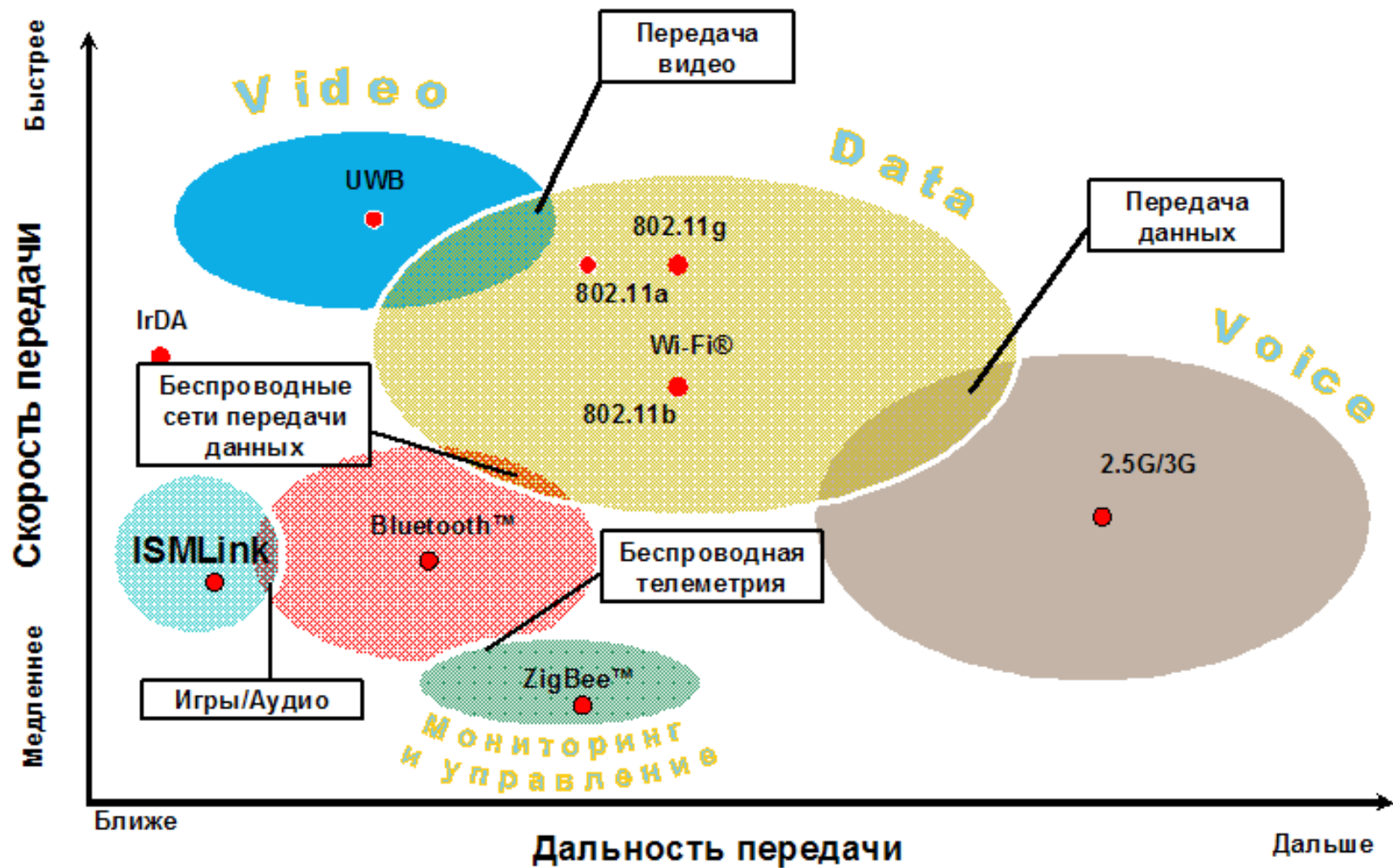


# Интерфейс WiFi

Стандарт IEEE 802.11

# Стандарты беспроводной связи



# Основные технологии беспроводной передачи данных

Способы беспроводной передачи информации между мобильными устройствами —

- инфракрасное соединение,
- соединение посредством радиоволн,
- соединение с помощью микроволновых (СВЧ) технологий.

Классификация по дальности:

1. Сектор локальных интерфейсов (короткодействующие технологии беспроводной передачи данных (Bluetooth, WirelessUSB),
2. Сектор локальных домашних и офисных сетей (среднедействующие технологии беспроводной передачи данных (WiFi),
3. Сектор региональных городских сетей (среднедействующие технологии беспроводной передачи данных (WiMAX, **Worldwide Interoperability for Microwave Access** , IEEE 802.16, Mobile Broadband Wireless Access, MBWA, IEEE 802.20 ),
4. Сектор глобальных сетей (дальнедействующие технологии беспроводной передачи данных на базе радиорелейных, сотовых и спутниковых технологий).

# Основные разновидности беспроводной передачи данных

:

- ☐ Персональные (wireless personal-area network, PAN);
- ☐ Временно создаваемые сети произвольной структуры;
  - ☐ Локальные сети беспроводного доступа (wireless lokal-area network, LAN);
- ☐ Беспроводные наземные радиорелейные магистрали, беспроводная городская сеть (wireless metropolitan-area network, MAN);
  - ☐ Сотовые сети;
  - ☐ Глобальные спутниковые; сеть (wireless wide-area network, WAN).
- ☐ Гибридные гетерогенные сети разной конфигурации.

# Тип Сфера действия Стандарты Область применения

**Персональная** В непосредственной близости от пользователя

Bluetooth, IEEE 802.15, IRDA2

Замена кабелей периферийных устройств

**Локальные** В пределах зданий

IEEE 802.15, Wi-Fi, HiperLAN

Мобильные расширения проводных сетей

**Региональные** В пределах города

Патентованные, IEEE 802.16, WIMAX

Безпроводная связь между зданиями и предприятиями и Internet сети

**Глобальные** По всему миру

Стандарт CDPD( Cellular Digital Packet Data) цифровой пакетной передачи данных по сети сотовой связи и сотовые системы связи поколений 2, 2,5, 3, ...

Мобильный доступ к Internet

# Сигналы для передачи информации

Аналоговые и цифровые

амплитудная модуляция (Amplitude-Shift Keying - ASK);

частотная модуляция (Frequency-Shift Keying - FSK);

фазовая модуляция (Phase-Shift Keying - PSK).

Биты

0

1

0

0

1

0

Амплитудная

Частотная

Фазовая

t

t

t

# Методы доступа к среде в беспроводных сетях

Одна из основных проблем построения беспроводных систем - это решение задачи доступа многих пользователей к ограниченному ресурсу среды передачи. Существует несколько базовых методов доступа (их еще называют **методами уплотнения или мультиплексирования**), основанных на **разделении между станциями таких параметров, как пространство, время, частота и код.**

Задача уплотнения - выделить каждому каналу связи пространство, время, частоту и/или код с минимумом взаимных помех и максимальным использованием характеристик передающей среды.



