.4ГГц

Решение : убедитесь, что мощность ТД в 2.4ГГц, как минимум, на два уровня меньше мощности той же ТД в диапазоне 5ГГц
(т.е. 5ГГц -> уровень 3,
2.4ГГц -> уровень 5)

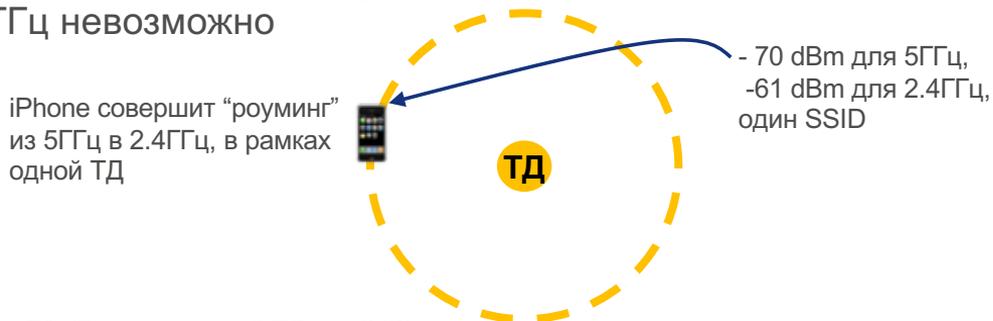
RRM “должен” сделать это за Вас при условии правильно дизайна сети и корректной настройки RRM



Влияние на дизайн сети

Правильно проектируйте пересечение зон покрытия диапазонов 5/2.4ГГц:

- Уровень сигнала в 2.4ГГц на равном расстоянии от ТД в среднем на 7 dB лучше, чем 5ГГц
- IOS устройства “теоретически” совершают роуминг на другой BSSID только в случае, если его сигнал на 8dB лучше предыдущего (что, опять же теоретически, должно предотвратить роуминг из 5ГГц в 2.4 ГГц в пределах одной ТД)
- **ОДНАКО** погрешность измерений массовых Wi-Fi чипсетов составляет от 3 до 4 dB*
- Чтобы избежать роуминга внутри ТД, привяжите SSID к одному частотному диапазону (только 5ГГц, если возможно). При использовании двухдиапазонных SSID полностью избежать роуминга из 5ГГц в 2.4ГГц невозможно



* Это значит, что если Ваш iPhone показывает -70 dBm для данной ТД, мой iPhone в том же самом месте может показывать как -66, так и -74. В другой момент времени Вы также можете увидеть на своем iPhone любое из значений в интервале -66 .. -74

Мощность – рекомендации при проектировании

Мощность точки доступа (TX Power) \leq максимальной мощности самого слабого клиента

Обычно это 10 mW (лучше 6 mW, чтобы перекрыть дыру в покрытии, если одна из точек потеряет питание)

Строится сеть под 5 ГГц! 2.4 ГГц и так будет распространяться дальше.

Канал должен быть симметричным (downstream = upstream) для самого слабого клиента

Граница соты – не менее -67 dBm, лучше -62 dBm для 5 ГГц

В каждой точке сети клиент должен подключаться на максимальной мощности (SNR>25-30)

Мощность 2.4 ГГц занижена

Шаг между точками должен быть такой, чтобы была возможность занижать мощность до самого слабого клиента и иметь границу соты с -67 dBm

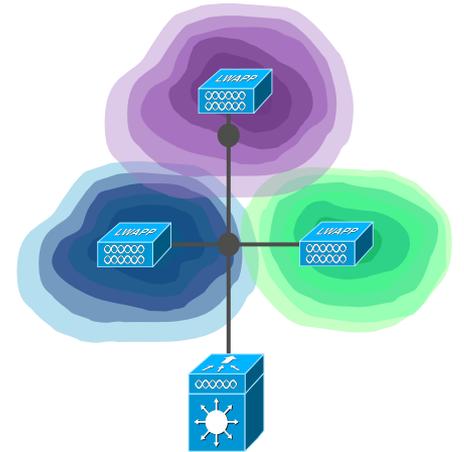
Мощность – пример использования TPC max и TPC min

Radio Resource Management может назначать большие мощности, если нет интерференций между точками доступа (особенно в 5 GHz)

Занижаем максимальную мощность в 5 GHz до 10 dBm (TPC max = 10 dBm)

Занижаем максимальную мощность в 2.4 GHz (TPC max = 7 dBm)

Выставляем TPC min для 5 GHz = 7 dBm (6 mW)



Оптимизация роуминга

Как заставить iOS совершить роуминг

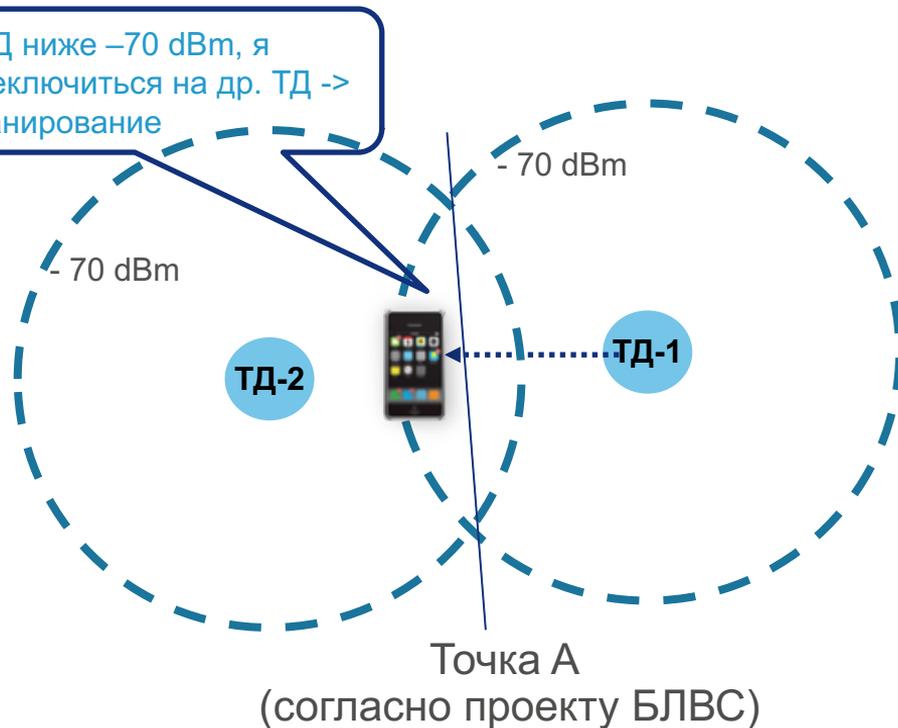
- iOS не предпринимает попыток роуминга даже в движении (акселерометр не используется) пока уровень принимаемого сигнала* от ТД не упадет ниже -70 dBm. В этот момент телефон начинает сканировать каналы и пытается совершить роуминг.



