



ИРКУТСКИЙ ПОЛИТЕХ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



Лекция по дисциплине
«Сети и телекоммуникации»

Беспроводные технологии передачи данных (WLAN)

Руководитель лаборатории сетевых технологий
института ИТиАД ИРНИТУ:
Аношко Алексей Федорович
Telegram: @a_anoshko



Основные сведения о WLAN





Основные сведения о WLAN

- Классификация беспроводных сетей:
 - Беспроводная персональная сеть (WPAN)
 - Беспроводная локальная сеть (WLAN)
 - Беспроводная городская сеть (WMAN)
 - Беспроводная глобальная вычислительная сеть (WWAN)





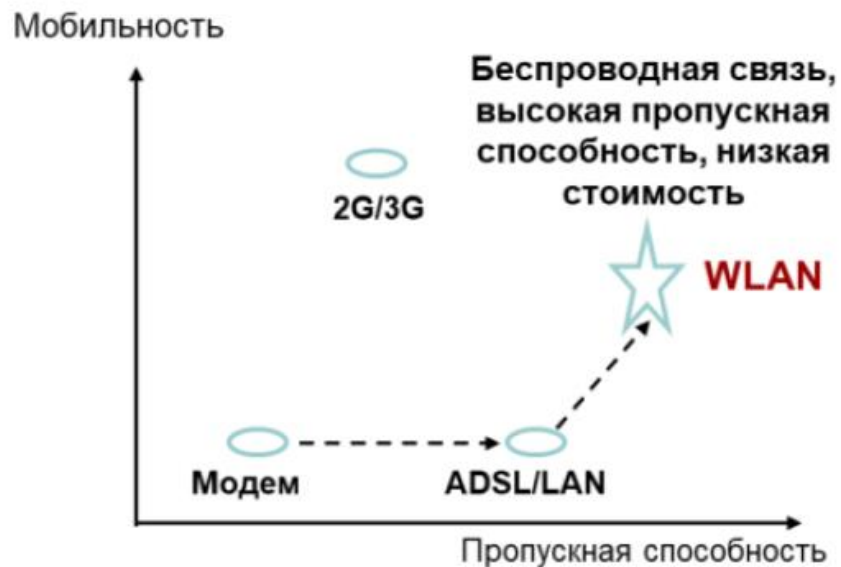
Основные сведения о WLAN

- Ir DA (технологии инфракрасной связи): технология передачи P2P на короткие расстояния, при отсутствии препятствий между двумя конечными устройствами. Скорость передачи составляет 16 Мбит/с. Недорогая технология, но используемые устройства имеют короткий срок службы.
- Bluetooth: работает в диапазоне 2,4 ГГц. Идеальное расстояние передачи — от 10 см до 10 м. Поддерживает асимметричное соединение 72 кбит/с или 57,6 кбит/с или симметричное соединение 43,2 кбит/с.
- Home RF (технология связи бытовых аудио и видеоустройств): комбинация IEEE802.11 и DECT. Работает в диапазоне 2,4 ГГц и обеспечивает максимальную ширину полосы пропускания 2 М в пределах 100 м.
- Wi-Fi: Wireless Fidelity. Использует стандарты, такие как IEEE802.11a/b/g/n для обеспечения беспроводного покрытия локальных сетей.
- GSM, UMTS, LTE: работает в диапазонах 900 М, 1800 М, 1900 М и 2100 М. Используется для передачи данных мобильной сети и покрытия WWAN.



Что такое WLAN?

- WLAN объединяет компьютерную сеть и технологии радиосвязи.



Какая связь между Wi-Fi и WLAN?

Wi-Fi = WLAN в соответствии со стандартом 802.11

- xDSL и LAN не отвечают требованиям клиентов, предъявляемым к беспроводному доступу.

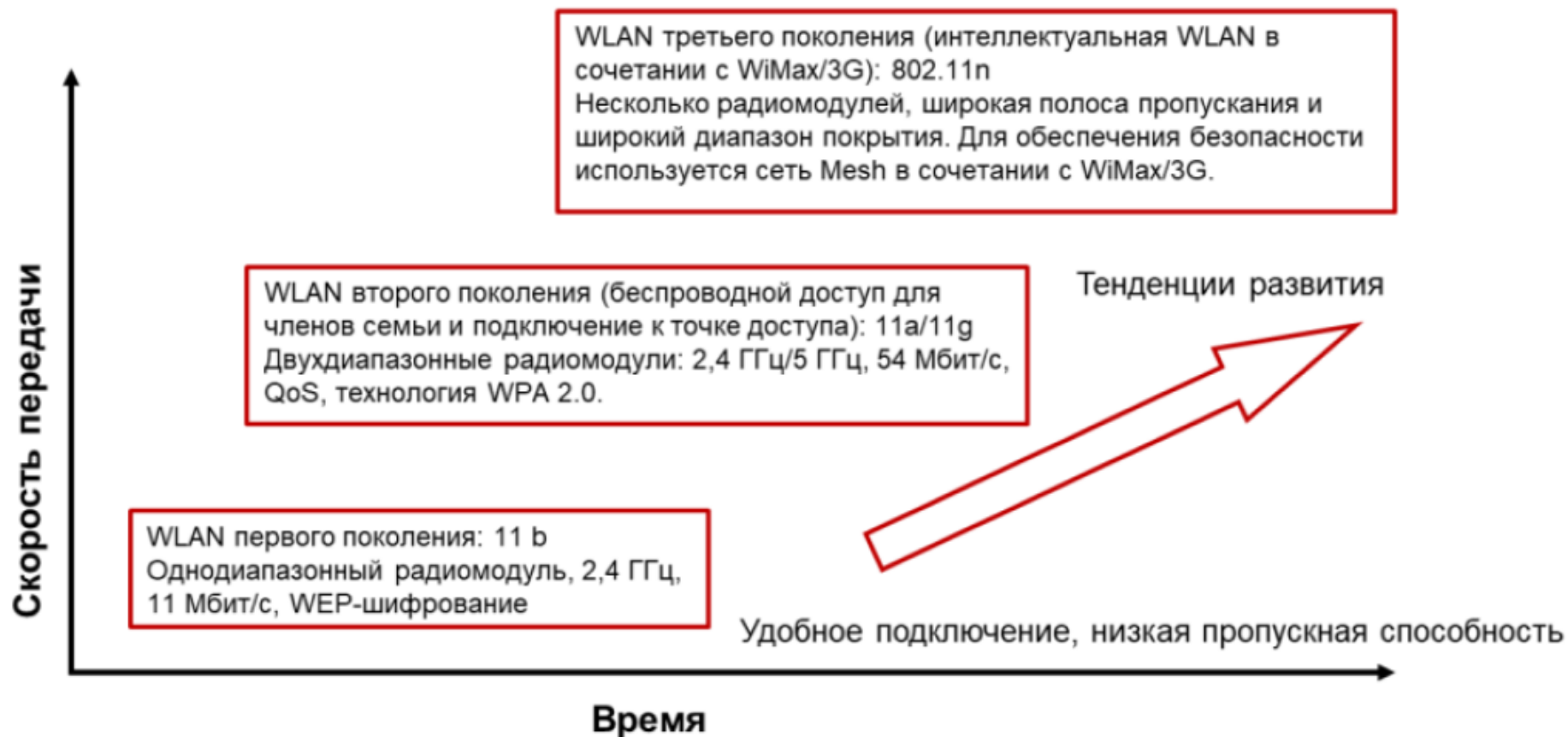


Что такое WLAN?