# Уплотнение с пространственным разделением

Основано на разделении сигналов в пространстве, когда передатчик посылает сигнал, используя код  $c$ , время  $t$  и частоту  $f$  области  $s_i$ . То есть **каждое беспроводное устройство может вести передачу данных только в границах определенной территории, на которой любому другому устройству запрещено передавать свои сообщения.**

К примеру, если радиостанция вещает на строго определенной частоте на закрепленной за ней территории, а какая-либо другая станция в этой же местности также начнет вещать на той же частоте, слушатели радиопередач не смогут получить "чистый" сигнал ни от одной из этих станций. Другое дело, если радиостанции работают на одной частоте в разных городах. Искажений сигналов каждой радиостанции не будет в связи с ограниченной дальностью распространения сигналов этих станций, что исключает их наложение друг на друга.

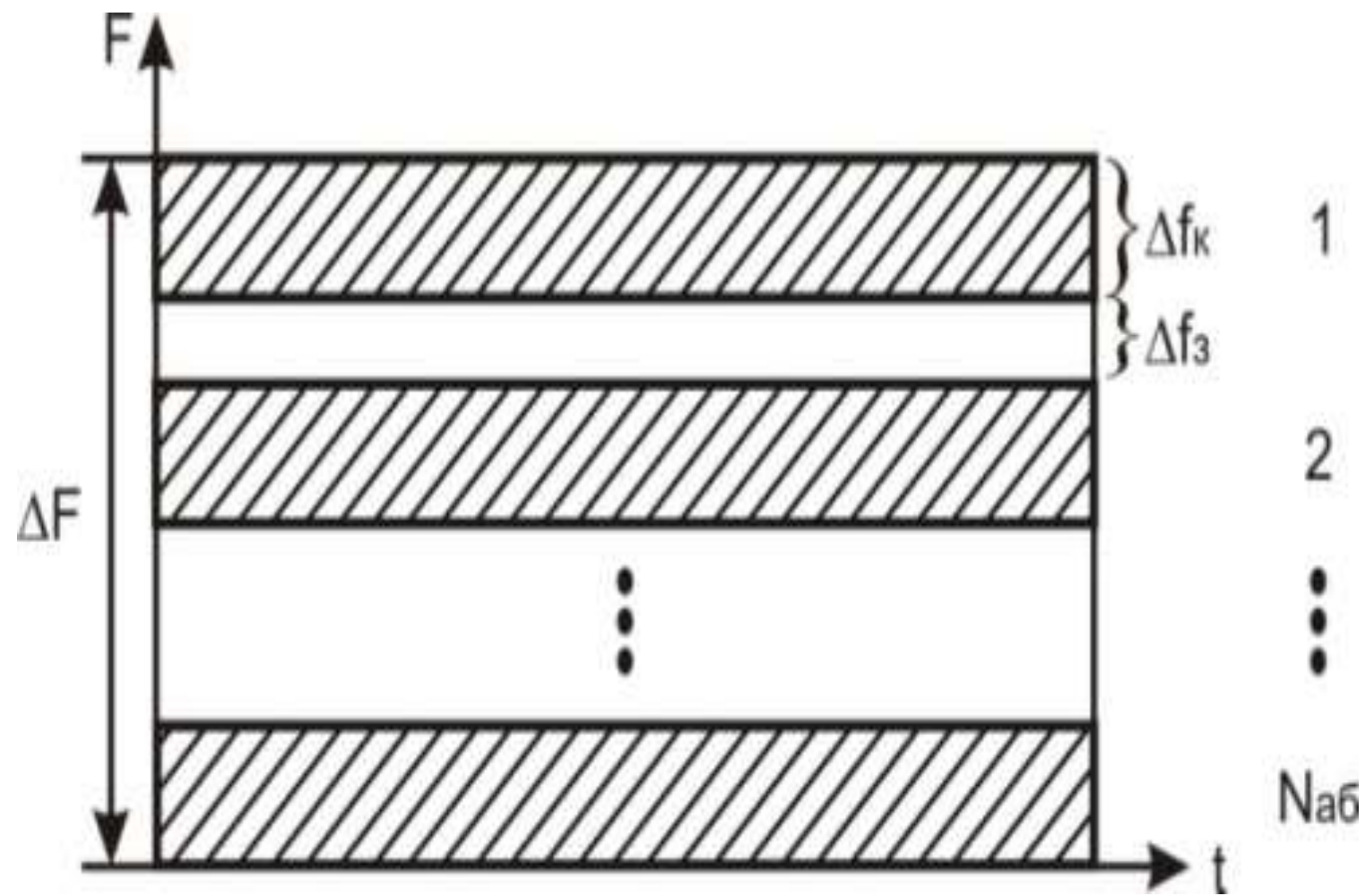
Характерный пример - системы сотовой телефонной связи.

# Уплотнение с частотным разделением (Frequency Division Multiplexing - FDM)

**Каждое устройство работает на определенной частоте,** благодаря чему несколько устройств могут вести передачу данных на одной территории. Это один из наиболее известных методов, так или иначе используемый в самых современных системах беспроводной связи.

Пример схемы частотного уплотнения - функционирование в одном городе нескольких радиостанций, работающих на разных частотах. Для надежной отстройки друг от друга их рабочие частоты должны быть разделены защитным частотным интервалом, который позволяет исключить взаимные помехи.

Эта схема, хотя и позволяет использовать множество устройств на определенной территории, сама по себе приводит к неоправданному расточительству обычно скудных частотных ресурсов, поскольку требует выделения своей частоты для каждого беспроводного устройства.

