



Наумкина Ксения Олеговна

магистрант, кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи, Институт электроники и светотехники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»

dvoretskayko@mail.ru

Шибайкин Сергей Дмитриевич

доцент, кафедра инфокоммуникационных технологий и систем связи, Институт электроники и светотехники, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарёва»

shibaikinsd@rambler.ru

УДК 621.391.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ БАЗОВОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ MATLAB

В статье рассматривается создание базовой модели сети WLAN с использованием функций WLAN System Toolbox™ MATLAB. Пакеты стандарта 802.11ac(VHT) пропускаются через канал TGas (пропускная способность > 1 Гбит/с). Полученный сигнал выравнивается и декодируется для восстановления передаваемых бит.

Ключевые слова: беспроводная сеть, сигнал, VHT-пакет, генератор волны, вектор передачи, поле преамбулы, тренировочное поле.

Для анализа уровней полезных сигналов и установления доверенных границ безопасности важную роль может сыграть виртуальная модель телекоммуникационной системы. Модель «передатчик–канал–приемник» можно создать с помощью функций из системы WLAN Toolbox. На рисунке 1 отображена связь приема и передачи VHT-пакетов.



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016

Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2018. №2. ID 105

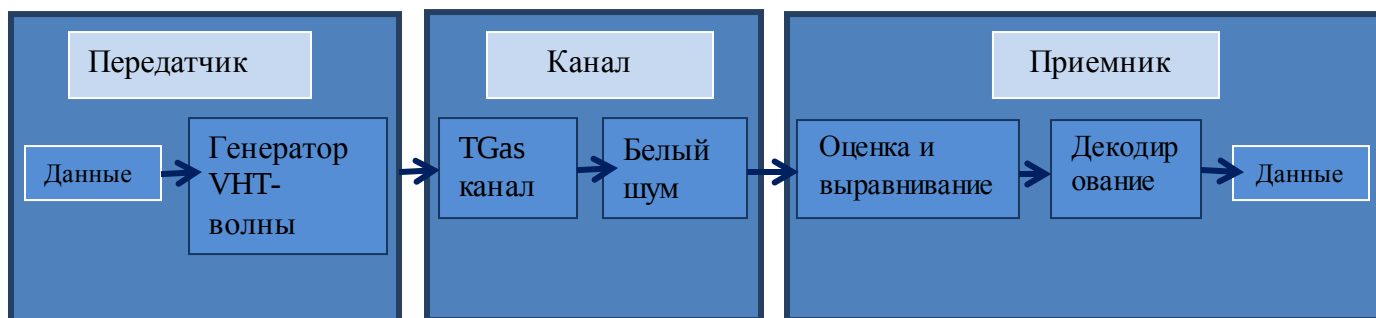


Рис. 1. Связь приема и передачи VHT-пакетов

Функция MATLAB wlanVHTConfig генерирует объект конфигурации VHT. Создаётся один пакет, состоящий из подготовительных (тренировочных), сигнальных и информационных полей. Эти поля генерируются отдельно и объединяются для создания пакета передачи VHT. На рисунке 2 изображено строение пакета 802.11ac. [1]

