

УДК 004

**Баранник В.В.,  
Капуста С.А.**

## **МЕТОД ОЦЕНКИ ОБЪЕМА СЛУЖЕБНЫХ ДАННЫХ, ФОРМИРУЕМЫХ НА КАНАЛЬНОМ УРОВНЕ БЕСПРОВОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ СТАНДАРТА IEEE 802.11**

*В статье обосновываются характеристики, влияющие на скорость передачи данных в Wi-Fi. Излагаются этапы оценивания количества бит служебной информации, добавляемой в процессе передачи данных, с использованием технологии RadioEthernet 802.11. Показывается, что объем служебных данных существенно влияет на снижение скорости доставки информации при передаче по беспроводным радиоканалам связи для различных стандартов IEEE 802.11.*

**Ключевые слова:** скорость передачи данных, Wi-Fi, служебная информация, беспроводные радиоканалы связи.

*У статті обґрунтовуються характеристики, що впливають на швидкість передачі даних у Wi-Fi. Викладаються етапи оцінювання кількості біт службової інформації, що додається в процесі передачі даних, з використанням технології RadioEthernet 802.11. Показується, що обсяг службових даних істотно впливає на зниження швидкості доставки інформації при передачі по бездротових радіоканалах зв'язку для різних стандартів IEEE 802.11.*

**Ключові слова:** швидкість передачі даних, Wi-Fi, службова інформація, безпроводні радіоканали зв'язку.

*In article the characteristics, influencing the speed of data transmission in Wi-Fi, are proved. Stages of an estimation of a quantity of bits of the ordering information, added in the course of data transmission, with use of RadioEthernet 802.11 technology, are stated. It is shown that ordering data level essentially influences the decrease in speed of the information delivering in wireless radio channels of communication for various standards IEEE 802.11.*

**Keywords:** speed of data transmission, Wi-Fi, ordering information, wireless radio channels of communication.

Увеличение скорости обмена информацией способствовало развитию беспроводных систем связи на "домашнем" уровне. Персональные компьютеры и ноутбуки, сотовые телефоны, CD- и MP3-плееры, цифровые фото- и видеокамеры и масса других цифровых устройств, часто подсоединяемых друг к другу и к стационарным компьютерам, создали проблему их связи.

Проводные технологии обладают рядом следующих недостатков:

- большое время на развертывание связи;
- невозможность установки связи в некоторых регионах (например горная местность, впадины);

– большие затраты на кабель.

Оборудование Wi-Fi технологии делится на две составляющих: клиент и точка доступа. На месте первого составляющего Wi-Fi технологии – клиента может быть различная бытовая техника, поддерживающая функцию Wi-Fi технологии. Точка доступа – это главная часть, ведь от неё требуется выполнение массы операций, таких как: радиопередача, связь, регулировка трафика и обработка всевозможных данных.

Так как стандарт 802.11 использует совершенно иной принцип передачи бит нежели в проводных сетях связи, то адаптация скоростей в данном стандарте определена граничными значениями 2, 11, 54, 150 Мбит/с для каждого стандарта соответственно. Данный аспект характеризуется физикой процесса передачи данных в беспроводных сетях связи на этапе формирования битового потока данных, модуляции и взаимодействия базовых протоколов. Фактически это является отличительной особенностью стандарта от проводных технологий передачи 802.3.

Как и в любом стандарте передачи информации, под реализуемой скоростью подразумевают скорость передачи бит на канальном уровне с учетом служебной информации и без учета ошибочных соединений, повторений пакетов сообщений и многопользовательского доступа.

Поэтому целью работы является оценивание объемов служебной информации в процессе передачи данных в технологии Wi-Fi.

#### Оценка объема служебных данных протокола канального уровня стандарта IEEE 802.11.

В стандарте 802.11 рассматриваются два нижних уровня модели взаимодействия открытых систем (OSI): физический и канальный (Data Link Layer). Канальный уровень подразделяется на два подуровня. Верхний – Logical Link control (LLC) и нижний – Medium Access Control (MAC) – управление доступом к каналу (к среде передачи).

