

# Следующее поколение беспроводных технологий

Станислав Рыбалко

# О чём поговорим:

- Новые стандарты WiFi и их возможности
- Развитие частотного спектра и как получить частоты
- Новинки фиксированного беспроводного доступа
- Развитие магистральных каналов связи

# Виды беспроводных технологий

1 см

RFID, NFC

10 м

Bluetooth

100 м

WiFi

15 км

Mobile Access

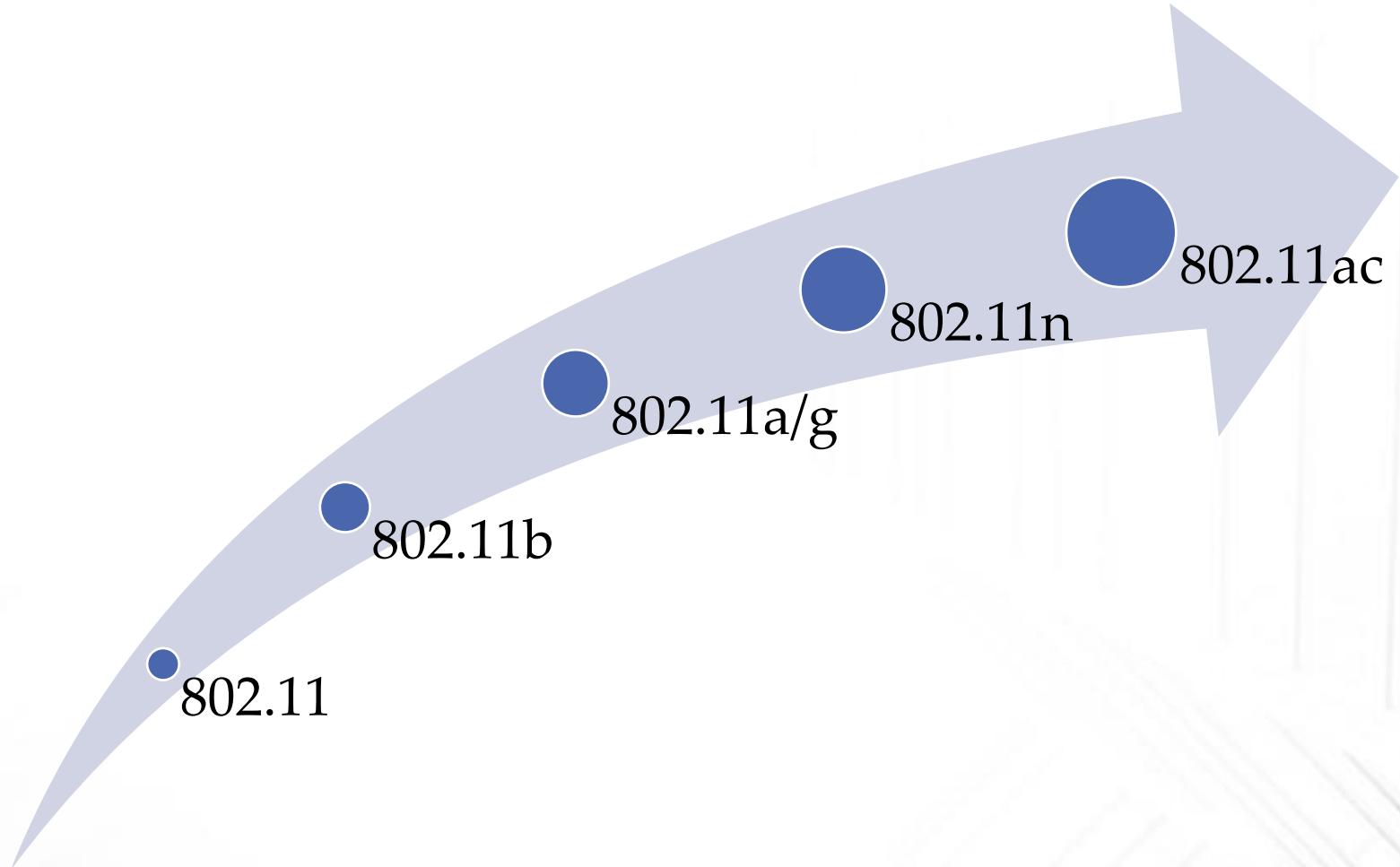
30 км

Fixed Access

100 км

Point-to-Point microwave

# Эволюция WiFi с 1999 года



# Эволюция WiFi в цифрах

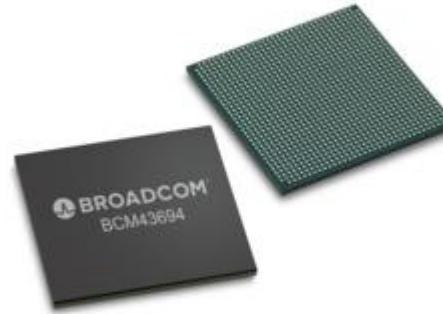
802.11	дата	частоты	полоса	макс	MIMO	модуляция
				скорость		
		ГГц	МГц	Мбит/с		
<u>802.11-1997</u>	1997	2,4	22	2	нет	DSSS, FHSS
<u>a</u>	1999	5	20	54	нет	OFDM
<u>b</u>	1999	2,4	22	11	нет	DSSS
<u>g</u>	2003	2,4	20	54	нет	OFDM
<u>n</u>	2009	5	20	288	4	MIMO-OFDM
			40	600		