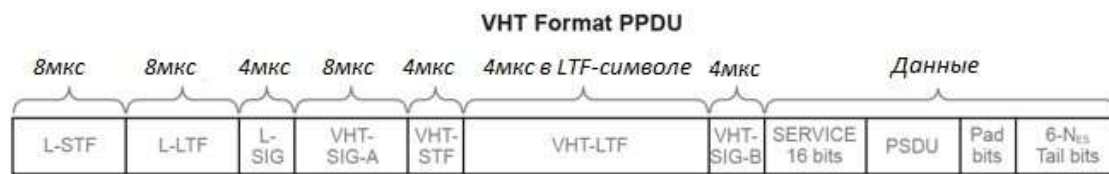


Рис. 2. Строение пакета 802.11ac

Каждый блок данных (PPDU) состоит из поля преамбулы и поля данных. Поле преамбулы содержит информацию о формате вектора передачи, а поле данных – пользовательскую полезную нагрузку и заголовки более высокого уровня. Вектор передачи non-HT относится к полям преамбулы, отформатированным для связи с данными до стандарта 802.11n, определяет OFDM-модуляцию на физическом уровне (PHYlayer). Так же поля преамбулы non-HT используются для поддержки синхронизации HT (реализацию PHY с высокой пропускной способностью) и VHT (очень высокая пропускная способность PHY). Первые три поля занимают две тренировочные последовательности L-STF (короткая), L-LTF (длинная) и L-SIG (сигнал). Первое поле – короткое поле подготовки (L-STF). Оно используется для обнаружения начала пакета и автоматической регулировки усиления параметров, а также для оценки начальной частоты смещения и грубой синхронизации времени. Функция wlanLSTF генерирует L-STF поле во временной области, используя некоторые параметры, включенных в объект конфигурации cfgVHT. Длительное поле



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016

Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2018. №2. ID 105

подготовки (L-LTF) используется для точной синхронизации времени, оценки каналов и точной оценки смещения частоты. L-LTF поле создается функцией wlanLLTF. Поле сигнала (L-SIG) содержит информацию о длине пакета; функция создания этого поля – wlanLSIG. Пометка L обозначает «legacy», наследственные поля – необходимы для совместимости с предыдущими версиями Wi-Fi. Поля преамбулы (L-STF, L-LTF и L-SIG) являются общими для префайлов формата VHT, HT и non-HT. На рисунке 3 показаны поля преамбулы.

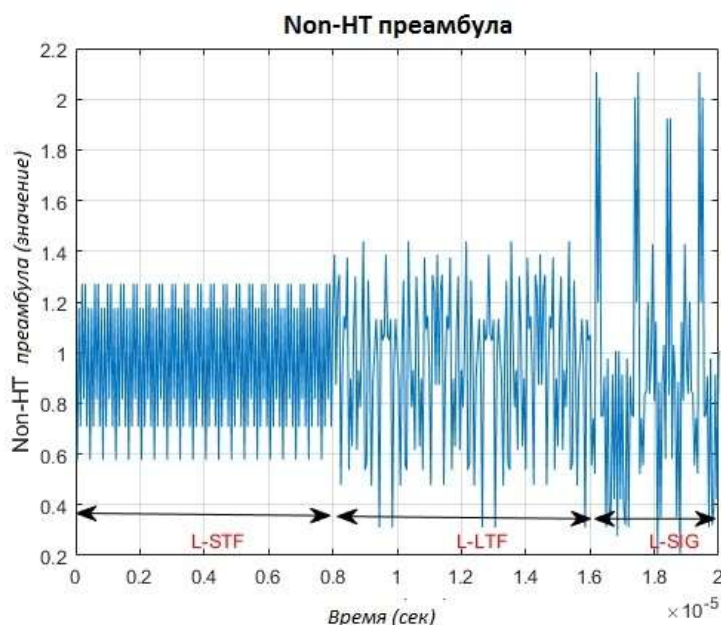


Рис. 3. Поля преамбулы L-STF, L-LTF и L-SIG

После полей преамбулы генерируются сигнальные и тренировочные поля VHT. Поле VHT-SIG-A содержит два OFDM-символа: VHT-SIG-A1 и VHT-SIG-A2. Первый модулируется с помощью BPSK, чтобы устройства стандарта 11n распознали его как пакет формата 11a. Второй символ модулирован повернутой на 90° BPSK, чтобы устройства VHT распознавали его как пакет формата 11ac. Данные символы содержат информацию о полосе пропускания, схеме модуляции и кодирования, количестве временных потоков. Создает VHT-SIG-A поле функция wlanVHTSIGA. Следующее поле VHT-STF – короткое поле подготовки с высокой пропускной способностью, оно представляет собой один символ OFDM (длиной 4 мкс), который используется для автоматической регулировки коэффициента усиления при передаче в условиях многолучевости; генерируется функций wlanVHTSTF. Следующие поля называются VHT-LTF.