Обмен информацией в сетях происходит посредством отдельных кадров (frames). Фактически кадр формируется на MAC-уровне, на физическом уровне к нему добавляется заголовок физического уровня (PLCP). На MAC-уровень пакеты передаются от приложений верхнего уровня. Если их размер превышает максимально допустимый в 802.11, происходит *дефрагментация* – большой пакет разбивается на несколько меньших, которые передаются по специальной процедуре.

Кадры MAC-уровня могут быть 3-х типов: кадры данных, контрольные (ACK, RTS, CTS и т. п.) и кадры управления. Каждый MAC-кадр включает MAC-заголовок, поле данных (Frame Body) и контрольную сумму CRC. Общий вид кадра, а так-же размеры его составляющих представлен на рис. 1.

Размер полей в байтах

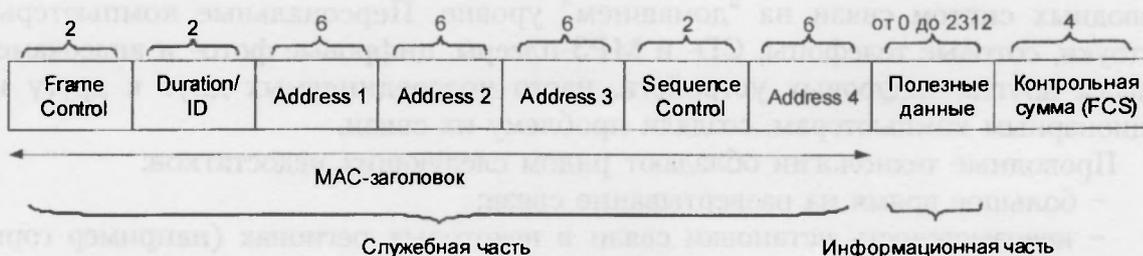


Рис. 1. Размер полей MAC-кадра

На рис.1 сделаны следующие обозначения:

Frame Body – поле данных, передается полная информация о версии протокола стандарта группы IEEE 802.11, типе кадра (контрольный, данных, управлени), системе защиты (тип шифрования) и т. д. (2 байта), обозначается как  $X_{fc}$ ;

Duration/ID – длительность (время за которое будет передан пакет, кадр) процедуры передачи пакета (2 байта), обозначается как  $X_{d/id}$ ;

Address 1-4 – четыре адресных поля необходимы, если пакеты передаются из подсети одной точки доступа в подсеть другой (по 6 байт в поле), обозначается как  $X_{addr}$ ;

Sequence Control – информация о последовательности связанных пакетов (пакеты принадлежащие одному типу информации), обозначается как  $X_{sc}$ ; Поле данных может быть различной длины или вовсе отсутствовать в контрольных кадрах (2 байта).

В общем виде MAC-кадр представляется в следующем образом:

$$X_{mac} = \{X_{fc}, X_{d/id}, X_{addr}, X_{sc}, X_{fcs}\},$$

где:

$X_{fc}$  – поле данных;

$X_{d/id}$  – поле длительности передачи пакета;

$X_{addr}$  – поле адреса;

$X_{sc}$  – поле информации о последовательности связанных пакетов;

$X_{fcs}$  – поле контрольной суммы.

В двоичном виде MAC-кадр имеет следующий вид:

$$[X]_2 = [X_{fc}]_2 + [X_{d/id}]_2 + [X_{addr}]_2 + [X_{sc}]_2 + [X_{fcs}]_2.$$

Объем MAC-кадра определяется по формуле:

$$W_{mac} = W_{mac,i} + W_{mac,r}$$

где:

$W_{mac}$  – размер MAC-кадра (2346 байт);

$W_{mac,i}$  – размер информационной части MAC-кадра (2312 байт);

$W_{mac,r}$  – размер служебной части MAC-кадра (34 байт).

Обобщенная функционально-структурная схема принципа формирования выходного сигнала в стандарте IEEE 802.11 представлена в следующем виде на рис. 2.