<u>ac</u>	2013	5	20	346	8	MIMO-OFDM
			40	800		
			80	1733		
			160	3466		
<u>ad</u>	2012	60	2160	6700	нет	OFDM, SC
<u>aj</u>	2017	45/60	2160	6700	нет	OFDM, SC
<u>ax</u>	2018	5	160	10500	8	MIMO-OFDM
<u>ay</u>	2019	60	8000	100000	4	OFDM, SC
<u>az</u>	2021	60		нет данных		

# Развитие WiFi – 802.11ax

---

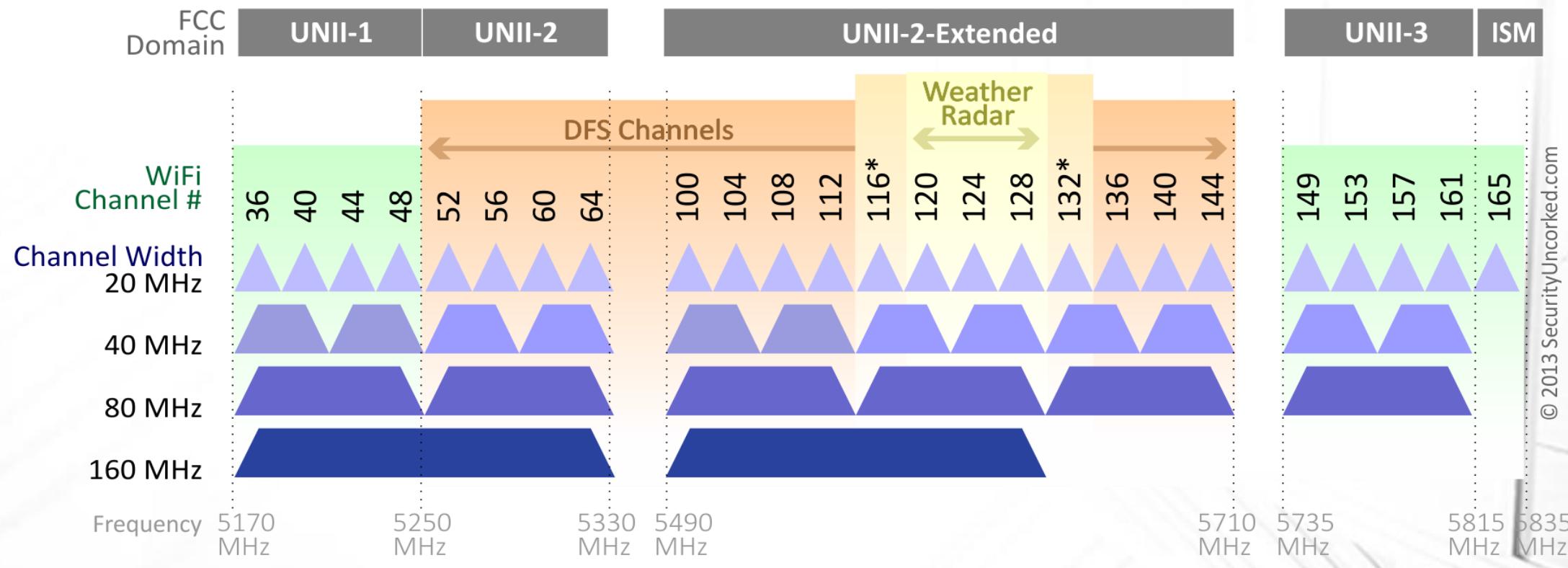
Будет готов года через 2 но есть драфт 1.0 и чипы на  
Основные отличия от 802.11ac:

- 4,8 Gbps@1024QAM 5/6 & 160МГц (до 14 Гбит/с)
- 1,6 Gbps@1024QAM @80 МГц
- 1-6 ГГц
- OFDMA, MIMO до 8x8
- Uplink MU-MIMO. Работа с несколькими точками доступа одновременно
- Scheduler. Специальный фрейм с расписанием передачи
- Частичное переиспользование частот, в том числе автоматическое.
- Target Wake Time. Причем можно группировать, что полезно в плотных сетях
- Extended guard interval – до 3,2 мкс