Администратор

Я хочу, чтобы ты подключался к ТД-2 в точке А

Сигнал от ТД ниже -70 dBm, я должен переключиться на др. ТД -> начинаю сканирование



*(используется любой пакет от ТД, beacon или data; Чтобы запустить роуминг, уровень сигнала должен быть менее -70 dbm на протяжении одной минуты)

Хороший способ: 802.11k (и 802.11v)

- Начнем с 802.11k

Куда мне
теперь
подключиться?

Попробуй эти 6
точек доступа

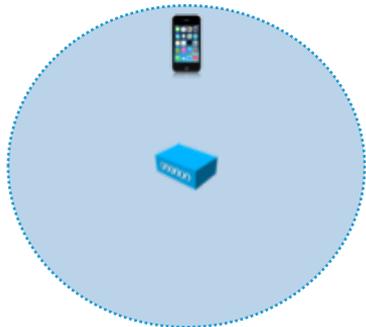
802.11k neighbor list

```
▶ 802.11 radio information
▶ IEEE 802.11 Action, Flags: .....C
▼ IEEE 802.11 wireless LAN management frame
  ▼ Fixed parameters
    Category code: Radio Measurement (5)
    Action code: Neighbor Report Response (5)
    Dialog token: 100
  ▼ Tagged parameters (30 bytes)
    ▼ Tag: Neighbor Report
      Tag Number: Neighbor Report (52)
      Tag length: 13
      BSSID: CiscoInc_db:df:7d (a8:0c:0d:db:df:7d)
      ▶ BSSID Information: 0x000002f7
        Operating Class: 0
        Channel Number: 40 (iterative measurements on that Channel Number)
        PHY Type: 0x07
    ▼ Tag: Neighbor Report
      Tag Number: Neighbor Report (52)
      Tag length: 13
      BSSID: CiscoInc_b4:46:cd (08:cc:68:b4:46:cd)
      ▶ BSSID Information: 0x000002f7
        Operating Class: 0
        Channel Number: 100 (iterative measurements on that Channel Number)
        PHY Type: 0x07
```

```
▶ 802.11 radio information
▶ IEEE 802.11 Action, Flags: .....C
▼ IEEE 802.11 wireless LAN management frame
  ▼ Fixed parameters
    Category code: Radio Measurement (5)
    Action code: Neighbor Report Request (4)
    Dialog token: 100
  ▶ Tagged parameters (13 bytes)
```

Хороший способ: 802.11k (и 802.11v)

-70dBm, для роуминга мне нужно
просканировать каналы: 36, 40, 44, 48, 52, 56,
60, 64, 132, 136, 140, 149, 153, 157, 161, 165
Это займет: 6 секунд



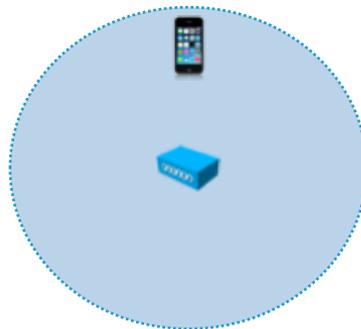
без 802.11k

-70dBm, для роуминга мне нужно просканировать
каналы из neighbor list-a: 40, 48, 157.

Это займет: 200мс

Найдена хорошая ТД? Да -> роуминг

Нет-> полное сканирование



с 802.11k

Алгоритм сканирования и принятия решения о роуминге



802.11v: переключите устройство на другую ТД

- 802.11k и 802.11v: различия в функционале



802.11k neighbor list



802.11v Solicited request



802.11v Unsolicited request



802.11v Unsolicited Optimized Roaming request



802.11v: Cisco/Apple против Другого Производителя

- Мы знаем как думает iOS, другие производители могут только догадываться

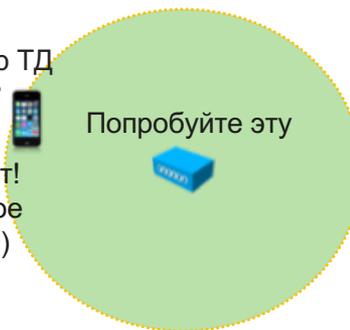
Нужен роуминг, какую ТД порекомендуете?

То, что нужно!
Спасибо!

