

Разработка беспроводных модемов для видео высокой четкости

ГАЙ ДОРМАН (GUY DORMAN), Amimon

В статье описан фирменный беспроводной цифровой интерфейс WHDI, разработанный компанией Amimon, для передачи видео высокой четкости (HD-видео) в устройствах бытовой электроники. Описаны алгоритмы и средства отладки и моделирования — среда MATLAB.

Число и разнообразие устройств бытовой электроники, работающих с видео высокой четкости, постоянно растут. К DVD-плеерам, приставкам кабельного и спутникового телевидения присоединились Blue-Ray плееры, игровые консоли, ПК, видеокамеры и даже мобильные телефоны, и каждая новая волна инноваций улучшает качество самого видео. При этом добавилось количество кабелей, подключенных к телевизорам высокой четкости, и создалась потребность в большем числе видеовходов.

Amimon разработала беспроводной цифровой интерфейс для домашнего использования (WHDI), который позволяет передавать видеосигнал телевизорам высокой четкости со всех источников, обеспечивая то же качество, что и проводное соединение. Разработанный с использованием MATLAB WHDI-интерфейс работает со скоростью 3 Гб/с, что позволяет передавать каждую секунду 60 кадров с разрешением 1080 точек через стены к устройству, удаленному на 100 м. Поскольку кадры передаются без сжатия, задержка составляет всего 1 мс, что делает WHDI идеальным для игровых консолей, которые требуют очень короткого времени отклика. WHDI-устройства не только устраняют необходимость в видеокабелях, они могут выступать в качестве беспроводных коммутаторов, соединяющих несколько источников видео с несколькими телевизорами и дисплеями.

Мы использовали MATLAB для проверки наших идей на ранних стадиях разработки, моделируя WHDI алгоритм, а потом — для сравнения результатов, полученных с аппаратных средств, с результатами моделирования в MATLAB.

WHDI является первым стандартом, обеспечивающим универсальное, независимое от кодеков соединение для передачи видео высокой четкости. С WHDI пользователи могут соединить любой видеоисточник в комнате с любым воспроизводящим устройством, даже с устройством, удаленным на 100 м или находящимся в другой комнате. Поскольку WHDI является широкополосным протоколом, один видеоисточник может быть связан с несколькими дисплеями.

СЛОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ МОДЕМОВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ НЕСЖАТОГО HD-ВИДЕО

С инженерной точки зрения, передача видео — более сложная задача, чем передача пакетов данных. Пакеты данных в случае необходимости могут быть повторно переданы незаметно для пользователя. С видео нет возможности повторной передачи: каждый кадр должен быть передан через канал, как только он появится в источнике. Поскольку зритель замечает любые ошибки в видео, то должно гарантироваться качество передачи при наихудших условиях канала связи.

Беспроводные видеомодемы, использующие альтернативные технологии, имеют существенные недостатки. Некоторые из них используют компрессию, которая не только добавляет значительную задержку, но и требует использования более мощных и дорогостоящих процессоров. Другие осуществляют передачу в очень высоких частотных диапазонах — 60 ГГц, которые требуют прямой видимости между передатчиком и приемником, и поэтому не могут быть использованы для передачи из комнаты в комнату. Кроме того, технология 60 ГГц не поддерживает широкополосную передачу, при которой один источник передает информацию нескольким приемникам.

Для инженеров Amimon задача заключалась в разработке алгоритмов обработки видео и модуляции, которые позволили бы передавать несжатые кадры размера 1080 точек со скоростью 60 кадров в секунду, используя при этом нелицензированный диапазон 5 ГГц и полосу 40 МГц.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ

Поскольку разрабатываемая технология была инновационной, потребовалось использовать множество новых алгоритмов. Среда MATLAB идеально подходит для инновационных разработок, поскольку позволяет быстро опробовать новые идеи и запускать симуляцию для оценки их работоспособности. В результате посредством моделирования мы смогли опробовать несколько различных схем, оценка которых с помощью реализации заняла бы слишком много времени. Например, нам требовалось разработать детектор движения, который определял бы, является ли блок размером 8×8 пикселей статическим или динамическим. Прямая реализация требует сохранения последнего кадра в памяти для сравнения с новым кадром. Такой буфер содержит большое число пикселей, а использование больших буферов приведет к значительному увеличению себестоимости продукта. С помощью MATLAB мы опробовали несколько алгоритмов, которые хранят сигнатуры каждого блока 8×8 пикселей вместо самих блоков. Для определения движения сигнатуры из последнего кадра сравниваются с сигнатурами из текущего кадра. Чтобы оценить количество ложных срабатываний и пропущенных обнаружений, для каждого вида сигнатур проводилось тестирование на реальных видеоданных.

Компоненты передатчика и приемника были разбиты на модуль обработки видео и модуль модулятора (см. рис. 1а и 1б). Модулятор должен сжать большое количество данных в относительно узком диапазоне спектра. (Требование 40 МГц обусловлено нормами FCC и необходимостью использовать общедоступные RFIC, которые работают на

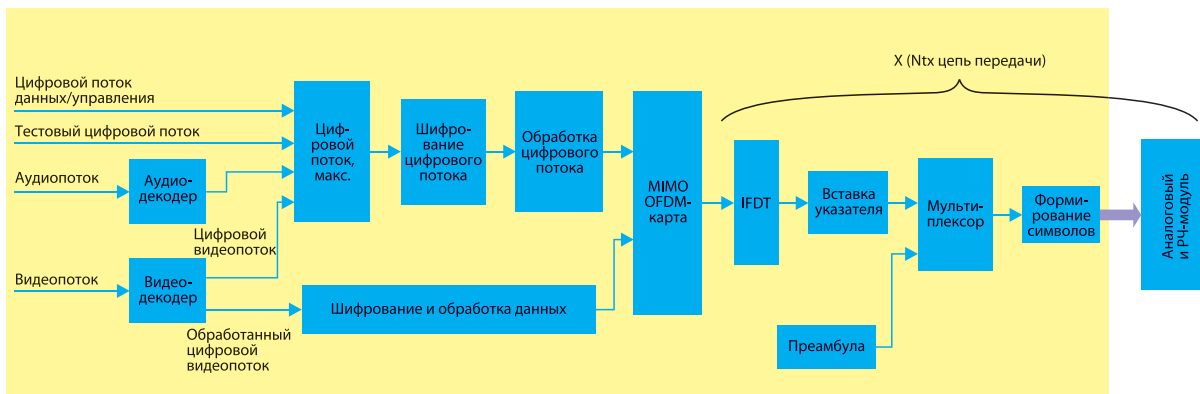


Рис. 1а. Блок-схема DLPHY-передатчика с режимами работы в полосах 20 МГц и 40 МГц

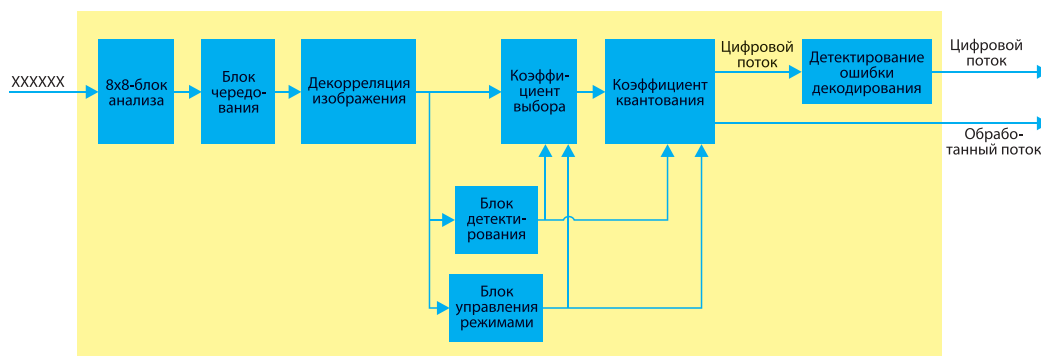


Рис. 1б. Блок-схема декодера

частоте 5ГГц с 40-МГц полосой пропускания и позволяют одновременно связывать в одной комнате множество WHDI-систем, подобно Wi-Fi системам).