# Новый стандарт – новые полосы частот

## 802.11ac Channel Allocation (N America)



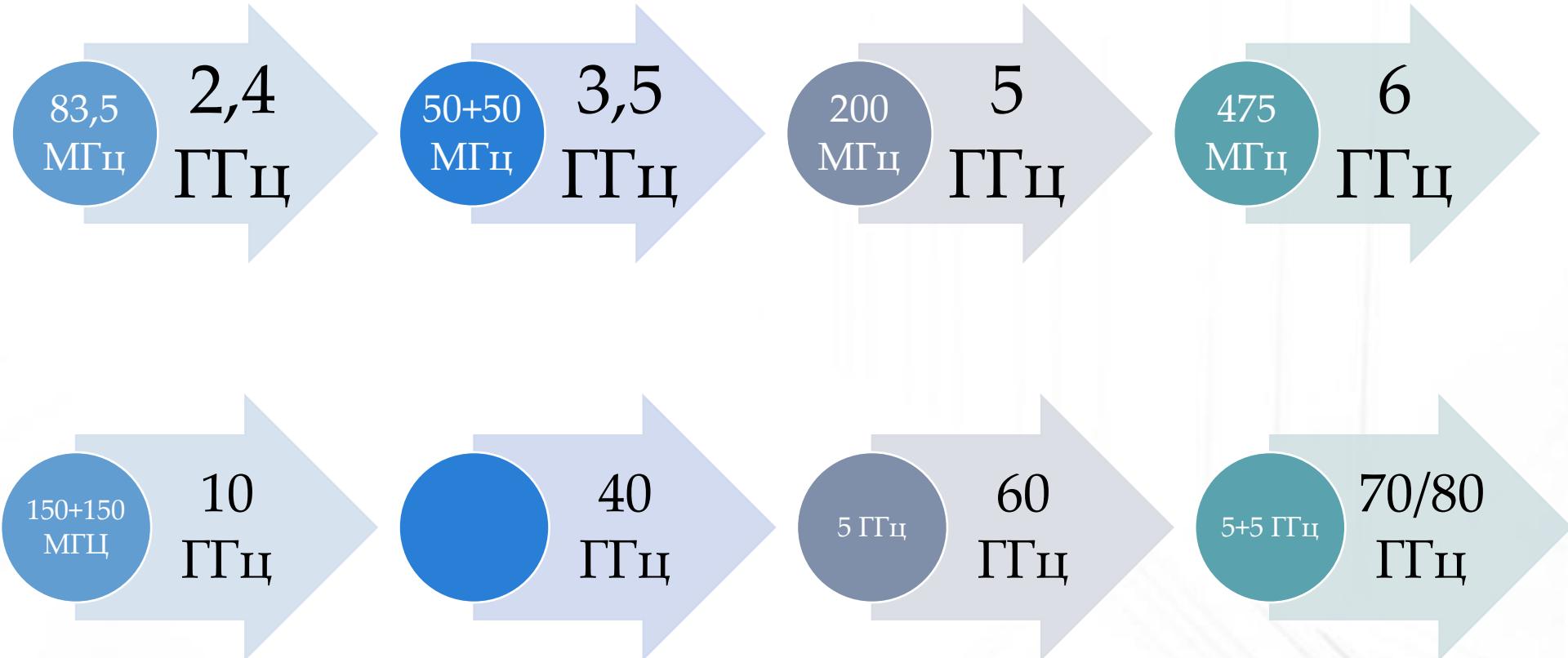
\*Channels 116 and 132 are Doppler Radar channels that may be used in some cases.

# Развитие частотного спектра

- Какие частоты у нас есть для фиксированной связи?
- Процедура получение частот и её подводные камни
- Какие полосы частот будут популярны завтра?

# Частоты для фиксированной связи

Доступные частоты для работы вне помещений



# 2,4 ГГц

2400 – 2483,5 МГц

## Решение ГКРЧ №15-35-09-1

Для схемы «точка - множество точек»		
Максимальная мощность передатчика	-10	дБВт
Максимальная спектральная плотность ЭИИМ	-3	дБВт/МГц
Максимальный радиус зоны обслуживания	20	км
НШПИ	5, 10, 20, 40	МГц
Тип дуплекса	TDD	
Для схемы «точка-точка»		
Максимальная мощность передатчика	-10	дБВт
Максимальная спектральная плотность ЭИИМ	17	дБВт/МГц
Коэффициент усиления антенны (не менее)	22	дБи
НШПИ	5, 10, 20, 40	МГц
Тип дуплекса	TDD	