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016

Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2018. №2. ID 105

Они используются для оценки канала ММО и осуществления подстройки принятого сигнала. VHT-LTF включает в себя один длинный обучающий VHT-символ для каждого пространственного потока. В VHT-LTF допускается максимум восемь символов, каждый символ имеет длину 4 мкс. Генерируется VHT-LTF с помощью функции wlanVHTLTF. Последнее поле перед информационными данными – VHT-SIG-B. Это поле, создаваемое функцией wlanVHTSIGB, используется для установки скорости передачи данных и длины полезной нагрузки поля данных переданного пакета. К полю VHT-SIG-B также применяется вращение фазы на участках полосы 20 МГц. Функция wlanVHTData генерирует поле данных VHT во временной области. Конфигурация VHT-формата cfgVHT задает параметры для формирования поля данных из битов PSDU. Так же, форма волны для заданного формата может быть сгенерирована с использованием функции wlanWaveformGenerator. Эта функция может создавать один или несколько пакетов VHT.

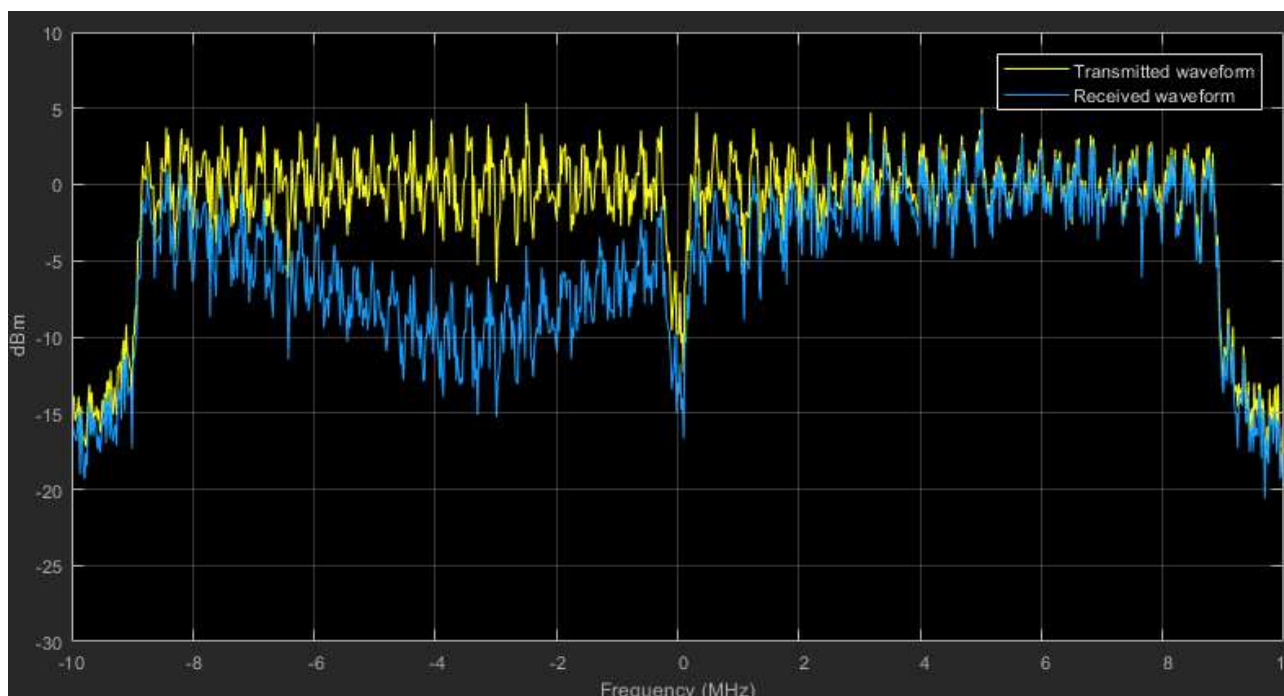


Рис. 4. Диаграмма спектров переданного и полученного сигналов

При формировании канала необходимо имитировать эффекты передачи. Передача ухудшается из-за свойств канала, а так же белого гауссовского шума, измеряемого в дБс. Рассмотрим модель канала TGac [2] и профиль задержки модель-B (рисунок 4), что соответствует открытому или большому офисному



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016

Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2018. №2. ID 105

пространству, отсутствию прямой видимости и среднеквадратической задержке 150нс.

