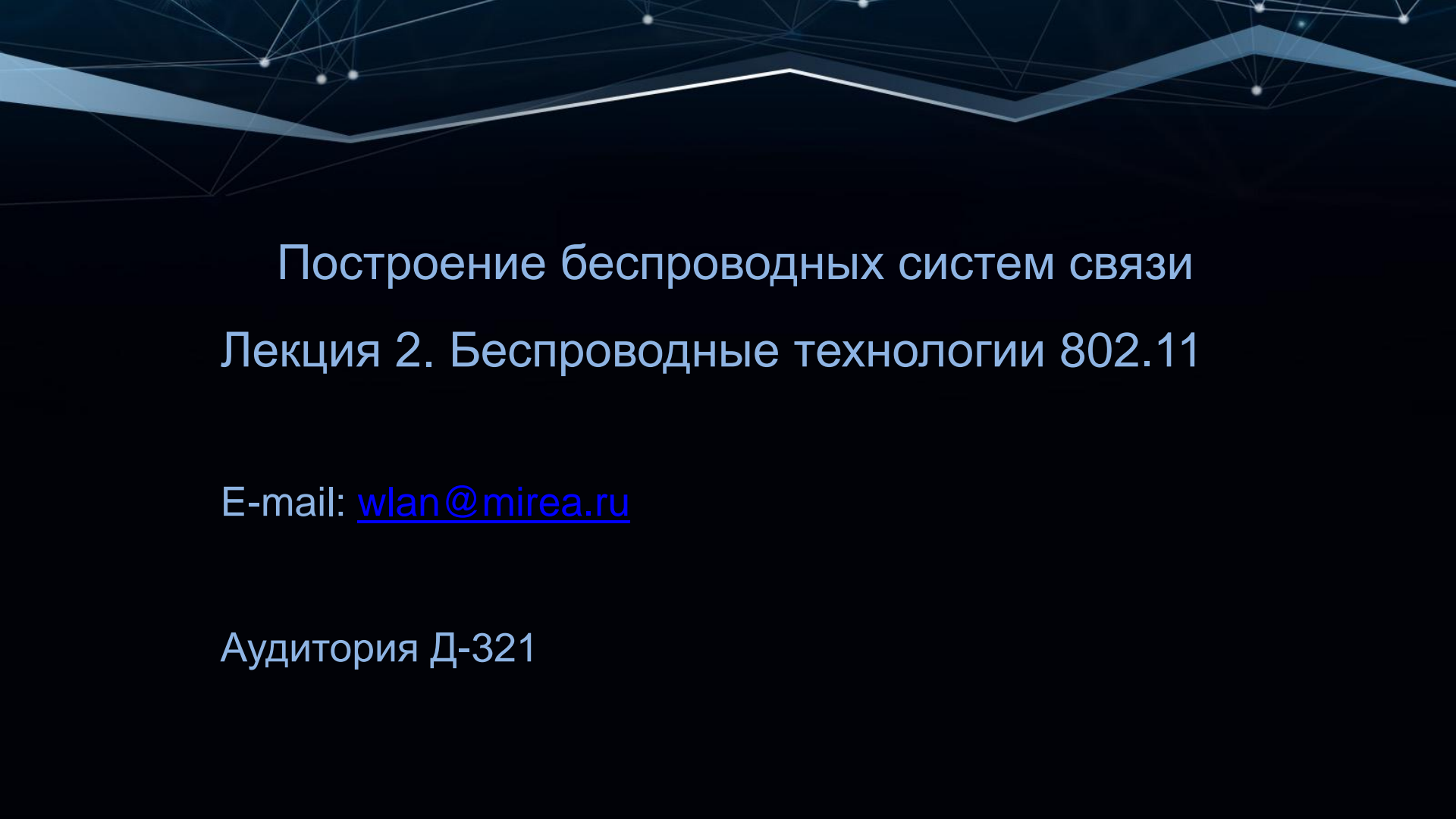




МИРЭА – Российский технологический университет
Институт радиотехнических и телекоммуникационных систем
Кафедра телекоммуникаций



Построение беспроводных систем связи

Лекция 2. Беспроводные технологии 802.11

E-mail: wlan@mirea.ru

Аудитория Д-321

Беспроводные технологии 802.11

FHSS 802.11 и DSSS 802.11b

OFDM 802.11a и 802.11g

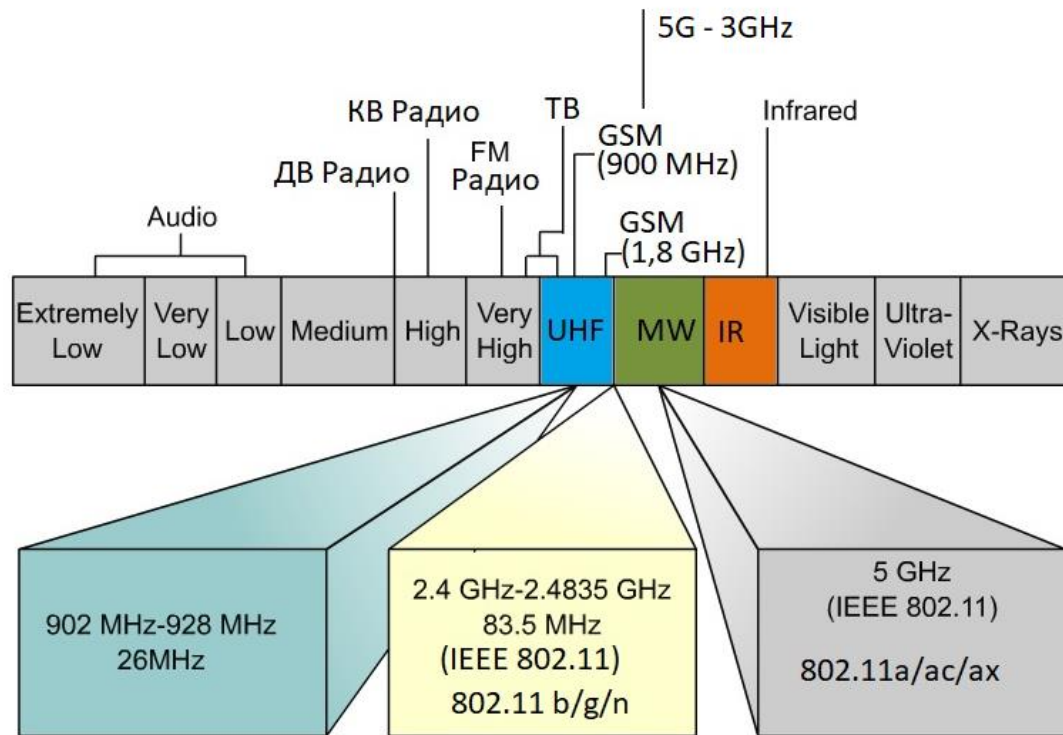
Элементы WLAN



Беспроводные технологии 802.11

FHSS 802.11 и DSSS 802.11b

Беспроводные технологии LAN



Стандарт 802.11 использует модуляцию FHSS (1 и 2 mbps)

Стандарт 802.11b модуляцию DSSS (1, 2, 5,5 ,11 mbps)

Стандарты 802.11g/n, 802.11 a/ac/ax используют модуляцию OFDM (>54 mbps)

Модуляция сигнала в сетях 802.11

FHSS 802.11	Псевдослучайная перестройка рабочей частоты (FHSS, frequency-hopping spread spectrum) - метод передачи информации по радио, особенность которого заключается в частой смене несущей частоты. Частота меняется в соответствии с псевдослучайной последовательностью чисел, известной как отправителю, так и получателю. Метод повышает помехозащищённость канала связи.
DSSS 802.11b	Метод прямой последовательности для расширения спектра (DSSS -. direct sequence spread spectrum) — широкополосная модуляция с прямым расширением спектра, метод формирования широкополосного радиосигнала, при котором исходная последовательность битов преобразуется в псевдослучайную последовательность, используемую для модуляции несущей. Используется в сетях стандарта IEEE 802.11b
OFDM 802.11a 802.11g/n 802.11ac/ax	OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов), цифровая схема модуляции, которая использует большое количество близко расположенных ортогональных поднесущих. Каждая поднесущая модулируется по обычной схеме модуляции (например, квадратурная амплитудная модуляция)

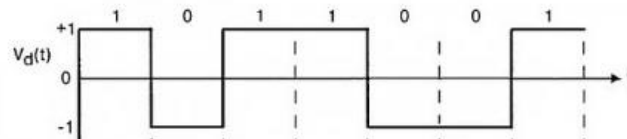
Техника модуляции

Каждый частотный канал имеет центральную частоту (частота несущей).