# 3,5 ГГц

3400-3450 МГц и 3500-3550 МГц

решение ГКРЧ № 11-11-05 с изменениями 11-13-07-2

Тактико-технические характеристики	Значение ТТХ	
	Абонентская станция	Базовая станция
Метод радиодоступа	TDMA, OFDMA Доступ на основе временного и ортогонального частотного мультиплексирования	
Тип дуплекса	TDD	
Классы излучения	5M00G7W, 5M00D7W, 7M00G7W, 7M00D7W, 10M0G7W, 10M0D7W, 20M0G7W, 20M0D7W	
Ширина полосы излучения для разных классов излучения	В соответствии с Приказом Министерства связи и массовых коммуникаций Российской Федерации от 14.09.2010 № 124 «Правила применения оборудования радиодоступа. Часть I. Правила применения оборудования радиодоступа для беспроводной передачи данных в диапазоне от 30 МГц до 66 ГГц»	
Максимальная мощность передатчика, дБВт (в том числе и суммарная мощность передатчиков в конфигурации MIMO)	0	8
Побочные излучения	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	
Максимальный коэффициент усиления антенны, дБ	7	17
Топология сети	точка-многоточие	

# 5-6 ГГц (C-band)

5150-5350 МГц и 5650-5925 МГц, 5950-6425 МГц

решение ГКРЧ № 09-05-03, решение от 15 июля 2010 года N 10-07-02

Наименование параметра	Значение параметра в полосах радиочастот	
	5150-5350 МГц	5650-6425 МГц
Метод радиодоступа		TDMA, OFDMA Доступ на основе временного и ортогонального частотного мультиплексирования
Метод разделения каналов		TDD временное разделение каналов
Методы модуляции		цифровые
Ширина диаграммы направленности антennы в горизонтальной плоскости на уровне -3 дБ в сети «точка-точка», не более, град	5	
<u>Максимальная мощность передатчика, дБВт*</u>	-10	0
Максимальная ЭИИМ передатчика, дБВт	13	23
Относительный уровень побочных излучений передатчика	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые побочные излучения	

# 10 ГГц

---

10,15-10,3 ГГц и 10,5-10,65 ГГц

решение ГКРЧ № 11-12-03-2

Наименование параметра	Значение параметра	Размерность параметра
Для режима «точка - много точек»		
Максимальная мощность передатчика РЭС	-5	дБВт
Максимальная ЭИИМ	20	дБВт
Для режима «точка-точка»		
Максимальная мощность передатчика РЭС	-5	дБВт
Максимальная ЭИИМ	35	дБВт

# 40 ГГц

40,5-43,5 ГГц

решение ГКРЧ № 08-23-04-001

№ пп	Наименование характеристики	Значения характеристик для различных категорий заявленной территории, на которой планируется развертывание сети фиксированного беспроводного доступа*)				Единицы измерений
		Категория I	Категория II	Категория III	Категория IV	
<b>Точка-многоточка</b>						
1.	Максимальная мощность передатчика (в полосе 1 МГц)	Для АС: -15 Для БС: -15				дБВт
2.	Максимальная ЭИИМ (в полосе 1 МГц)	Для АС: 30 Для БС: 5				дБВт
3.	Максимальный радиус зоны обслуживания БС	6				км
<b>Точка-точка</b>						
4.	Максимальная мощность передатчика (в полосе 1 МГц)	-15				дБВт
5.	Максимальная ЭИИМ (в полосе 1 МГц)	35				дБВт

# 60 ГГц (w-band)

58,25-63,25 ГГц

## решение ГКРЧ № 11-13-06

Наименование параметра	Значение параметра	Размерность параметра
Тип РРС		Цифровая
Радиочастоты	59,5;	ГГц
	62	
Максимальная мощность передатчика	-21	дБВт
Максимальная ЭИИМ	25	дБВт
Максимальная ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной плоскости	3	град
Относительный уровень побочных излучений передатчика	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	
Ширина полосы излучения и внеполосные излучения передатчика	В соответствии с действующими нормами ГКРЧ	

# 70/80 ГГц (E-band)

решение ГКРЧ № 10-07-04

Наименование параметра	Значение параметра	Размерность параметра
Полоса радиочастот	71-76	ГГц
	81-86	ГГц
Тип РРС	Цифровая	-
Максимальная мощность передатчика РРС	0,15	Вт
Спектральная эффективность, не менее	1	Бит/с/Гц
Относительная нестабильность частоты передатчика, не хуже	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые отклонения частоты радиопередатчиков всех категорий и назначений	-
Относительный уровень побочных излучений передатчика, не хуже	В соответствии с нормами ГКРЧ на допустимые побочные излучения	-
Ширина полосы излучения и внеполосные излучения передатчика РРС	В соответствии с нормами ГКРЧ на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского назначения	-
Чувствительность приёмника РРС, не хуже	-57	дБм
Относительная нестабильность частоты гетеродина приёмника РРС, не хуже	$20'10^{-5}$	-
Избирательность приёмника по соседнему каналу, не хуже	45	дБ
Избирательность приёмника по зеркальному каналу, не хуже	60	дБ
Ширина диаграммы направленности антенны в горизонтальной и вертикальной плоскостях, не более	1	град

