

УДК 621.397

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СТАНДАРТА ЦИФРОВОГО НАЗЕМНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ DVB-T2

Д.А. МАКОВЕЕНКО, МАЙН ХУСЕЙН

ГП УНИИРТ, Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

RESEARCH OF THROUGHPUT OF THE STANDARD OF DIGITAL TERRESTRIAL TV OF SECOND GENERATION DVB-T2

D.A. MAKOVEYENKO, MAIN HUSEYN

SE UNIIRT, Odessa national academy of telecommunications n.a. O.S. Popov,

Аннотация. Представлены основные параметры стандарта цифрового наземного телевидения второго поколения DVB-T2, обеспечивающие увеличение пропускной способности канала связи. Дана сравнительная оценка пропускной способности для DVB-T и DVB-T2.

Summary. Key parameters of the standard of digital terrestrial TV of the second generation DVB-T2, providing increase in throughput of a communication channel are presented. The quantitative estimation of comparison of throughput for DVB-T and DVB-T2 is given.

ВВЕДЕНИЕ

Региональное соглашение Женева-06 по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц учитывает требования гибкости нормативно-правовой базы, позволяя адаптироваться к технологическим изменениям, а также будущие потребности в частотном ресурсе другими приложениями. Это означает, что кроме стандарта DVB-T (terrestrial digital video broadcasting – наземное цифровое телевизионное вещание), который первоначально планировался для внедрения, возможно внедрение и других стандартов.

Новый стандарт наземного телевизионного вещания DVB-T2 может использоваться вместо DVB-T, в полосах частот 174–230 МГц и 470–862 МГц.

В статье рассматриваются отличия стандарта DVB-T2 от DVB-T, а также представлены количественные оценки эффективности использования частотного ресурса при использовании стандарта цифрового наземного телевидения второго поколения.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Стандарт DVB-T, принятый в 1997 году, благодаря использованию метода OFDM (orthogonal frequency division multiplexing – ортогональное частотное разделение каналов) обладает достаточно высокой помехозащищенностью, что позволило обеспечить устойчивость к помехам от задержанных сигналов, обусловленных как отражениями от земного рельефа или зданий, так и сигналами удаленных передатчиков одночастотной сети. Из теории информации известно, что максимально достижимая пропускная способность определяется формулой Шеннона [1] как:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right), \quad (1)$$

где C – граничная скорость безошибочной работы передачи информации, бит/с; B – полоса частот сигнала, Гц; S/N – отношение сигнал/шум.

В работе [2] представлены основные характеристики стандарта DVB-T влияющие на пропускную способность канала. В начале 2009 года был разработан стандарт DVB-T2, существенно превосходящий по пропускной способности и эффективности использования частотного ресурса стандарт первого поколения [3]. На данный момент практически не рассмотрены особенности использования данного стандарта, а также не представлены количественные оценки выигрыша при использовании DVB-T2. Для стран, не начавших полноценный переход от аналогового к цифровому наземному телевидению, возможен выбор стандарта DVB-T2 для развертывания сетей в национальном масштабе, поэтому исследования в данном направлении представляют большой научный и практический интерес.

Целью данной статьи является получение количественных оценок, влияющих на увеличение пропускной способности при использовании стандарта цифрового наземного вещания второго поколения DVB-T2.

ОСОБЕННОСТИ DVB-T2

Большая часть решений, использованных при разработке нового стандарта DVB-T2, была направлена на максимальное увеличение пропускной способности канала. Среди основных улучшений можно отметить [4]:

- использование новой технологии поворота сигнального созвездия на определенный круговой угол. За счет поворота диаграммы на точно подобранный угол каждая точка созвездия приобретает уникальные координаты (μ_1 и μ_2), не повторяемые остальными точками. Принцип поворота сигнального созвездия показан на рис. 1. Каждая координата точки обрабатывается в модуляторе отдельно, и затем они передаются в OFDM сигнале отдельно друг от друга. В приемнике μ_1 и μ_2 опять объединяются, формируя исходное созвездие, сдвинутое по кругу. Таким образом, если одна несущая или символ будут потеряны в результате помех, сохранится информация о другой координате, что позволит восстановить символ, хотя и с более низким уровнем сигнал/шум (C/N). Лабораторные испытания показали, что использование поворота сигнального созвездия позволяет получить выигрыш в отношении C/N от 4 до 7 дБ.