Если необходимо передавать данные по этому каналу, создается комбинация сигналов, которая может быть передана, принята и декодирована

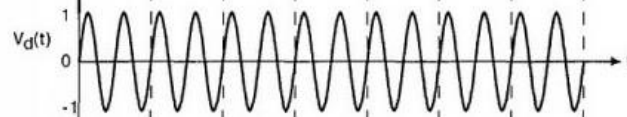


Данные



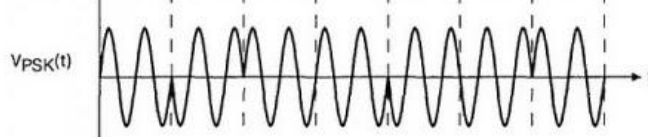
НЧ сигнал

Несущая



ВЧ сигнал

Сигнал на выходе



Типы модуляции

Основные три характеристики несущей, которые могут быть промодулированы – амплитуда, частота и фаза

Амплитудная
модуляция

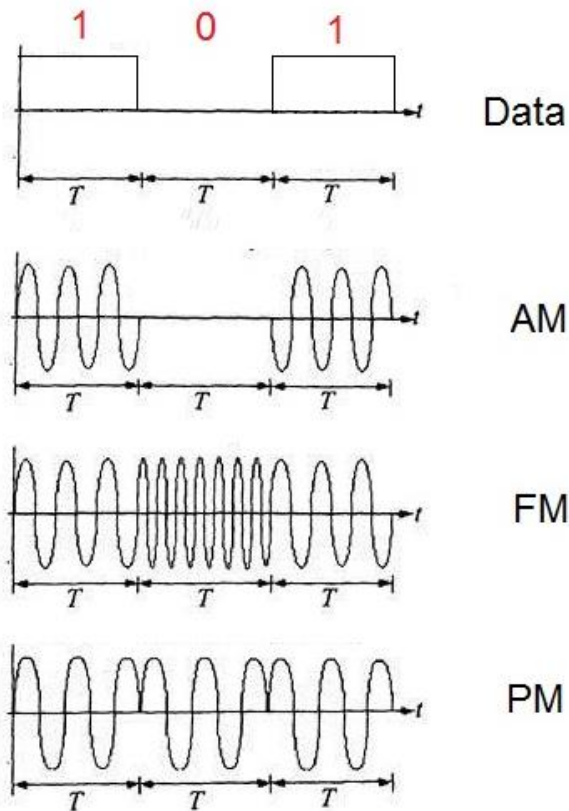
AM

Частотная
модуляция

FM

Фазовая
модуляция

PM



Типы модуляции

Амплитудная
модуляция

AM

Amplitude Shift Keying (ASK)

Повысить / понизить уровень сигнала

Частотная
модуляция

FM

Frequency Shift Keying (FSK)

Повысить / понизить частоту сигнала

Фазовая
модуляция

PM

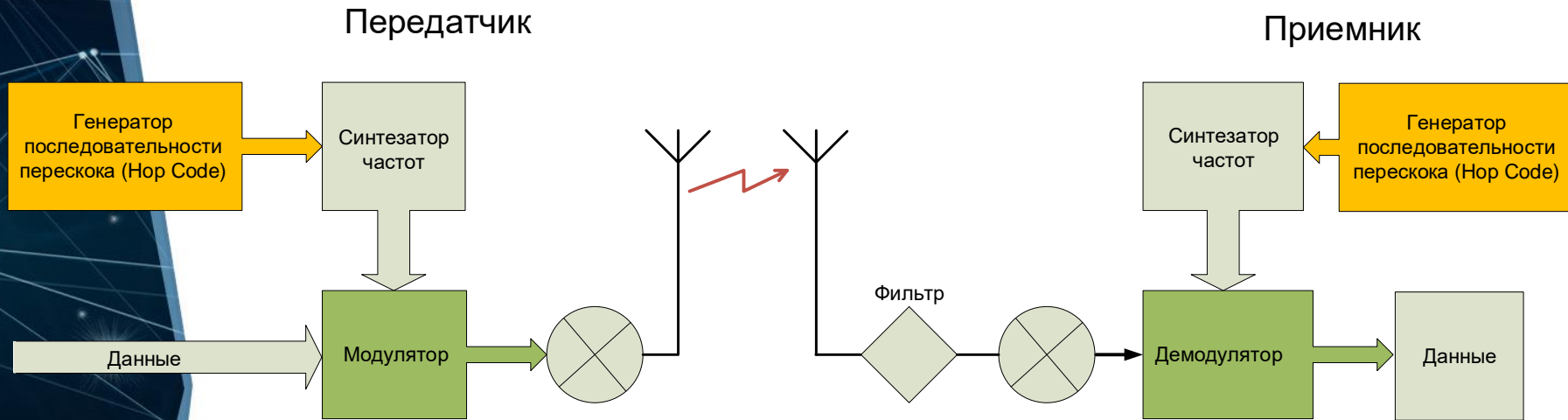
Phase Shift Keying (PSK)

Изменить фазу сигнала на 180° (или на другое значение)

Технология FHSS

FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) метод передачи, заключающийся в частой смене несущей частоты канала

Несущая частота меняется в соответствии с псевдослучайной последовательностью чисел, известной как отправителю, так и получателю.



FHSS в диапазоне 2,4 GHz использует 83 MHz спектра для передачи данных



Federal
Communications
Commission

79 каналов
шириной 1 MHz

802.11
2,402 – 2,480 GHz

Технология FHSS

В FHSS системах несущая меняет частоту скачкообразно, согласно псевдо-случайной последовательности (Hopping code)

Hopping code – список частот, по которым переключается несущая (1 hop в 0,4 секунды как минимум между шестью каналами).

Минимальная ширина канала для передачи - 6MHz (1997 г)

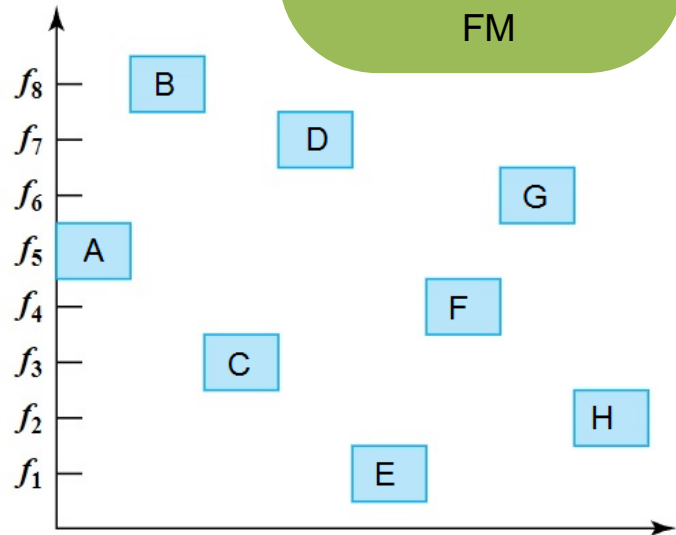
с марта 2000 г.
Ширина канала > 5MHz
Минимум 15 hop ов
Мощность 100 mW



Federal
Communications
Commission

Для передачи данных – метод GFSK

Frequency



ECADB

Time

Технология FHSS

Приемник и передатчик используют одинаковые Псевдослучайные последовательности (Hopping code)

Согласование Hopping code производится при установлении соединения между приемником и передатчиком

Наборы Hopping Code отличаются для различных регионов

Hopping code для Европы и США

Набор	Схема скачкообразной перестройки частоты
1	0,3,6,9,12,15,18,21,24,27,30,33,36,39,42,45,48,51,54,57,60,63,66,69,72,75
2	1,4,7,10,13,16,19,22,25,28,31,34,37,40,43,46,49,52,55,58,61,64,67,70,73,76
3	2,5,8,11,14,17,20,23,26,29,32,35,38,41,44,47,50,53,56,59,62,65,68,71,74,77

Технология FHSS

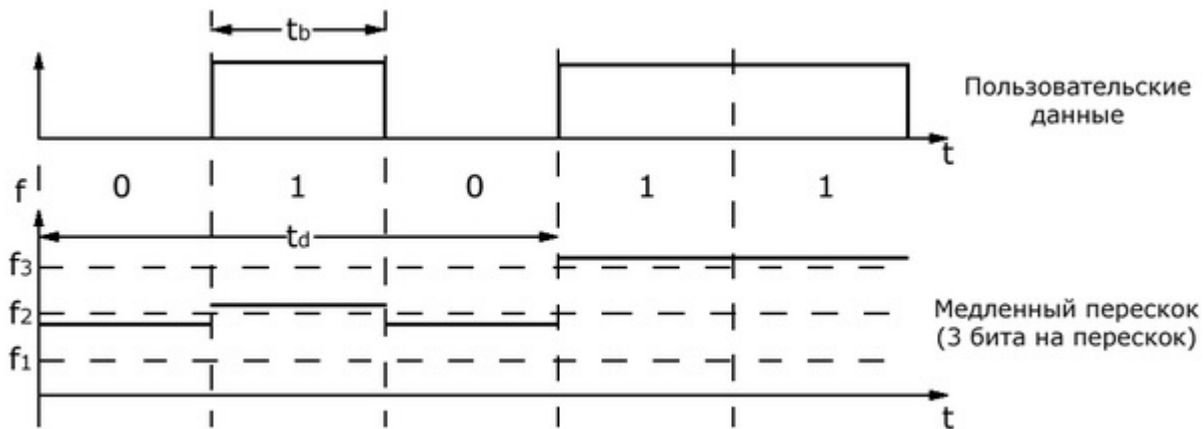
В FHSS системах при передаче данных используется модуляция GFSK – Gaussian Frequency Shift Keying