# Доступные частоты для УМРД

---

Доступные частоты для работы внутри помещений

2,4 ГГц

5,15-  
5,35 ГГц

60 ГГц

# Устройства малого радиуса действия

решение ГКРЧ №16-36-03

2. Устройства с прямым расширением спектра и другими видами модуляции**				
2400-2483,5 МГц	Максимальная спектральная плотность ЭИИМ	10	мВт/МГц	нет
	Максимальная ЭИИМ	100	мВт	
2400-2483,5 МГц	Максимальная спектральная плотность ЭИИМ	20	мВт/МГц	Допускается применение РЭС в закрытых помещениях только для целей сбора информации телеметрии в составе автоматизированных систем контроля и учета ресурсов или систем охраны
	Максимальная ЭИИМ	100	мВт	
5150-5350 МГц	Максимальная спектральная плотность ЭИИМ	10	мВт/МГц	Для применения внутри закрытых помещений*** С использованием системы автоматической регулировки мощности
	Максимальная ЭИИМ	200	мВт	
5650-5850 МГц	Максимальная спектральная плотность ЭИИМ	10	мВт/МГц	Для применения внутри закрытых помещений*** С использованием системы автоматической регулировки мощности
	Максимальная ЭИИМ	200	мВт	
57-66 ГГц	Максимальная спектральная плотность ЭИИМ	13	дБм/МГц	Для применения только внутри закрытых помещений***
	Максимальная ЭИИМ	40	дБм	

# Процедура получения частот

- Страшно только в первый раз
- Процедура долгая
- Есть подводные камни
- Не всегда дорого

# Этап 1. ГРЧЦ

Расчёт электромагнитной совместимости

- ГРЧЦ = Государственный радиочастотный центр, [www.grfc.ru](http://www.grfc.ru)
- Варианты подачи заявления:
  - электронно через кабинет заявителя, лично.
- Состав заявки:
  1. Пояснительная записка (в свободной форме)
  2. Исходные данные по форме ИД-ФС
  3. Схема построения системы связи
  4. Проект частотно-территориального плана (таблица ФС-1)
  5. Технические данные РЭС (таблица 1-ФС)
  6. Нотариально заверенная выписка (оригинал) из единого государственного реестра юридических лиц
- Результат
  - заключение экспертизы о возможности использования частот. Не даёт права использовать эти частоты!
- Сроки – месяц с момента подачи правильно заполненных документов при наличии рамочного договора.



# Этап 2. РЧС МО

Согласование ЭМС с средствами военного и специального назначения

- При размещении РЭС в населённых пунктах согласование обязательно.
- В зависимости от наличия РЭС военного и/или специального назначения
- Срок до 5 месяцев.
- До 50 тысяч рублей за базовую станцию.

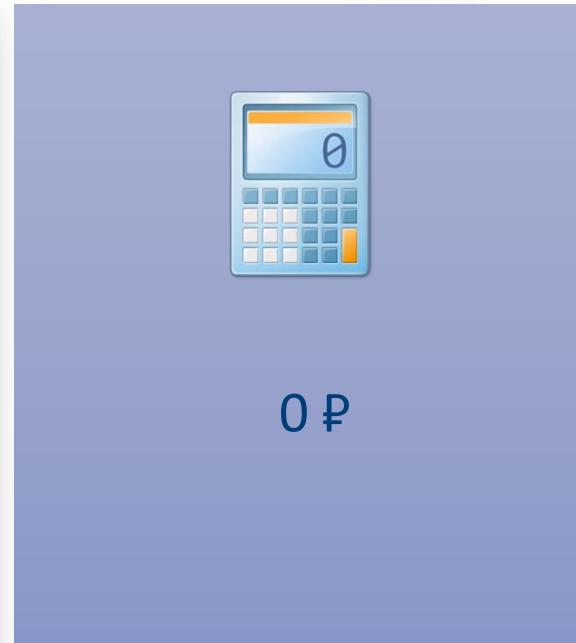


Согласование  
проекта РЧ плана.  
До 50 000 ₽ за базу

# Этап 3. Роскомнадзор

## Разрешение на использование частот

- От РКН вам надо две вещи:
  1. Разрешение на использование радиочастот
  2. Свидетельство о регистрации РЭС (ВЧУ).
- Оба бесплатно получаются в **Московском РКН** на основании заявлений.
- Можно использовать портал Госуслуг.
- Решение о присвоении (назначении) радиочастоты или радиочастотного канала принимается не позднее чем через 35 рабочих дней со дня обращения.
- Свидетельство о регистрации РЭС (ВЧУ) оформляется в течение 10 рабочих дней с момента подачи заявления. Твердая копия свидетельства сейчас не выдается, информация хранится в базе.



