

Стандарт IEEE 802.11b

- 1 . Частотный план стандарта 802.11b
2. Метод расширения спектра с использованием комплементарных кодов
3. Packetное бинарное сверточное кодирование в стандарте 802.11b
3. Обобщенные характеристики стандарта 802.11b

Особенности физического уровня стандарта 802.11b

1. Отказ от неэффективного метода расширения спектра FHSS
2. Обеспечение частичной совместимости с базовым стандартом 802.11
3. Изменение принципов прямого расширения спектра DSSS, обеспечивающих повышение пропускной способности

Частотный план стандарта 802.11b

Стандартом предусмотрено использование частотного диапазона от 2,4 до 2,4835 ГГц, который предназначен для безлицензионного использования в промышленности, науке и медицине (Industry, Science and Medicine, ISM).

| Канал | Центральная частота (ГГц) |
|-------|---------------------------|
| 1 | 2,412 |
| 2 | 2,417 |
| 3 | 2,422 |
| 4 | 2,427 |
| 5 | 2,432 |
| 6 | 2,437 |
| 7 | 2,442 |
| 8 | 2,447 |
| 9 | 2,452 |
| 10 | 2,457 |
| 11 | 2,462 |
| 12 | 2,467 |
| 13 | 2,472 |

Каждый канал занимает полосу частот 20 МГц, поэтому в этом диапазоне невозможна одновременная работа более чем 3-х каналов без взаимного перекрытия.

Комплементарные коды (Complementary Code Keying, ССК)

Для двух ССК-последовательностей равной длины сумма их автокорреляционных функций для любого циклического сдвига, отличного от нуля, всегда равна нулю. В стандарте IEEE 802.11b речь идёт о комплексных комплементарных последовательностях, содержащих элементы с четырьмя различными фазами, то есть о комплементарных последовательностях, определённых на множестве комплексных элементов $\{1, -1, j, -j\}$.

Комплементарные 8-чиповые комплексные последовательности образуются по следующей формуле:

$$\{e^{j(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3 + \varphi_4)}, e^{j(\varphi_1 + \varphi_3 + \varphi_4)}, e^{j(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_4)}, -e^{j(\varphi_1 + \varphi_4)}, e^{j(\varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3)}, e^{j(\varphi_1 + \varphi_3)}, -e^{j(\varphi_1 + \varphi_2)}, e^{j\varphi_1}\}$$

Значения фаз определяются последовательностью входных битов, причём значение φ_1 выбирается по первому дибиту, φ_2 - по второму, φ_3 - по третьему и φ_4 - по четвёртому

Комплементарные коды (Complementary Code Keying, ССК)

Для передачи со скоростью 5,5 Мбит/с, нужно сгруппировать поток битов в блоки по 4 бита (b_0, b_1, b_2 и b_3). Последние два бита (b_2 и b_3) используются для выбора одной из 8 комплексных последовательностей (табл. 3.2), где $\{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8\}$ – ССК.

Таблица 3.2. Последовательность чипов ССК

| (b_2, b_3) | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 | C_5 | C_6 | C_7 | C_8 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 00 | j | 1 | j | -1 | j | 1 | -1 | 1 |
| 01 | $-j$ | -1 | $-j$ | 1 | j | 1 | $-j$ | 1 |
| 10 | $-j$ | 1 | $-j$ | -1 | $-j$ | 1 | j | 1 |
| 11 | j | -1 | j | 1 | $-j$ | 1 | j | 1 |

| (b0,b1) | Изменение фазы | Изменение фазы |
|---------|-----------------|-------------------|
| | четных символов | нечетных символов |
| 00 | 0 | π |
| 01 | $\pi / 2$ | $-\pi / 2$ |
| 11 | π | 0 |
| 10 | $-\pi / 2$ | $\pi / 2$ |

Комплементарные коды (Complementary Code Keying, CCK)

