

СРАВНЕНИЕ КАНАЛЬНОГО РЕСУРСА СТАНДАРТОВ LTE и McWiLL (NG-1)

О.А. Шорин, Генеральный директор ООО «НСТТ», профессор, д.т.н., oshorin@gmail.com;
Р.С. Аверьянов, аспирант МТУСИ, roman3178823@gmail.com

УДК 621.396

Аннотация. Проведен анализ канального ресурса стандартов McWiLL и LTE. Приводятся основные технические особенности стандартов, их положительные и отрицательные стороны в формировании канального ресурса.

Ключевые слова: широкополосные системы связи, OFDM-модуляция, LTE, McWiLL, канальный ресурс.

COMPARISON OF MCWiLL AND LTE CHANNEL RESOURCES

Oleg Shorin, General Director LLC «NXTT», professor, doctor of technical sciences;
Roman Averyanov, graduate student MTUCI

Annotation. The analysis of the channel resource McWiLL and LTE is given. The basic technical features of the standards, their positive and negative aspects in the formation of the channel resource marked.

Keywords: broadband communication systems, OFDM modulation, LTE, McWiLL, channel resource.

McWiLL

При формировании канального ресурса в McWiLL используется частотно-временная структура (матрица), состоящая из восьми тайм-слотов (10 мс) во временной области и, занимающая 5 МГц в частотной области. На рис. 1 представлена частотно-временная структура сигнала McWiLL.

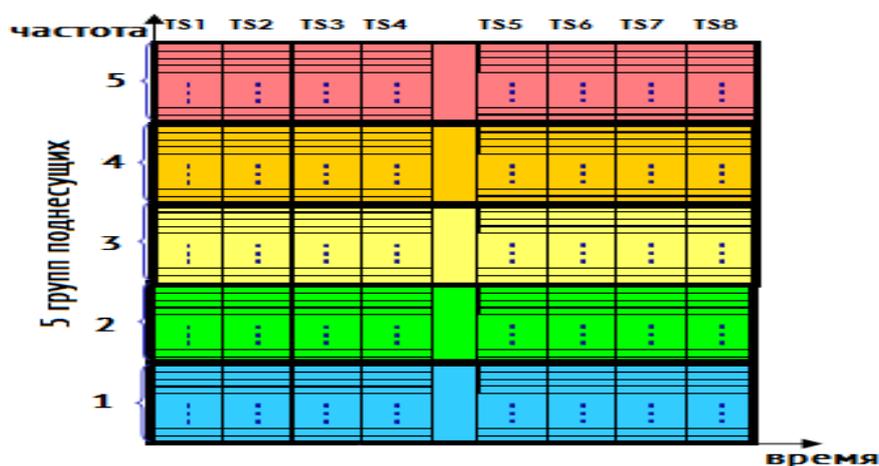


Рисунок 1.

Полоса сигнала делится на пять групп по 1 МГц каждая. Каждая группа полосой в 1 МГц содержит 128 поднесущих частот, шаг между которыми равен $\Delta f=7,8125$ КГц.

Поднесущие формируют восемь подгрупп по 16 поднесущих в каждой. Для того чтобы сформировать один канал, из каждой подгруппы выбирается одна поднесущая. В результате,

каждый канал формируется из восьми поднесущих, и таких каналов в каждой группе поднесущих – 16. Временная структура сигнала в полосе 1 МГц показана на рис. 2.

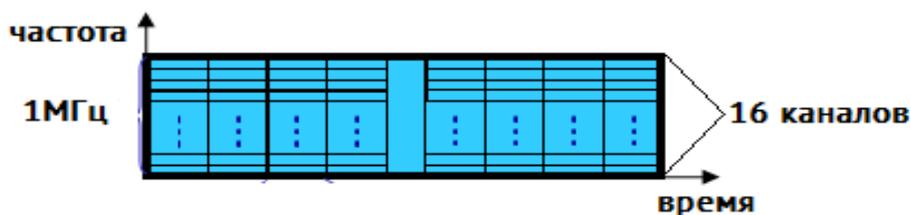


Рисунок 2.

Во временной области информационный ресурс имеет восемь тайм-слотов, каждый длительностью 1,1 мс, а общая длительность, с учетом служебной информации, составляет 10 мс (рис. 2). Тайм-слот может работать как канал на прием или на передачу, благодаря чему при необходимости могут быть сформированы ассиметричные каналы вверх/вниз. Детальная временная структура указана на рис. 3.