Версия	Год	Частотный диапазон	Скорость
802.11	1997	2,4 ГГц	2 Мбит/с
802.11 a	1999	5 ГГц	54 Мбит/с
802.11 b	1999	2,4 ГГц	11 Мбит/с
802.11 g	2003	2,4 ГГц	54 Мбит/с
802.11 n	2009	2,4 ГГц 5 ГГц	600 Мбит/с
802.11 ac Wave1	2013	5 ГГц	1,3 Гбит/с
802.11 ac Wave2	2015	5 ГГц	3,47 Гбит/с



Развитие WLAN





- Преимущества WLAN по сравнению с проводными сетями:
 - Мобильность
 - Гибкость
 - Масштабируемость
 - Экономичность



Регулирующие организации

<https://www.etsi.org/>



Европейский институт по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI) является независимой некоммерческой организацией по стандартизации в телекоммуникационной отрасли (производители оборудования и операторы сетей) в Европе.

ETSI был официально признан Европейской комиссией в 1988 году, расположен в технопарке Софии-Антиполис (юго-западнее Ниццы).



Регулирующие организации

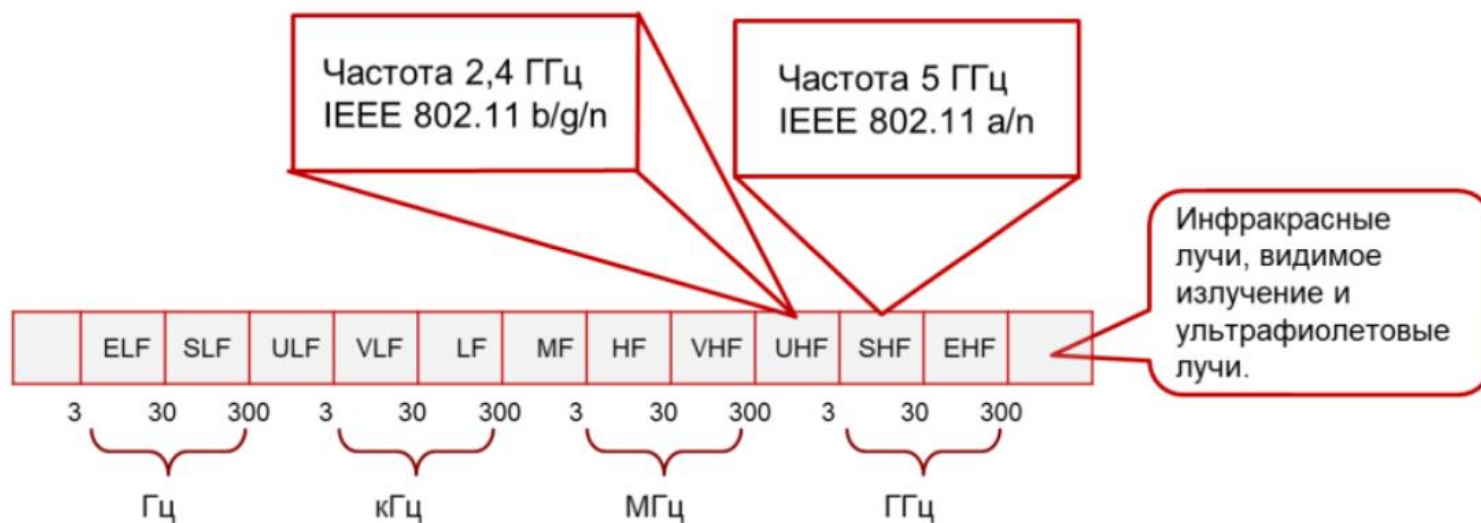
- Альянс Wi-Fi Alliance (WFA) является торгово-промышленной организацией.
- Официальный веб-сайт Wi-Fi Alliance: <http://www.wi-fi.org/>
- Участники Wi-Fi Alliance:





Определение

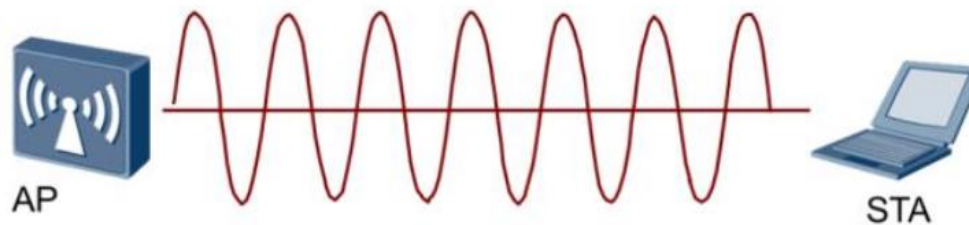
Радиоволна — это электромагнитная волна, работающая на частоте от 3 Гц до 300 ГГц. Также называется радиочастотой (RF). Технологии радиосвязи позволяют преобразовывать голосовые или другие сигналы и передавать сигналы с помощью радиоволн.





Несущая волна

Несущая волна является основой беспроводной связи. На рисунке показана основная несущая волна. Несущая волна генерируется передатчиком и не несет никакой информации. Когда волна достигает приемника, она остается неизменной.



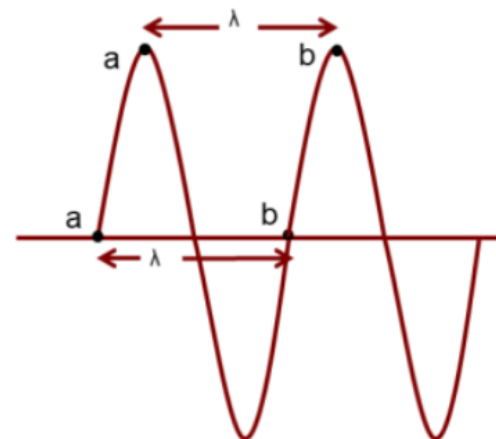


Длина волны

Длина волны — это расстояние между парой соседних максимумов либо минимумов распространяющейся волны с фиксированной частотой, чье «смещение» и «время» находятся на одинаковом расстоянии от положения равновесия. Длина волны отражает пространственную периодичность.

Если волна распространяется со скоростью света: $\lambda = c/f$

- λ — длина радиоволны.
- c — скорость света, значение составляет 299792458 м/с.
- f — частота волны, единица измерения Гц.



РЧ-связь начинается, когда радиопередатчик формирует радиоволны, а приемник принимает или «слышит» их в другом месте. РЧ-волны похожи на волны в океане или на озере. Два основных компонента волны: длина волны и амплитуда.

□ Длина радиоволны 2,4 ГГц составляет 12,5 см.

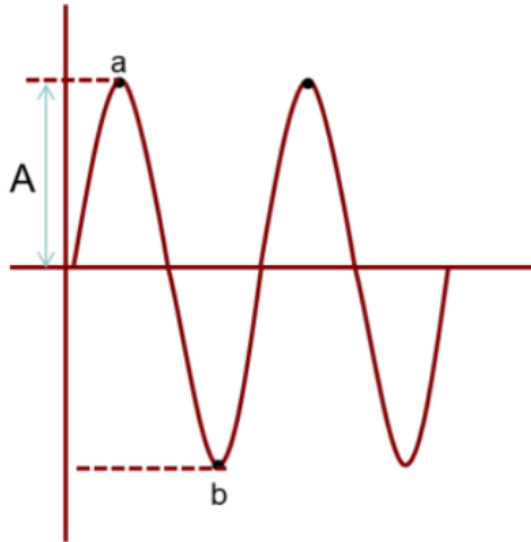
□ Длина радиоволны 5 ГГц составляет 6 см.

□ Длина радиоволны 5,8 ГГц составляет 5,2 см



Амплитуда

Амплитуда — максимальное отклонение от положения равновесия. Как показано на рисунке, амплитуда A равна наибольшему смещению.