0

$$f_c - f_d$$

1

$$f_c + f_d$$



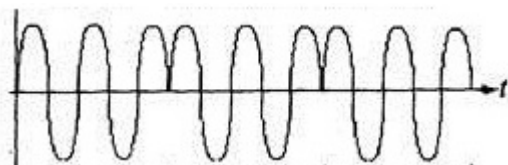
GFSK с использованием двух уровней смещения частоты - передача 1 Mbps

GFSK с использованием 4-х уровней смещения частоты – передача 2 Mbps

Bluetooth также использует GFSK

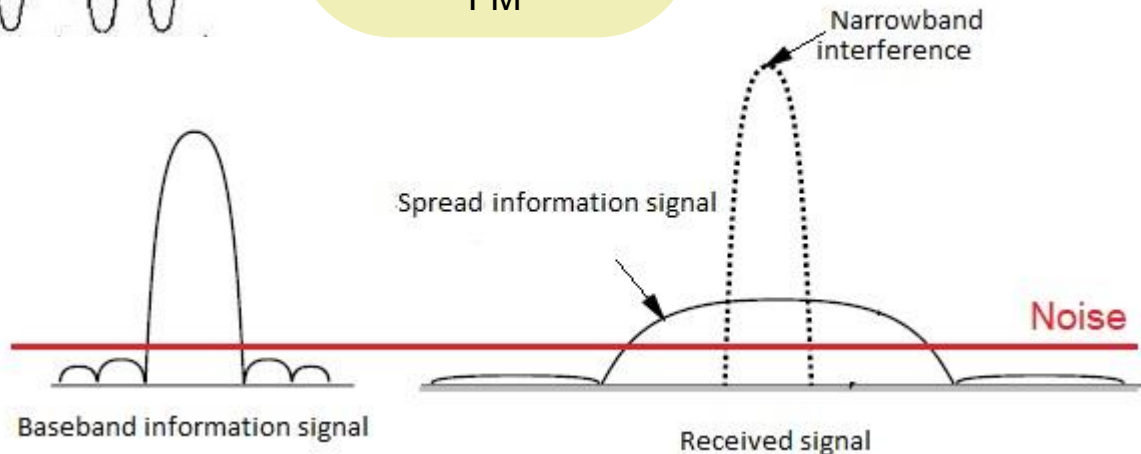
Технология DSSS

Метод прямой последовательности для расширения спектра (DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum) — широкополосная модуляция с прямым расширением спектра, является одним из трёх основных методов расширения спектра, используемых сегодня



Фазовая
модуляция

FM

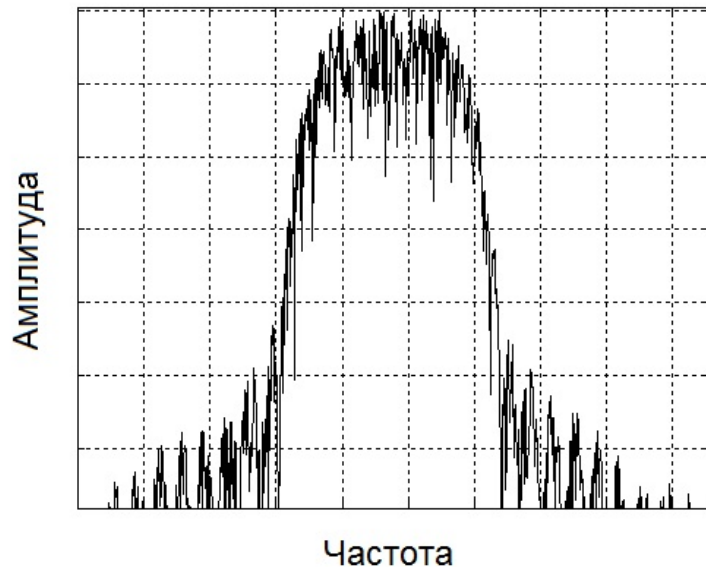


Уширение спектра сигнала происходит вследствие применения техники фазовой модуляции.

Уширение спектра сигнала

При фазовой модуляции происходит искажение формы сигнала. Происходит расширение спектра сигнала и уменьшение амплитуды сигнала

Формирование широкополосного сигнала – применение фазовой модуляции

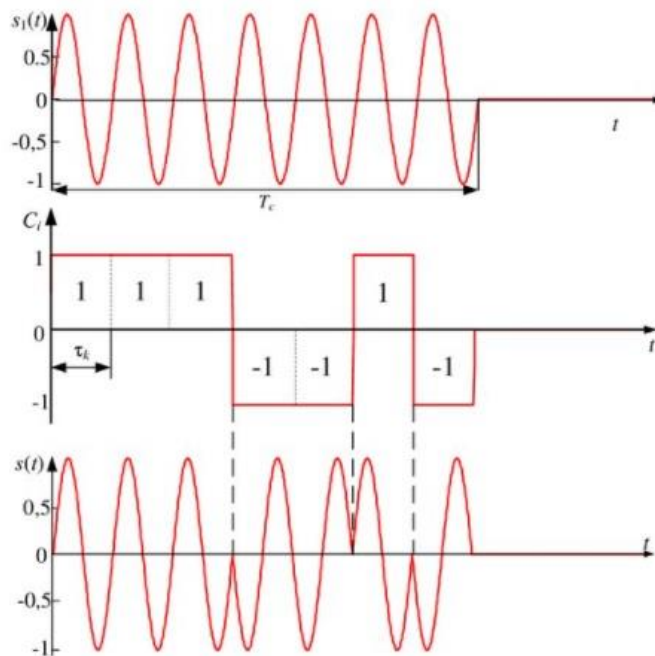


В технологии DSSS используется техники фазовой модуляции (Binary Phase Shift Keying – BPSK, Differential Binary Phase Shift Keying – DBPSK, Differential Quadrature Phase Shift Keying – DQPSK)

Кодирование сигнала

При манипуляции фазой сигнала ширина спектра сигнала увеличивается в N раз, где N – число бит «расширяющей последовательности»

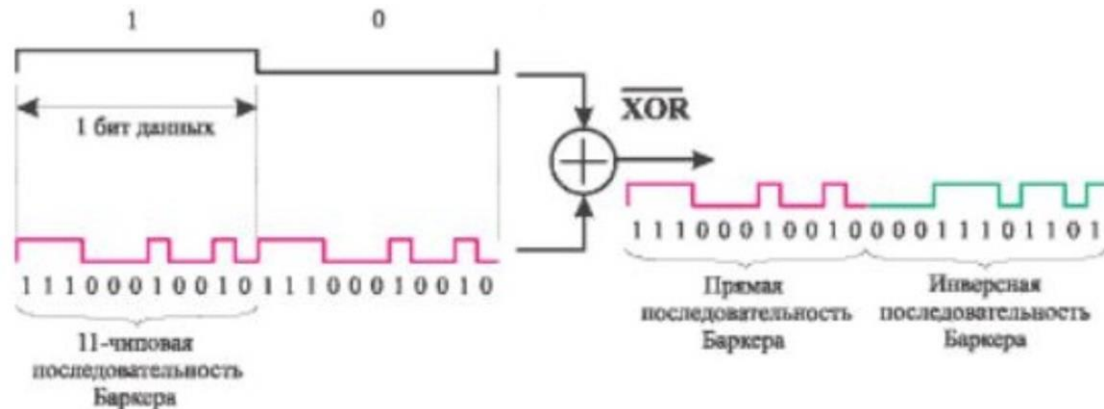
Если кодировать 1 бит при помощи 11-символьной последовательности, ширина спектра сигнала увеличится в 11 раз



Коды Баркера

В технологии DSSS для передачи радиосигнала по одному каналу шириной 22 МГц без изменения частот используется метод, называемый 11-символьной последовательностью Баркера (Barker code, чиповая последовательность)

Основной смысл использования кодов Баркера заключается в том, чтобы, имея возможность передавать сигнал практически на уровне помех, гарантировать высокую степень достоверности принимаемой информации

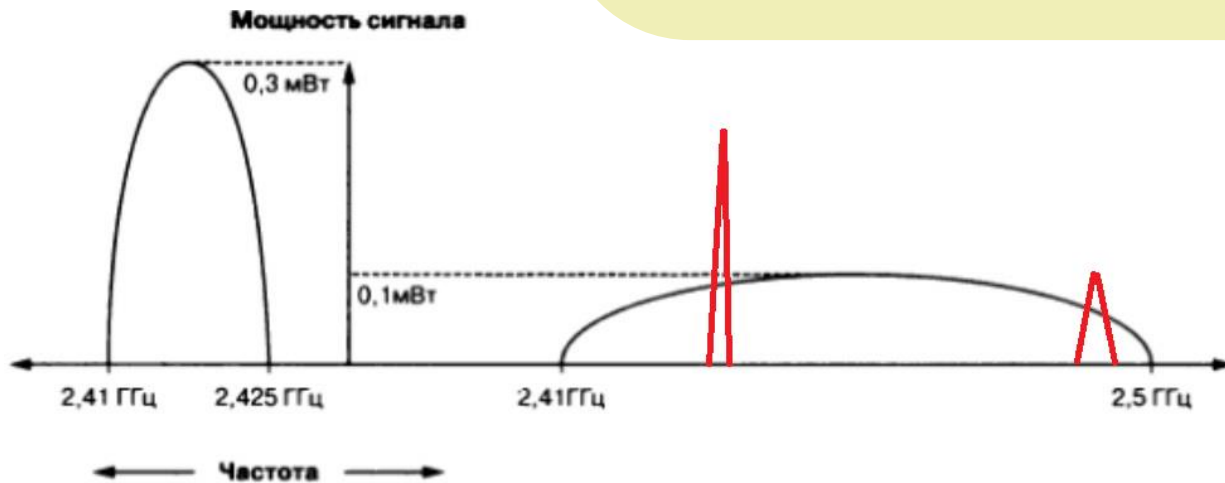


Приемник считывает корреляцию последовательностей Баркера (прямой и инверсной) и входного сигнала и по пикам корреляционной функции определяет — где во входном сигнале закодированы нули, а где — единицы