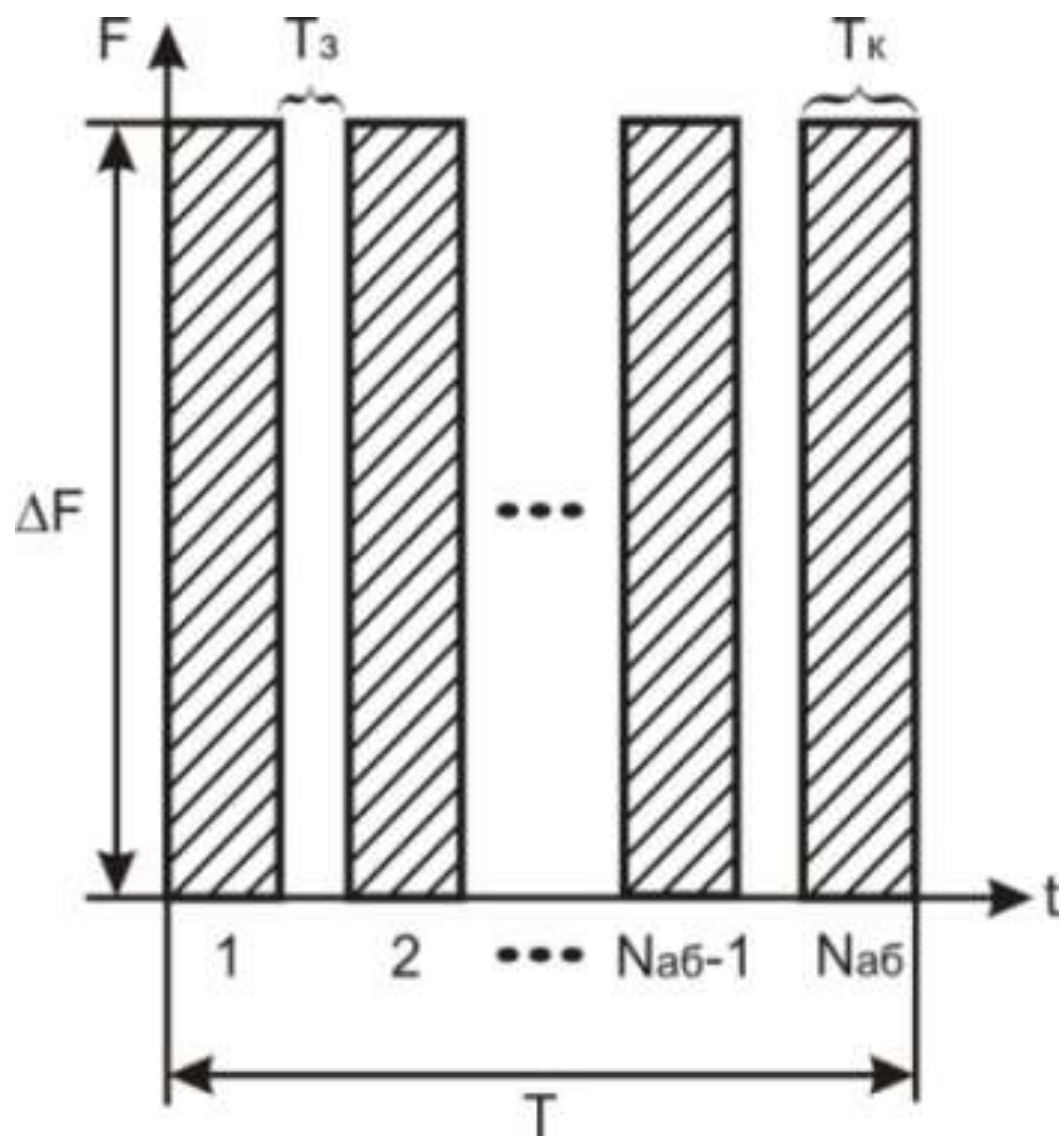


# Уплотнение с временным разделением (Time Division Multiplexing - TDM)

В данной схеме **распределение каналов идет по времени**, т. е. каждый передатчик транслирует сигнал на одной и той же частоте области  $s$ , но в различные промежутки времени (как правило, циклически повторяющиеся) при строгих требованиях к синхронизации процесса передачи

Подобная схема достаточно удобна, так как временные интервалы могут динамично перераспределяться между устройствами сети. Устройствам с большим трафиком назначаются более длительные интервалы, чем устройствам с меньшим объемом трафика.

Основной недостаток систем с временным уплотнением - это мгновенная потеря информации при срыве синхронизации в канале, например из-за сильных помех, случайных или преднамеренных. Однако успешный опыт эксплуатации таких знаменитых TDM-систем, как сотовые телефонные сети стандарта GSM, свидетельствует о достаточной надежности механизма временного уплотнения.



# Механизм мультиплексирования посредством ортогональных несущих частот (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM)

Суть этого механизма: весь доступный частотный диапазон разбивается на достаточно много поднесущих (от нескольких сот до тысяч). Одному каналу связи (приемнику и передатчику) назначают для передачи несколько таких несущих, выбранных из множества по определенному закону. Передача ведется одновременно по всем поднесущим, т. е. в каждом передатчике исходящий поток данных разбивается на  $N$  субпоток, где  $N$  - число поднесущих, назначенных данному передатчику.

Распределение поднесущих в ходе работы может динамически изменяться, что делает данный механизм не менее гибким, чем метод временного уплотнения.

# Преимущества OFDM

Схема OFDM имеет несколько преимуществ. Во-первых, селективному замиранию будут подвержены только некоторые подканалы, а не весь сигнал. Если поток данных защищен кодом прямого исправления ошибок, то с этим замиранием легко бороться. Во-вторых, что более важно, OFDM позволяет подавить межсимвольную интерференцию. Межсимвольная интерференция оказывает значительное влияние при высоких скоростях передачи данных, так как расстояние между битами (или символами) мало. В схеме OFDM скорость передачи данных уменьшается в  $N$  раз, что позволяет увеличить время передачи символа в  $N$  раз. Таким образом, если время передачи символа для исходного потока составляет  $T_s$ , то период сигнала OFDM будет равен  $NT_s$ . Это позволяет существенно снизить влияние межсимвольных помех. При проектировании системы  $N$  выбирается таким образом, чтобы величина  $NT_s$  значительно превышала среднеквадратичный разброс задержек канала.

# Технология расширенного спектра

Изначально метод расширенного спектра создавался для разведывательных и военных целей. Основная идея метода состоит в том, чтобы распределить информационный сигнал по широкой полосе радиодиапазона, что в итоге позволит значительно усложнить подавление или перехват сигнала.