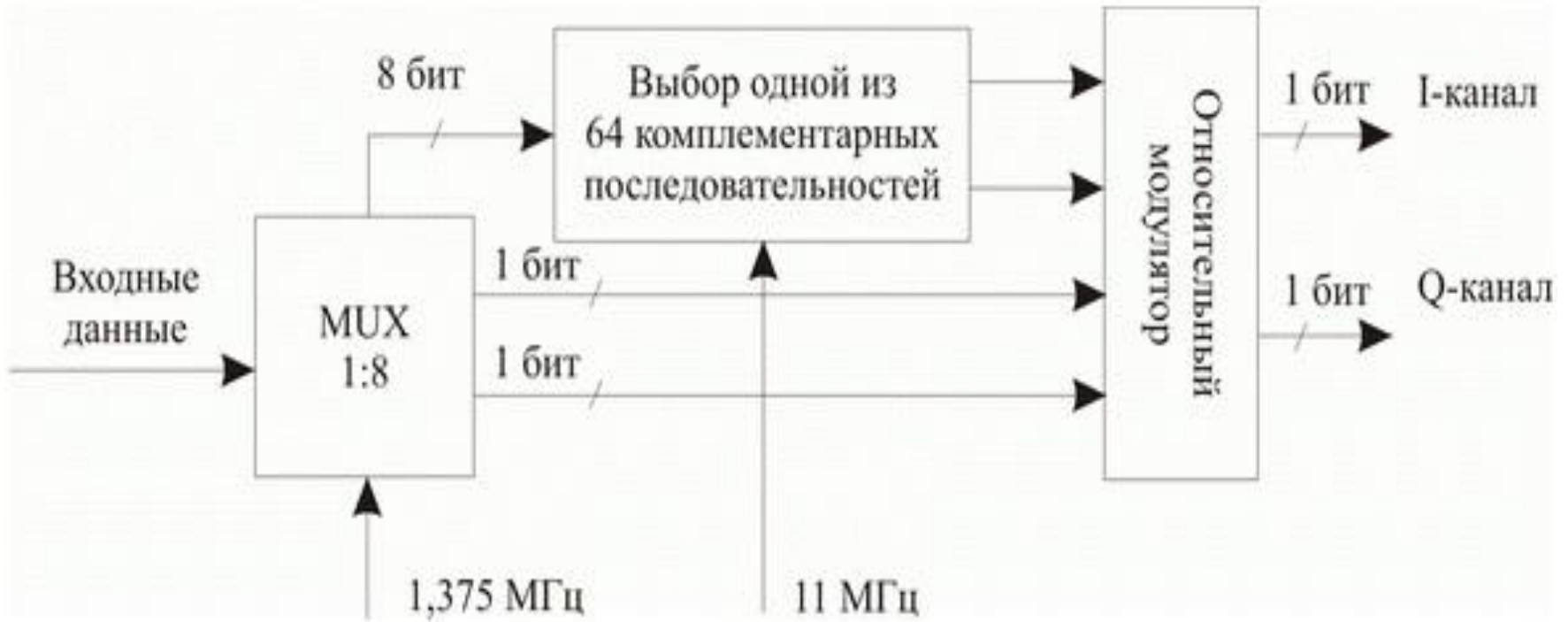
Чтобы передавать данные со скоростью 11 Мбит/с, последовательность битов PSDU разбивается на группы по 8 символов. Последние 6 битов выбирают одну последовательность, состоящую из 8 комплексных чипов, из числа 64 возможных последовательностей, почти так же, как использовались биты (b2, b3) для выбора одной из четырех возможных последовательностей. Биты (b0, b1) используются так же, как и при модуляции CCK на скорости 5,5 Мбит/с для вращения фазы последовательности и дальнейшей модуляции на подходящей несущей частоте.

Достоинство CCK-модуляции?

Чипы символа определяются на основе последовательностей Уолша-Адамара. Эти последовательности хорошо изучены, обладают отличными автокорреляционными свойствами. Это очень полезное свойство при борьбе с переотраженными сигналами.

Нетрудно заметить, что теоретическое операционное усиление CCK-модуляции - 3 дБ (в два раза), поскольку без кодирования QPSK-модулированный сигнал с частотой 11 Мбит/с обеспечивает скорость передачи 22 Мбит/с.

Блок-схема СКК-модулятора



На практике важно не только операционное усиление. Существенную роль играет и равномерность распределения символов в фазовом пространстве - они должны как можно дальше отстоять друг от друга, чтобы минимизировать ошибки их детектирования. И с этой точки зрения СКК-модуляция не выглядит оптимальной, ее реальное операционное усиление не превышает 2 дБ.

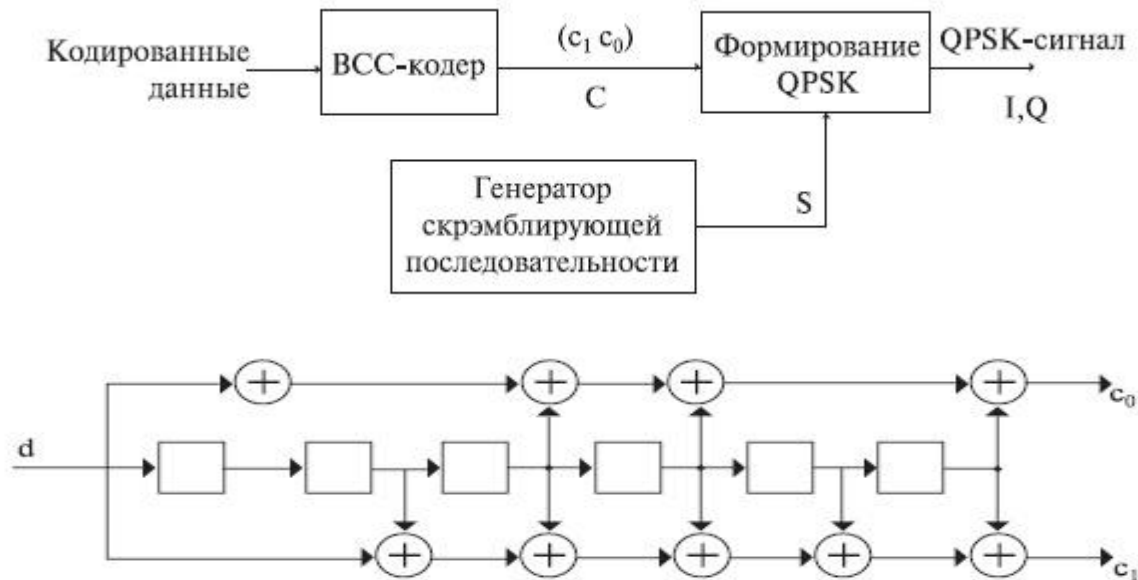
Пакетное бинарное сверточное кодирование