Широкополосный сигнал

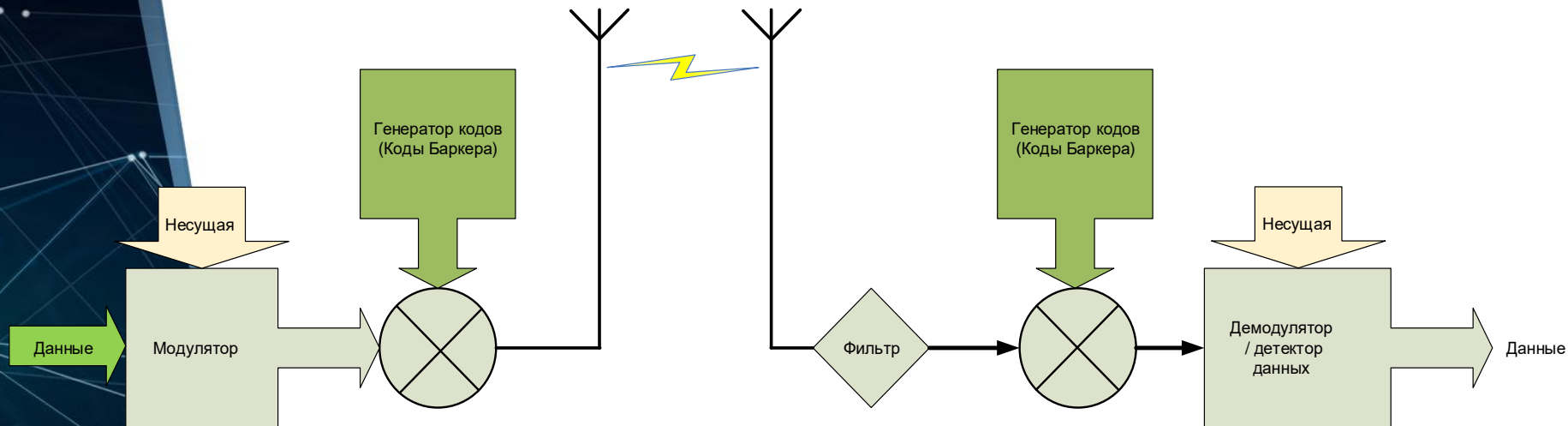
DSSS использует только один канал без каких-либо скачков между частотами. При DSSS-передаче задействуется большая полоса частот, но меньшая мощность, чем при FHSS.

Широкополосный сигнал более устойчив к узкополосным помехам



Передатчик DSSS

Мощность передаваемого сигнала – до 100 mW



Federal
Communications
Commission

США - 11 каналов
шириной 22 MHz



Европа – 13 каналов
шириной 22 MHz

802.11b
2,401 – 2,473 GHz

802.11b
2,401–2,483 GHz

DSSS – IEEE 802.11 b

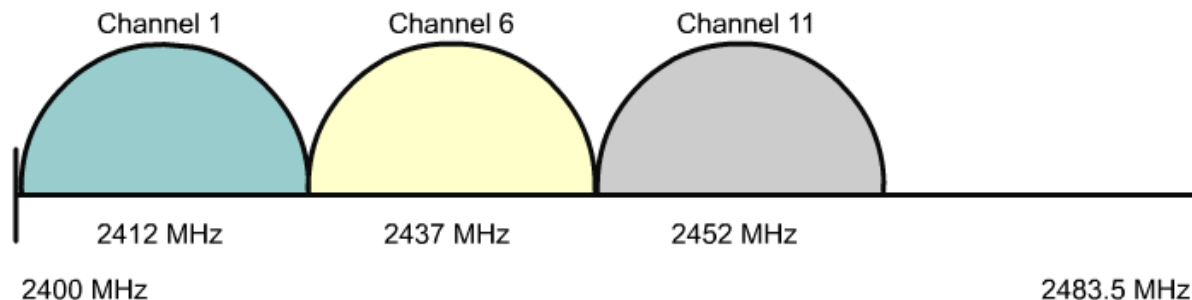
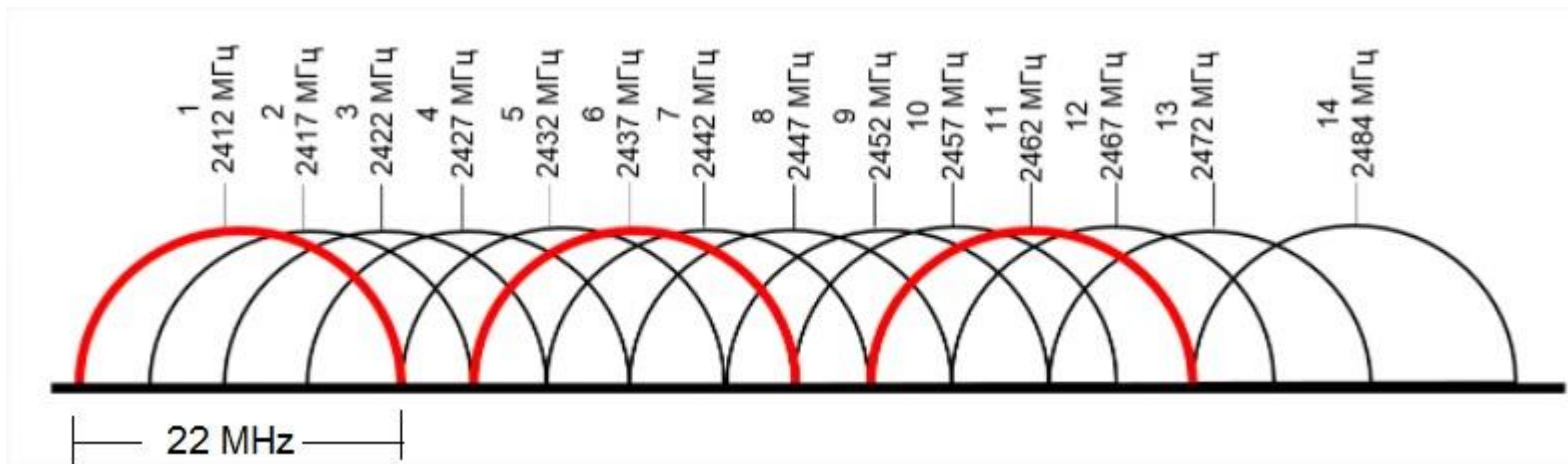
Каналы шириной 22 MHz следуют со смещением 5 MHz центральной частоты

Channel Frequencies for 802.11b (High Rate PHY)							
		Regulatory Domains					
CHNL_ID	Frequency MHz	X'10' FCC	X'20' IC	X'30' ETSI	X'31' Spain	X'32' France	X'40' MKK
1	2412	X	X	X	-	-	-
2	2417	X	X	X	-	-	-
3	2422	X	X	X	-	-	-
4	2427	X	X	X	-	-	-
5	2432	X	X	X	-	-	-
6	2437	X	X	X	-	-	-
7	2442	X	X	X	-	-	-
8	2447	X	X	X	-	-	-
9	2452	X	X'	X	-	-	-
10	2457	X	X	X	X	X	-
11	2462	X	X	X	X	X	-
12	2467	-	-	X	-	X	-
13	2472	-	-	X	-	X	-
14	2484	-	-	-	-	-	X

Физический уровень 802.11 b

Каналы шириной 22 MHz следуют со смещением 5 MHz центральной частоты

При данной конфигурации существует три неперекрывающихся канала



Техники фазовой модуляции 802.11b

Binary Phase Shift Keying (BPSK)

1 mbps

Кодирование за счет сдвига сигнала по фазе на 180 градусов (π)

0 = сдвиг на 0, 1 = сдвиг на π

Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

2 mbps

Кодирование за счет сдвига сигнала по фазе на 90 градусов ($\pi/2$)

00 = сдвиг на 0, 01 = сдвиг на $\pi/2$, 11 = сдвиг на π , 10 = сдвиг на $3\pi/2$

Differential Quadrature Phase Shift Keying (DQPSK)

5,5 mbps

Кодирование за счет сдвига сигнала по фазе на 45 градусов

11 mbps

DSSS 802.11b

	Spreading Code	Modulation Technology	Data Rate
2.4 GHz DSSS	Barker Code	DBPSK	1 Mbps
2.4 GHz DSSS	Barker Code	DQPSK	2 Mbps
2.4 GHz DSSS	CCK	DQPSK	5.5 Mbps
2.4 GHz DSSS	CCK	DQPSK	11 Mbps