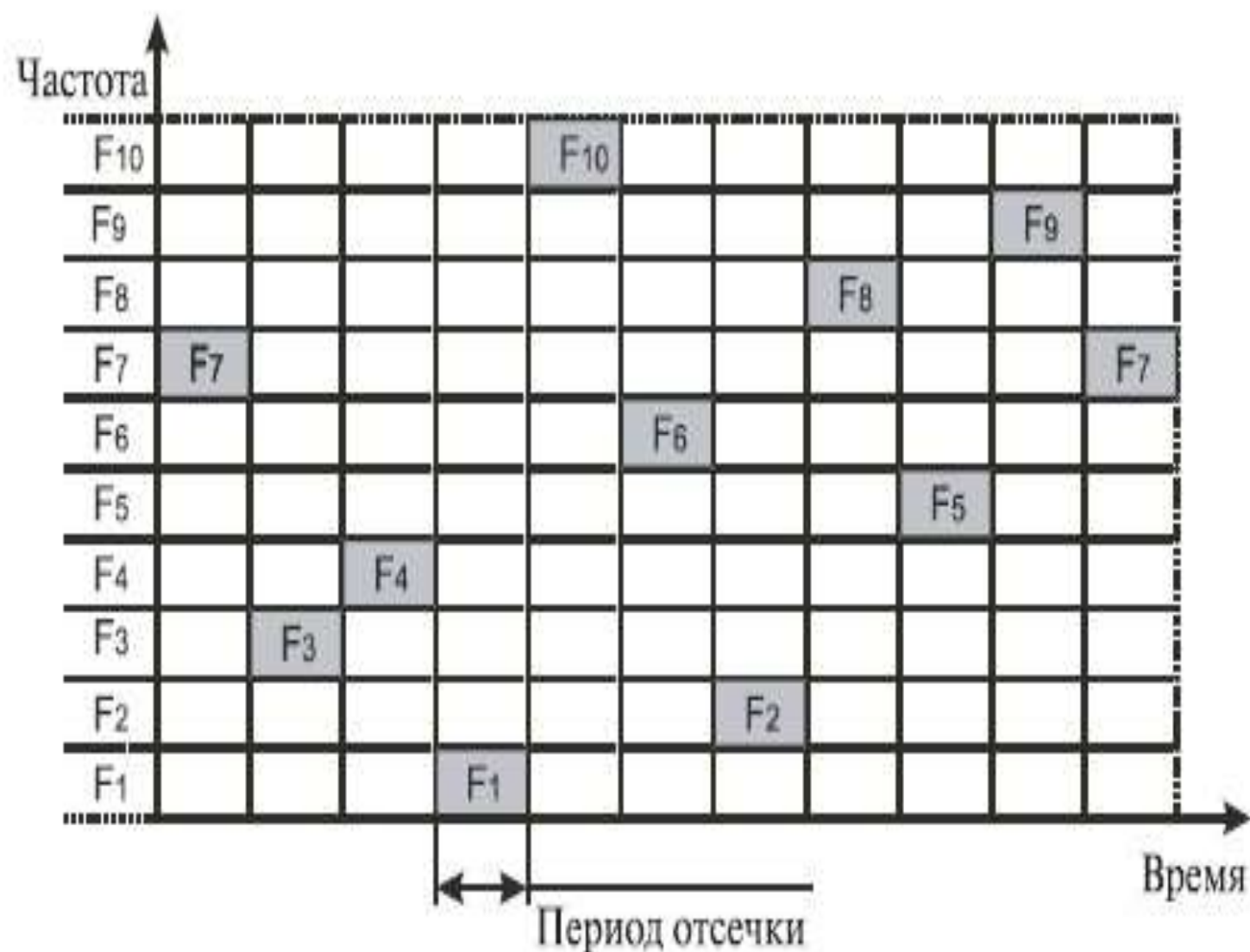
Первая разработанная схема расширенного спектра известна как **метод перестройки частоты**.

Более современной схемой расширенного спектра является **метод прямого последовательного расширения**. Оба метода используются в различных стандартах и продуктах беспроводной связи.



# Расширение спектра скачкообразной перестройкой частоты (Frequency Hopping Spread Spectrum - FHSS)

Для того чтобы радиообмен нельзя было перехватить или подавить узкополосным шумом, было предложено вести передачу с постоянной сменой несущей в пределах широкого диапазона частот. В результате мощность сигнала распределялась по всему диапазону, и прослушивание какой-то определенной частоты давало только небольшой шум. Последовательность несущих частот была псевдослучайной, известной только передатчику и приемнику. Попытка подавления сигнала в каком-то узком диапазоне также не слишком ухудшала сигнал, так как подавлялась только небольшая часть информации.



Последовательность перестройки частот: F<sub>7</sub>-F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>-F<sub>1</sub>-F<sub>10</sub>-F<sub>6</sub>-F<sub>2</sub>-F<sub>8</sub>-F<sub>5</sub>-F<sub>9</sub>-F<sub>7</sub>

# Расширение спектра скачкообразной перестройкой частоты

В течение фиксированного интервала времени передача ведется на неизменной несущей частоте. На каждой несущей частоте для передачи дискретной информации применяются стандартные методы модуляции, такие как FSK или PSK. Для того чтобы приемник синхронизировался с передатчиком, для обозначения начала каждого периода передачи в течение некоторого времени передаются синхробиты. Так что полезная скорость этого метода кодирования оказывается меньше из-за постоянных накладных расходов на синхронизацию.

Несущая частота меняется в соответствии с номерами частотных подканалов, вырабатываемых алгоритмом псевдослучайных чисел. Псевдослучайная последовательность зависит от некоторого параметра, который называют *начальным* числом. Если приемнику и передатчику известны алгоритм и значение начального числа, то они меняют частоты в одинаковой последовательности, называемой последовательностью псевдослучайной перестройки частоты.

# Медленное и быстрое расширение спектра

Если частота смены подканалов ниже, чем скорость передачи данных в канале, то такой режим называют *медленным расширением спектра*; в противном случае мы имеем дело с *быстрым расширением спектра*.

Метод быстрого расширения спектра более устойчив к помехам, поскольку узкополосная помеха, которая подавляет сигнал в определенном подканале, не приводит к потере бита, так как его значение повторяется несколько раз в различных частотных подканалах. В этом режиме не проявляется эффект межсимвольной интерференции, потому что ко времени прихода задержанного вдоль одного из путей сигнала система успевает перейти на другую частоту.

Метод медленного расширения спектра таким свойством не обладает, но зато он проще в реализации и сопряжен с меньшими накладными расходами.

# Прямое последовательное расширение спектра (Direct Sequence Spread Spectrum - DSSS)

В методе прямого последовательного расширения спектра также используется весь частотный диапазон, выделенный для одной беспроводной линии связи. В отличие от метода FHSS, весь частотный диапазон занимает не за счет постоянных переключений с частоты на частоту, а за счет того, что каждый бит информации заменяется  $N$ -битами, так что тактовая скорость передачи сигналов увеличивается в  $N$  раз. А это, в свою очередь, означает, что спектр сигнала также расширяется в  $N$  раз. Достаточно соответствующим образом выбрать скорость передачи данных и значение  $N$ , чтобы спектр сигнала заполнил весь диапазон.

Цель кодирования методом DSSS та же, что и методом FHSS, - повышение устойчивости к помехам. Узкополосная помеха будет искажать только определенные частоты спектра сигнала, так что приемник с большой степенью вероятности сможет правильно распознать передаваемую информацию.