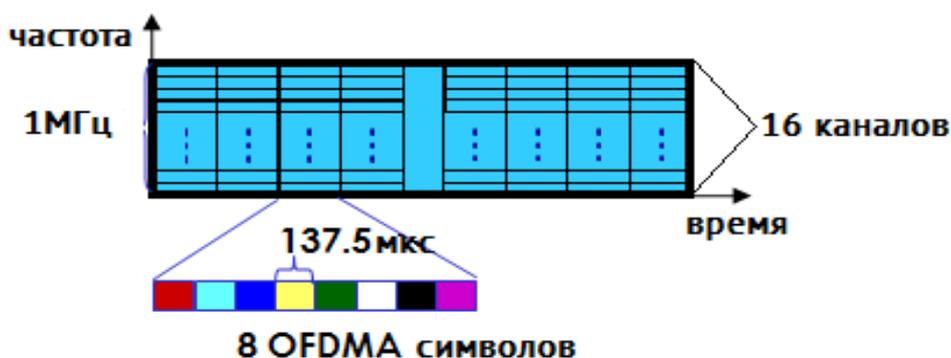


Рисунок 3.

Каждый тайм-слот в свою очередь состоит из OFDM символов (рис. 3). Каждый OFDM символ имеет длительность 137,5 мкс, из которых 128 мкс – это сам OFDM символ, 6 мкс занимает префикс сигнала, а 3,5 мкс – суффикс. На рис. 4 изображена структура OFDM символа в McWiLL.

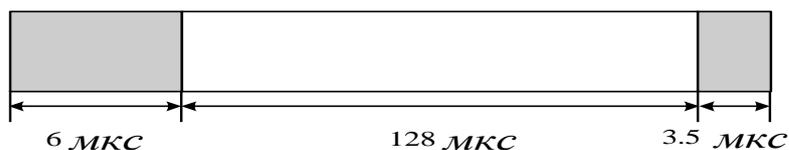


Рисунок 4.

Таким образом, минимальный ресурсный блок, выделяемый абоненту, состоит из одного тайм-слота (1,1 мс) на восьми поднесущих. При этом передача одного символа происходит следующим образом. Сначала он расширяется на восемь наборов (наподобие чипов в CDMA) посредством восьми ортогональных кодов Уолша-Адамара. Эти восемь наборов размещаются на восьми поднесущих частотах, принадлежащих одному каналу. Это означает, что энергия одного передаваемого символа распределяется по всей полосе 1 МГц посредством восьми отдельных поднесущих частот. В итоге, может быть получен, как выигрыш от расширения спектра, так и разнос по частоте, чтобы скомпенсировать воздействие замиранья каналов. Общая структура сигнала в McWiLL представлена на рис. 5.

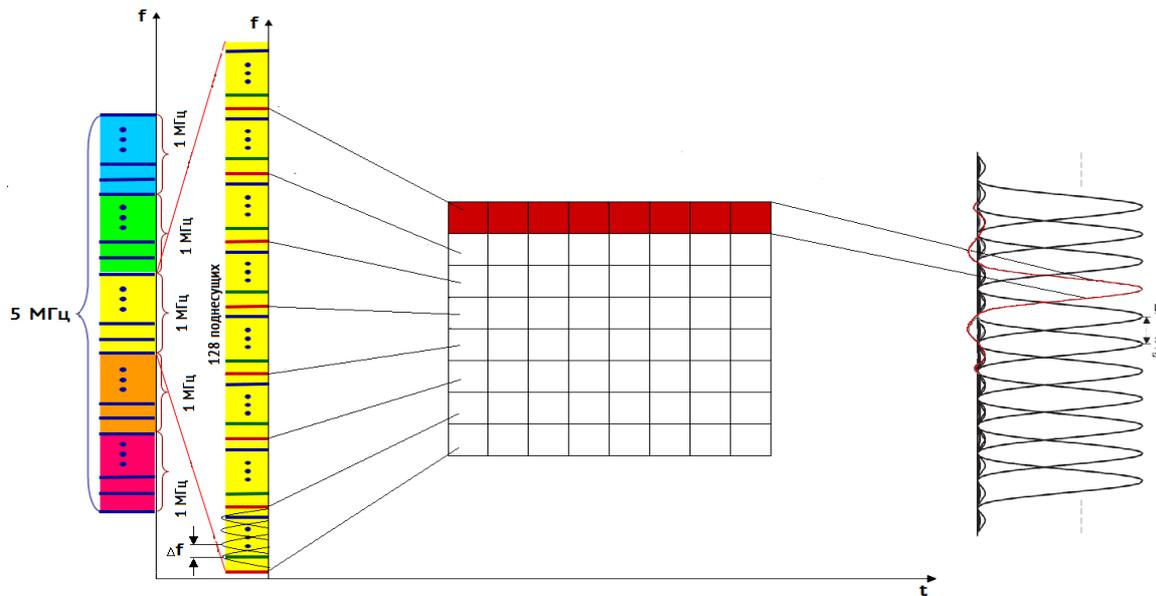


Рисунок 5.

