

В. С. Шантала

Кандидат технических наук, начальник лаборатории ПАО «Интелтех»

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ КОРОТКОВОЛНОВОЙ РАДИОСВЯЗИ

АННОТАЦИЯ. Рассмотрена специфика моделирования системы цифровой радиосвязи в коротковолновом диапазоне с использованием высокопроизводительных персональных компьютеров. Описана возможность применения результатов моделирования для построения аппаратуры передачи данных.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Цифровая радиосвязь, аппаратура передачи данных, короткие волны, постоянное переключение рабочей частоты, частотно-временная матрица.

Введение

Построение сложных систем обычно начинается с их моделирования, которое, иногда, экономически целесообразно проводить без использования специализированных и дорогих вычислительных комплексов, таких как, например, платформы для разработки компании National Instruments [1]. Предложенный путь подразумевает использование рабочих станций или серверов начального уровня на платформе Intel, что не позволит моделировать высокочастотную составляющую системы (возбудители и приемники), но позволит проверить низкочастотную составляющую (модемы с шириной полосы до 40 кГц).

Основные цели моделирования:

- отладить часть алгоритмов функционирования цифровой сети радиосвязи;
- олучить кроссплатформенные компоненты, которые можно переносить на целевую платформу;
- получить оценку вычислительной сложности предлагаемых алгоритмов, что позволит выбрать оптимальную платформу для реализации;
- продемонстрировать работу цифровой сети радиосвязи.

К кроссплатформенным компонентам предъявляются следующие требования: multiple instance, ANSI C совместимость и прохождение проверок MISRA C: 2012 по основным пунктам. Допускается внутреннее представление данных с плавающей точкой (32 бита). Необходимо ис-

пользовать квадратурное представление входных и выходных сигналов для совместимости с существующими и разрабатываемыми радиосредствами. Должна быть обеспечена поддержка различных частот дискретизации для работы в полосе от 3,1 кГц до 40 кГц для управления вычислительной сложностью алгоритма и потоком данных.

Основные этапы разработки:

- разработка имитатора КВ канала, выполненного в соответствии с рекомендацией F.1487 [2];
- разработка OFDM модема; разработка аппаратуры передачи данных (АПД);
- моделирование системы цифровой радиосвязи.

Благодаря использованию кроссплатформенных решений Qt будет обеспечена поддержка операционных систем Windows (Windows 10) и Linux (Astra Linux и Alt Linux). Для тестирования будет использоваться система технических расчетов MATLAB: готовые решения для модуляторов, демодуляторов, помехоустойчивых кодов, моделей каналов и высокоуровневые функции для построения отчетов.

1. Имитатор КВ канала

Имитатор будет использоваться для:

- тестирования разрабатываемой АПД;
- сравнения различных реализаций АПД и в том числе сторонних производителей;

– подтверждения эффективности выбранных решений без проведения трассовых испытаний.

Поддерживаемые искажения сигнала: аддитивный белый Гауссовский шум (АБГШ);

– частотно-селективные замирания;
– сдвиг сигнала по частоте; помеха в виде тонального сигнала.

Сценарии использования имитатора КВ канала:

– отладка АПД в режиме шлейфа;
– отладка взаимодействия АПД в дуплексном режиме;
– снятие кривых помехоустойчивости.

Результаты этапа:

– программная модель имитатора канала с шириной полосы до 40 кГц;
– оценка вычислительной сложности имитатора канала.

2. Модем

Построение модема для работы в режиме радиолинии, а именно:

OFDM модулятор/демодулятор;

– помехоустойчивое кодирование;
– система символьной синхронизации; оценка канала связи.

Сценарии использования:

– отладка модема в режиме шлейфа;
– отладка взаимодействия модемов в дуплексном режиме;
– верификация оценки канала связи; снятие кривых помехоустойчивости без и с помехоустойчивым кодированием.

Результаты этапа:

– одноканальный модем с шириной полосы до 40 кГц;
– оценка вычислительной сложности модема;
– характеристики модема (помехоустойчивость, скорость и вероятность синхронизации, эффективность оценки канала связи и т. д.).

3. Аппаратура передачи данных

Для построения АПД используется клиент-серверная модель, где имитатор канала сервер, а АПД клиенты. На этом этапе появляется необходимость в графическом интерфейсе пользователя.

Сервер — это многоканальный имитатор каналов, реализующий частотно-временную

матрицу, в которой: все каналы работают параллельно и полностью соответствуют одноканальной модели; клиенты обслуживаются таким образом, что могут происходить коллизии; допускается независимая настройка каждого канала; абоненты подключаются со случайным или заданным положением в пределах слота, что позволит проверить тактовую синхронизацию.