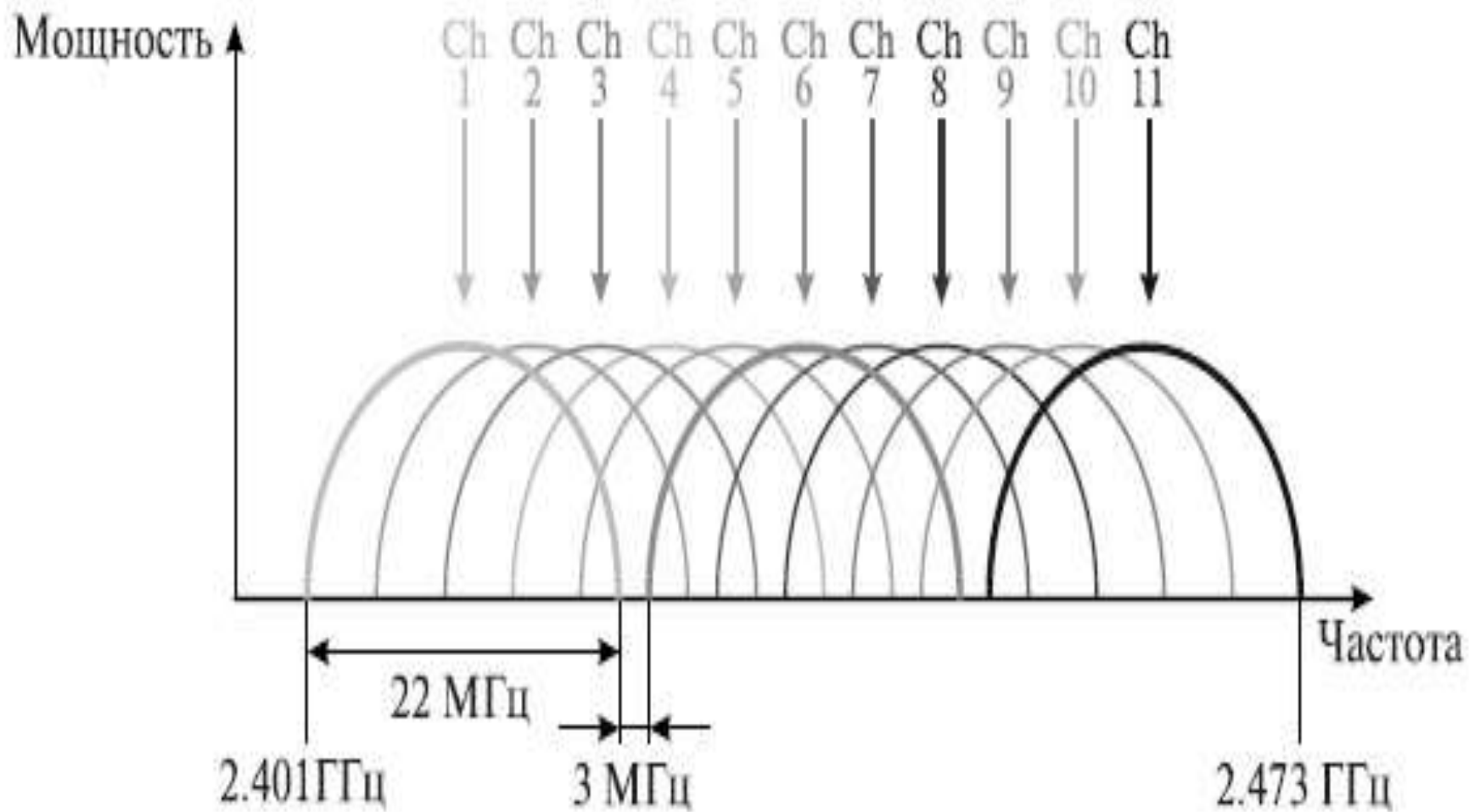
# Расширяющая последовательность

Код, которым заменяется двоичная единица исходной информации, называется *расширяющей последовательностью*, а каждый бит такой последовательности - чипом.

Соответственно, скорость передачи результирующего кода называют *чиповой* скоростью. Двоичный ноль кодируется инверсным значением расширяющей последовательности. Приемники должны знать расширяющую последовательность, которую использует передатчик, чтобы понять передаваемую информацию.

Количество битов в расширяющей последовательности определяет коэффициент расширения исходного кода. Как и в случае FHSS, для кодирования битов результирующего кода может использоваться любой вид модуляции, например FSK.

Чем больше коэффициент расширения, тем шире спектр результирующего сигнала и выше степень подавления помех. Но при этом растет занимаемый каналом диапазон спектра. Обычно коэффициент расширения имеет значение от 10 до 100.



# стандарт 802.11

Исходный стандарт 802.11 определяет три метода передачи на физическом уровне:

- Передача в диапазоне инфракрасных волн.
- Технология расширения спектра путем скачкообразной перестройки частоты (FHSS) в диапазоне 2,4 ГГц.
- Технология широкополосной модуляции с расширением спектра методом прямой последовательности (DSSS) в диапазоне 2,4 ГГц.



# Беспроводная среда

Беспроводная среда образуется совокупностью радиоканалов, сгруппированных в несколько частотных диапазонов.

Три частотных диапазона: 900 МГц, 2,4 ГГц и 5 ГГц рекомендованы ITU для использования в промышленности, науке и медицине (Industrial, Scientific, Medical – ISM) и не требуют лицензирования.

# Борьба с ошибками

Существует три наиболее распространенных орудия борьбы с ошибками в процессе передачи данных:

- коды обнаружения ошибок;
- коды с коррекцией ошибок, называемые также схемами прямой коррекции ошибок (Forward Error Correction - FEC);
- протоколы с автоматическим запросом повторной передачи (Automatic Repeat Request - ARQ).

# Стандарт IEEE 802.11b

Технология Wi-Fi – беспроводной аналог стандарта Ethernet, на основе которого сегодня построена большая часть офисных компьютерных сетей.

Он был зарегистрирован в 1999

Wireless Fidelity – обозначает стандарт беспроводной (радио) связи, который объединяет несколько протоколов и имеет официальное наименование IEEE 802.11

IEEE 802.11b, определяющий функционирование беспроводных сетей, в которых для передачи данных используется диапазон частот от 2,4 до 2.4835 Гигагерца и обеспечивается максимальная скорость 11 Мбит/сек. Максимальная дальность передачи сигнала в такой сети составляет 100 метров, однако на открытой местности она может достигать и больших значений (до 300-400 м).

# Контроллеры доступа

- **Аутентификация.** Большинство контроллеров доступа используют для аутентификации пользователей встроенную базу данных, однако некоторые предлагают осуществлять для этого взаимодействие с внешним сервером аутентификации, таким как *Служба удаленной аутентификации пользователей по телефонной сети (Remote Authentication Dial-In User Service, RADIUS)* и используют *Облегченный протокол службы каталогов (Lightweight Directory Access Protocol, LDAP)*. Для небольших частных сетей подойдет внутренняя база данных. На предприятиях лучшие результаты достигаются при использовании внешних и централизованных серверов аутентификации.
- **Шифрование.** Некоторые контроллеры доступа обеспечивают шифрование данных, передаваемых от клиента к серверу и обратно, используя при этом такой распространенный метод, как **IPSec**. Это обеспечивает дополнительную защиту по сравнению с той, которую дают методы, регламентированные стандартами на беспроводные сети. Некоторые из этих особенностей реализуются Web-браузерами.