Предполагается, что форма волны синхронизируется с началом пакета, принимая во внимание задержку фильтра канала. VHT-LTF демодулируется и используется для оценки канала, затем на её основе выравнивают полученный сигнал. Для решения этих задач используются функции `chDelay`, `rxWaveform`.

После синхронизации приёмник должен извлечь из принятого пакета все соответствующие поля [3]. Функция `wlanFieldIndices` используются для определения начала и конца временной области относительно полученного образца. Оценка мощности шума после демодуляции OFDM необходима для решения уравнения минимальной среднеквадратической ошибки (MMSE). Мощность шума в полях VHT оценивается с использованием демодулированных символов L-LTF. L-LTF извлекается из принятого сигнала и демодулируется с использованием функции `wlanLLTFDemodulate`. Для извлечения VHT-LTF из принятого сигнала используются начальные и конечные индексы для генерации вектора индексации. Оценка канала проводится с помощью функции `wlanVHTLTFChannelEstimate`. Затухание сигнала отражено на рисунке 5.

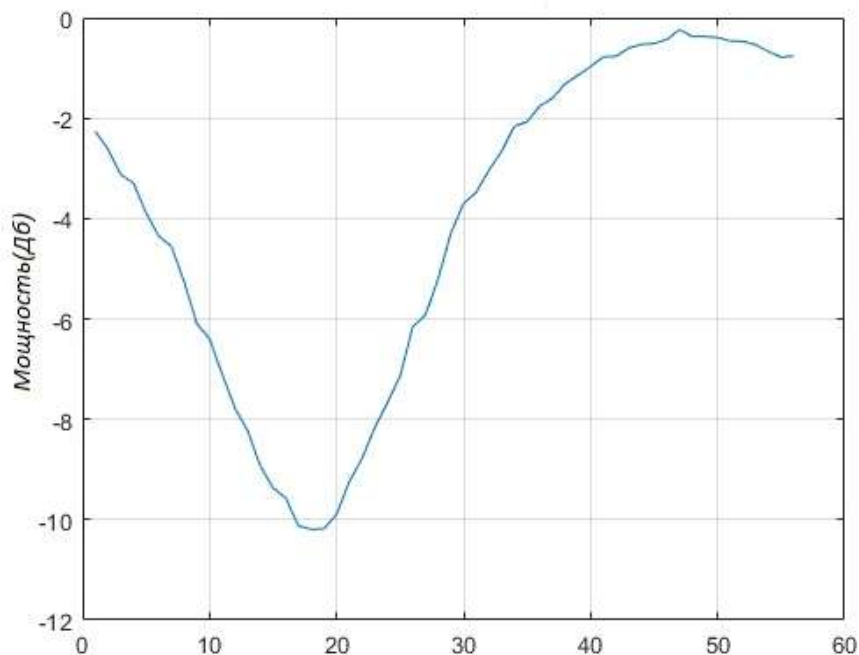


Рис. 5. Частотная характеристика канала



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016

Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2018. №2. ID 105

Для построения сигнальных созвездий используется функция wlanVHTDataRecover (рисунок 6).