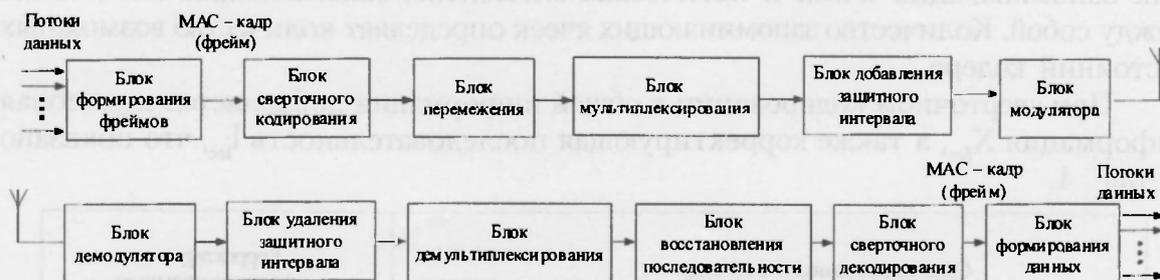


Рис.2. Общая схема формирования радиосигнала в стандарте IEEE 802.11

На первом этапе входной поток данных подвергается скремблированию. **Скремблирование** — это обратимое преобразование цифрового потока без изменения скорости передачи с целью получения свойств случайной последовательности. Под скремблированием понимается разновидность кодирования данных для передачи по каналам связи и хранения, улучшающая спектральные и статистические характеристики. Скремблирование производится посредством переумножения на псевдослучайную последовательность (ПСП) с циклом повторения 127. После скремблирования появление “1” и “0” в выходной последовательности равновероятны. Псевдослучайную последовательность формирует генератор с задающим полиномом  $G(x) = x^7 + x^4 + 1$  и начальным значением 1111111. Этап формирования скремблированного потока информации показано на рис. 3.

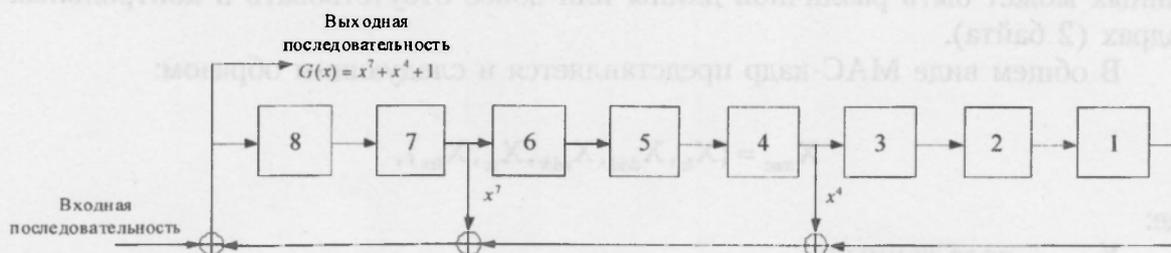


Рис 3. Формирование скремблированного потока информации

Формирование скремблированной последовательности происходит по mod2.

При передаче каждого пакета вектор инициализации генератора псевдослучайной последовательности может быть произвольным, но должен принадлежать ПСП. Приемник восстанавливает вектор инициализации, поскольку известно, что последние 7 бит поля данных (младшие биты поля SEVICE заголовка) перед скремблированием всегда равны нулю.

Вторым этапом является сверточное кодирование. Идея сверточного кодирования заключается в следующем. Входная последовательность информационных бит преобразуется в специальном сверточном кодере таким образом, чтобы каждому входному биту соответствовало более одного выходного. То есть сверточный кодер добавляет определенную избыточную информацию к исходной последовательности. Если, к примеру, каждому входному биту соответствует два выходных, то говорят о сверточном кодировании со скоростью  $r = 1/2$ . Если же каждым двум входным битам соответствует три выходных, то скорость сверточного кодирования будет составлять уже  $2/3$ .