# Контроллеры доступа (функции)

- Роуминг через подсети.** Для поддержания роуминга из одной сети в другую контроллеры доступа обеспечивают роуминг через *подсети (subnets)* без необходимости проведения реаутентификации в системе. В результате пользователь может без перерывов пользоваться сетевыми приложениями, даже если он перемещается по зданию. Это особенно полезно для обширных сетей, когда доступ к сети отдельного пользователя приходится обеспечивать через несколько подсетей.
- **Управление пропускной способностью.** Поскольку пользователи совместно используют полосу пропускания беспроводной сети, важно иметь механизм, не позволяющий отдельным пользователям использовать всю пропускную способность сети. Контроллеры доступа обеспечивают подобную форму управления пропускной способностью за счет назначения профилей пользователей, основанных на требуемых уровнях качества связи. Профиль регламентирует типы предоставляемых услуг, таких как просмотр Web-страниц, электронная почта и потоковое видео, а также ограничения характеристик. Например, неподписанный на сервисы сети визитер, пытающийся воспользоваться услугами общедоступной беспроводной локальной сети, может быть классифицирован как имеющий профиль "визитера", доступ которому может быть разрешен только к информации "горячей" точки. Но абонент может получить и другие права доступа, позволяющие ему использовать широкополосное Internet-соединение

# Варианты стандартов

Помимо 802.11b существуют еще беспроводной стандарт 802.11a, использующий частоту 5 ГГц и обеспечивающий максимальную скорость 54 Мбит/с, а также 802.11g, работающий на частоте 2,4 ГГц и тоже обеспечивающий 54 Мбит/с. Однако, из-за меньшей дальности, значительно большей вычислительной сложности алгоритмов и высокого энергопотребления эти технологии пока не получили большого распространения. Кроме того, в данное время ведется разработка стандарта 802.11n, который в обозримом будущем сможет обеспечить скорости до 320 Мбит/с.

Применяемый вид модуляции – OFDM. Устройства стандарта 802.11a не могут взаимодействовать с устройствами стандарта 802.11b и 802.11g, поскольку последние работают в диапазоне 2,4 ГГц.



В настоящее время устройства стандарта 802.11b и 802.11g получили широкое распространение. Устройства стандарта 802.11b функционируют в частотном диапазоне 2,4 ГГц и характеризуются скоростью передачи до 11 Мбит/с; вид модуляции – DSSS.

Устройства стандарта 802.11g являются совместимыми с устройствами 802.11b, поскольку работают в том же частотном диапазоне 2,4 ГГц. В устройствах этого стандарта может использоваться как техника модуляции OFDM, так и DSSS. При технике модуляции OFDM скорость передачи данных такая же, как в устройствах стандарта 802.11a (до 54 Мбит/с). При технике модуляции DSSS скорость передачи данных – до 11 Мбит/с. В настоящее время разработаны точки доступа, которые позволяют устройствам стандартов 802.11b и 802.11a сосуществовать в одной беспроводной сети WLAN. Точка доступа предоставляет услуги шлюза ( *gateway* ) для связи устройств двух разных стандартов. Более низкий частотный диапазон увеличивает расстояние передачи и улучшает распространение радиоволн внутри зданий по сравнению с 802.11a.

# Применение Wi-Fi

Подобно традиционным проводным технологиям, Wi-Fi обеспечивает доступ к серверам, хранящим базы данных или программные приложения, позволяет выйти в Интернет, распечатывать файлы и т. д. Но при этом компьютер, с которого считывается информация, не нужно подключать к компьютерной розетке.

Достаточно разместить его в радиусе 300 м от так называемой точки доступа (Wireless Access Point – **WAP**) – Wi-Fi-устройства, выполняющего примерно те же функции, что обычная офисная АТС.

Wi-Fi-технология позволяет решить три важных задачи:

- упростить общение с мобильным компьютером;
- обеспечить комфортные условия для работы деловым партнерам, пришедшим в офис со своим ноутбуком,
- создать локальную сеть в помещениях, где прокладка кабеля невозможна или чрезмерно дорога.




# Точка доступа

Ядром беспроводной сети Wi-Fi является так называемая точка доступа (Access Point), которая подключается к какой-либо наземной сетевой инфраструктуре (например, офисной Ethernet-сети) и обеспечивает передачу радиосигнала. Обычно точка доступа состоит из приёмника, передатчика, интерфейса для подключения к проводной сети и программного обеспечения для обработки данных. После подключения вокруг точки доступа образуется территория радиусом 50-100 метров (её называют хот-спотом или зоной Wi-Fi), на которой можно пользоваться беспроводной сетью.

## Параметры стандартов Wi-Fi беспроводной среды передачи

Стандарт (частотный диапазон)	Скорость передачи, Мбит/с	Типовое значение, Мбит/с	Макс. значение, Мбит/с
802.11a (5 ГГц)	54	20-26	108
802.11b (2.4 ГГц)	11	2-4	11
802.11g (2.4 ГГц)	54	20-26	108
802.11n (2.4, 5 ГГц)	100		210



В соответствии со стандартами IEEE 802 канальный уровень в локальных сетях состоит из двух подуровней - LLC и MAC (*Media Access Control* — управление доступом к среде). Стандарт FDDI не вводит свое определение подуровня LLC, а использует его сервисы, описанные в документе IEEE 802.2 LLC.

Подуровень MAC выполняет в технологии FDDI следующие функции:

Поддерживает сервисы для подуровня LLC;

Формирует кадр определенного формата;

Управляет процедурой передачи токена;

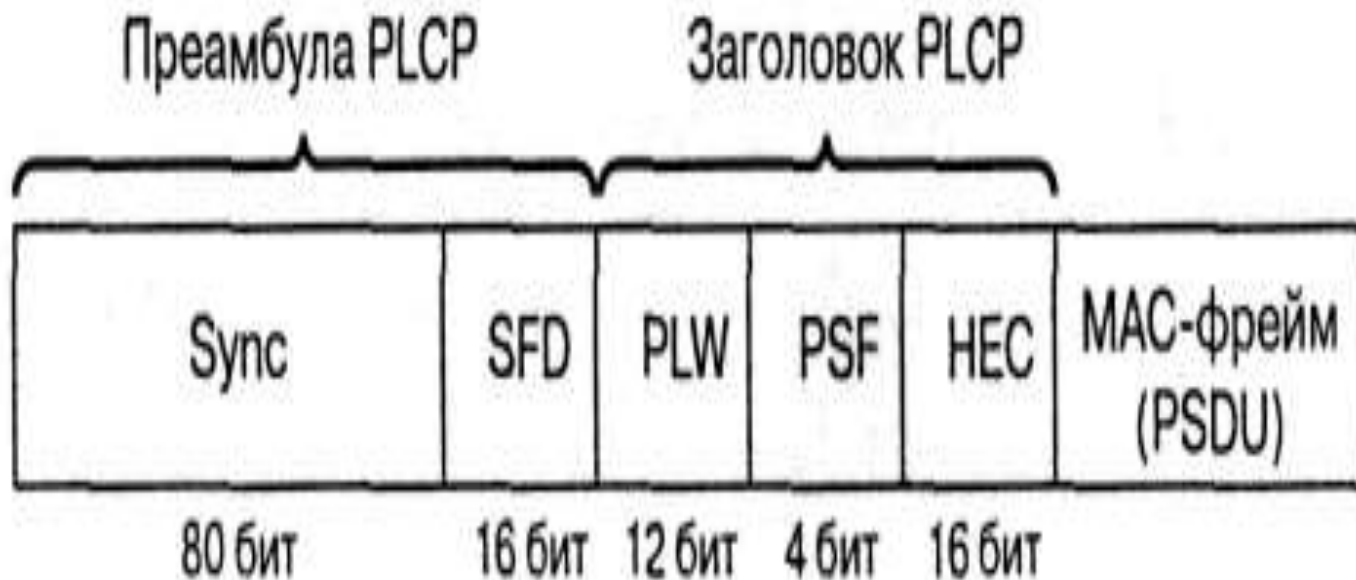
Управляет доступом станции к среде;

Адресует станции в сети;

И др.