РВСС (Packet Binary Convolutional Coding)

Наряду с ССК изначально прорабатывался другой способ модуляции - пакетное бинарное сверточное кодирование РВСС (Packet Binary Convolutional Coding).

Этот метод вошел в стандарт IEEE 802.11b как дополнительная (необязательная) опция.

Механизм РВСС позволяет добиваться в сетях IEEE 802.11b пропускной способности 5,5, 11 и 22 Мбит/с

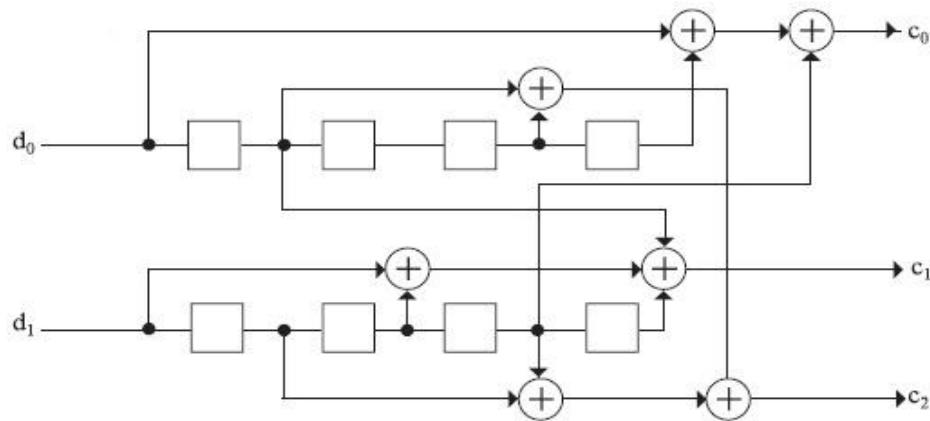


Для скоростей 5,5 и 11 Мбит/с поток информационных битов поступает в шестизрядный сдвиговый регистр с сумматорами. В начальный момент времени все триггеры сдвигового регистра инициализируют нулем. В результате каждый исходный бит d заменяется двумя битами кодовой последовательности (c_0, c_1) . При скорости 11 Мбит/с c_0 и c_1 задают один символ четырехпозиционной QPSK-модуляции.

Пакетное бинарное сверточное кодирование

РВСС (Packet Binary Convolutional Coding)

У шестиразрядного сдвигового регистра, применяемого в РВСС для скоростей 11 и 5,5 Мбит/с, 64 возможных выходных состояния. Так что при модуляции РВСС информационные биты в фазовом пространстве оказываются гораздо дальше друг от друга, чем при ССК-модуляции. Поэтому РВСС и позволяет при одном и том же соотношении "сигнал-шум" и уровне ошибок вести передачу с большей скоростью, чем в случае ССК. Однако плата за более эффективное кодирование - сложность аппаратной реализации данного алгоритма



Для скорости 22 Мбит/с схема кодирования усложняется : три кодовых бита (c_0 - c_2) определяют один символ в 8-позиционной 8-PSK-модуляции.

Скорости передачи данных в стандарте 802.11b

| Тип модуляции | Расширяющая последовательность | Бит на символ | Скорость модуляции, Мбод | Скорость передачи, Мбит/с |
|---------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|---------------------------|
| DBPSK | 11-элементный код Баркера | 1 | 1 | 1 |
| DQPSK | 11-элементный код Баркера | 2 | 1 | 1 |
| DBPSK | 8-элементная ССК | 4 | 1,375 | 5,5 |
| DQPSK | 8-элементная ССК | 8 | 1,375 | 11 |

Современные приложения и объёмы передаваемых по сети данных нередко требуют большей пропускной способности, чем может предложить стандарт 802.11b