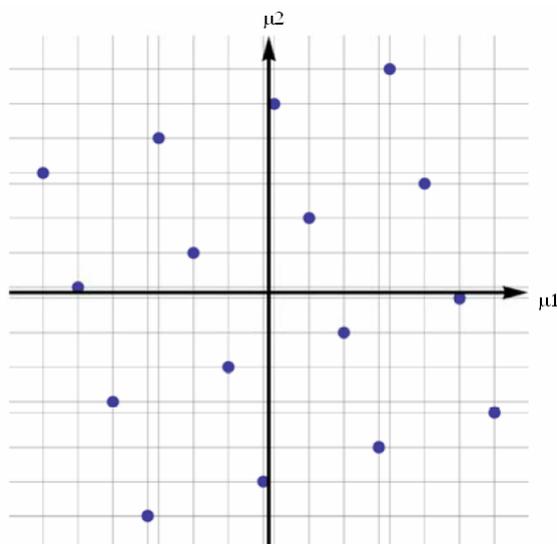


Рисунок 1 – Поворот сигнального созвездия для модуляции 16-QAM в DVB-T2

- применение размерностей FFT 16К и 32К позволяет размещать несущие ближе к стандартной спектральной маске, которая накладывается на сигналы DVB-T в полосе 8 МГц. Это объясняется тем, что большее количество OFDM поднесущих обеспечивает значительно более крутой спад внеполосных составляющих. Такое расширение полосы позволяет передать от 1,7% (16К) до 2,1% (32К) дополнительных данных по сравнению с режимом 2К;

– в отличие от стандарта DVB-T, в котором применялось сверточное кодирование и кодирование Рида-Соломона, в новом стандарте используются более эффективные коды: LDPC (Low Density Parity Check Codes - помехозащищенный код с низкой плотностью проверок на четность) и кодом BCH (Bose-Chaudhuri-Nocquenghem - Боуза-Чоудхури-Хоквингема). Применение новых видов кодирования позволяет вплотную приблизиться к пределу Шеннона и добиться дополнительного выигрыша в отношении C/N 3-5 дБ;

– применение новых видов кодирования и поворот сигнального созвездия позволили использовать модуляцию 256-QAM. Модуляция 256-QAM, переносящая 8 бит на символ, позволяет на 33% увеличить пропускную способность канала связи. Ожидается, что данный вид модуляции найдет широкое применение, особенно для приема на стационарные антенны и для передачи телевидения высокой четкости;

– введение дополнительного защитного интервала 1/128 позволяет повысить пропускную способность канала для работы DVB-T2. Однако, использование такого защитного интервала будет возможно только в многочастных сетях и для трасс, слабо подверженных многолучевому распространению;

– в отличие от системы DVB-T, где каждый двенадцатый модулированный элемент является пилот-сигналом, в новом стандарте введены восемь разных вариантов размещения, которые соответствуют каждому варианту относительной длительности защитного интервала. Распределенные пилот-сигналы, используемые в методе OFDM, представляют собой модулированные элементы, разнесенные по несущим и во времени, которые используют оценки состояния канала. Динамический выбор количества и размещения пилот-сигналов может использоваться для снижения требуемого уровня C/N на входе приемника или для улучшения синхронизации