# Этап 4. Эксплуатация

## Ежегодные платежи

- Находятся в ведении **территориальных подразделений Роскомнадзора** с помощью Федеральной автоматизированной информационно-аналитической системы в области использования радиочастотного спектра и средств массовой информации
- <http://www.fais-rfs.ru/cabinet/tasks/finance/spektrumfee.aspx>

Расчет Методика

Тип РЭС 19.4.6 Базовая станция цифровых радиосистем беспроводного доступа Wi-Fi (стандарт IEEE 802.11)

Ввод частоты по номиналу по полосе частот

Номинал 5 180.000 МГц Макроиний НШПИ 20 МГц

Вычисление Крн (число номиналов частот)

Число номиналов частот работы РЭС 1

Группа радиотехнологий

- Перспективные гражданские радиотехнологии определенные Правительством Российской Федерации в «Плане использования полос радиочастот в рамках развития перспективных радиотехнологий в Российской Федерации»
- Гражданские радиотехнологии, в отношении которых принято соответствующее решение ТКРЧ о прекращении их дальнейшего использования и/или выводе РЭС данной технологии в другие полосы частот
- Другие гражданские радиотехнологии на основе цифровых методов обработки информации
- Другие гражданские радиотехнологии на основе аналоговых методов обработки информации
- Радиотехнологии, используемые для нужд государственного управления, в том числе президентской связи и правительственный связи, нужд обороны страны, безопасности государства и обеспечения правопорядка

Группа социальных радиотехнологий

- Технология, используемая РЭС гражданского назначения для обеспечения безопасности жизнедеятельности населения РФ, в том числе при чрезвычайных ситуациях
- Технология, применяемая радиоудлинителями телефонных каналов, РЭС систем радиотелефонной связи «Альянс» и «Астонет», РЭС любительской службы (любительской ретранслятор и любительский радиомаяк)
- Технология, используемая РЭС гражданского назначения в технологических сетях железнодорожной радиосвязи в полосах радиочастот 2124-2135 кГц (номинальная радиочастоты 2130 кГц); 2144-2156 кГц (номинальная радиочастоты 2150 кГц); 151,7125-154,0125 МГц; 154,9875-156,0125 МГц; 307,7-307,4625 МГц; 343,0-343,4625 МГц
- Технология беспроводного радиодоступа WiFi, стандарт серии IEEE 802.11
- Технология, применяемая для наземного и спутникового телевидения общепринятых программ при распространении общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов (Указ Президента РФ от 24.06.2009 г. №715)
- Для иных технологий

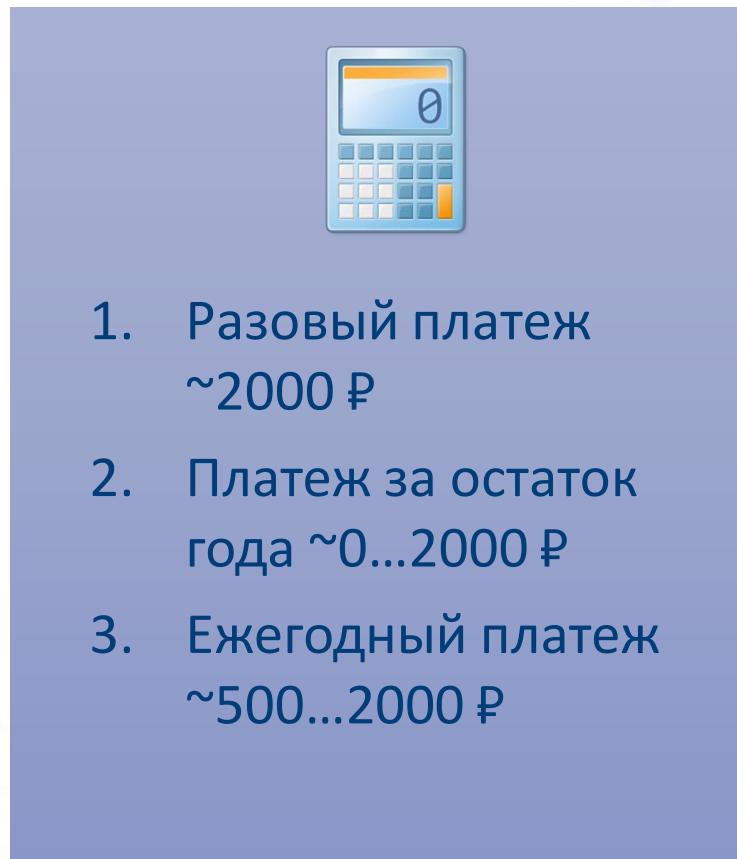
Пункт установки Регион Краснодарский край