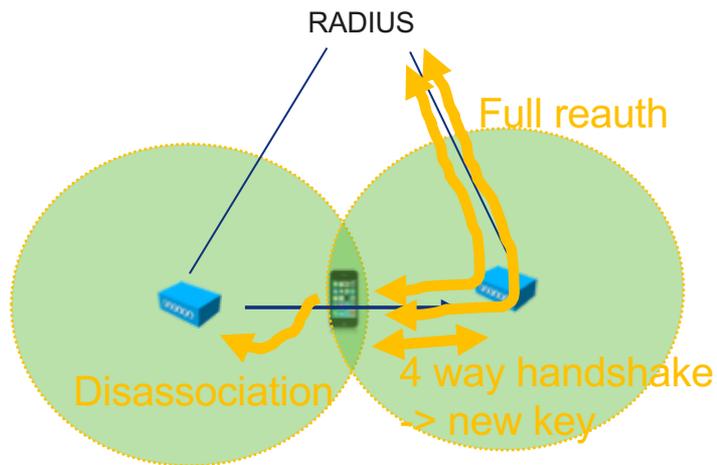


Нужен роуминг, какую ТД порекомендуете?

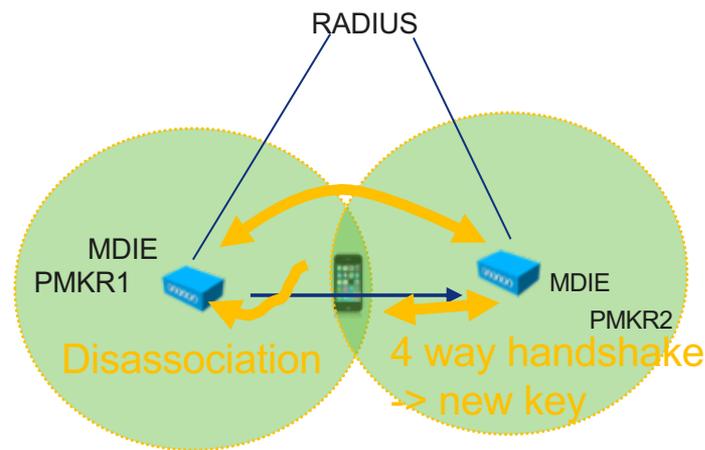
Эта ТД мне не подходит!
(игнорирование и полное сканирование каналов)



802.11r: Fast BSS Transition (или Fast Roaming)