Общее сравнение систем DVB-T и DVB-T2 представлено в табл. 1

Таблица 1 - Сравнение систем DVB-T и DVB-T2

Характеристики	DVB-T	DVB-T2
Полоса частот	6, 7, 8 МГц	1,7, 6, 7, 8, 10 МГц
Помехоустойчивое кодирование	Сверточное кодирование 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8+ код Рида-Соломона	Код с низкой плотностью проверок на четность 1/2, 3/5 , 2/3, 3/4, 4/5 , 5/6 + код Боуза-Чоудхури-Хоквингема
Модуляция	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Защитный интервал	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/256 , 1/8, 19/128 , 1/16, 1/32, 1/128
Размер FFT	2k, 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Распределенные пилот-сигналы	8% от общего числа	1%, 2%, 4%, 8% от общего числа
Использование антенной техники	SISO (Single Ins – Single Outs - одна антенна на передачу, одна на прием)	SISO, MISO (Multiple Ins – Single Outs - множество антенн на передачу, одна на прием)

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАНДАРТА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ

Пропускная способность DVB-T2 будет определяться выбором целого ряда системных параметров. Для этой цели предусмотрено множество вариантов, а о конкретной конфигурации приемник будет получать информацию с помощью сигнализации. Выбор параметров [4] представляет собой процедуру оптимизации работы системы, например, поиск компромисса между долей служебной информации и временем переключения с канала на канал или между пропускной способностью и устойчивостью к помехам.

В общем случае пропускная способность для DVB-T2 будет зависеть от следующих параметров:

- размер FFT (fast Fourier transform прямое быстрое преобразование Фурье);
- защитный интервал;
- количество пилот-сигналов;
- ширина полосы и использование нормального или расширенного режима несущих;
- длина фрейма в OFDM символе;
- вид модуляции и скорость кодирования на физическом уровне;
- использование антенной техники SISO или MISO.

Максимальная скорость передачи в канале, в случае использования режима 1/128, 32к, для пилот-тона 1%, представлена на рис. 2.