Амплитуда — это высота, сила или мощность волны. Если стоять в океане, когда волны доходят до берега, можно почувствовать, что сила большей волны намного ощутимее, чем сила меньшей волны. Передатчики делают то же самое, но с радиоволнами. Меньшие волны не так заметны, как большие волны. Большая волна генерирует более мощный электрический сигнал, который ловит приемная антенна. Затем приемник различает максимумы и минимумы.

□ Амплитуда измеряется в метрах или сантиметрах.

□ Амплитуда описывает

расстояние между пиками (максимальным и минимальным уровнем) сигнала и интенсивность вибрирующего объекта.

□ Амплитуда радиоволны показывает уровень радиосигнала в беспроводных сетях.

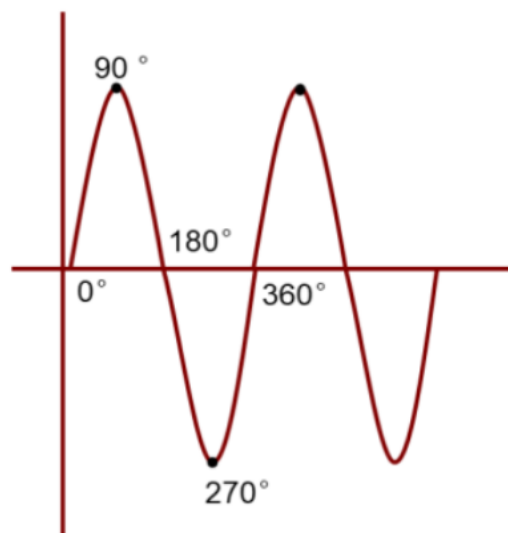


Фаза

Фаза представляет положение точки во времени на осциллограмме цикла. Полный цикл определяется как интервал, требуемый для сигнала, чтобы вернуться к своему исходному значению произвольной. Фаза показывает, из какого первоначального значения начинает изменяться синусоида. Фаза, которая также называется фазовым углом, обычно выражается в градусах или радианах.

Один цикл составляет 360° по фазе.

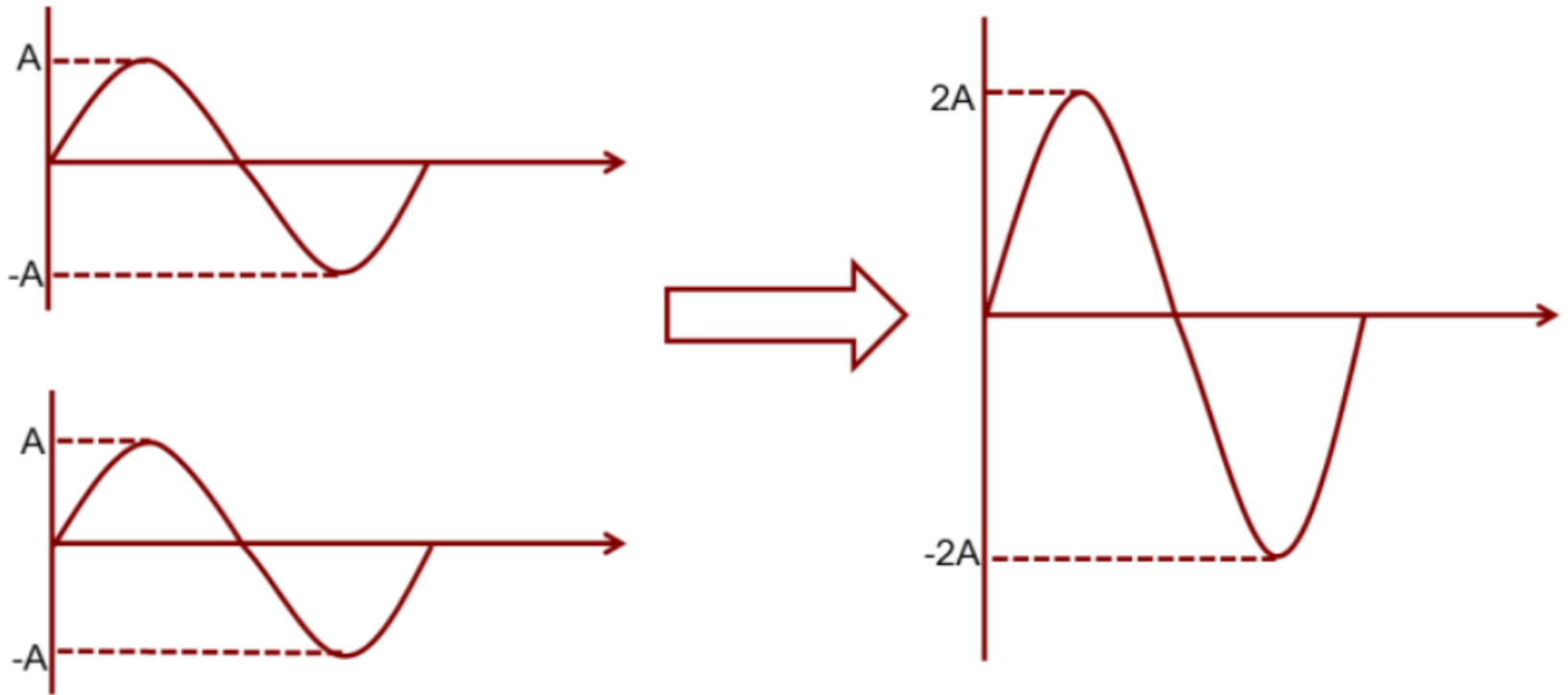
- $2\pi = 360^\circ$
- $57,3^\circ = 1 \text{ радиан}$



Фаза — относительный термин. Это отношения между двумя волнами одинаковой частоты. Для определения фазы длина волны делится на 360 частей, называемых градусами. Если рассматривать эти градусы как время начала, то если одна волна начинается в точке 0 градусов, а другая волна начинается в точке 90 градусов, эти волны рассматриваются как сдвинутые по фазе на 90 градусов.