Federal
Communications
Commission

США 11 каналов
шириной 22 MHz

Мощность
до 100 mW



Европа – 13 каналов
шириной 22 MHz

Мощность
до 100 mW

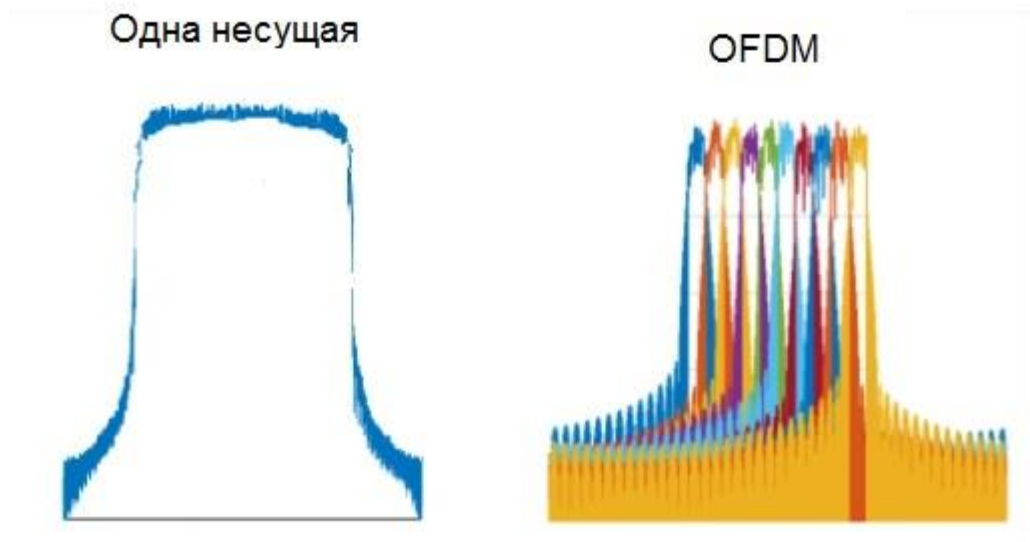


Беспроводные сети 802.11

OFDM 802.11a и 802.11g

OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing

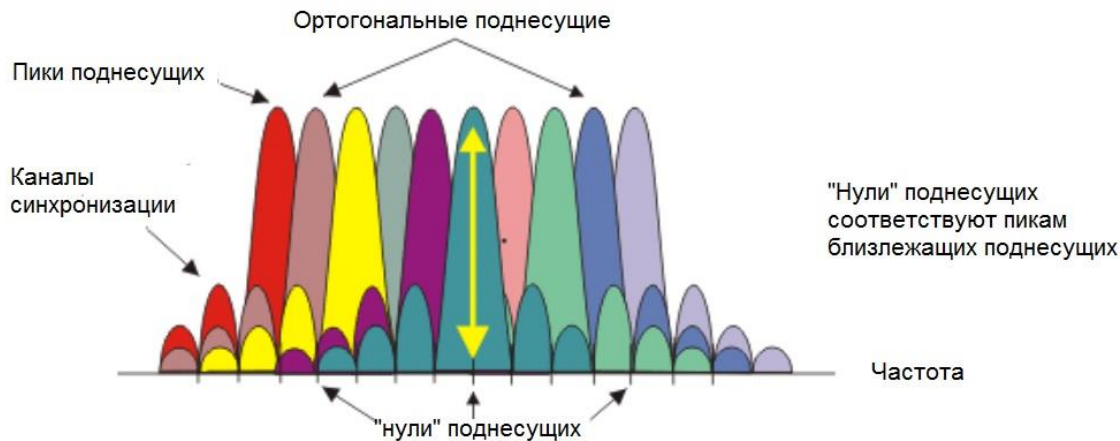
OFDM Orthogonal frequency-division multiplexing — мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов) является цифровой схемой модуляции, которая использует большое количество близко расположенных ортогональных поднесущих.



Каждая поднесущая модулируется по амплитуде и фазе (квадратурная амплитудная модуляция, QAM)

OFDM – Orthogonal Frequency Division Multiplexing

OFDM использует схемы модуляции



OFDM использует каналы шириной 20 MHz. 20 MHz – канал разбивается на 64 sub- канала шириной около 300 KHz
48 каналов для данных, 4 – служебные для синхронизации и 12 – «нулевые», не используемые

Техники модуляции в OFDM 802.11a и 802.11g

OFDM использует схемы фазовой и амплитудно-фазовой модуляции поднесущих

Binary Phase Shift Keying (BPSK)

Кодирование 125 / 187 Kbps на один sub-канал.

48 каналов x 125 Kbps = 6 mbps

6 mbps

9 mbps

Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)

Кодирование 250 / 375 Kbps на канал

12 mbps

18 mbps

16-level Quadrature Amplitude Modulation (16-QAM)

Кодирование 500 / 750 Kbps на канал

24 mbps

36 mbps

64-level Quadrature Amplitude Modulation (64-QAM)

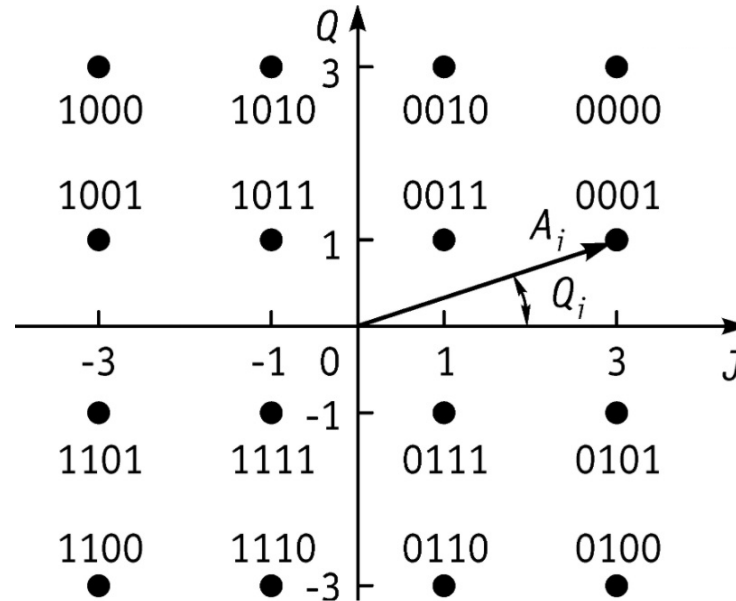
Кодирование 1000 / 1125 Kbps на канал

48 mbps

54 mbps

Quadrature Amplitude Modulation (CAM)

Для высоких скоростей передачи данных (более 18 mbps) OFDM использует схемы амплитудно-фазовой модуляции поднесущих



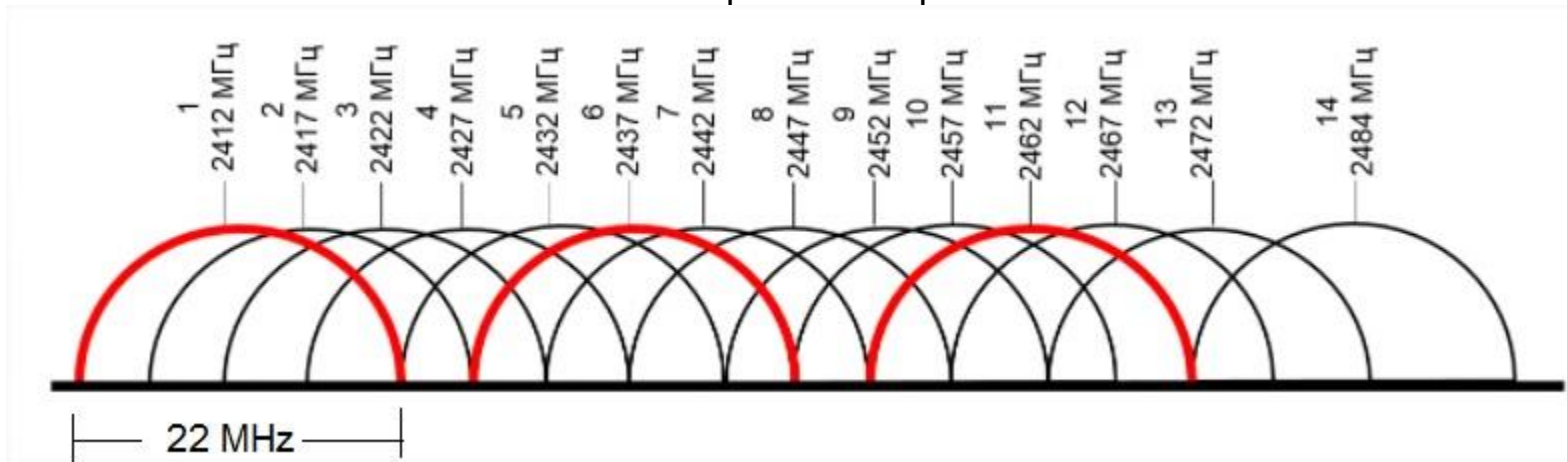
1024 CAM
802.11 ax

16-level Quadrature Amplitude Modulation (16-CAM)

Кодирование 500 / 750 Kbps на канал

Физический уровень 802.11 g

Каналы шириной 22 MHz следуют со смещением 5 MHz центральной частоты, аналогично 802.11 b. Максимальный битрейт 54 Mbps