Стандарт WPA2 (802.11x)
Результат: вплоть до 6 секунд



802.11r (FT)
Результат: менее 100мс

Cisco-Apple Optimized Roaming



Устаревшие клиенты **не могут** подключиться к SSID с включенным 11g



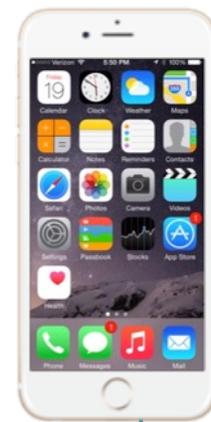
ТД стороннего производителя

Устаревший клиент, не поддерживающий 11g/k/v, **может** использовать тот же SSID



Я понимаю, что Вы – устройство Apple. Я включаю 11g персонально для Вас

802.11k, 802.11v включены по умолчанию



Ассоциация

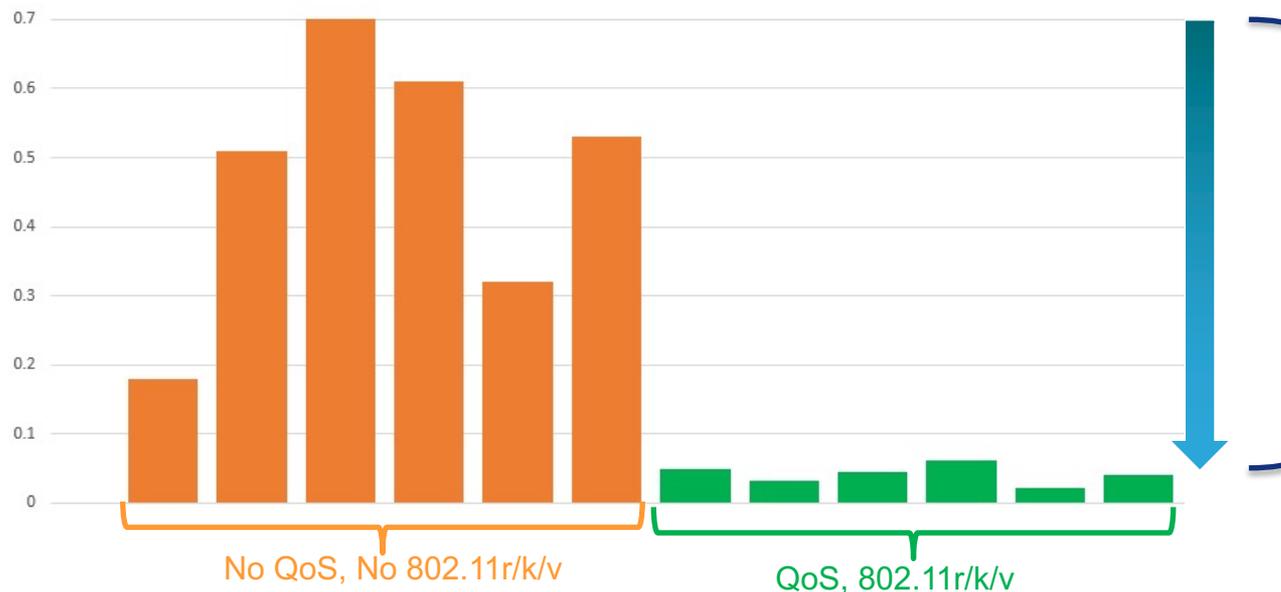


ТД Cisco

Характеристики роуминга: лучше на порядок

Roaming Performances

Время (с)* 0.8



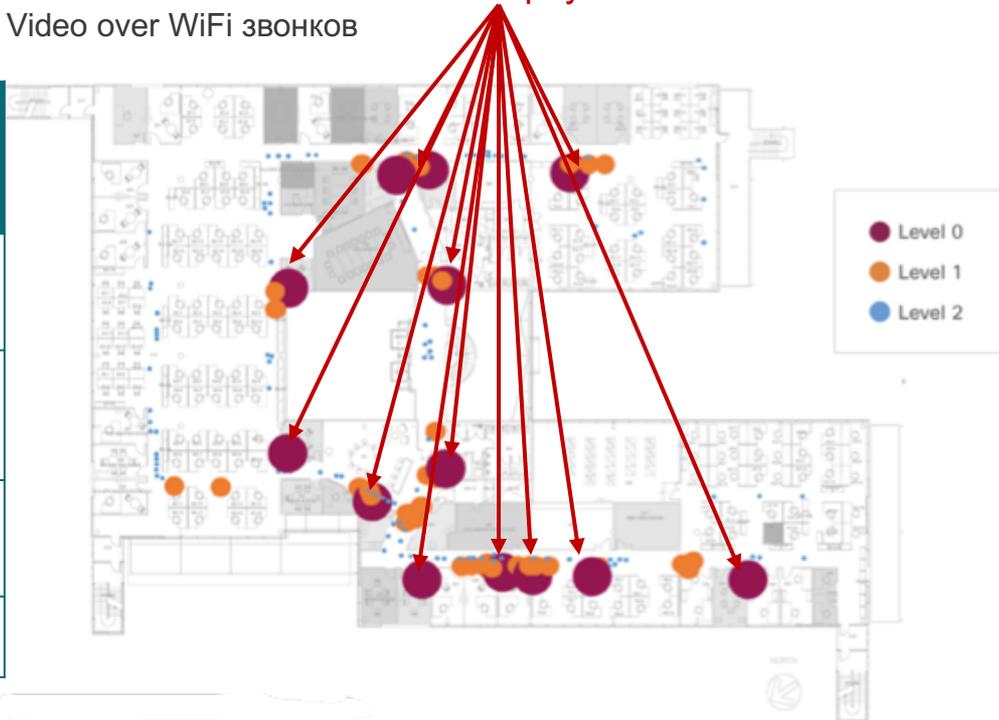
До 10 раз лучше!

Пример– офис Cisco в Лондоне

Кейсы службы тех. поддержки– проблемы Wi-Fi по время Video over WiFi звонков

Точки роуминга

Уровень приоритета кейса	(До обновления) Среднее еженедельное количество кейсов
Level 0 (критический отказ сервиса) - Разъединение вызова-	13
Level 1 (Существенная деградация сервиса) - Временные пропадания аудио/видео-	36
Level 2 (Незначительная деградация сервиса) - Сбой аудио или легкая пикселизация-	131
Всего	180



1. Определить пробелы в покрытии
2. Если покрытие нормальное, проанализировать конфигурацию

Пример– офис Cisco в Лондоне

Кейсы службы тех. поддержки– проблемы Wi-Fi по время Video VoWi звонков

Уровень приоритета кейса	(До обновления) Среднее еженедельное количество кейсов	(После обновления) Среднее еженедельное количество кейсов	Изменения (%)
Level 0 (критический отказ сервиса) - разъединение вызова-	13	0	- 100%
Level 1 (Существенная деградация сервиса) - длительные пропадания аудио/видео-	36	8	- 78%
Level 2 (Незначительная деградация сервиса) - незначительный сбой аудио или легкая пикселизация-	131	96	- 27%
Всего	180	104	-42 %

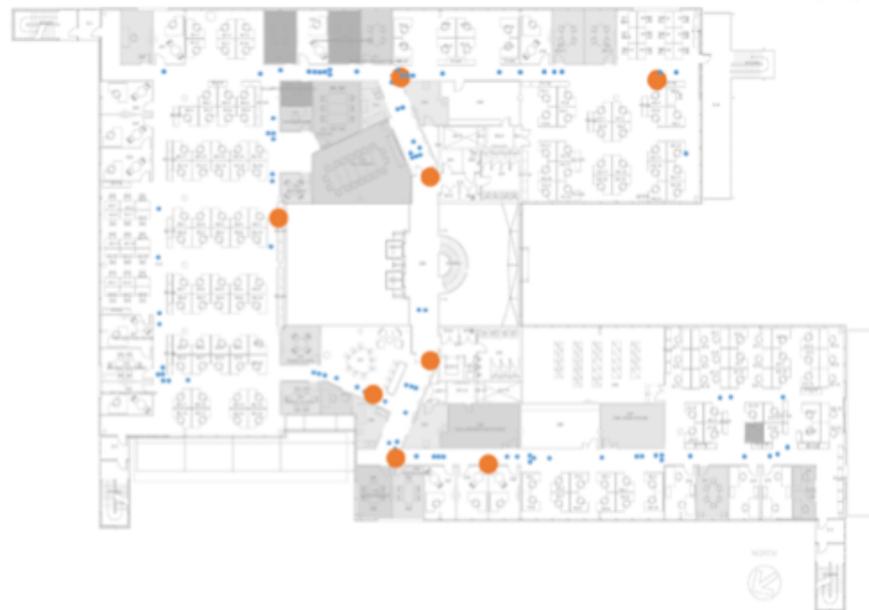
Пример– офис Cisco в Лондоне

Кейсы службы тех. поддержки– проблемы Wi-Fi по время Video поверх Wi-Fi звонков

Before the Software Upgrade



After the Software Upgrade



<https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/wireless/cisco-on-cisco-so-r4.pdf>

А что клиенты других производителей?