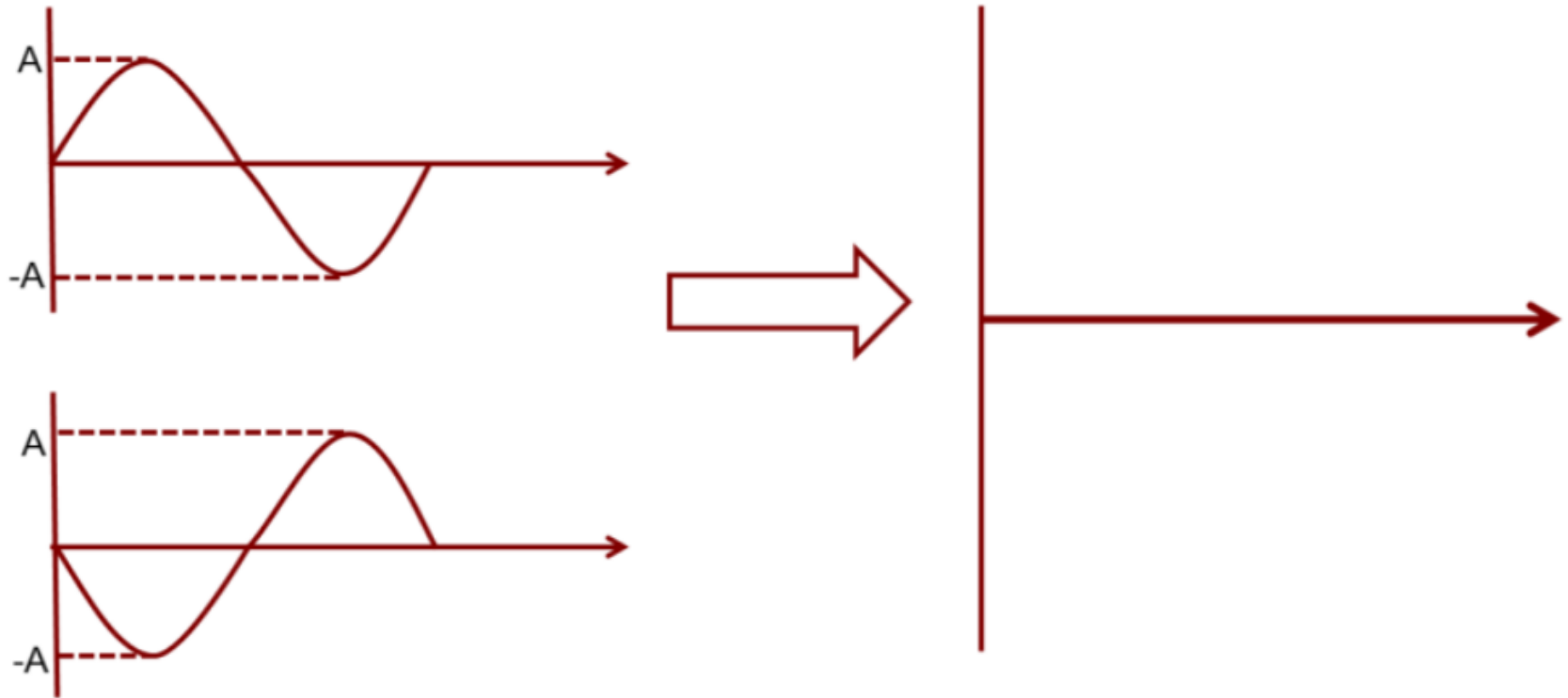
Усиление фазы сигнала



Если два беспроводных сигнала, работающих на одной частоте, имеют одинаковые фазы в тот момент, когда они поступают на приемник, эти два сигнала будут перекрываться для усиления сигнала



Затухание фазы сигнала



Если два беспроводных сигнала, работающих на одной частоте, имеют противоположные фазы в тот момент, когда они поступают на приемник (разница 180 градусов), сигнал будет ослабевать.

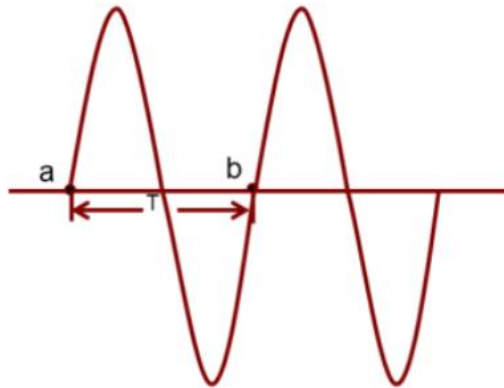


Частота волны

Период — это время, в течение которого объект совершает одну вибрацию. Обычно обозначается буквой T , и измеряется в секундах.

Частота — это количество раз, когда вибрирующий объект завершает вибрации в течение секунды. Обычно обозначается буквой f , измеряется в герцах (Гц).

- Соотношение между периодом и частотой выглядит следующим образом:
- $f = 1/T$
- Чем дольше период, тем медленнее вибрация. Чем выше частота, тем быстрее вибрация



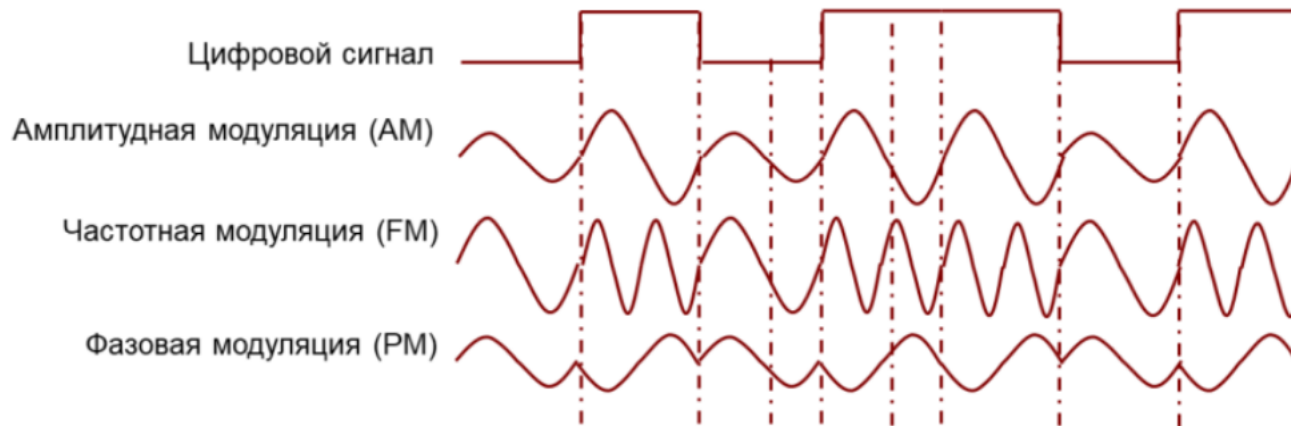
Частота описывает поведение волн. Волны распространяются от источника, который их генерирует. То, как быстро волны распространяются или, точнее, сколько волн генерируется за период времени в 1 секунду, называется частотой



Модуляция и демодуляция

Модуляция: процесс, во время которого цифровые сигналы основной полосы частот преобразуются в цифровые сигналы модуляции, которые подходят для передачи по каналу. Выделяют три типа модуляции: амплитудная модуляция (AM), частотная модуляция (FM) и фазовая модуляция (PM).

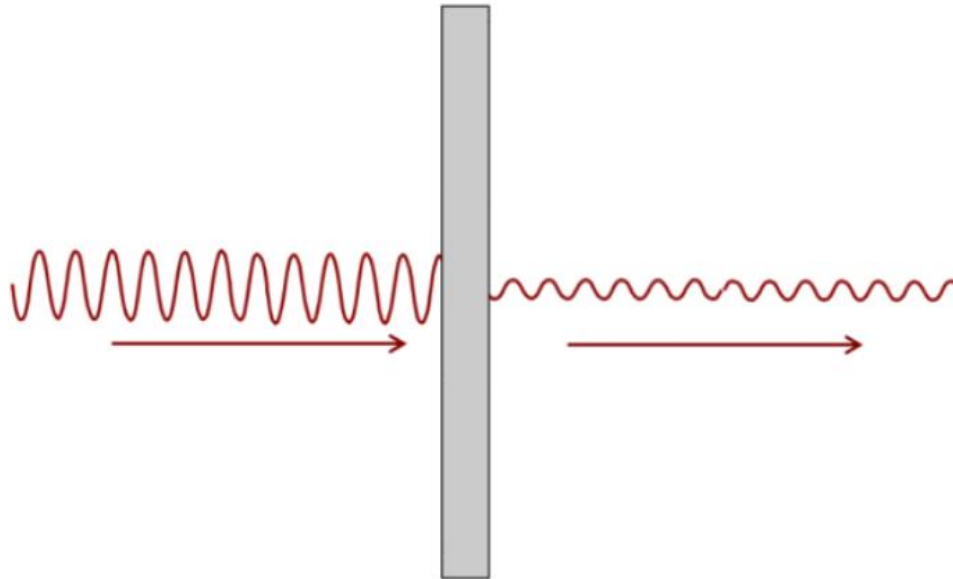
Демодуляция: процесс, в ходе которого принятые цифровые сигналы модуляции преобразуются в цифровые сигналы основной полосы частот.