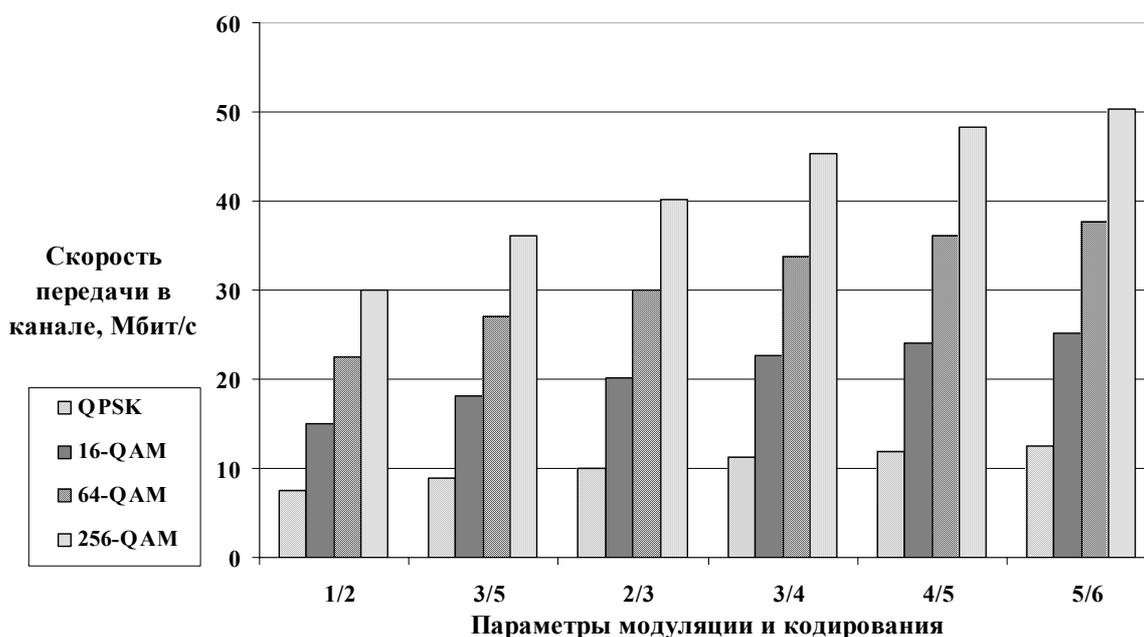


Рисунок 2 – Пропускная способность в стандарте DVB-T2 для режима 1/128, 32к

Для сравнения пропускной способности DVB-T и DVB-T2 используется моделирование в одинаковом радиоканале. Математическая модель канала Райса, описывает замирания сигнала для случая стационарного или портативного приема вне помещения.

Даная модель определяется выражением:

$$y(t) = \frac{\rho_0 x(t) + \sum_{i=1}^N \rho_i e^{-j\theta_i} x(t - \tau_i)}{\sqrt{\sum_{i=0}^N \rho_i^2}}, \quad (2)$$

где $y(t)$, $x(t)$ – входной и выходной сигнал соответственно; N - количество отраженных сигналов; θ_i – отклонение фазы i -ого отраженного сигнала; ρ_i - ослабление i -ого отраженного сигнала, относительно прямого луча; τ_i - относительная задержка i -ого отраженного сигнала.

Фактор K , определяющий отношение мощности прямого луча к отраженным лучам для модели Райса определяется как:

$$K = \frac{\rho_0^2}{\sum_{i=1}^N \rho_i^2} \quad (3)$$

В результате моделирования для 20 отраженных сигналов в канале Райса для DVB-T и DVB-T2 в стандартном канале 8 МГц получены требуемые минимальные значения C/N, обеспечивающие значение BER = 10⁻⁴ после LDPC декодера (рис. 3).