Стандарт 802.11g обеспечивает обратную совместимость со стандартом 802.11b, который использует технологию DSSS

В случае же включения native режима 802.11 g – только OFDM без поддержки DSSS - устройства 802.11b не будут работать (другая преамбула фрейма и другой заголовок)

Физический уровень 802.11 а /ас/ ах



Каналы шириной 20 MHz следуют со смещением 20 MHz центральной частоты

4,920 – 5,835 GHz

Frequency	DFS Channels																														
Radio Band	U-NII-1				U-NII-2a				U-NII-2c (Extended)												U-NII-3										
Frequency	5.180	5.200	5.220	5.240	5.260	5.280	5.300	5.320	5.500	5.520	5.540	5.560	5.580	5.600	5.620	5.640	5.660	5.680	5.700	5.720	5.745	5.765	5.785	5.805	5.825	Qty					
20 MHz	36	40	44	48	52	56	60	64	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	149	153	157	161	165	25					
40 MHz	38		46		54		62		102		110		118		126		134		142		151		159			12					
80 MHz	42				58				106				122				138				155					6					
160 MHz	50								114												165 was ISM, now U-NII-3					2					
FCC - US	1,000 mW Tx Power Indoor & Outdoor No DFS needed				250 mw w/6dBi Indoor & Outdoor DFS Required				250 mw w/6dBi Indoor & Outdoor DFS Required								120, 124, 128 US - Allowed				144 Now Allowed				1,000 mW Tx Power Indoor & Outdoor No DFS needed						
ISED - Canada	FCC - Except Outdoor License Req. >200 mW				Same as FCC				Same as FCC								TDWR Not Allowed				Same as FCC				Canada PtP allows Higher EIRP						
ACMA - Australia	200 mW EIRP Indoor				200 mW EIRP - DFS & TPC 100 mW EIRP - DFS-Only Indoor				1,000 mW - DFS & TPC 500 mW - DFS-Only - No TPC Indoor/Outdoor								TDWR Not Allowed				1,000 mW - DFS & TPC 500 mW - DFS-Only Indoor/Outdoor				4,000 mW Tx Power Indoor & Outdoor No DFS needed						
ETSI - EU	100 mW No DFS/TPC Indoor				200 mW EIRP DFS/TPC Indoor				1,000 mW EIRP DFS/TPC Indoor/Outdoor												UK No 144		4,000 mW EIRP DFS/TPC - Outdoor Fixed Wireless Access								
	200 mW EIRP No DFS/TPC - Indoor																10-min TDWR CAC Scan Time								25mW SRD		25mW - SRD - No DFS				
20 MHz	36	40	44	48	52	56	60	64	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	149	153	157	161	165						
Frequency	5.180	5.200	5.220	5.240	5.260	5.280	5.300	5.320	5.500	5.520	5.540	5.560	5.580	5.600	5.620	5.640	5.660	5.680	5.700	5.720	5.745	5.765	5.785	5.805	5.825						

Физический уровень 802.11 a /ac/ ah



Особые группы каналов

US Public Safety (каналы: 184, 188, 192, 196)

Japan (каналы: 8, 12, 16)

Terminal Doppler Weather Radar (TDWR)
Используется в аэропортах США
(120, 124, 128 каналы)

ISM (канал 165)

4,920 – 5,835 GHz

4,920 – 4,980 GHz

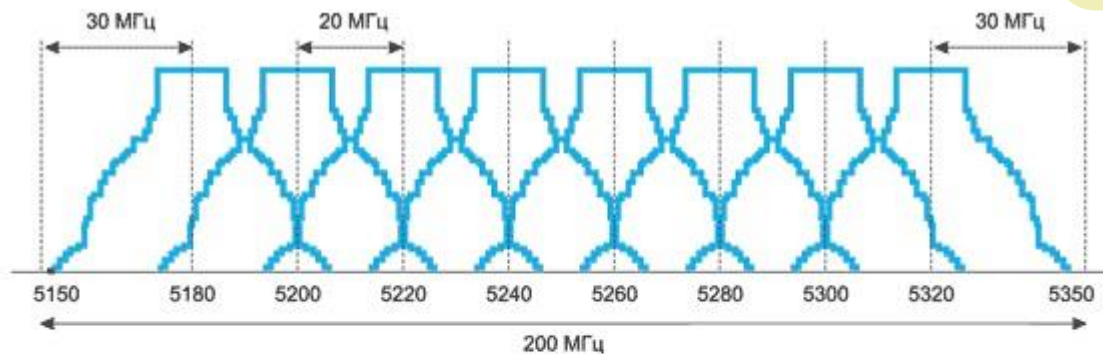
5,040 – 5, 080 GHz

5,600 – 5,650 GHz

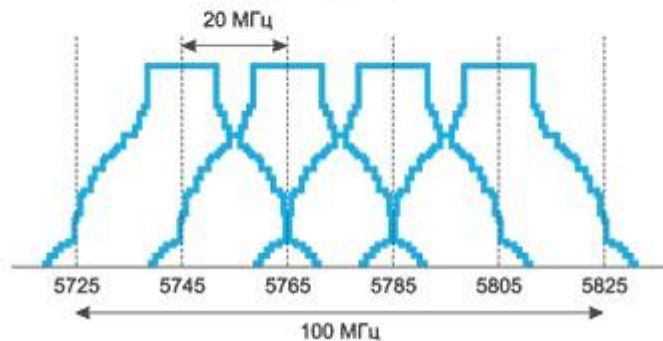
5,825 GHz

Разрешенные диапазоны 5 GHz в РФ

36 – 64 каналы



Indoor
инсталляции
100 mW



На борту
самолета
100 mW

159 – 163 каналы

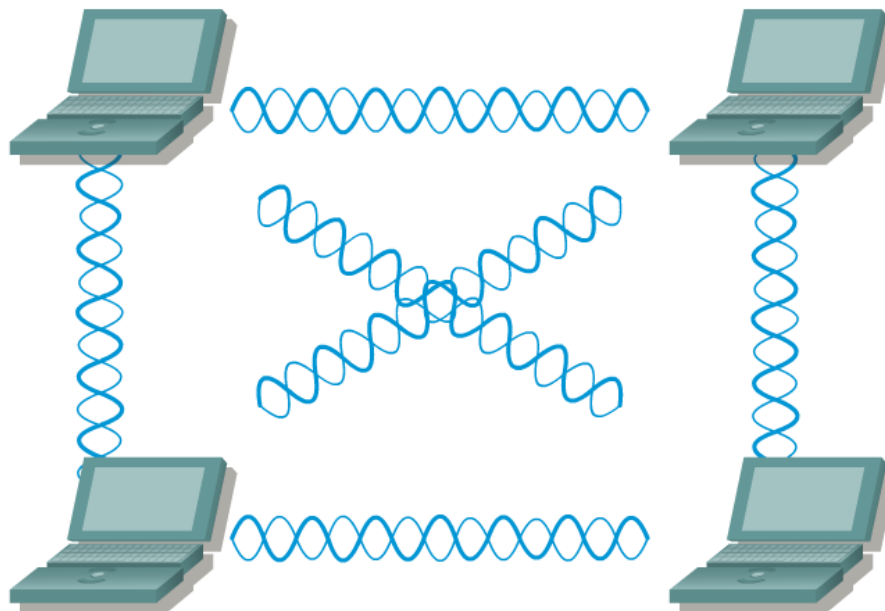


Беспроводные сети

Элементы WLAN

IBSS – Independent Basic Service Set

IBSS (Basic Service Set) – станции взаимодействуют друг с другом без точки доступа, peer-to-peer network

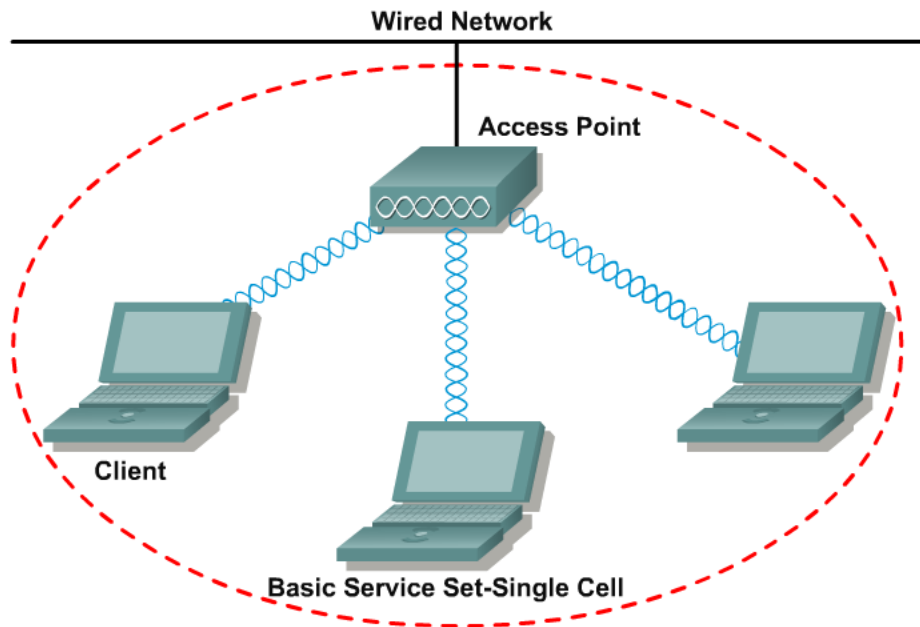


Ad-Hoc
network

Если необходима связь за пределами IBSS, то одна из станций должна выполнить функции шлюза (роутера)