Поглощение сигнала

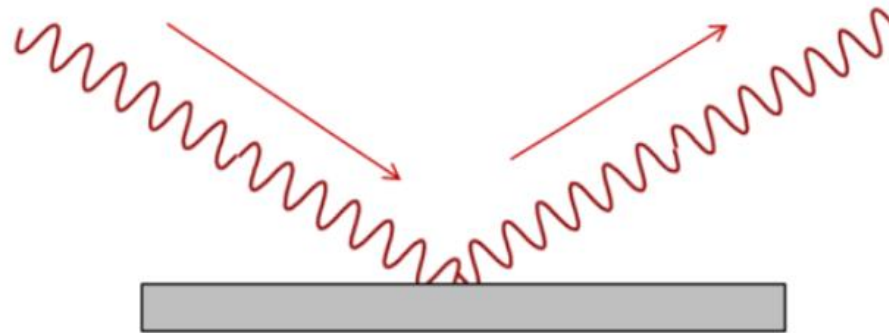
Эффект поглощения возникает, когда радиочастотные сигналы сталкиваются с материалами, которые поглощают их энергию в процессе передачи. Это может привести к ослаблению сигнала.





Отражения сигнала

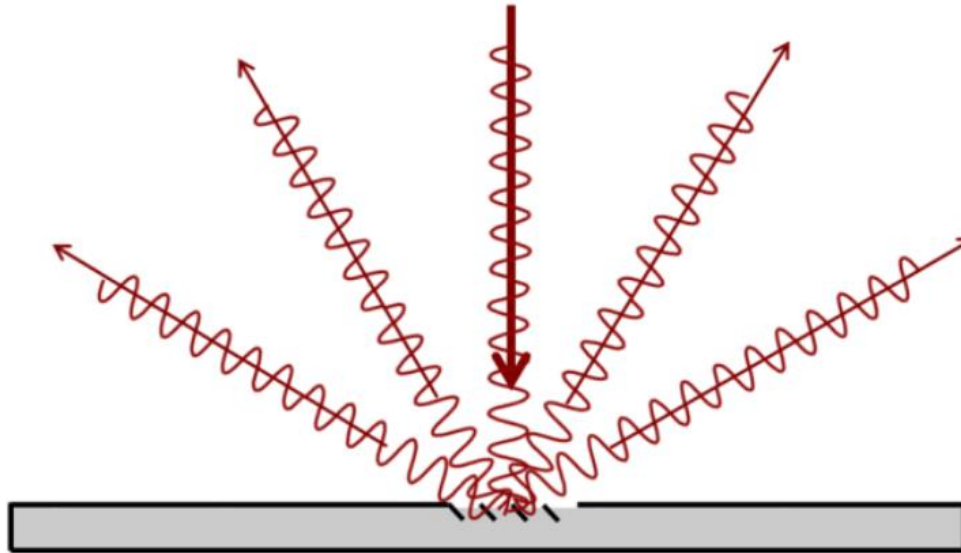
Отражение возникает, когда в процессе передачи радиочастотные сигналы сталкиваются с интенсивно отражающими материалами.





Рассеивание сигнала

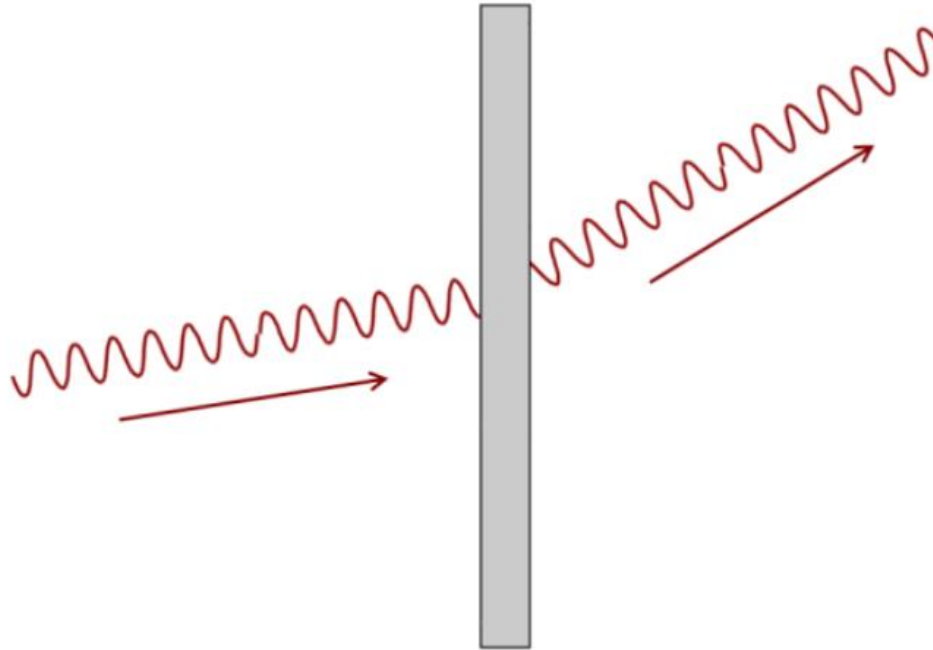
Когда радиочастотные сигналы сталкиваются с шероховатыми или неровными материалами или материалами, состоящими из крошечных частиц, сигналы могут рассеиваться в разных направлениях, поскольку они отражаются неровными крошечными частицами.





(Рефракция) преломление сигнала

Рефракция возникает, когда в процессе передачи радиочастотные сигналы сталкиваются с поверхностью, разделяющей две разные среды.

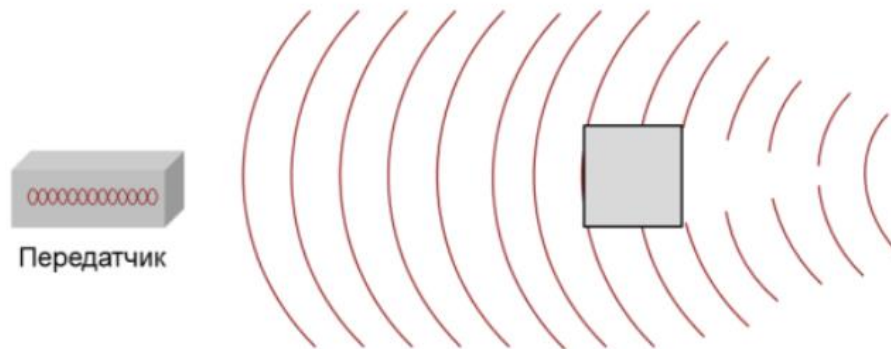


Отражение — это явление, при котором волна отталкивается, а рефракция — это явление, при котором волна меняет направление при прохождении через определенную поверхность. Например, рефракция происходит, когда сигналы проходят через слои атмосферы или стены зданий различной плотности.



Дифракция

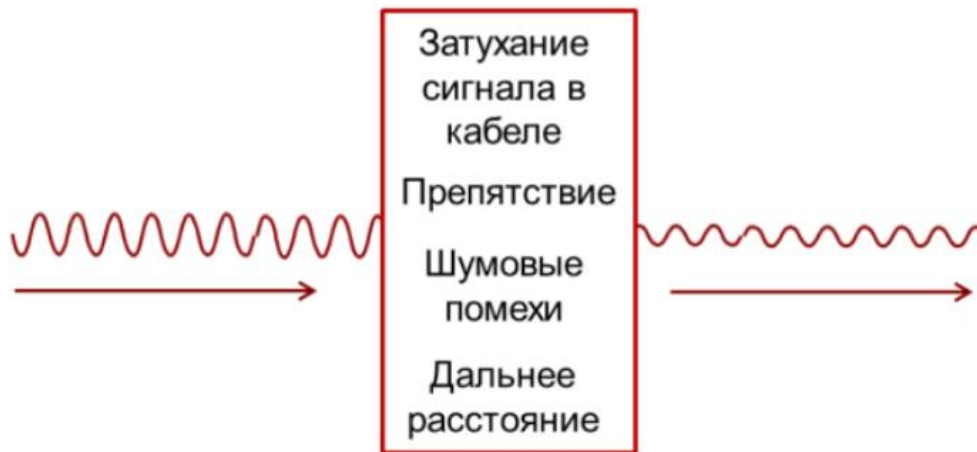
Дифракция возникает, когда радиочастотные сигналы сталкиваются с объектами, через которые они не могут проникнуть или которые могут поглощать их энергию. В этой ситуации радиосигналы огибают встречающиеся препятствия, формируя радиоволну, способную проникнуть в область радиотени.