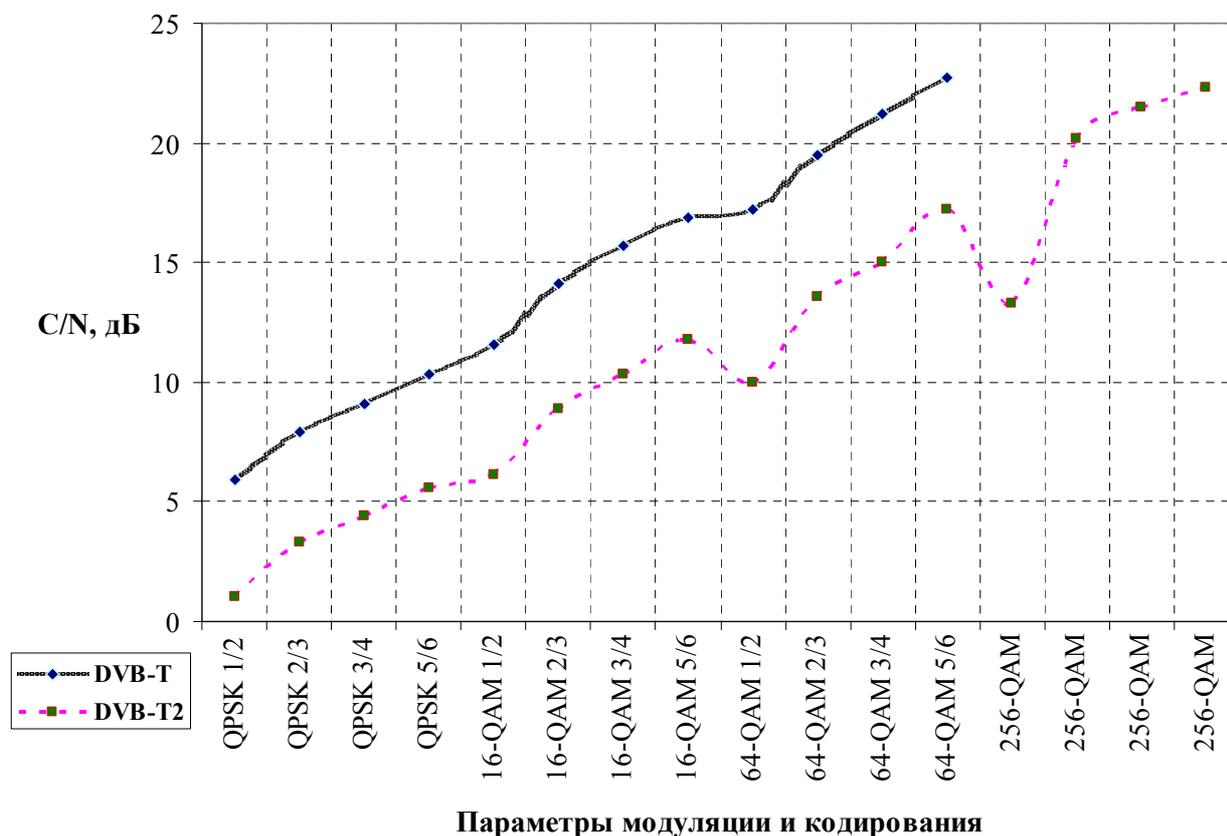


Рисунок 3 – Соотношение C/N, требуемое на входе приемника для систем DVB-T и DVB-T2

Анализ зависимости требуемого значения C/N от схемы модуляции показывает, что выигрыш при использовании системы DVB-T2 составляет от 4,6 до 6,2 дБ. Для реализации такого выигрыша можно рассмотреть два основных варианта:

- использование модуляции, обеспечивающей большую пропускную способность канала. Так, например, вместо модуляции 64-QAM 2/3, которая сейчас используется для наземного вещания в многочастотной сети в Киеве на 64 ТВК можно использовать модуляцию 256-QAM 2/3. При этом переход на новую модуляцию уменьшит зону обслуживания передающей станции, а значение пропускной способности в этом случае возрастет на 47%, с существующих 24,13 Мбит/с до 35,4 Мбит/с;

- использование той же самой модуляции и скорости кодирования в стандарте DVB-T2 позволит существенно увеличить зону уверенного приема, сохраняя при этом существующую пропускную способность канала. Так использование модуляции 64-QAM 2/3 в стандарте DVB-T2 обеспечивает выигрыш в соотношении C/N на 5,9 дБ. Так для эффективной высоты антенны 200 м и мощности передатчика 1 кВт зона уверенного приема увеличится на 22%, с 45 до 55 км.

ВЫВОДЫ

1. *Новый стандарт цифрового наземного телевидения DVB-T2 является следующим шагом на пути мирового прогресса в области мультимедийных вещательных служб.*
2. *Благодаря большому количеству системных параметров, влияющих на конфигурацию сети, использование нового стандарта позволяет гибко адаптироваться под различные требования: модель радиоканала, размер и конфигурация сети, виды приема и т.д.*
3. *Применение поворота сигнального созвездия и новых помехоустойчивых кодов в стандарте DVB-T2 увеличивает помехоустойчивость системы на 4,6 - 6,2 дБ.*
4. *Использование выигрыша в отношении C/N обеспечивает увеличение пропускной способности канала на 30-50% или увеличение зоны уверенного приема на 20-30%.*

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение / Скляр Б. // - М. : Издательский дом "Вильямс", 2003. – 1104 с.
2. Песков С. Н. Рекомендации по внедрению DVB эфирного вещания / С. Н. Песков, И. А. Колпаков // Телеспутник. – 2007. – № 2. – С. 32 – 35.
3. Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2), DVB Document A133, February 2009.
4. Уэллс Н. DVB-T2: Новый стандарт вещания для телевидения высокой четкости / Н. Уэллс, К. Нокс // Телеспутник. – 2008. – № 11. – С. 92 – 95.