BSS – Basic Service Set

BSS (Basic Service Set), «сота» – базовый элемент строительства сети IEEE 802.11 WLAN



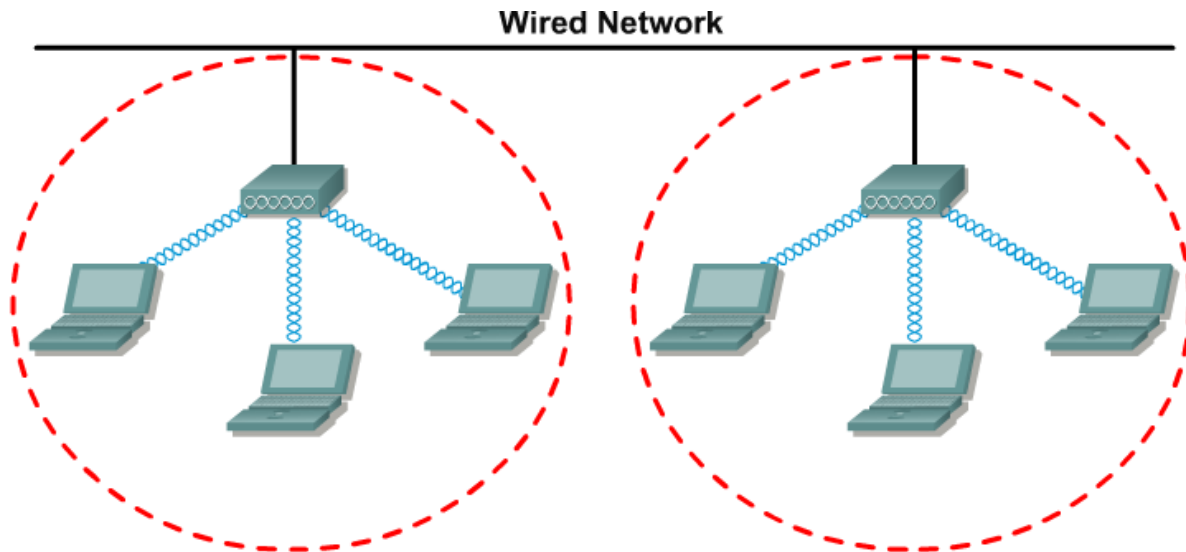
Канал 6
2,437 GHz

BSS – «Single RF area». Точка доступа работает на одном из настроенных каналов

BSS требует настройки одного SSID (Service Set Identifier)

ESS – Extended Service Set

ESS (Extended Service Set), - BSS (соты), объединенные распределительной системой (Distribution System, DS)

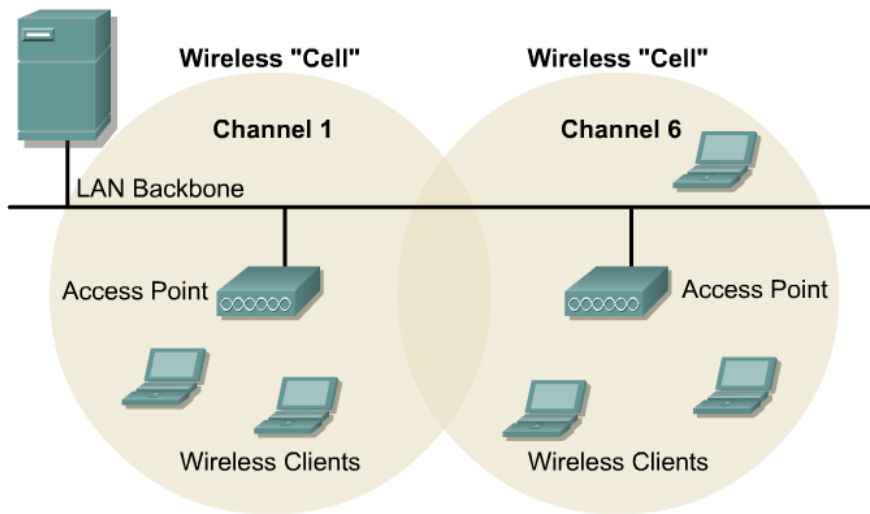


DS позволяет мобильным устройствам поддержку сервисов, необходимых для доставки фреймов адресату

Данные из BSS попадают в DS через AP (Access Point, точка доступа)

ESS – Extended Service Set

Соседние BSS (соты), объединенные распределительной системой (Distribution System, DS) должны использовать разные неперекрывающиеся каналы (частоты)

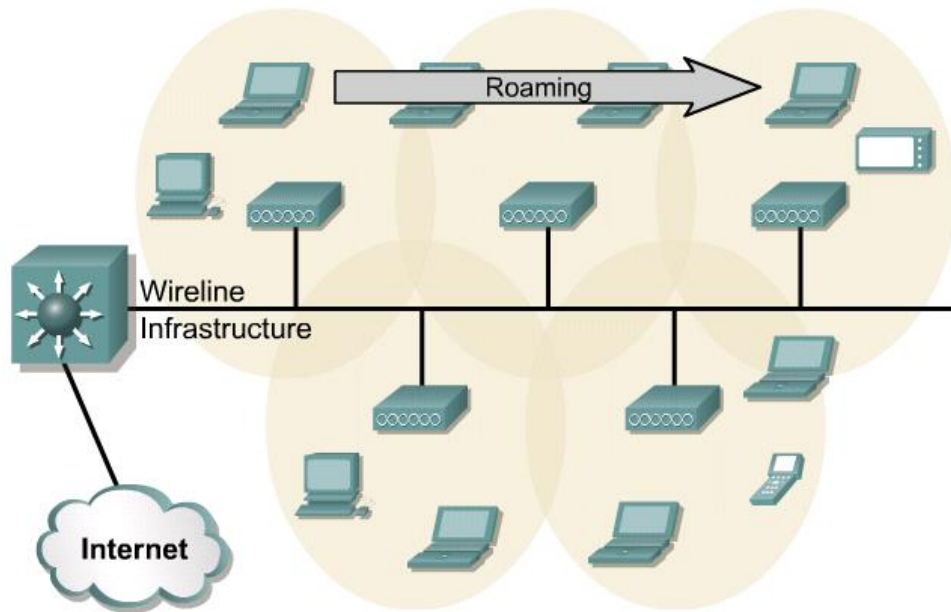


Соты должны перекрываться на 10-15 % чтобы обеспечить процесс роуминга без потери связи

Роуминг происходит в контексте одного SSID

Роуминг

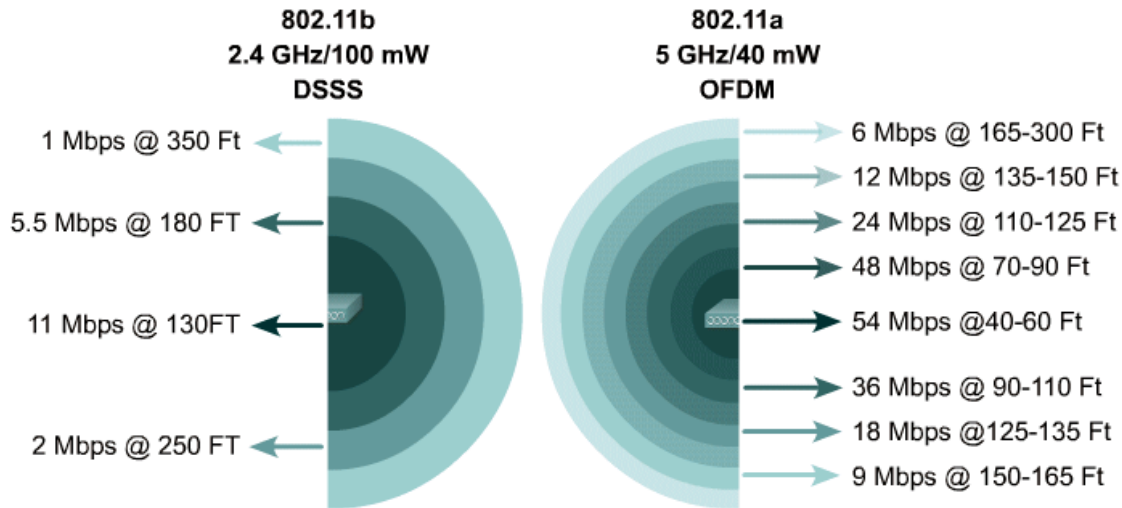
Роуминг (Roaming) – процесс, обусловленный возможностью клиентских станций STA перемещаться из одной соты (cell, BSS) в другую, не теряя при этом соединения с сетью



Механизмы роуминга не определяются стандартами 802.11, но разрабатываются каждым производителем

Скорость передачи и зона покрытия

При ослаблении сигнала, точка доступа и клиенты переходят на более низкий bitrate (multi-rate shifting)