Сверточный кодер строится на основе нескольких последовательно связанных запоминающих ячеек и логических элементов, связывающих эти ячейки между собой. Количество запоминающих ячеек определяет количество возможных состояний кодера.

При сверточном кодировании к общей информации добавляется служебная информация  $X_{\text{fec}}$ , а также корректирующая последовательность  $I_{\text{fec}}$ , что показано на рис. 4.

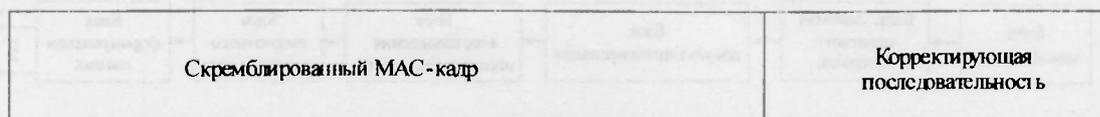


Рис. 4. Общий вид кадра после процедуры сверточного кодирования

Обозначение полей MAC-кадра после этапа сверточного кодирования приобретает следующий вид:

$$X_{fec}^{(2)} = \{X_{mac}^{skr}, X_{fec}\}$$

$$X_{fec}^{(2)} = \{X_{fc}, X_{d/id}, X_{addr}, X_{sc}, X_{fcs}, X_{fec}\},$$

где:

$X_{fec}^{(2)}$  – обозначение данных после этапа сверточного кодирования;

$X_{mac}^{skr}$  – обозначение данных после блока скремблирования;

$X_{fec}$  – служебная добавочная информация.

В двоичном виде эта информация представляется следующим образом:

$$[X_{fec}^{(2)}]_2 = [X_{fc}]_2 + [X_{d/id}]_2 + [X_{addr}]_2 + [X_{sc}]_2 + [X_{fcs}]_2 + [X_{fec}]_2.$$

Объем информации полученный после этапа сверточного кодирования представлен ниже:

$$W_{fec} = w_{mac\ i} + w_{mac\ r} + l_{fec},$$

где:

$W_{fec}$  – объем информации полученный после блока сверточного кодирования;

$l_{fec}$  – объем добавочной информации который зависит от скорости сверточного кодирования: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6.

При расчете добавочной информации после этапа сверточного кодирования были получены следующие результаты показанные в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета добавочной информации после этапа сверточного кодирования

Тип	Скорость передачи		Тип модуляции и	Скорость св. код.	$W_{mac}$ байт	$l_{fec}$ байт	$W_{fec}$ байт	% $W_{доб}$
802.11a	6		BPSK	1/2	2346	1173,0	3519,0	150
	9		BPSK	3/4	2346	1759,5	4105,5	175
	12		QPSK	1/2	-//-	1173,0	3519,0	150
	18		QPSK	3/4	-//-	1759,5	4105,5	175
	24		16-QAM	1/2	-//-	1173,0	3519,0	150
	36		16-QAM	3/4	-//-	1759,5	4105,5	175
	48		64-QAM	2/3	-//-	1564,0	3910,0	166,7
	54		64-QAM	3/4	-//-	1759,5	4105,5	175
802.11n	0,8мкс	0,4мкс						
	6,5	7,2	BPSK	1/2	-//-	1173,0	3519,0	150
	13	14,4	QPSK	1/2	-//-	1173,0	3519,0	150
	19,5	21,7	QPSK	3/4	-//-	1759,5	4105,5	175
	26	28,9	16-QAM	1/2	-//-	1173,0	3519,0	150
	39	43,3	16-QAM	3/4	-//-	1759,5	4105,5	175
	52	57,8	64-QAM	2/3	-//-	1564,0	3910,0	166,7
	58,5	65	64-QAM	3/4	-//-	1759,5	4105,5	175
65	72,2	64-QAM	5/6	-//-	1955,0	4301,0	183,3	

На рис. 5 и 6 изображены графики зависимости рассчитанных байт добавочной информации в зависимости от скорости передачи в стандартах 802.11a и 802.11n.