Размещение набора каждого передаваемого символа получается следующим образом. Символы s1-s8 расширяются до восьми наборов таким образом, чтобы передать один из наборов на одной из поднесущих и на одном 1-8 OFDM символе (рис. 6). Расширение символа по поднесущим можно увидеть на рис. 7.

f1	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
f2	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
f3	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
f4	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
f5	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
f6	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
f7	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8
f8	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8

1ofdm 2ofdm 3ofdm 4ofdm 5ofdm 6ofdm 7ofdm 8ofdm

Рисунок 6.

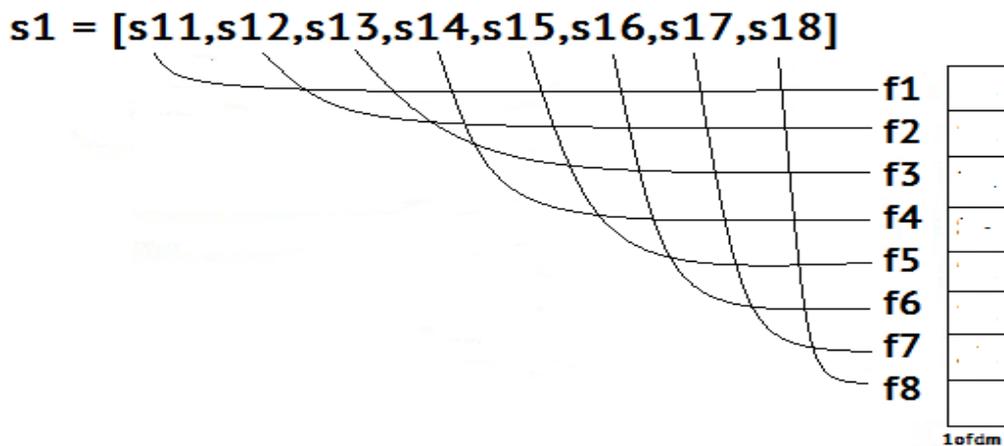


Рисунок 7.

Такое размещение символов по поднесущим позволяет сохранить все положительные свойства классического OFDM, а также позволяет обеспечить снижение уровня пиковой мощности в передатчиках абонентских устройств, что особенно важно в системе с временным дуплексом (TDD). Система с таким способом формирования каналов наиболее эффективно используется как для передачи данных больших объемов (за счет динамической оптимизации полосы и «склеивания» каналов), так и очень маленьких объемов (услуг M2M), поскольку минимальный ресурс, выделяемый на одно устройство при использовании модуляции QPSK, составляет 80 бит за 10 мс. Возможность представления голосовых пакетов в виде данных также позволяет экономить полосу канала путем передачи голоса и данных в одном канале. Таким образом, для системы, использующей формирование канального ресурса по принципу, описанному выше, не важно какой вид и какой объем данных передается, так как система динамически подстраивается под требования и выделяет именно ту полосу, которая необходима (от 8 Кбит/с до 15 Мбит/с).

LTE

При формировании информационного ресурса в стандарте LTE используются два метода. Первый метод – это формирование стандартного OFDM сигнала для каналов «Downlink» (от базовой станции к абонентскому терминалу). Второй использует модуляцию SC-FDMA для каналов «Uplink» (от абонентского терминала к базовой станции).

В LTE принят стандартный шаг между каждой поднесущей, равный $\Delta f = 15$ кГц. Такие параметры соответствуют длительности передаваемых символов 66,7 мкс. На рис. 8 показана структура OFDM символа в LTE. То есть, каждый модулированный символ занимает полосу 15 кГц в течение всего периода OFDM символа (ресурсный элемент). На рис. 9 представлено расстояние между поднесущими в LTE.

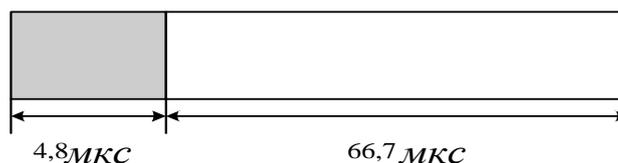


Рисунок 8.