Район Не выбрано

Расчетный период с 01.01.2018 по 31.12.2018

Далее

Характеристика	Значение	Комментарий
Номинальная частота	5160.000 МГц	
Число номиналов частот работы	1	
НШПИ радиосигнала (по классу излучения)	20 МГц	
Распространение общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов	нет	
Тип РЭС	19.4.6 Базовая станция цифровых радиосистем беспроводного доступа Wi-Fi (стандарт IEEE 802.11)	
Пункт установки	район Краснодарский край	
Крн	1	Коэффициент, учитывающий интенсивность использования диапазона радиочастот
Крат	1.5	Коэффициент, учитывающий категорию используемого диапазона радиочастот
Крпч	1000	Коэффициент, учитывающий количество используемых радиочастот (радиочастотных каналов)
Кврст	1.0	Коэффициент, учитывающий перспективность технологии, применяемой при использовании радиочастотного спектра
Кшил	3.0	Коэффициент, учитывающий необходимую ширину полосы излучения (НШПИ) радиосигнала для передачи информации с заданным качеством и условиями радиочастотных каналов
Крас	0.9	Коэффициент, учитывающий численность населения в месте установки РЭС с учетом административных границ населенного пункта
Крас	1.000	Коэффициент, учитывающий степень социальной направленности внедрения технологии
Ставка разовой платы ( $C_p$ )	300 руб.	коэффициент, учитывающий интенсивность использования соответствующих выделенных полос радиочастот
Разовая плата	12150 руб.	$C_p \cdot K_{рн} \cdot K_{рат} \cdot K_{рпч} \cdot K_{врст} \cdot K_{шил} \cdot K_{рас}$
Ставка ежегодной платы ( $C_e$ )	1400 руб.	
Расчетный период	с 01.01.2018 по 31.12.2018	
Количество дней в расчетном периоде	365	
Ежегодная плата	567.00 руб.	$E_{год} = C_e \cdot K_{рн} \cdot K_{рат} \cdot K_{рпч} \cdot K_{врст} \cdot K_{шил} \cdot K_{рас} \cdot K_{рас} \cdot D_p / D_d$ $D_p$ — количество дней действия разрешения в расчетном периоде $D_d$ — количество дней в расчетном периоде
Ежеквартальная плата	141.75 руб.	



# Перспективные частоты

---

- 24,5-26,5 ГГц Решение 17-42 от 04/07/2017
- 3400-3800 МГц и 25250-29500 МГц – сети 5G
- No. 17-183 Expanding Flexible Use in Mid-Band Spectrum between 3.7 and 24 GHz
  - U-NII-5: 5925-6425 MHz
  - U-NII-6: 6425-6525 MHz
  - U-NII-7: 6525-6875 MHz
  - U-NII-8: 6875-7125 MHz

# Возможности фиксированного доступа

- Сфера применения
- Ассортимент
- Возможности нынешнего поколения систем
- Новое поколение

# Сфера применения FBWA систем

Назначение	Скорости	Дальности
Опорная сеть оператора или завода	До 1000 Мбит/с с сектора базы	3-10 км
Доступ для корпоративных клиентов в городе	50-100 Мбит/с на абонента	3-5 км
Доступ в малонаселенной местности	10-50 Мбит/с на абонента	5-30 км
Каналы для точек доступа в парках и городе	10-20 Мбит/с на точку	1-3 км
Всевозможные каналы точка-точка	10-400 Мбит/с	1-100 км
Квазимобильные решения – ж/д, карьеры, спецтранспорт	10-50 Мбит/с на абонента	1-10 км



# Ассортимент

класс	Название	вендор	недостатки	Достоинства
Low-cost	AirMAX	Ubiquiti	Если абонентов в секторе больше 15 – ждите проблем Нет синхронизации	Простота настройки Доступность
Low-cost	SXT	Mikrotik	Сложная настройка Проблемы производительности Нет синхронизации	Гибкость настройки Цена
Low-cost	ePMP	Cambium	Дороже всех вышеперечисленных	Есть синхронизация Нормально работает при большом количестве абонентов Умные антенны
Pro	PMP450i	Cambium	Поставляется под заказ	Недорогой абонент, синхронизация
Pro	R5000	Radwin	Цена, количество абонентов в секторе	Железный TDMA
Pro	InfiMAN	InfiNet	Цена	До -55, 6 ГГц Сети любой конфигурации, локальная поддержка