(Затухание) Ослабление сигнала

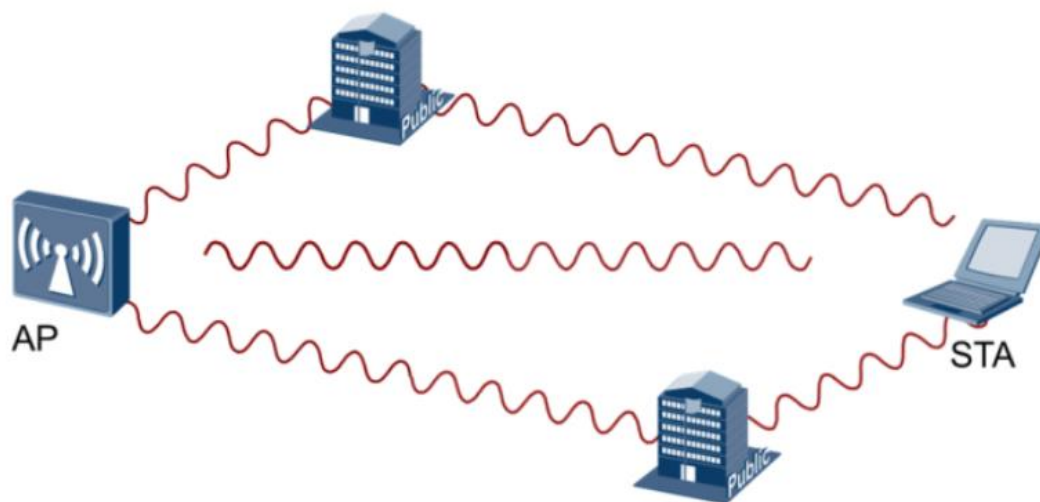
Когда радиочастотные сигналы отправляются от передатчика, уровень сигнала уменьшается из-за внешних факторов. Этот эффект называется ослаблением сигнала.





Многолучевое распространение

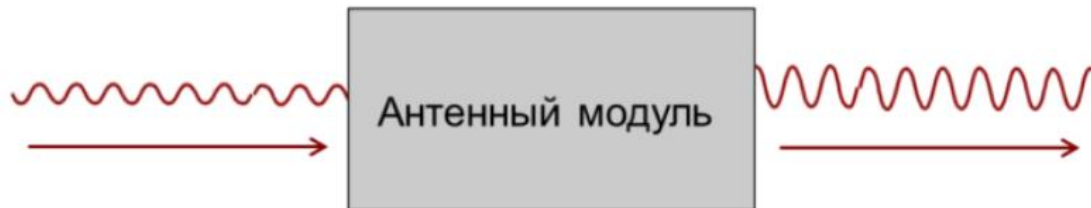
В процессе передачи РЧ-сигналов, вследствие таких факторов, как отражение и дифракция, может совместно существовать несколько путей передачи с различными показателями задержки и затухания. Когда одни и те же сигналы, которые передаются по разным путям, достигают приемника, они перекрываются, чтобы увеличить или уменьшить энергию сигнала.





Усиление сигнала

Уровень РЧ-сигналов также может быть усилен во время передачи. Обычно это происходит после прохождения сигналов через антенный модуль.



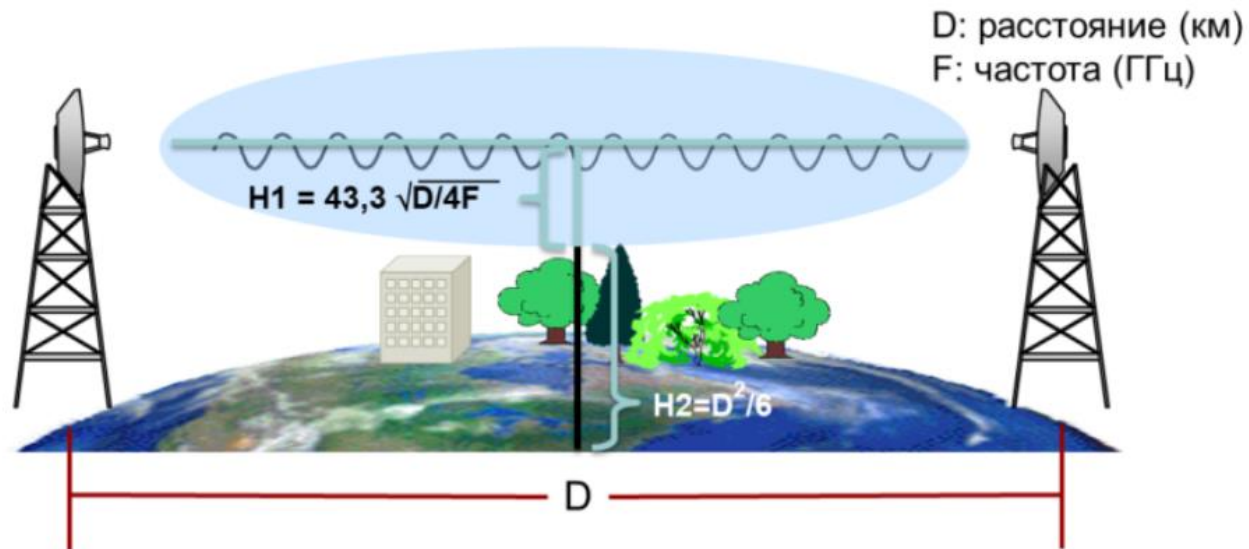


Зона Френеля

Огюстён Жан Френель [10 мая 1788](#) — [14 июля 1827](#))

Например, на расстоянии 2.5 км (половина общего расстояния), диаметр первой зоны Френеля для частот диапазона 2.4 ГГц, равен 12 метрам. Это означает, что линия прямой видимости должна проходить на 6 метров выше любого препятствия расположенного по ходу луча.

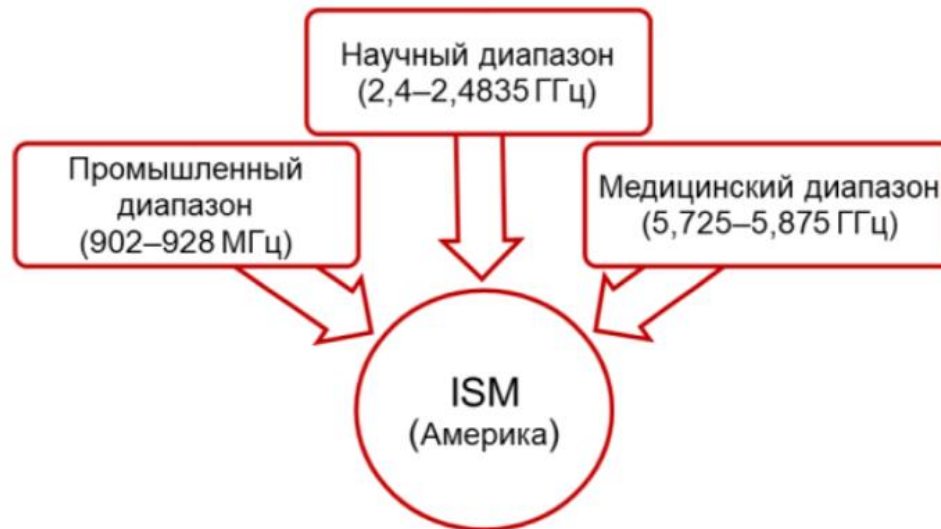
Зона Френеля представляет собой цилиндрический эллипс. Если в этой зоне имеется препятствие, оно повлияет на передачу сигнала. И наоборот, если в зоне нет препятствий, то зона Френеля, являясь свободным пространством, обеспечивает идеальную среду передачи.