- Некоторые клиенты поддерживают 802.11r (корпоративного класса), большинство не умеет 802.11k/v
- 802.11r: поиск на сайте Wi-Fi Alliance – устройства с сертификатом Voice Enterprise должны поддерживать 802.11r

The screenshot shows the Wi-Fi Alliance Product Finder interface. The search results are sorted by 'Best Match' and show 356 results. The left sidebar contains filters for 'Keyword Search', 'Brand', 'Categories', and 'Featured Capabilities'. Under 'Featured Capabilities', 'Voice-Enterprise' is selected, showing 356 results. The main content area displays a grid of product cards for various manufacturers:

- Alcatel-Lucent:** Product Name: Lightradio 9764 MCO..., Model Number: AP-9764, Brand: Alcatel-Lucent, Category: Routers, Last Certified Date: 2013-12-18.
- Bitatek:** Product Name: Frey, Model Number: M1, Brand: Bitatek Co., Ltd., Category: Other, Last Certified Date: 2016-09-22.
- Lenbrook:** Product Name: Node2, Model Number: N110, Brand: Lenbrook Industries Ltd., Category: Gaming, Media & Music, Last Certified Date: 2015-03-10.
- NEC:** Product Name: PK-WL026, Model Number: PK-WL026, Brand: NEC Corporation, Category: Routers, Last Certified Date: 2014-05-14.
- HTC:** Product Name: OPJA30000, Model Number: OPJA30000, Brand: HTC Corporation, Category: Phones, Last Certified Date: 2015-02-09.
- HTC:** Product Name: OPJA20000, Model Number: OPJA20000, Brand: HTC Corporation, Category: Phones, Last Certified Date: 2015-02-09.

А что клиенты других производителей?

- Некоторые клиенты поддерживают 802.11r (корпоративного класса), большинство не умеет 802.11k/v

- 802.11v: Mike Albano ведет список клиентских устройств, которые заявляют поддержку 11v

	124	128	132	136	140	144	149	153	157	161	165	SS	.11	MU-MIMO	Max Tx	.11v	.11w
Edimax AC1200 USB	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	n		11	N	
Google Home	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	n		15		
Google Pixel	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	n		15		
HP EliteBook Folio	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	n		15		
HP zBook 15inch	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	n		15		
HTC One	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	n		15		
HTC One(M8)	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	1	ac		30	Y	
Intel 6235	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	ac		7		
Intel 7265	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	ac		7		
Intel 7265	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	1	n		13		
Intel 7260	Y	Y	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	1	n		13		
Intel 6300-Ultimate	N	N	N	N	N	N	Y	Y	Y	Y	Y	1	n				
Intel 8265	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y						
iMac 5K	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y						
iMac (Mid 2007)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	2	ac	N	19	Y	

Как iOS относится к Aggressive Load balancing

- Чтобы отправить клиентов к другой ТД или в другой диапазон, ТД-2 отклоняет запрос на ассоциацию
 - Данное поведение не регламентируется стандартом
 - Отсутствует информация о ТД, к которым клиенту нужно подключаться
- Если с точки зрения клиента данная ТД лучшая... iPhone / iPad будут пробовать снова...
- После 5-ти попыток, SSID (а не 'BSSID') будет помещен в «черный» список

WLANs > Edit 'Mynet'

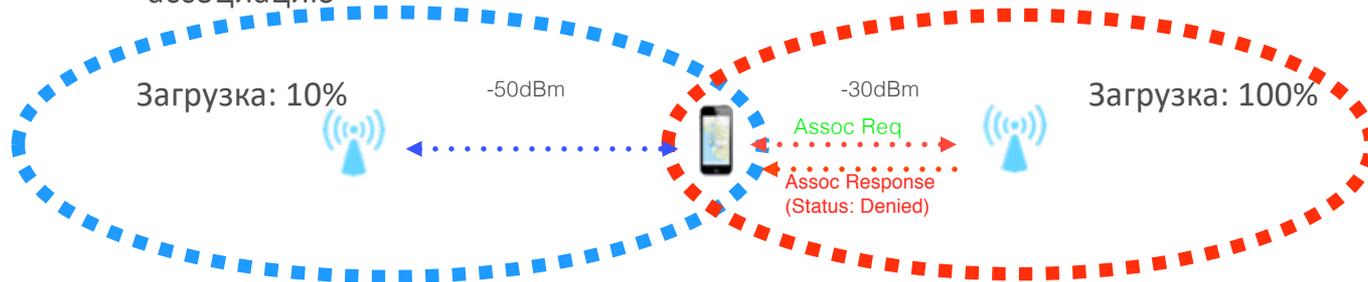
< Back

Apply



1. Клиент шлет ТД-2 запрос на ассоциацию

2. ТД-2 отклоняет ассоциацию

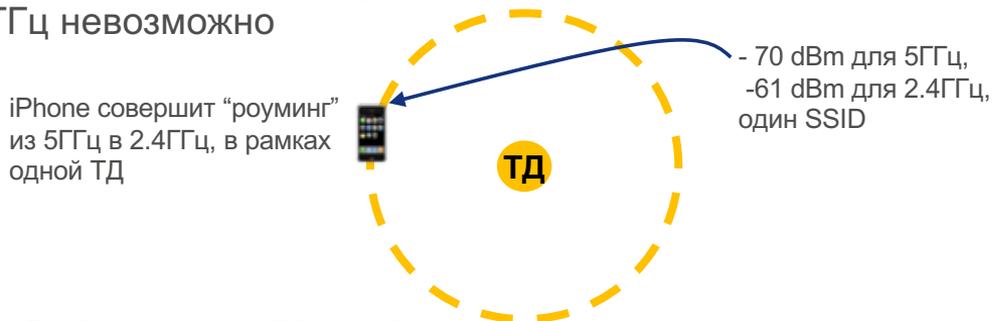


Не используйте Client Load Balancing с iOS клиентами... Выход - 802.11v

Влияние на дизайн сети

Правильно проектируйте пересечение зон покрытия диапазонов 5/2.4ГГц:

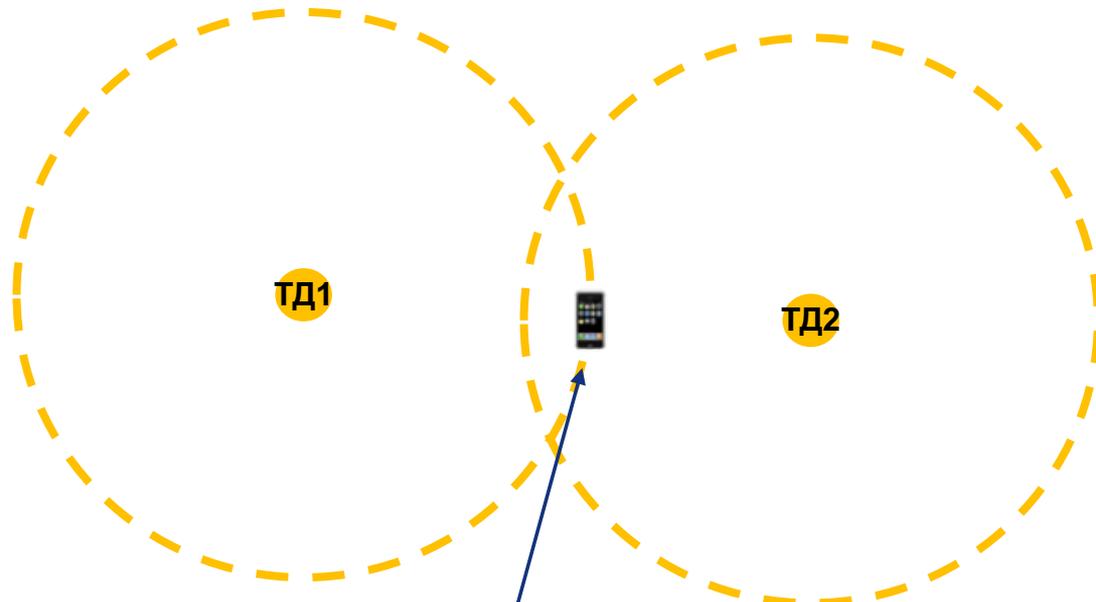
- Уровень сигнала в 2.4ГГц на равном расстоянии от ТД в среднем на 7 dB лучше, чем 5ГГц
- IOS устройства “теоретически” совершают роуминг на другой BSSID только в случае, если его сигнал на 8dB лучше предыдущего (что, опять же теоретически, должно предотвратить роуминг из 5ГГц в 2.4 ГГц в пределах одной ТД)
- **ОДНАКО** погрешность измерений массовых Wi-Fi чипсетов составляет от 3 до 4 dB*
- Чтобы избежать роуминга внутри ТД, привяжите SSID к одному частотному диапазону (только 5ГГц, если возможно). При использовании двухдиапазонных SSID полностью избежать роуминга из 5ГГц в 2.4ГГц невозможно



* Это значит, что если Ваш iPhone показывает -70 dBm для данной ТД, мой iPhone в том же самом месте может показывать как -66, так и -74. В другой момент времени Вы также можете увидеть на своем iPhone любое из значений в интервале -66 .. -74

Влияние на дизайн сети

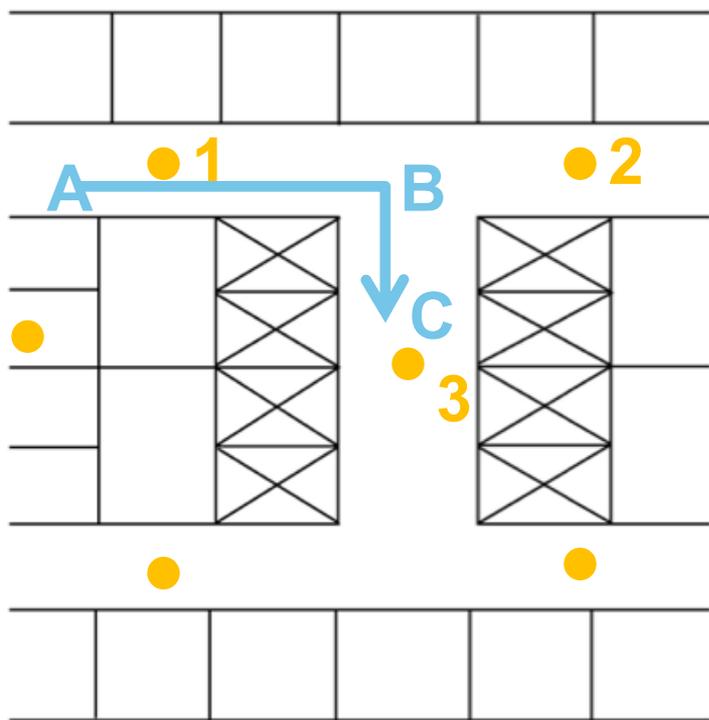
Если возможно, проектируйте сеть только для использования в диапазоне 5ГГц с оптимальным перекрытием зон покрытия каждой ТД



В месте, где сигнал ТД1 равен -70 dBm, сигнал ТД2 должен быть -62 dBm

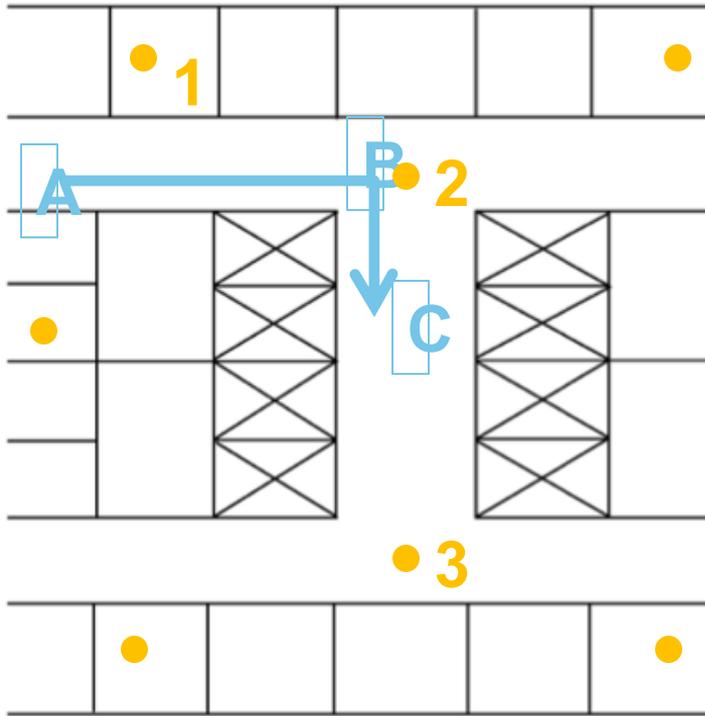
Оптимальная граница соты: $-70\text{dBm} - 8/2\text{dB}$ (порог) -4dB (погрешность) = -62 dBm