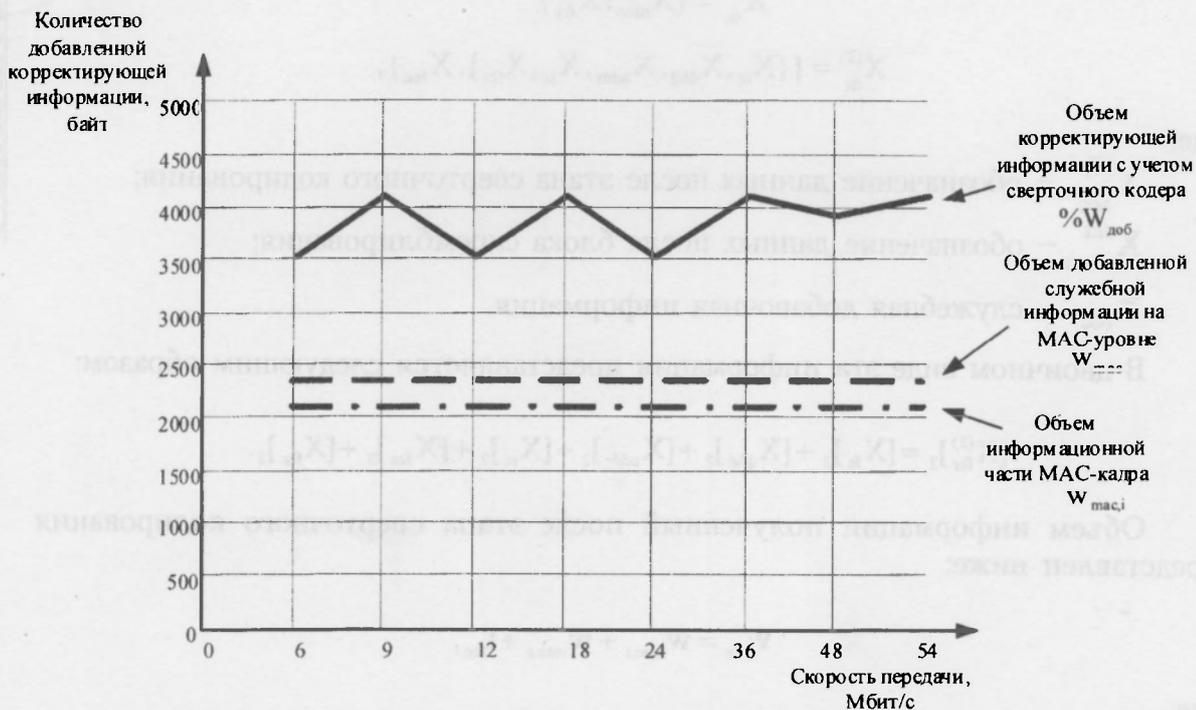


Рис. 5. График зависимости байт добавочной информации от скорости передачи в стандарте 802.11a