# Возможности нынешнего поколения

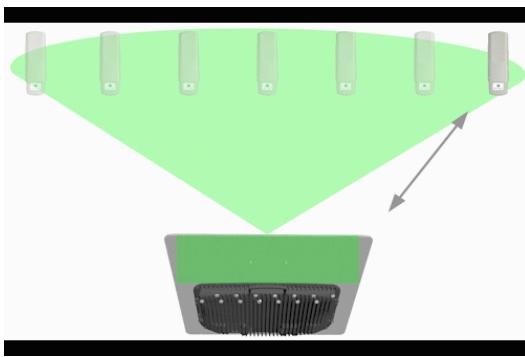
Название	Для чего	У кого есть
GPS синхронизация секторов	Чтобы сектор который передает не забивал своим сигналом приемник соседа	Cambium, InfiNet, Ubiquiti (не работает)
Фильтрация на промежуточной частоте	Отсечение помех по соседнему каналу	Ubiquiti
Скорости до 300 Мбит/с	Чтобы клиентам хватало	все
TDMA	QoS, стабильная и равноправная работа при сильной загрузке	InfiNet, Cambium
Эфирное равенство	Чтобы плохой абонент не занимал время базы	Cambium
IPTV	Muticast или Multicast в Unicast	InfiNet, Cambium
Умные антенны	Улучшают сигнал на приём	Cambium

# Новое поколение фиксированного доступа

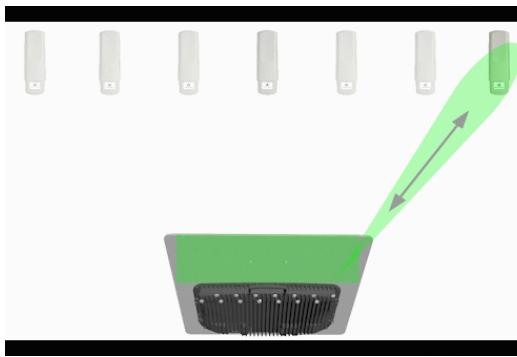
- MU-MIMO
- SoC
- Прием и передача на разных частотах (HDD)
- Скорости до 1 Гбит/с в секторе базы
- Примеры
  - Cambium PMP450m Medusa (2017)
  - InfiNet Octopus (2018)



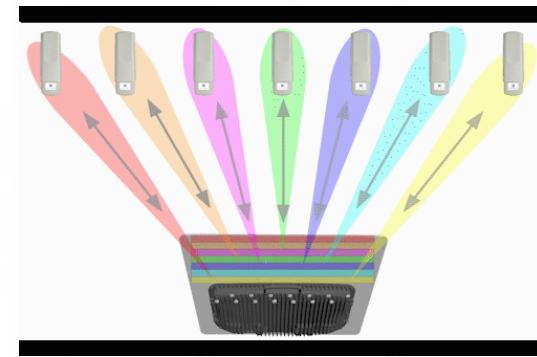
# Развитие антенных технологий



Режим сектора



Управление главным  
лепестком



Режим MU-MIMO

# Магистральные радиоканалы

- 7-38 ГГц, релейки
- 60 ГГц, w-band
- 70-80 ГГц, e-band

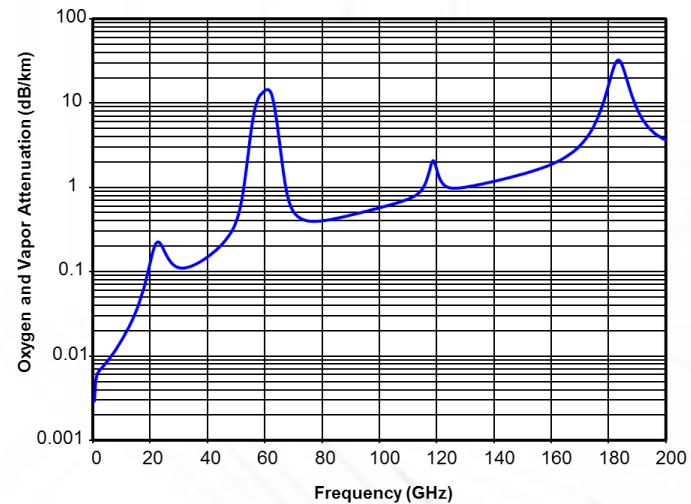
# ЭВОЛЮЦИЯ ТРАДИЦИОННЫХ РРЛ

	было	стало
Скорость	2 Мбит/с	1Гбит/с в одной поляризации
Модуляция	BPSK	4096QAM
MIMO	Не было	4*4
Интерфейсы	E1	SFP, SFP+, 1000BaseT, STM
Полосы частот	7-28 МГц	До 112 МГц
Адаптивная модуляция	Не было	есть



# Магистральные системы миллиметрового диапазона

	60 ГГц	70-80 ГГц
Дальность	100-500м	1-5 км
Скорости	0,5-1 Гбит/с	1-10 Гбит/с
Точка-точка	да	да
Многоточка	да	нет



---

Спасибо за внимание!

Станислав Рыбалко

[rstas@ya.ru](mailto:rstas@ya.ru)

+7-916-651-6448