Правильно размещайте транзитные ТД



- В точке “А” телефон подключен к ТД1
- В точке “В” телефон знает о ТД2, существование ТД3 остается тайной из-за затухания, вносимого шахтой лифта
- В точке “С” телефону нужно совершить роуминг, но ТД2 – единственная о которой он знает
- Таким образом, телефон должен просканировать все каналы, чтобы найти ТД3
 - Передача 200В фрейма на скорости 54Мбит/с занимает 3.7мкс
 - Передача 200В фрейма на скорости 24Мбит/с занимает 8.3мкс
 - Переключение скорости с 54Мбит/с на 24Мбит/с может потребовать 1100мкс

Правильно размещайте транзитные ТД



- В точке “А” телефон подключен к ТД1
- В точке В телефон знает о ТД2, т.к. он смог получить от нее ответ, во время сканирования, которое он делал, перемещаясь по коридору
- В точке С телефону требуется роуминг, и он успешно подключается к ТД2
- У телефона достаточно времени на сканирование, чтобы обнаружить ТД3 заранее

Сканирование DFS каналов в ETSI

- Каналы 100 – 140 в европейском домене требуют DFS -> особый алгоритм сканирования

Сначала слушать...

Если обнаружены 802.11 фреймы → канал можно использовать → отослать Probe Request
сканирование будет отложено на время от 100мс до 60с!

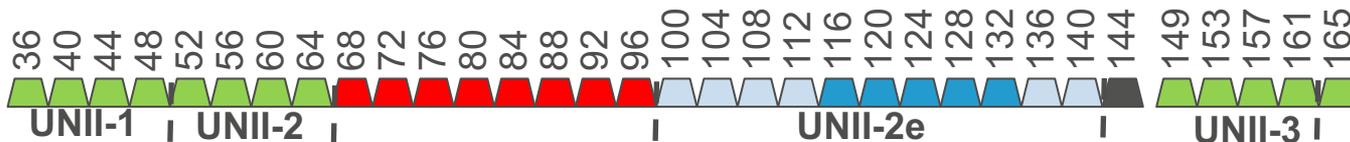
Чтобы этого избежать, iOS сначала сканирует остальные каналы, потом 52-60, 100 – 140 (UNII-2, UNII-2 Extended)

Например, для Североамериканского домена порядок сканирования: 36, 40, 44, 48, 149, 153, 157, 161, 165, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

Повторить 5 раз, затем просканировать 52, 56, 60, 64, 100, 104, 108, 112, 118, 120, 124, 128, 132, 136, 140

iPhone / iPad может понадобиться до одной минуты, чтобы обнаружить ТД на каналах 52-64, 100 – 140

Вывод: в сценариях роуминга по возможности избегать каналы 100-140 в радиодизайне



Авторитарный способ – Optimized (“Smart”) Roaming

Без Smart Roaming



Cisco “Smart Roaming”



Optimized Roaming

- Задаёт пороговое значение RSSI и/или минимальную скорость подключения при достижении которых клиент будет деассоциирован
- Разработана для принудительного переключения клиентских устройств в сотовую сеть
- 4 глобально настраиваемых параметра
 - Вкл/Выкл
 - Интервал (в секундах)
 - Пороговое значение Data Rate
 - Пороговое значение RSSI настраивается через Data CHD

The screenshot displays the Cisco Wireless configuration page for Optimized Roaming. The interface is divided into a left sidebar and a main content area. The sidebar, under the 'Wireless' heading, contains a tree view with 'Access Points' expanded to show 'Radios' (802.11a/n/ac, 802.11b/g/n, Dual-Band Radios, Global Configuration) and 'Advanced' (Load Balancing, Band Select, Preferred Calls, SIP Snooping, Rx Sop Threshold, Optimized Roaming). The 'Mesh' section is also visible. The main content area shows the configuration for two radio types: 802.11a and 802.11b. For each, the 'Optimized Roaming Mode' is checked and set to 'Enable'. The 'Optimized Roaming Interval' is set to 90 seconds. The 'Optimized Roaming Data Rate Threshold' is set to 'Disable'.

Radio Type	Optimized Roaming Mode	Optimized Roaming Interval	Optimized Roaming Data Rate Threshold
802.11a	Enable	90 sec	Disable
802.11b	Enable	90 sec	Disable

Расчет плотности клиентов на точку доступа

Максимальная скорость подключения 802.11n, 2.4 Ghz, 1 антенный элемент, 20 MHz

MCS	Modulation	Coding	Speed, Mbps
0	BPSK	1/2	7.2
1	QPSK	1/2	14.4
2	QPSK	3/4	21.7
3	16-QAM	1/2	28.9
4	16-QAM	3/4	43.3
5	64-QAM	2/3	57.8
6	64-QAM	3/4	65
7	64-QAM	5/6	72.2

Количество клиентов на точку (радио)

802.11n, 2.4 Ghz, 1 антенный элемент, 20 MHz, MCS7

Требования:

2 Mbps каждому клиенту гарантированно

Расчет:

- Максимальная скорость в радио-канале: 72.2 Mbps для каждого клиента
- «Типичная» канальная утилизация другими устройствами в 2.4 ГГц спектре – 50% (=36.1 Mbps)
- Management overhead (MAC-эффективность) – 50%. (=18 Mbps на всех)
- Итог: на радиоинтерфейс 2.4 ГГц можно поместить **не более 9 клиентских устройств** при таких требованиях

При условии, что каждый клиент работает на максимальной скорости!