# FHSS

После того как уровень MAC пропускает MAC-фрейм, который в локальных беспроводных сетях FHSS называется также служебным элементом данных PLCP, или PSDU (PLCP Service Data Unit), подуровень PLCP добавляет два поля в начало фрейма, чтобы сформировать таким образом фрейм PPDU (PPDU - элемент данных протокола PLCP).





Преамбула PLCP состоит из двух подполей:

*Подполе Sync размером 80 бит.* Строка, состоящая из чередующихся 0 и 1, начинается с 0. Приемная станция использует это поле, чтобы принять решение о выборе антенны при наличии такой возможности, откорректировать уход частоты (frequency offset) и синхронизировать распределение пакетов (packet timing).

*Подполе флага начала фрейма (Start of Frame Delimiter, SFD) размером 16 бит.* Состоит из специфической строки (0000 1100 1011 1101, крайний слева бит первый) в обеспечение синхронизации фреймов (frame timing) для приемной станции.



Заголовок фрейма PLCP состоит из трех подполей:

*Слово длины служебного элемента данных PLCP (PSDU), PSDU Length Word (PLW) размером 12 бит.* Указывает размер фрейма MAC (PSDU) в октетах.

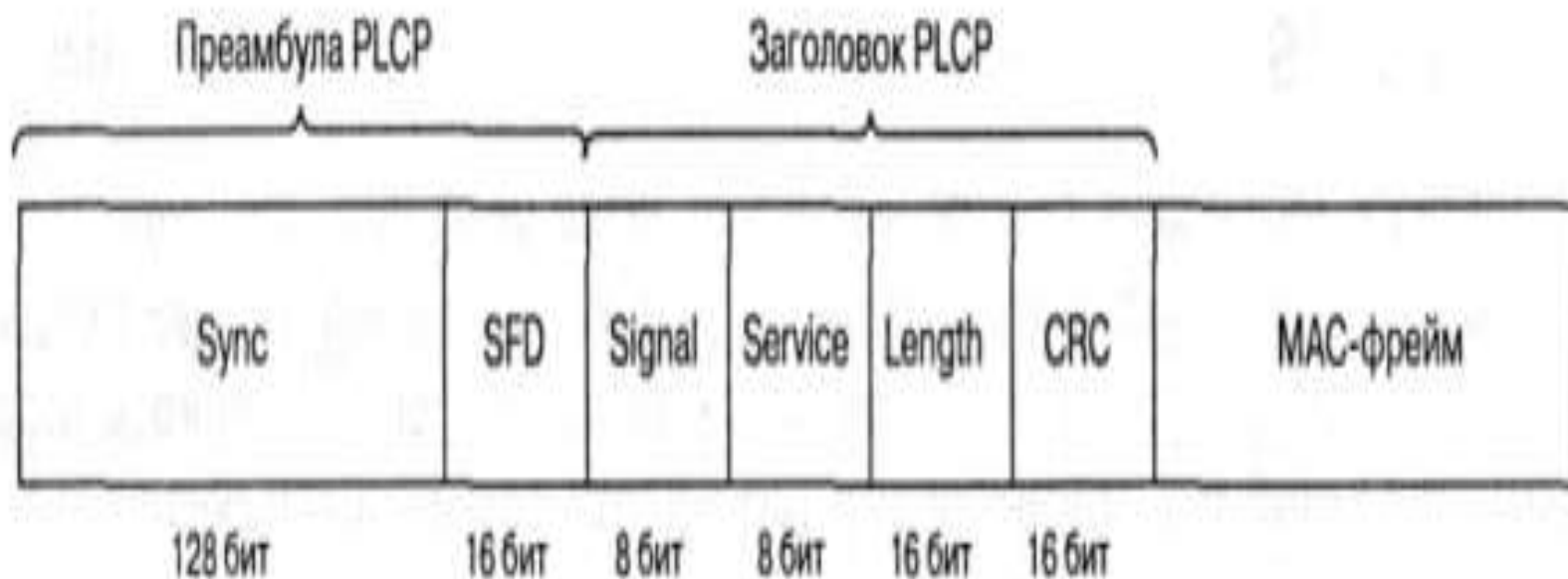
*Сигнальное поле PLCP (Signaling Field PLCP - PSF) размером 4 бит.*

Указывает скорость передачи данных конкретного фрейма.

*HEC (Header Error Check).* Контрольная сумма фрейма.

# DSSS

Аналогично подуровню PLCP, используемому в технологии FHSS, подуровень PLCP технологии DSSS стандарта 802.11 добавляет два поля во фрейм MAC, чтобы сформировать PPDU: преамбулу PLCP и заголовок PLCP





Преамбула PLCP состоит из двух подполей:

*Подполе Sync шириной 128 бит, представляющее собой строку, состоящую из единиц.* Задача этого подполя - обеспечить синхронизацию для приемной станции.

*Подполе SFD шириной 16 бит;* в нем содержится специфичная строка 0xF3A0; его задача - обеспечить тайминг (timing) для приемной станции.

Заголовок PLCP состоит из четырех подполей:

*Подполе Signal шириной 8 бит, указывающее тип модуляции и скорость передачи для данного фрейма.*

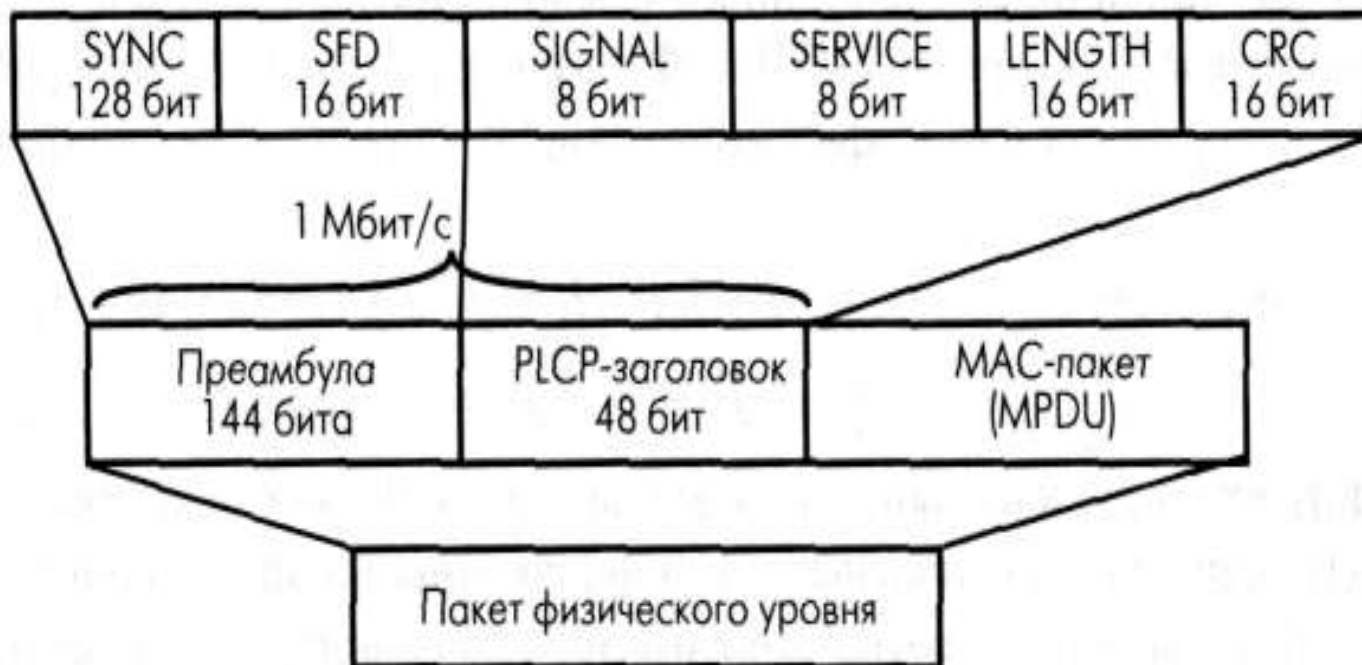
*Подполе Service шириной 8 бит зарезервировано.* Это означает, что во время разработки спецификации стандарта оно осталось неопределенным; предполагается, что оно пригодится в будущих модификациях стандарта.