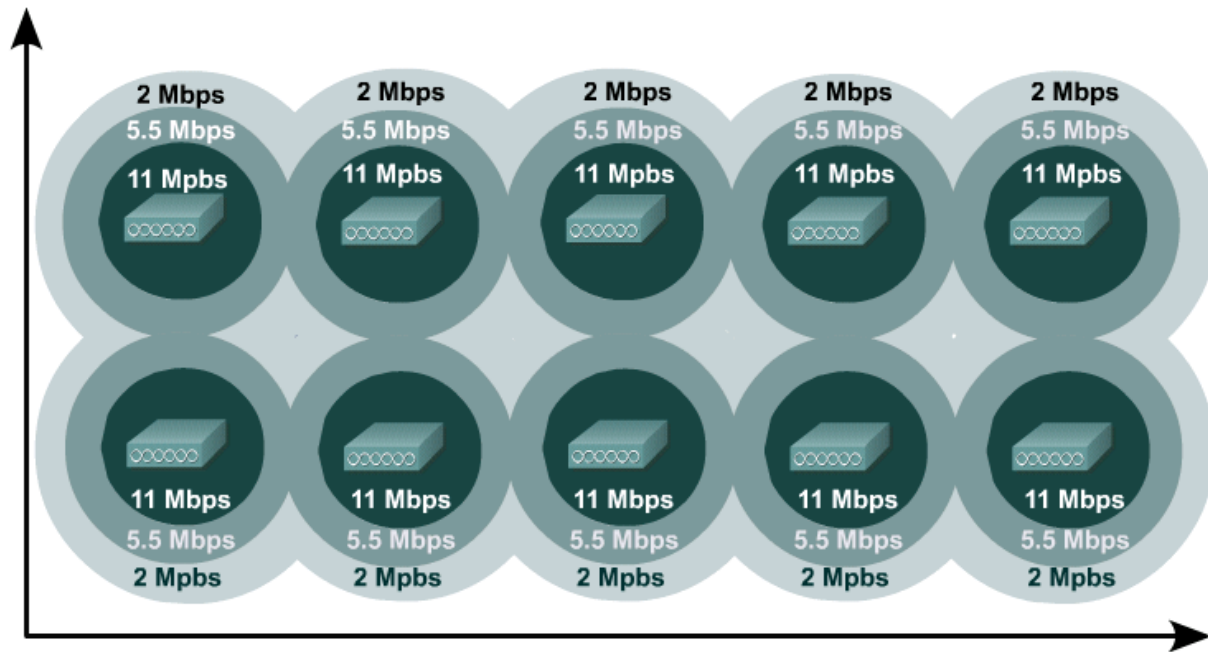


2.4 GHz Antennas	
Client	AP
0 dBi	2.2 dBi dipole

5 GHz Antennas	
Client	AP
5 dBi	5 dBi Patch

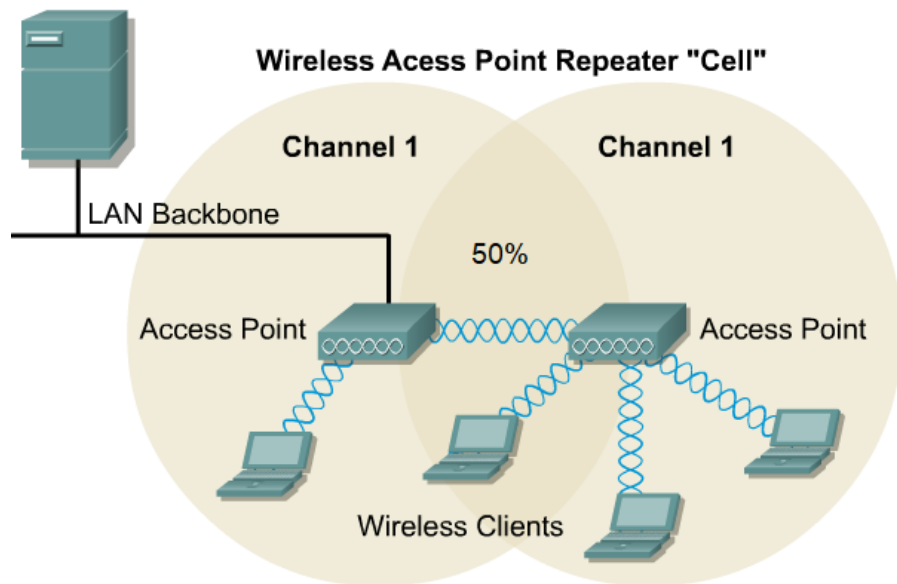
Скорость передачи и зона покрытия

При планировании зоны покрытия учитывается минимальная скорость, с которой клиент и АР должны работать при осуществлении роуминга



Репитеры

При необходимости расширения зоны покрытия, но в случае если доступ к проводной backbone затруднен применяются репитеры (точки доступа в качестве репитера)



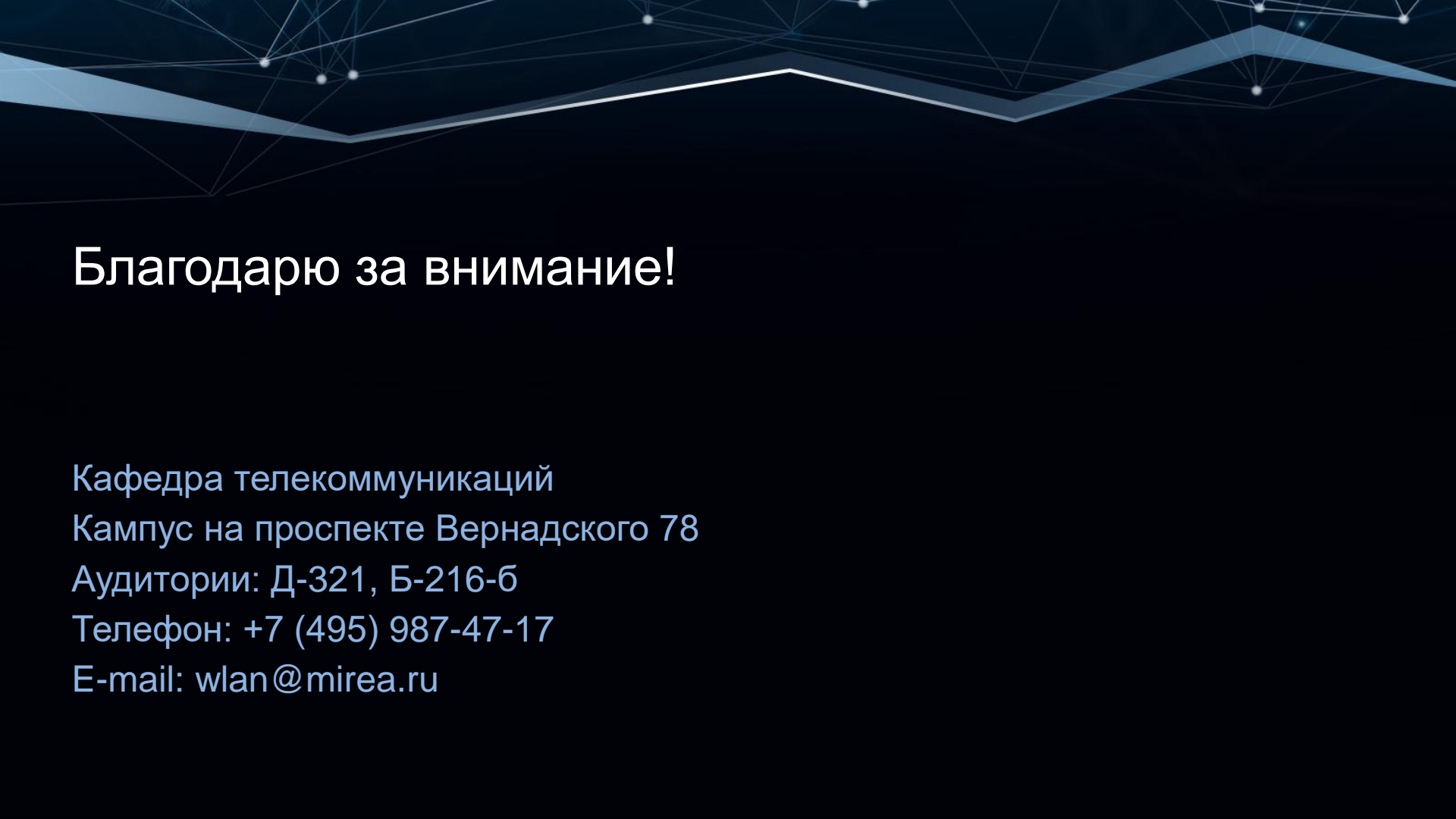
Инсталляция репитеров требует перекрытия RF зон покрытия на 50%
Репитер уменьшает полосу пропускания наполовину

Использование репитеров

Репитеры используют в случае, если клиенты не используют большую полосу пропускания

Для AP - репитера необходимо использовать всенаправленную (omnidirectional) антенну на корневой точке (Root AP) и на AP - репитере

Клиенты ассоциируются с root AP, а не с репитером



Благодарю за внимание!

Кафедра телекоммуникаций
Кампус на проспекте Вернадского 78
Аудитории: Д-321, Б-216-б
Телефон: +7 (495) 987-47-17
E-mail: wlan@mirea.ru