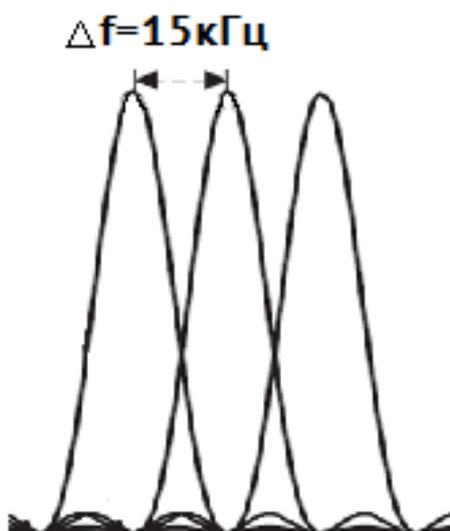


Рисунок 9.

При формировании частотно-временной структуры в LTE используют ресурсный блок, состоящий из 12 поднесущих в частотной области и семи символов во временной области. То есть, минимальный ресурс, который выделяется одному абонентскому терминалу, составляет 84 ресурсных элемента или 180 кГц (12 поднесущих * 15 кГц) в течении 0,5 мс (7 символов * 66,7 мкс). Минимальный каналный ресурс в LTE показан на рис. 10.

f1	s1
f2	s2
f3	s3
f4	s4
f5	s5
f6	s6
f7	s7
f8	s8
f9	s9
f10	s10
f11	s11
f12	s12

1ofdm 2ofdm 3ofdm 4ofdm 5ofdm 6ofdm 7ofdm

Рисунок 10.

При таком формировании частотно-временной структуры получаем максимальное преимущество в скорости передачи данных, так как символы передаются параллельно, каждый на своей поднесущей, и, скорость при этом может достигать 22,9 Мбит/с (теоретически в полосе 5 МГц FDD LTE) без использования MIMO при модуляции QAM64.

Для снижения PAR фактора в передатчиках абонентских терминалов в стандарте LTE в каналах «Uplink» используется метод SC-FDMA. Основное отличие от метода OFDM в том, что символы передаются не параллельно, а последовательно на всех поднесущих ресурсного блока. Соответственно, при последовательной передаче на M поднесущих длительность

символов становится в M раз короче, что позволяет за длительность SC-FDMA символа передать M информационных символов, содержащих информацию в зависимости от используемой модуляции. Канальный ресурс канала Uplink для LTE показан на рис. 11.

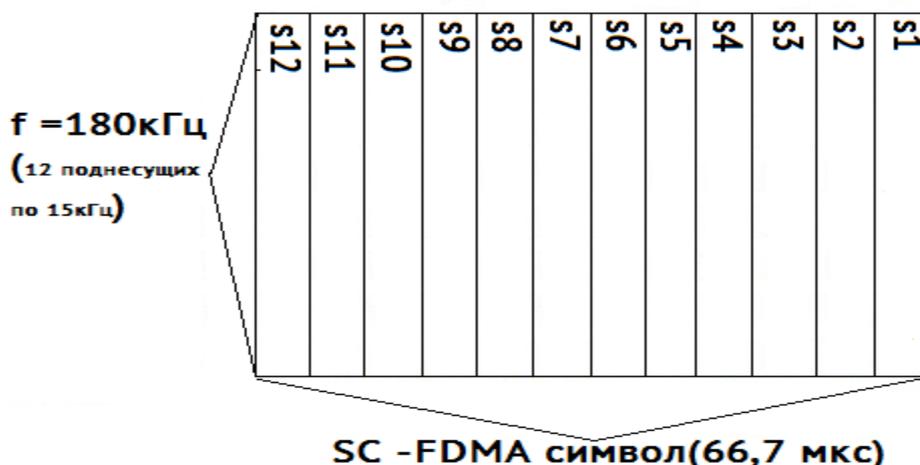


Рисунок 11.

При всех прочих равных условиях между стандартами McWiLL и LTE есть общие особенности. Связано это с тем, что в фундаменте обоих стандартов лежит OFDM метод, который далее оптимизирован в каждом стандарте под определенный набор необходимых требований.

Согласно [3] в McWiLL сообщения первичных запросов на подключение PRCH – самые критичные, так как они посылаются от абонента при отсутствии синхронизации и передаются в интервалах G-защитных интервалов между фрагментами линий Dn и Up.