В MATLAB мы разработали алгоритмы модулятора на основе многоантенной технологии (MIMO). Благодаря такой конструкции мы обеспечили одновременную передачу четырех потоков, используя четыре отдельные антенны. На принимающей стороне стоит пять антенн (одна — дополнительная — используется для компенсации замираний). Мы приспособили компоненты обработки видео для работы с этой особенностью модулятора.

Компоненты видеообработки и модулятора были разбиты на 25 функциональных блоков, каждый из которых был смоделирован отдельно в MATLAB. Например, модуль обработки видео включает алгоритм дискретного косинусного преобразования (DCT), который обрабатывает блоки размером 8x8 пикселей, в то время как модулятор включает блок обратного преобразования Фурье (IFFT) для реализации OFDM-модуляции. Для другого блока мы разработали КИХ-фильтры, используя сначала SignalProcessingToolbox, а затем — OptimizationToolbox для определения оптимального набора параметров фильтра, которые обеспечили бы соответствие нормам FCC.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ

Мы начали верификацию проекта на ранних стадиях. Вначале алгоритмы были разработаны с арифметикой с плавающей точкой, что обеспечило высокую скорость разработки, далее мы перевели их в формат с фиксированной точкой, что позволило проводить моделирование максимально приближенно к аппаратным характеристикам. Как только функциональный блок был смоделирован

в MATLAB, инженер проводил симуляцию блока, подавая тестовые векторы на вход, считая выходы и сравнивая полученные результаты с ожидаемыми.

Группа из шести инженеров разрабатывала блоки параллельно, а затем они были интегрированы и верифицированы вместе. Входными данными для этой собранной системы является один кадр изображения, который хранится в виде растрового файла. В процессе симуляции выполняются все алгоритмы обработки видео и модуляции на передающей стороне, а затем выполняются обратные алгоритмы на приемной стороне для восстановления изображения. В конце моделирования мы убедились, что результирующее изображение совпадало с входным изображением с высокой точностью. Во время симуляции мы сохранили входы и выходы отдельных подсистем и использовали их для проверки реализации в HDL-коде.

После того как блок был протестирован с помощью моделирования в MATLAB, программисты использовали этот алгоритм в качестве эталона при разработке HDL-кода. Используя автоматизированную технологию, инженер проверяет HDL-код путем сравнения результатов, полученных с HDL, с результатами модели MATLAB. При этом на HDL-блок подаются те же тестовые векторы, что и на модель MATLAB, а результаты сравниваются до битовой точности.

На следующем этапе верификации мы закалили прошивку в ПЛИС и запустили алгоритмы в режиме реального времени на реальных каналах с использованием реальных РЧ-устройств и антенн. На стороне приема предусмотрен большой банк памяти, в котором мы записываем данные с приемных антенн. Когда мы выявляли аномалии в принимаемом сигнале, анализ данных выполнялся с помощью введения принятого сигнала в модель MATLAB. Этот шаг

позволил улучшить нашу разработку путем компенсации замираний канала и шумов, с которыми устройство будет сталкиваться в реальных условиях. В итоге отлаженное HDL-описание мы использовали для изготовления ASIC-чипа.

ВТОРОЕ И ТРЕТЬЕ ПОКОЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ WHDI

В настоящее время начинается производство второго поколения WHDI-устройств (см. рис. 2), а несколько ведущих производителей электроники внедряют эту технологию в свои продукты. Для устройств третьего поколения мы планируем сделать поддержку разрешения 2k-4k и 3D-технологии, снизив при этом стоимость устройства и расширив зону его действия. Мы продолжаем использовать MATLAB для оптимизации алгоритмов обработки видео и модуляции и для верификации ASIC-реализаций. Кроме того, мы изучаем возможность для генерации HDL-кода непосредственно из алгоритмов MATLAB.



Рис. 2. Представители второго поколения WHDI-модулей (вверху: WHDI-стик, который обеспечивает просмотр содержимого планшета и ноутбука на телевизор; внизу: модули передатчика и приемника беспроводного видеомодема WHDI)