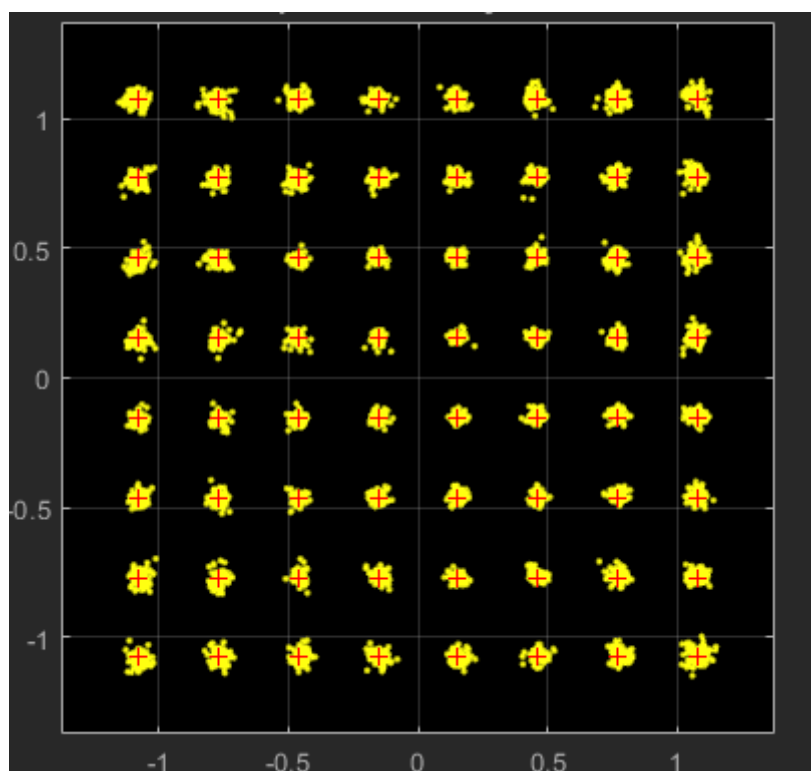


Рис. 6. Сигнальное созвездие

Увеличение шума канала должно начать рассеивать определенные сигнальные точки.

Список использованных источников

1. Рошан П., Лиэри Д. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11. М.: Вильямс, 2004. 304 с.
2. Erceg V., Schumacher L., Kyritsi P. et al. *TGn Channel Models* [Электронный ресурс] // *Tech. Rep. IEEE P802.11*. Geneva, Switzerland, 2004. URL: <http://www.802wirelessworld.com/8802>.
3. Шахнович И. В. Современные технологии беспроводной связи. 2-е изд. Техносфера, 2006. 288 с.



ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016

Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2018. №2. ID 105

Naumkina Ksenia

graduate student, Department Information and Communication Technologies and Communication Systems, Federal state budgetary educational institution of higher education «National research N. P. Ogarev Mordovian state University»

Shibaikin Sergey

associate Professor, Department Information and Communication Technologies and Communication Systems, Federal state budgetary educational institution of higher education «National research N. P. Ogarev Mordovian state University»

BASIC WLAN LINK MODELING

This article shows how to create a basic WLAN link model using WLAN System Toolbox. An IEEE® 802.11ac™ [1] VHT packet is created, passed through a TGac channel. The received signal is equalized and decoded in order to recover the transmitted bits.

Key words: wireless network, signal, VHT packet, wave generator, transmission vector, preamble field, training field.

© АНО СНОЛД «Партнёр», 2018

© Наумкина К. О., 2018

© Шибайкин С. Д., 2018

Учредитель и издатель журнала:

Автономная некоммерческая организация содействие научно-образовательной и литературной деятельности «Партнёр»

ОГРН 1161300050130 ИНН/КПП 1328012707/132801001

Адрес редакции:

430027, Республика Мордовия, г. Саранск, ул. Ульянова, д.22 Д, пом. 1

тел./факс: (8342) 32-47-56; тел. общ.: +79271931888;

E-mail: redactor@anopartner.ru





ISSN: 2500-4212. Свидетельство о регистрации СМИ: Эл № ФС 77 - 67083 от 15.09.2016

Научное обозрение. Раздел II. Наука и практика. 2018. №2. ID 105

О журнале

- ✓ Журнал имеет государственную регистрацию СМИ и ему присвоен международный стандартный серийный номер ISSN.
- ✓ Материалы журнала включаются в библиографическую базу данных научных публикаций российских учёных Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).
- ✓ Журнал является официальным изданием. Ссылки на него учитываются так же, как и на печатный труд.
- ✓ Редакция осуществляет рецензирование всех поступающих материалов, соответствующих тематике издания, с целью их экспертной оценки.
- ✓ Журнал выходит на компакт-дисках. Обязательный экземпляр каждого выпуска проходит регистрацию в Научно-техническом центре «Информрегистр».
- ✓ Журнал находится в свободном доступе в сети Интернет по адресу: www.srjournal.ru. Пользователи могут бесплатно читать, загружать, копировать, распространять, использовать в образовательном процессе все статьи.

Прием заявок на публикацию статей и текстов статей, оплата статей осуществляется через функционал Личного кабинета сайта издательства "Партнёр" (www.anopartner.ru) и не требует посещения офиса.