Временные тайм-слоты для каналов Dn и Up примерно в 1,5-2 раза больше, чем G. При этом каналы занимают два последовательных слота мобильного канала. Поэтому отдельная посылка канала первичного запроса PRCH передается в окне, сопоставимом с восьмью длительностями посылки OFDM.

Так как частотный ресурс, выделяемый под каналы, охватывает восемь поднесущих, то с учетом фактора расширения (Spreading Factor), элементарная посылка первичного запроса может содержать $8 \cdot 2 = 16$ бит информации.

Это согласуется с информацией в [3], где говорится, что PRCH содержит минимальный объем данных, связанных непосредственно с физическим процессом связи. Скорее всего, под этой фразой подразумевается методика организации связи, используемая в GSM (2G), где элементарный запрос первичного подключения содержит только 8 бит случайного кода, выполняющего роль квитка некоего номера, с которым абонент, инициировавший запрос, ждет обратного сообщения от БС, уже содержащего необходимую информацию для более точной подстройки синхропараметров.

Вывод

В стандарте McWiLL для синхро и информационных сигналов шаг сетки частот поднесущих постояен и равен 7,8125 кГц.

В LTE для сигналов первичной синхронизации используется шаг сетки частот поднесущих более мелкий, чем для всех остальных сигналов (порядка 1 кГц). Это приводит к большим ограничениям на доплеровские сдвиги и повышенным требованиям относительно высокой стабильности генераторов абонентских станций. Длительность элементарной посылки составляет 800 мкс, а набор OFDM поднесущих равен 839 (с защитными интервалами

в частотной полосе составляет 864 поднесущих, что для информационного сигнала LTE соответствует 72 поднесущим). То есть, разнос поднесущих частот составляет 1,25 кГц, а общая полоса сигнала $PRACH=1,25*839=1048,75$ кГц.

Главная проблема возникает из-за доплеровских сдвигов или нестабильности генераторов абонентских станций. Видимо, обработка с поиском и подстройкой по несущей частоте в совокупности с поиском допустимых сдвигов в синхропоследовательностях ZC по трудоемкости для процессоров невыполнима. Поэтому, как только частотные расстройки достигают около 600 Гц, установить синхронизацию с сигналами запросов PRACH система LTE не может. Можно оценить скорости, на которых такие расстройки возникнут. Таким образом, если $F_0*v/c=600$, то при $F_0=2,6$ ГГц получаем $v=69$ м/с (250 км/ч). В реальных условиях критические состояния возникают на скоростях примерно в 2 раза меньших (порядка 120 км/ч). Видимо, реально отстройки в 300 Гц (на четверть от разноса поднесущих) уже настолько снижают эффективный уровень сигнала, что синхронизация становится невозможной.

В системе McWiLL первичные запросы используют сигналы с разном поднесущих 7,8 кГц и несущие частоты, как правило меньше 2,6 ГГц. Поэтому устойчивость к частотной нестабильности будет раз в 5-7 выше. Допустимые скорости абонентов становятся соответственно до 800 км/ч, а в низких диапазонах частот даже выше.

LTE был создан как продолжение стандартов 3G для поддержки в основном постоянно растущего трафика данных и количества абонентов. И его основное назначение – это интеграция с существующими сетями общего пользования и бесшовный переход от старых поколений к новым.

McWiLL, в свою очередь, служит стандартом, использующимся в условиях ограниченности спектра, и, максимально оптимизирующим доступный ресурс. При работе в низких диапазонах частот преимуществом McWiLL является экономическая выгода от его использования на больших территориях с малой плотностью населения, что для стандарта LTE экономически не выгодно.

Литература

1. Min Wang, Yu Yang, Konstantinos Dimou-Handover within 3GPP LTE: Design Principles and Performance, Ericsson Research.
2. LTE Mobility Enhancements, Qualcomm Inc.
3. URL <http://nxtt.org/technology/11/43/>
4. Скрынников В. Г. – Радиоподсистемы UMTS/LTE. Теория и практика.
5. Sesia S, Toufic I, Baker M. LTE – The UMTS Long Term Evolution, From Theory to Practice, John Willey & Sons Ltd. – 2011.
6. Шорин О.А., Малиничев Д.М., Резинин Д.А. Особенности нового стандарта связи McWiLL (NG-1) // Материалы XXXII конференции РАЕН «Мобильный бизнес: Перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом». – Москва, 2012. – С. 4-7.