Частотные диапазоны и каналы

ISM диапазон (от английского Industrial Scientific and Medical band) — это радиочастотный диапазон, зарезервированный на международном уровне, для промышленных, научных и медицинских целей. В США Федеральная комиссия по связи (FCC) зарезервировала ISM диапазон для свободного использования.





IEEE 802.11

IEEE 802.11b/g/n определяет WLAN для работы в диапазоне частот 2,4 ГГц. Полоса 2,4 ГГц разделена на четырнадцать перекрывающихся несущих каналов по 20 МГц, а интервал между средними частотами каждых двух каналов составляет 5 МГц. IEEE 802.11a/n/ac определяет WLAN для работы в диапазоне частот 5 ГГц, который разделен на несколько каналов.

Разные страны или регионы используют разные каналы или частотные диапазоны.

- В Америке каналы с 1 по 11 используются в соответствии с правилами FCC.
- В Европе используются каналы с 1 по 13.
- В Японии используются каналы с 1 по 14.
- В Китае используются каналы с 1 по 13.

Так как диапазон 2,4 ГГц широко используется, стандарт 802.11a, который работает на частоте 5 ГГц, характеризуется низким числом конфликтов в каналах. Однако высокая частота имеет свои ограничения. Диапазон 5 ГГц передает сигналы лишь в зоне прямой видимости; поэтому требуется больше точек доступа. При использовании частоты 2,4 ГГц сигнал передаётся на более дальнее расстояние, по сравнению с частотой 5 ГГц.



Сравнительные характеристики

	802.11	802.11b	802.11g	802.11a	802.11n	802.11ac
Выпуск	1997	1999	2003	1999	2009	2013
Пропускная способность	83,5 МГц	83,5 МГц	83,5 МГц	325 МГц	83,5 МГц и 325 МГц	83,5 МГц и 325 МГц
Частота	2,4-2,4835 ГГц	2,4-2,4835 ГГц	2,4-2,4835 ГГц	5,150-5,350 ГГц 5,725-5,850 ГГц (Китай)	2,4-2,4835 ГГц 5,150-5,350 ГГц 5,725-5,850 ГГц	5,150-5,350 ГГц 5,725-5,850 ГГц (Китай)
Количество непересекающихся каналов	3	3	3	13 (5 в Китае)	3 (2,4 ГГц) 13 (5 ГГц)	13 (5 в Китае)
Технология модуляции	FHSS DSSS	CCK DSSS	CCK OFDM	OFDM	MIMO OFDM	MIMO OFDM
Скорость (Мбит/с)	1, 2	1, 2, 5.5, 11	1, 2, 5.5, 11 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	6.5, 7.2,...65, 72.2,...130, 135, 144.4, 150,... 270, 300,...600	293,433,867,1300,3470



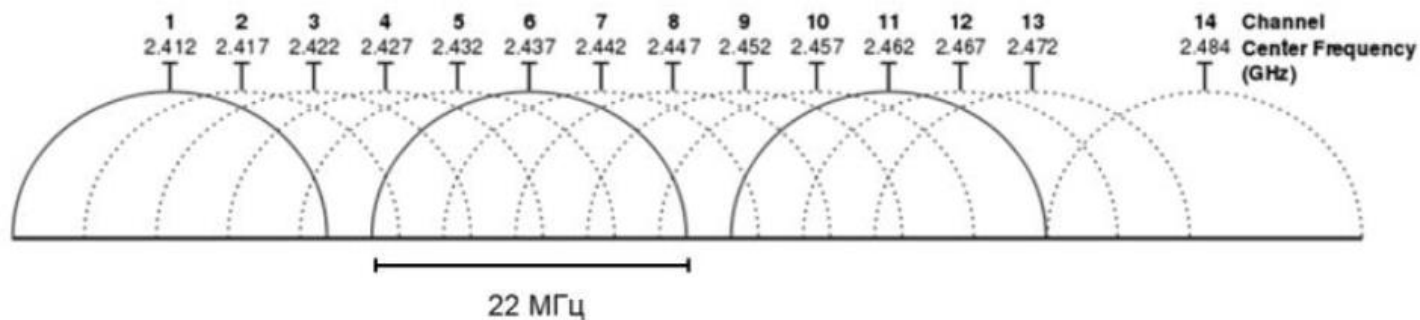
Частотные диапазоны

Частотный диапазон 2,4 ГГц поддерживает стандарт 802.11b/g/n.

В 802.11b каждый канал занимает полосу 22 МГц.

В 802.11g и 802.11n каждый канал занимает полосу 20 МГц.

802.11n полностью совместим с 802.11b и 802.11g.

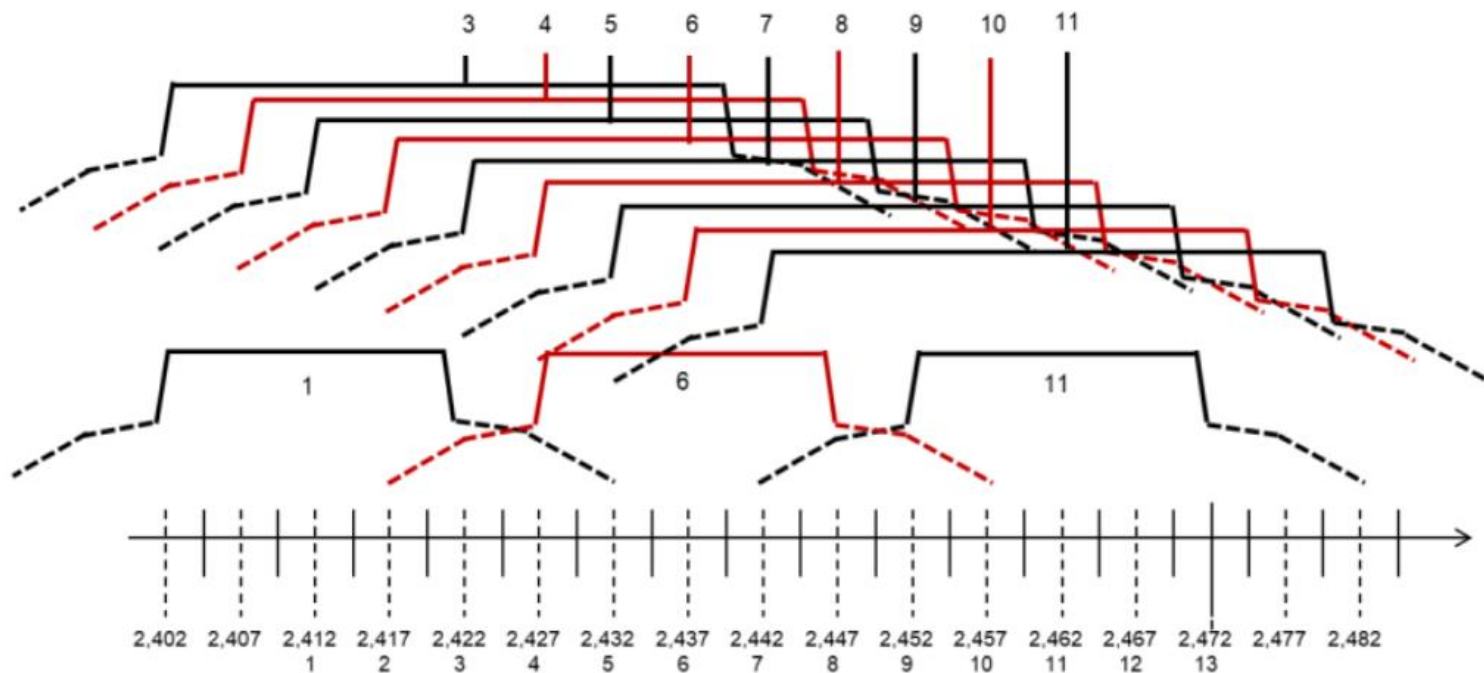


Частотные диапазоны 802.11b



Технология объединения каналов

Технология объединения каналов (Channel binding) позволяет связать два соседних канала 20 МГц, чтобы сформировать канал 40 МГц и удвоить скорость передачи.



