

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования Белорусский
государственный университет информатики и
радиоэлектроники

УДК 621.396.621.5

Ворона
Виктор Павлович

Временная синхронизация цифрового радиоприемного тракта

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1–45 80 01 «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

Научный руководитель
Тарченко Н. В.
к. т. н., доцент

Минск 2019

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Системы радиосвязи повсеместно используются в различных сферах деятельности человека и в настоящее время активно развиваются: возрастают дальность действия радиосвязи, скорость передачи данных и т.д. Вместе с этим повышаются и требования к системе синхронизации, применяемой для автоматического поддержания параметров сигналов, генерируемых в приемнике (частота несущей, тактовая частота и т.д.), а также определения времени начала обмена информационными сигналами. От того, насколько качественно осуществлена синхронизация, зависит процесс дальнейшей обработки сигналов – демодуляция и декодирование, а также характеристики приема в целом.

При генерации опорных сигналов приемник должен быть синхронизирован с принимаемой несущей. Это означает, что фаза поступающей несущей и ее копии в приемнике должны согласовываться. Такой процесс обеспечивается фазовой автоподстройкой частоты. В результате подстройки гетеродин приемника синхронизируется по частоте и фазе с принятым сигналом. Таким образом осуществляется фазовая синхронизация. Кроме того, необходимо, чтобы приемник точно знал, где начинается и заканчивается поступающий символ. Эта информация необходима, чтобы знать соответствующий интервал интегрирования символа. Если интегрирование осуществляется по интервалу несоответствующей длины или по интервалу, захватывающему два символа, способность к принятию решения будет снижаться. Часто на практике, вследствие нестабильности задающего генератора, изменений параметров линии передачи во времени возникают случайные отклонения границ символов относительно их идеального положения. Для устранения влияния этого явления и применяют символьную синхронизацию.

Поскольку на один период передачи символа обычно приходится большое число периодов несущей, второй уровень синхронизации значительно грубее фазовой синхронизации и обычно выполняется с помощью другой схемы, отличной от используемой при фазовой синхронизации. В современных цифровых системах радиосвязи подсистема синхронизации представляет собой комплекс программно-аппаратного обеспечения, в котором реализованы алгоритмы оценки рассогласования параметров сигналов, генерируемых в приемнике и передатчике (несущая частота, смещение по времени относительно начала времени приема сигнала и т.д.), относительно номинальных. На сегодняшний день известно много цифровых алгоритмов символьной синхронизации, но наибольшую распространённость

получили следующие: с опережающим и запаздывающим стробированием, Мюллера и Миллера, Гарднера. При кратковременной связи, то есть при передаче коротких сообщений без подтверждения, важную роль играет количество символов, необходимых для установления синхронизации. Часто применяемые алгоритмы не всегда обеспечивают возрастающие требования к передаче данных. В частности, для установления синхронизации при применении алгоритма Гарднера, с использованием QPSK модуляции, необходимо порядка 600 символов, что может оказаться неприемлемым в условиях приема коротких пакетов. При переходе к спектрально – эффективным методам модуляции, например, 16-QAM, количество символов, участвующих в переходном процессе, возрастает, так как сигналы менее различимы по евклидовому расстоянию. В случае, когда процесс синхронизации не успевает установиться по преамбуле, резко возрастает частота битовых ошибок.

При проектировании устройств на современной электронной базе неизбежно возникает проблема выбора элементной базы цифровых устройств с учетом требуемой производительности. С одной стороны, необходимо обеспечить обработку сигналов с заданной скоростью, а с другой – иметь низкую стоимость, малое энергопотребление, тепловыделение и располагать всеми необходимыми для устройства портами ввода/вывода. В рамках данной работы предложен алгоритм символьной синхронизации. Стоит отметить, что для синхронизации системы связи может использоваться специальный синхронизирующий сигнал, генерируемый специально для облегчения данного процесса.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В диссертационной работе рассмотрены методы и алгоритмы временной синхронизации цифрового радиоприемного тракта, проведено несколько этапов моделирования, включая математическое на базе среды MATLAB и инструмента Simulink и функциональное на базе симулятора ModelSim. Кроме того, рассмотрена реализация на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) семейства Intel/Altera Cyclone V передающего и приемного радиотрактов и изучены некоторые вопросы использования языков описания аппаратуры. Актуальность рассматриваемых методов и алгоритмов обусловлена широким спектром вопросов, связанных с эффективным приемом цифровых радиосигналов.

Объем рассмотренных методов и алгоритмов временной синхронизации радиоприемного тракта предоставляет разработчикам широкий выбор

программно-аппаратных реализаций временной синхронизации и автоподстройки частоты в цифровых радиоприемных трактах. Описанные методы и алгоритмы относятся к конкретному виду модуляции – квадратурно-амплитудной модуляции, но относительно легко могут быть модифицированы и для других методов модуляции.