Клиент — это одноканальная АПД, которая при подключении получает свой сетевой адрес и позволяет в дальнейшем: работать в режиме постоянного переключения рабочей частоты (ППРЧ) с использованием 128 битного регистра; управлять синхронизацией времени; управлять установлением и разрывом соединения; работать в режиме широковещательной передачи данных; принимать и передавать файлы; определять вероятность ошибки используя встроенный анализатор ПСП.

Сценарии использования: клиент-серверное приложение для отладки взаимодействия АПД во всех режимах работы; верификация алгоритмов установления и ведения связи (синхронизация времени, установление и разрыв соединения, переход на выделенную частотно-временную матрицу и т. д.); снятие вероятностно-временных характеристик.

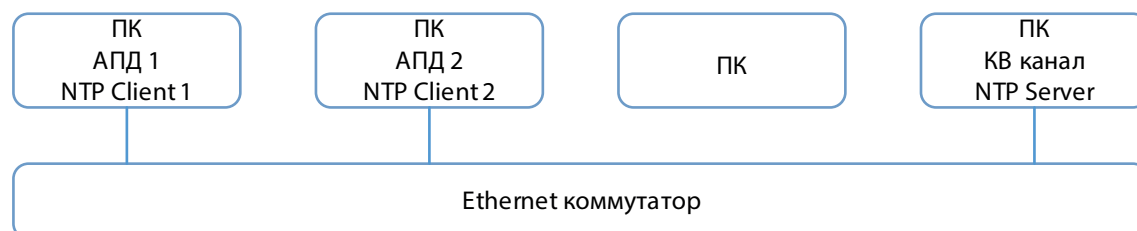
Результаты этапа: АПД с шириной полосы до 40 кГц, как законченное программное решение, которое может быть перенесено на целевую платформу; оценка вычислительной сложности АПД; вероятностно-временные характеристики (ВВХ); возможность демонстрации функционирования системы цифровой радиосвязи.

4. Моделирование системы цифровой радиосвязи в реальном времени

Разработка, отладка и демонстрация результатов работы имитатора КВ канала, модема и АПД может происходить на следующем стенде, см. рисунок.

В зависимости от быстродействия персональных компьютеров модель может работать быстрее или медленнее реального времени. В этом случае вся синхронизация определяется сервером, поскольку он запрашивает данные у клиентов, которые к нему подключены.

АПД и многоканальный имитатор могут быть развернуты на разных ПК, на одном ПК в различных виртуальных операционных системах и на



Рисунок

одном ПК в одной операционной системе. Если нет необходимости в полном физическом разделении моделируемых устройств, то стенд может быть запущен на одном высокопроизводительном персональном компьютере под одной операционной системой или в различных виртуальных операционных системах.

Если запустить имитатор КВ канала с привязкой к реальному времени, то в состав АДД можно ввести вокодер для демонстрации голо-совой связи.

Для демонстрации синхронного переключения рабочих частот без использования проприетарного алгоритма синхронизации времени нужно синхронизировать время различных ПК, что можно сделать двумя способами: с использованием внешних приемников GPS/Glonas (подключенных к каждому ПК) или с использованием протоколов network time protocol (в этом случае один ПК выбирают ведущим, а остальные ведомыми).

Выводы

Для моделирования системы цифровой коротковолновой радиосвязи используется или универсальные высокопроизводительные персональные компьютеры или сервера начального уровня, что позволяет провести моделирование с минимальными финансовыми затратами.

Оценка вычислительной сложности компонент, размера требуемой оперативной и дисковой памяти позволяет эффективно выбрать целевую платформу для реализации АДД, например, 1891ВМ10Я [3] или 1892ВМ14Я [4];

Отдельно выделенные кроссплатформенные программные компоненты, реализующие АДД, позволяют сократить время для переноса кода на целевую платформу.

Разработанная модель может эффективно использоваться для демонстрации работы системы цифровой коротковолновой связи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Полунатурное моделирование средствами NI. URL: <https://media.ls.urfu.ru/510/> (дата обращения 16.11.2018)

2. Recommendation ITU-R F.1487 Testing of HF modems with bandwidths of up to about 12 kHz using ionospheric channel simulators, 05/2000

3. Центральный процессор «Эльбрус-8С». URL: <http://www.mcst.ru/elbrus-8c> (дата обращения 16.11.2018)

4. Система на кристалле 1892ВМ14Я. URL: <http://multicore.ru/index.php?id=1335> (дата обращения 16.11.2018)