*Подполе Length шириной 16 бит, указывающее количество микросекунд (из диапазона 16-216 \_ 1), необходимое для передачи части MAC-фрейма.*

*Подполе CRC.* 16-битная контрольная сумма.

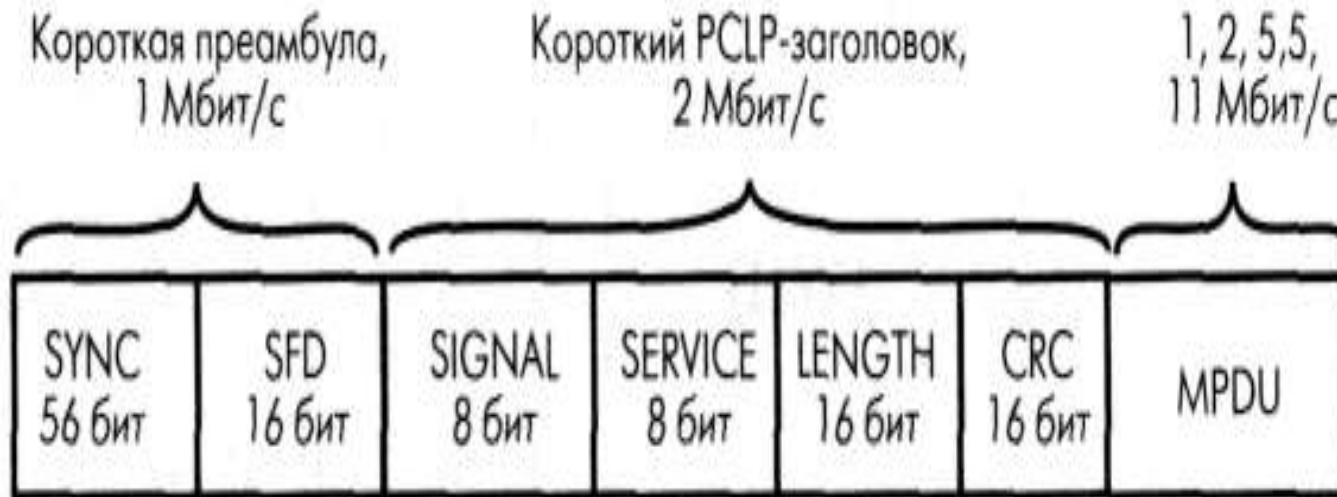


# . Структура кадров сети IEEE 802.11b физического уровня



# Короткий заголовок кадров сети 802.11b

В стандарте IEEE 802.11b предусмотрено два типа заголовков: длинный и короткий



# Перспективы развития технологии Wi-Max


Intel.

WiMAX – очень перспективное направление в развитии беспроводных технологий. Характеристики технологии WiMAX во многом превосходят стандарт IEEE 802.11.

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), стандарт IEEE 802.16.

WiMAX-форум: <http://www.wimaxforum.org> на базе рабочей группы IEEE 802.16, созданной в 1999 году. В форум вошли такие фирмы, как Nokia, Harris Corporation, Ensemble, Crossspan и Aperto.

существует несколько режимов работы стандарта IEEE 802.16




Цель технологии WiMAX заключается в том, чтобы предоставить универсальный беспроводной доступ для широкого спектра устройств (рабочих станций, бытовой техники "умного дома", портативных устройств и мобильных телефонов) и их логического объединения - локальных сетей.

По сравнению с проводными (xDSL или широкополосным), беспроводными или спутниковыми системами сети WiMAX должны позволить операторам и сервис-провайдерам экономически эффективно охватить не только новых потенциальных пользователей, но и расширить спектр информационных и коммуникационных технологий для пользователей, уже имеющих фиксированный (стационарный) доступ.

Стандарт объединяет технологии уровня оператора связи (для объединения многих подсетей и предоставления им доступа к Internet), а также технологии "последней мили" (конечного отрезка от точки входа в сеть провайдера до компьютера пользователя), что создает универсальность и, как следствие, повышает надежность системы.

Беспроводные технологии более гибки и, как следствие, проще в развертывании, так как по мере необходимости могут масштабироваться.



Простота установки как фактор уменьшения затрат на развертывание сетей в развивающихся странах, малонаселенных или удаленных районах.

Дальность охвата является существенным показателем системы радиосвязи. На данный момент большинство беспроводных технологий широкополосной передачи данных требуют наличия прямой видимости между объектами сети. WiMAX благодаря использованию технологии OFDM создает зоны покрытия в условиях отсутствия прямой видимости от клиентского оборудования до базовой станции, при этом расстояния исчисляются километрами.

Технология WiMAX изначально содержит протокол IP, что позволяет легко и прозрачно интегрировать ее в локальные сети.

Технология WiMAX подходит для фиксированных, перемещаемых и подвижных объектов сетей на единой инфраструктуре.

# Дополнительная литература

Семейство стандартов IEEE 802.15 Bluetooth (IEEE 802.15.1)

Ljudmila Bakarajeva

[http://www.lr.ttu.ee/standardid/2007kevad/seminarid/IEEE802.15\\_bakarajeva.pdf](http://www.lr.ttu.ee/standardid/2007kevad/seminarid/IEEE802.15_bakarajeva.pdf)

А. Рестович, И. Стоян, И. Чубич: Bluetooth® технология  
беспроводной связи и ее применение

[http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br\\_1\\_2005\\_RU/4\\_bluetooth.pdf](http://www.ericsson.com/hr/etk/revija/Br_1_2005_RU/4_bluetooth.pdf)

# Дифференциальная фазовая модуляция (DPSK)