Целью работы является синтез схемы временной синхронизации радиоприемного тракта с квадратурно-амплитудной модуляцией и ее реализация на программируемой логической интегральной схеме.

В соответствии с поставленной целью в диссертационной работе произведен:

- анализ методов и алгоритмов обеспечения временной синхронизации радиоприемных трактов;
- моделирование методов и алгоритмов схем временной синхронизации;
- синтез схемы временной синхронизации цифровых приемных радиотрактов на ПЛИС.

Объектом исследования являются схемы и алгоритмы временной синхронизации цифровых радиоприемных трактов.

Предметом исследования являются алгоритмы обеспечения временной синхронизации блока демодуляции QAM радиосигнала.

Тема диссертационной работы соответствует пункту 5 приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 гг., утвержденных Постановлением Совета Министров Республики Беларусь №190 от 12 марта 2015 г. «Информатика и космические исследования».

Результаты данной диссертационной работы были представлены на 54-ой научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, г. Минск, 23–27 апреля 2018 года.

Данная диссертационная работа проверена на антиплагиат и все заимствованные источники имеют ссылки.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во введении рассматриваются общие проблемы в развитии современных систем синхронизации, описываются основные методы временной синхронизации радиоприемного тракта.

В общей характеристике работы сформирована цель, практическая ценность данной диссертационной работы, дается краткая характеристика ее разработанности, определяются объект и предмет исследования, а также основные задачи, используемые для достижения поставленной цели,

Первая глава «анализ методов и алгоритмов обеспечения временной синхронизации» включает в себя обзор существующих методов и алгоритмов

временной синхронизации радиоприемных трактов таких как с опережающим и запаздывающим стробированием, Мюллера и Миллера, Гарднера, на основе оценки максимального правдоподобия, мультискоростного и ВТР синхронизаторов.

Вторая глава «моделирование алгоритмов временной синхронизации в среде MATLAB/Simulink» включает в себя несколько этапов моделирования приемной и передающей части радиотракта с временной синхронизацией и включает в себя несколько подразделов.

В подразделах второй главы рассмотрены особенности разработки систем связи в среде MATLAB/Simulink, проведена разработка и описание модели приемопередающего тракта с временной, а затем произведен анализ работы разработанных моделей.

Третья глава «реализация и функциональное моделирование алгоритмов временной синхронизации радиоприемного тракта в Quartus» описывает этапы синтеза разработанной схемы приемопередающего тракта непосредственной в ПЛИС. Четвертая глава состоит из двух подразделов.

В подразделах четвертой главы рассмотрены некоторые особенности использования программируемых логических интегральных схем и содержит описание непосредственной реализации приемного тракта с временной синхронизацией на ПЛИС. Приведено структурное описание некоторых и блоков и произведено функциональное моделирование работы схемы и ее отдельных блоков.

В заключении подведены итоги и проанализированы результаты проведенной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На сегодняшний день известно много цифровых алгоритмов временной синхронизации, позволяющих улучшить характеристики приема цифровых сигналов. В данной диссертационной работе был произведен анализ большинства из них и на основе полученных знаний удалось синтезировать приемопередающий тракт с реализацией временной синхронизации в приемной части. Построение моделей синтезированных схем и несколько этапов моделирования позволили проанализировать устойчивость работы схем.

В конечном итоге была достигнута конечная цель работы – была реализована схема временной синхронизации в приемной части приемопередающего тракта с квадратурно-амплитудной модуляцией на программируемой логической интегральной схеме.

Объем рассмотренных методов и алгоритмов временной синхронизации радиоприемного тракта предоставляет разработчикам широкий выбор программно-аппаратных реализаций временной синхронизации и

автоподстройки частоты в цифровых радиоприемных трактах. Описанные методы и алгоритмы относятся к конкретному виду модуляции – квадратурно-амплитудной модуляции, но относительно легко могут быть модифицированы и для других методов модуляции.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1–А. Ворона, В. П. Общие проблемы построения широкополосных цифровых радиоприемных трактов / А. Л. Хоминич, В. П. Ворона, А. В. Леонович // Современные средства связи: материалы XXII международной научно-технической конференции, 19–20 октября 2017 г.– Минск: Белорусская государственная академия связи, 2017.– С. 112.

2–А. Ворона, В. П. Моделирование процессов обработки сигналов с многопозиционной QAM в среде MATLAB (Simulink) / В. П. Ворона, А. В. Леонович // Инфокоммуникации: материалы 55-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22–26 апреля 2019 г.– Минск: БГУИР, 2019.– С. 75.

3–А. Ворона, В. П. Построение приемного тракта с многопозиционной QAM на пЛИС Altera / А. В. Леонович, В. П. Ворона // Инфокоммуникации: материалы 55-й юбилейной научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22–26 апреля 2019 г.– Минск: БГУИР, 2019.– С. 73.