Каналы 40 МГц в большей степени подвержены помехам и могут мешать работе других устройств, что вызовет проблемы с производительностью и надежностью, особенно при наличии других сетей Wi-Fi и других устройств, работающих в диапазоне 2,4 ГГц.

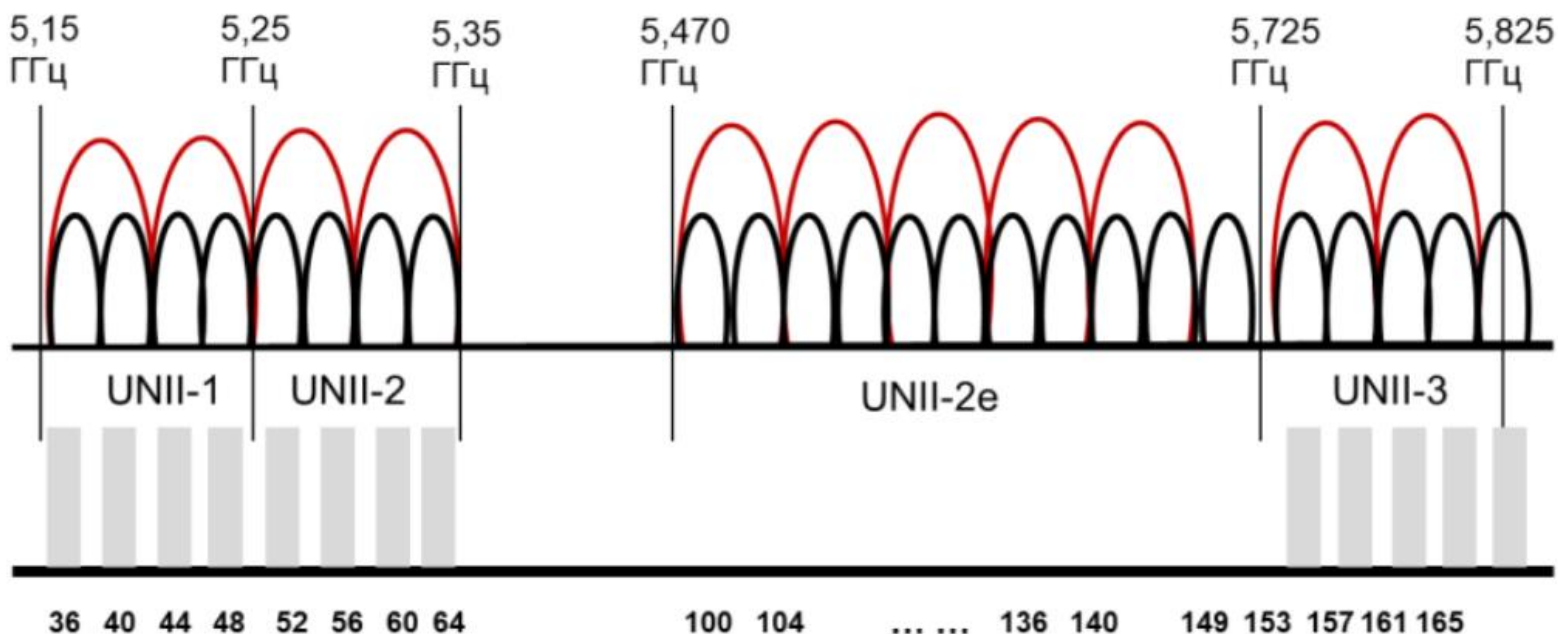


Частотный диапазон 5 ГГц

Диапазон частот 5 ГГц поддерживает стандарт 802.11a/n/ac.

В стандарте 802.11a/n каждый канал занимает полосу пропускания 20 МГц.

В 802.11ac каждый канал поддерживает 20 МГц, 40 МГц, 80 МГц.



Для 5 ГГц следует помнить, что надежно работают только 4 канала:
36/40/44/48





Сколько копий сломано над этими словами. Сколько людей мечтают о управлении конечными устройствами Wi-Fi в процедуре переключения с одного узла Wi-Fi сети на другой.

Увы, пока это миф.

Существующий набор стандартов 802.11 не может заставить конечное устройство переключиться на узел с более лучшими характеристиками чем тот, к которому устройство подключено в настоящий момент.

Если устройство способно воспринимать расширения 802.11r/k/v, есть возможность только "предложить" конечному устройству переключиться.



Radio Resource Management, поправка 2008 года, с 2012 года в стандарте, опция. Точка доступа флагом указывает в Beacon поддержку опции, при запросе со стороны клиента отправляет ему список соседних точек, клиент не тратит время на сканирование всех доступных каналов и сразу переходит на нужный и выбирает новую точку.

Экономится батарейка, в High-Load также улучшается общее состояние эфира. Вместе с 802.11v может сделать жизнь клиентов достаточно комфортной, чтобы не думать об остальных технологиях (ведь точку-кандидата клиент всё равно выбирает сам) — если конечно вам не важен VoIP и магия 50 мс для WPA2-Enterprise.

Без поддержки со стороны клиента - бесполезна.



Wireless Network Management (WNM) поправки опубликованы в 2011 году и в 2012 вошли в стандарт, следующие опции:

Assisted Power Saving устанавливает максимальный тайм-аут для клиента, не требуя от него частых сообщений keep-alive,
Direct Multicast Service позволяет получать мультикаст-кадры на скорости подключения клиента, а не скорости соты – что освобождает эфир и сохраняет батарею (к роумингу данные функции не относятся).
Load Balancing Request в случае если точка перегружена, и просит клиента перейти на другую и
Optimized Roaming Request если параметры Data Rate не удовлетворяют минимальным требованиям.

Важно отметить, что это рекомендательные сообщения, и действия остаются на усмотрение клиента.

Совместное использование 802.11k/v даёт хороший результат, и в большинстве случаев домашних и малоофисных сетей достаточно для клиентов, не создавая проблем в работе различных устройств.



Fast Roaming/Fast BSS Transition – 802.11r обязательна для клиента при использовании на точке, т.е. те кто его не поддерживают, не могут подключиться – это флаг в управляющих кадрах и измененный механизм обмена ключами, если абонент старый и не знает о его существовании, у него проблема (на новых устройствах даже при отсутствии поддержки функции иногда добавляют понимание данного флага, хотя по стандарту нужно полностью реализовать протокол).

Может также обрушить некорректные драйвера старых клиентских адаптеров — дело в использовании при первоначальном подключении FT 4-Way Handshake для распространения общего ключа



Не стоит гоняться за технологиями ради технологий, они не всегда играют решающую роль. Даже с самыми модными WiFi-точками, последнее слово за клиентом.

Грамотная расстановка точек по помещению и планирование сети позволят получить хорошие результаты даже с недорогим оборудованием, точно так же используя топовое железо можно легко получить неработающую систему.