Рекомендации Cisco по полосе пропускания

Application by Use Case	Nominal Throughput
Web - Casual	500 kilobits per second (Kbps)
Web - Instructional	1 Megabit per second (Mbps)
Audio - Casual	100 Kbps
Audio - instructional	1 Mbps
On-demand or Streaming Video - Casual	1 Mbps
On-demand or Streaming Video - Instructional	2-4 Mbps
Printing	1 Mbps
File Sharing - Casual	1 Mbps
File Sharing - Instructional	2-8 Mbps
Online Testing	2-4 Mbps
Device Backups	10-50 Mbps

Количество клиентов на точку (радио) 802.11n, 2.4 Ghz, 1 антенный элемент, 20 MHz, MCS7

Требования:

3 сессии - live video 2 Mbps, 3 сессии - file transfer, остальные – веб-серфинг

Расчет:

- **18 Mbps на всех**

$3 \times 2 = 6$ Mbps (live video)

$3 \times 1 = 3$ Mbps (file transfer)

9 Mbps остаток / 0.5 Mbps (web) = 18 сессий

Итого 24 пользователя на радиointерфейс 2.4 ГГц при таких условиях

При условии, что каждый клиент работает на максимальной скорости!

Максимальная скорость подключения

802.11ac, 5 Ghz, 1 и 2 антенных элемента, 80 MHz, MCS9

MCS	Modulation	Coding	Speed, 1 SS	Speed, 2 SS
0	BPSK	1/2	32.5	65
1	QPSK	1/2	65	130
2	QPSK	3/4	97.5	195
3	16-QAM	1/2	130	260
4	16-QAM	3/4	195	390
5	64-QAM	2/3	260	520
6	64-QAM	3/4	292.5	585
7	64-QAM	5/6	325	650
8	256-QAM	3/4	390	780
9	256-QAM	5/6	433	866

Количество клиентов на точку (радио)

802.11ac, 5 Ghz, 80 MHz, MCS9

Требования:

4 Mbps каждому клиенту гарантированно

50% смартфоны с одной антенной, 50% - флагманские смартфоны с двумя антеннами

Расчет:

- Максимальная скорость в радио-канале: 433 и 866 Mbps для каждого типа клиентов (средняя = 650 Mbps)
- «Типичная» канальная утилизация другими устройствами в 5 ГГц спектре – 10% (=585 Mbps)
- Management overhead (MAC-эффективность) – 60%. (= **350 Mbps на всех**)
- Итог: на радиointерфейс 5 ГГц в режиме 802.11 ac 80 MHz можно поместить **до 70 клиентских** устройств при таких требованиях

Расчет количества клиентов на точку

Основные критерии

Тип клиентского устройства

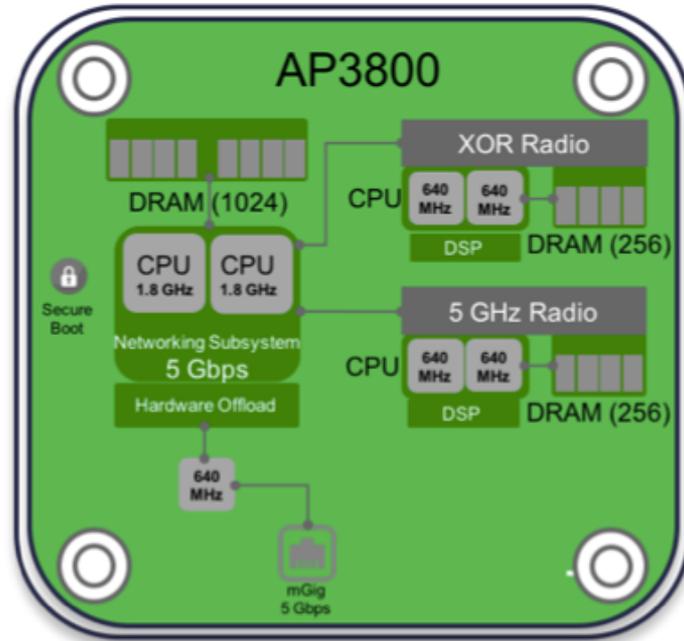
- 2.4 Ghz only или 2.4+5 ГГц
- 802.11n или 802.11ac
- Количество пространственных потоков (антенных элементов: 1, 2 или 3)

Радио-дизайн

- Мощность и SNR на границе соты
- Симметрия радио-канала (upstream = downstream)
- Утилизация РЧ канала и уровень шума
- Профиль трафика
- Аппаратный ресурс точки доступа

Аппаратный ресурс точки доступа

Высокоплотный Wi-Fi



Заключение

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

- Запомните – 70 dBm – начало роуминга, 11 / 14 dBm – макс мощности смартфонов
- iOS 10 «ранжирует» ТД по пропускной способности – алгоритм роуминга изменился от iOS 9 к iOS 10
- Избегайте скрытых SSID, aggressive load balancing, “smart” roaming
- Определяйте “последовательность роуминга”
- Включайте 11k/r/v, SSID только в 5ГГц если возможно
- Используйте настройки мощности ТД, и правильно их размещайте в случае сервисов с определением местоположения
- Если Вы правильно спроектируете сеть для iOS устройств, телефонам других производителей она, почти наверняка, тоже понравится 😊

Спасибо за внимание!