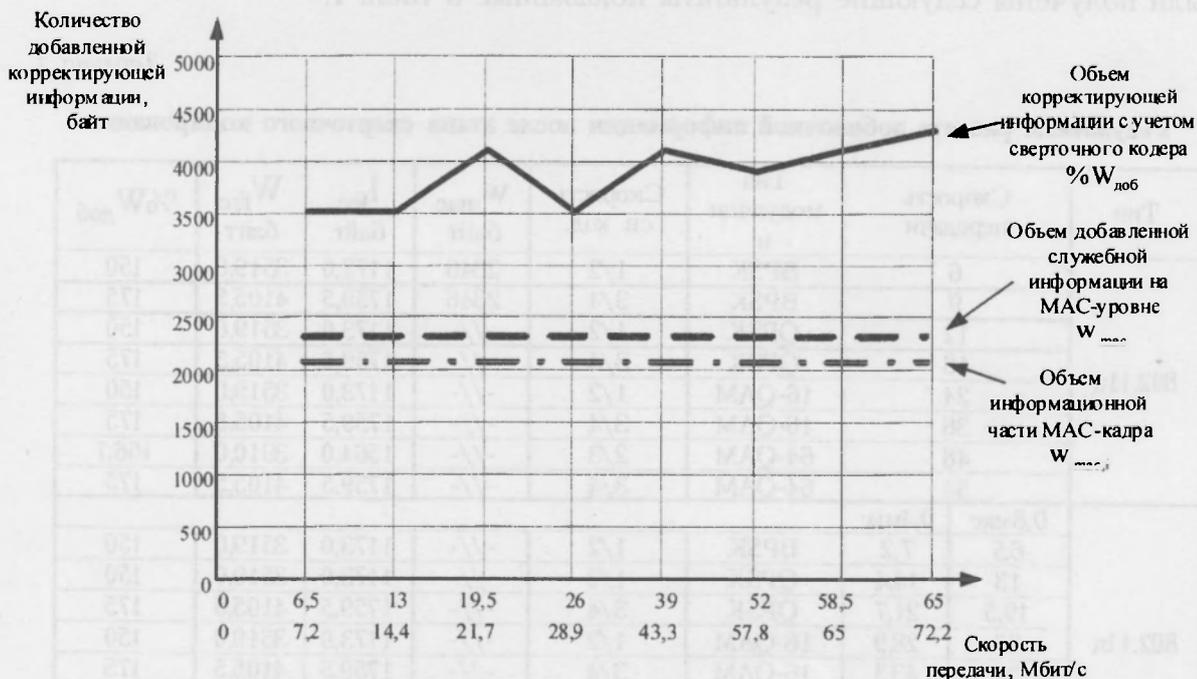


Рис. 6. График зависимости байт добавочной информации от скорости передачи в стандарте 802.11n

## Выводы

Из приведенных графиков видно что сверточный кодер вносит дополнительный объем данных для различных скоростей передачи стандарта IEEE 802.11, что определяет утечку пропускной способности капаля связи.

На начальном этапе к информационной части MAC-кадра добавляется служебная часть размером 34 байт. Служебная часть MAC-кадра постоянная для всех стандартов IEEE 802.11.

В стандарте IEEE 802.11a, в зависимости от скорости передачи и от типа модуляции, происходит добавление корректирующей информации следующим образом: при скорости передачи 6, 9, 12, 18, 24 и 36 Мбит/с используется модуляция BPSK, QPSK, 16-QAM соответственно, скорость сверточного кодера равна  $1/2$  и  $3/4$ , причем в процентном соотношении относительно объема MAC-кадра происходит увеличение корректирующей информацией на 150 и 175% соответственно; при 48 и 54 Мбит/с использует модуляцию 64-QAM, скорость сверточного кодера  $2/3$  и  $3/4$ , увеличение объема происходит на 166,7 и 175% соответственно.

В стандарте IEEE 802.11n используются два размера добавочных защитных интервалов 0,8 и 0,4 мкс. Первый защитный интервал используется для сопряжения по скоростям с более ранними стандартами (802.11a, b, g). Здесь при скоростях 65 и 72,2 Мбит/с, 0,8 и 0,4 мкс соответственно используется модуляция 64-QAM, скорость сверточного кодера  $5/6$ , а процент добавочной корректирующей информации относительно исходного объема MAC-кадра равен 183,3%.

Поэтому для решения проблемы увеличения общего объема информации после блока сверточного кодирования который, в свою очередь, ведет к уменьшению пропускной способности канала, требуется разработать метод увеличения скорости передачи, который, в свою очередь, увеличит пропускную способность.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Вишневский В.М.* Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневский, А.И. Ляхов, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М. : Техносфера, 2005.
2. *Вишневский В.М.* Энциклопедия WiMAX / В.М. Вишневский, С.Л. Портной, И.В. Шахнович. – М. : Техносфера, 2009. – 472 с.
3. *Рошан Педжман.* Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 / П. Рошан, Дж. Лиэри ; пер. с англ. – М. : Издательский дом "Вильямс", 2004. – 304 с.
4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.grouper.ieee.org/groups/802/11/>

Отримано 28.09.2011