

# Разработка беспроводных модемов для видео высокой четкости

ГАЙ ДОРМАН (GUY DORMAN), Amimon, [matlab@sl-matlab.ru](mailto:matlab@sl-matlab.ru)

*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.*

*Статья публикуется в рамках совместного проекта медиагруппы «Электроника» и Департамента MathWorks компании Softline.*

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

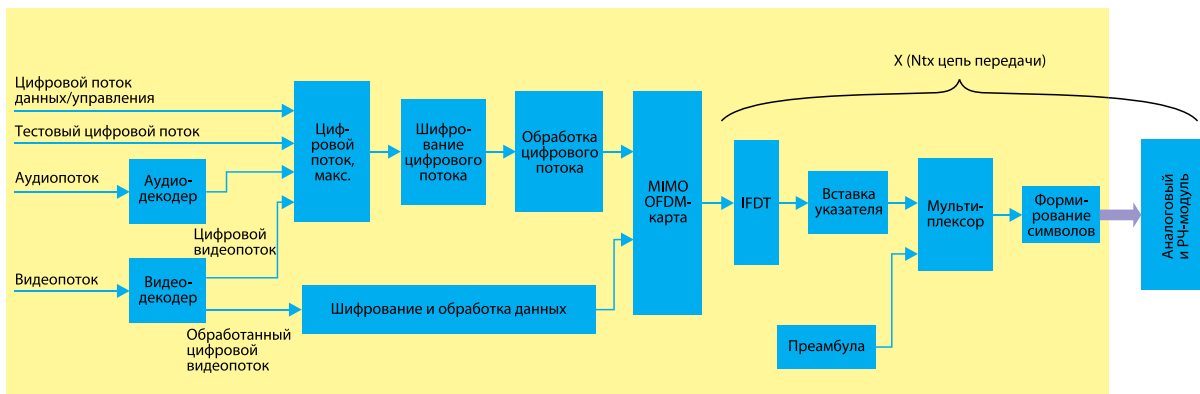


Рис. 1а. Блок-схема DLPHY-передатчика с режимами работы в полосах 20 и 40 МГц

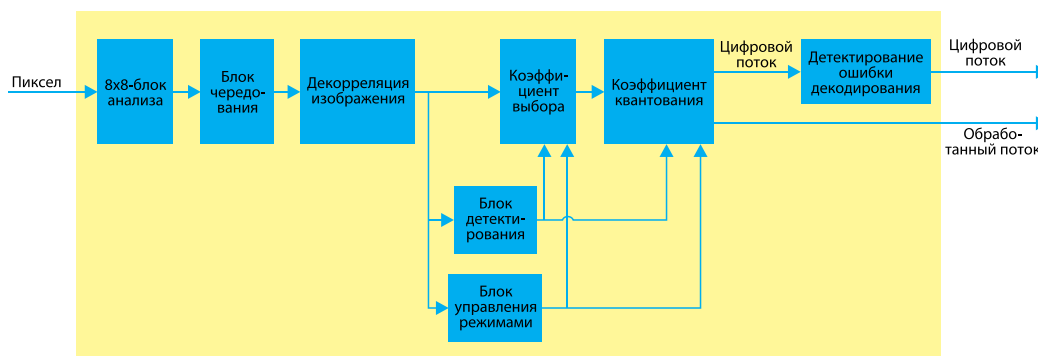


Рис. 1б. Блок-схема видеокодера

частоте 5 ГГц 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 8×8 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 рабочих 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)

## КОММЕНТАРИЙ ЭКСПЕРТА

### Александр Кондратьев, руководитель центра беспроводных разработок, Promwad



Задача беспроводной передачи видеоинформации является одной из наиболее востребованных в потребительской электронике. Это обусловлено как количеством мультимедийной техники в каждом доме, ее распределенностью в пространстве, растущей потребностью в интеграции всех устройств в единую систему, так и постоянно растущими требованиями к качеству контента, который должен на ней воспроизводиться. Технология

WHDi, которой посвящена данная статья, является одним из решений этой задачи, а компания Amimon — один из разработчиков данного стандарта.

Ключевой особенностью решения Amimon является ориентированность технологии на передачу несжатого контента, что позволяет добиться высокого качества передаваемой видеоинформации на мультимедийные устройства различного типа с минимальными задержками, а также обеспечивает независимость конечного оборудования от применяемых в устройстве кодеков видеосжатия.

В статье подробно описываются этапы проектирования устройства: разработка алгоритмов обработки видео и модуляции, позво-

ляющих передавать несжатые кадры размера 1080p со скоростью 60 кадров в секунду; моделирование алгоритмов в среде MATLAB; верификация и отладка алгоритмов на реальных каналах с использованием РЧ-устройств. Приведены блок-схемы видеокодера и DLPHY-передатчика с режимами работы в полосах 20 МГц и 40 МГц, что позволяет частично оценить архитектуру устройства и применяемых алгоритмов.

С инженерной точки зрения определенный интерес вызывает архитектура системы MIMO, предложенная инженерами Amimon, которая объединяет пять передатчиков прямого преобразования и приемников типа Zero-IF, работающих на частоте 5 ГГц с полосой 40 МГц. И хотя применение радиоприемного тракта такого типа не позволяет добиться высоких требований по чувствительности, это существенно снижает стоимость элементной базы, что в конечном итоге серьезно влияет на себестоимость готовой продукции при сохранении требуемых потребительских характеристик.

Несомненно, у технологии WHDI есть будущее даже при наличии конкурентных решений. Статья ориентирована, в первую очередь, на разработчиков и серийных производителей мультимедийной потребительской электроники, которые заинтересованы в дополнительном функционале для своих устройств, а этапы проектирования, описанные в статье, убеждают насколько трудоемким и ресурсоемким является процесс проектирования инновационных продуктов.

## НОВОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**| В ЧЕМ РАЗНИЦА МЕЖДУ 3G И 4G? |** Мобильные устройства принято классифицировать по поколениям (G — generation), к которому они принадлежат. Телефоны третьего поколения появились в конце 90-х. Стандартами 3G являются UMTS, CDMA2000 IS-95. В основе UMTS — технология CDMA. Используется полоса 5 МГц, скорость передачи в нисходящем направлении может достигать в отдельных случаях 2 Мб/с, но при нормальных условиях она равна 384 кб/с. Стандарт CDMA2000 отличается меньшей полосой частот 1,25 МГц. Технологии 3G развивались и дополнялись новыми функциями, позволяющими увеличить скорость передачи.

Несколько особняком стоит LTE — улучшенная технология 3G, ее часто называют 3,5G или 3,9G. Зачастую она приписывается к классу 4G, однако это неправильно, она не дотягивает до требований стандарта четвертого поколения. Принципиальное отличие LTE от стандартов 3G — использование OFDM вместо CDMA. Канал 5, 10 или 20 МГц делится на линии, или поднесущие, шириной 15 кГц для одновременной передачи потоков данных.

В LTE применяется принцип MIMO, когда передача осуществляется несколькими антеннами. Максимальная скорость передачи составляет 100 Мб/с к абоненту и 50 Мб/с от него.

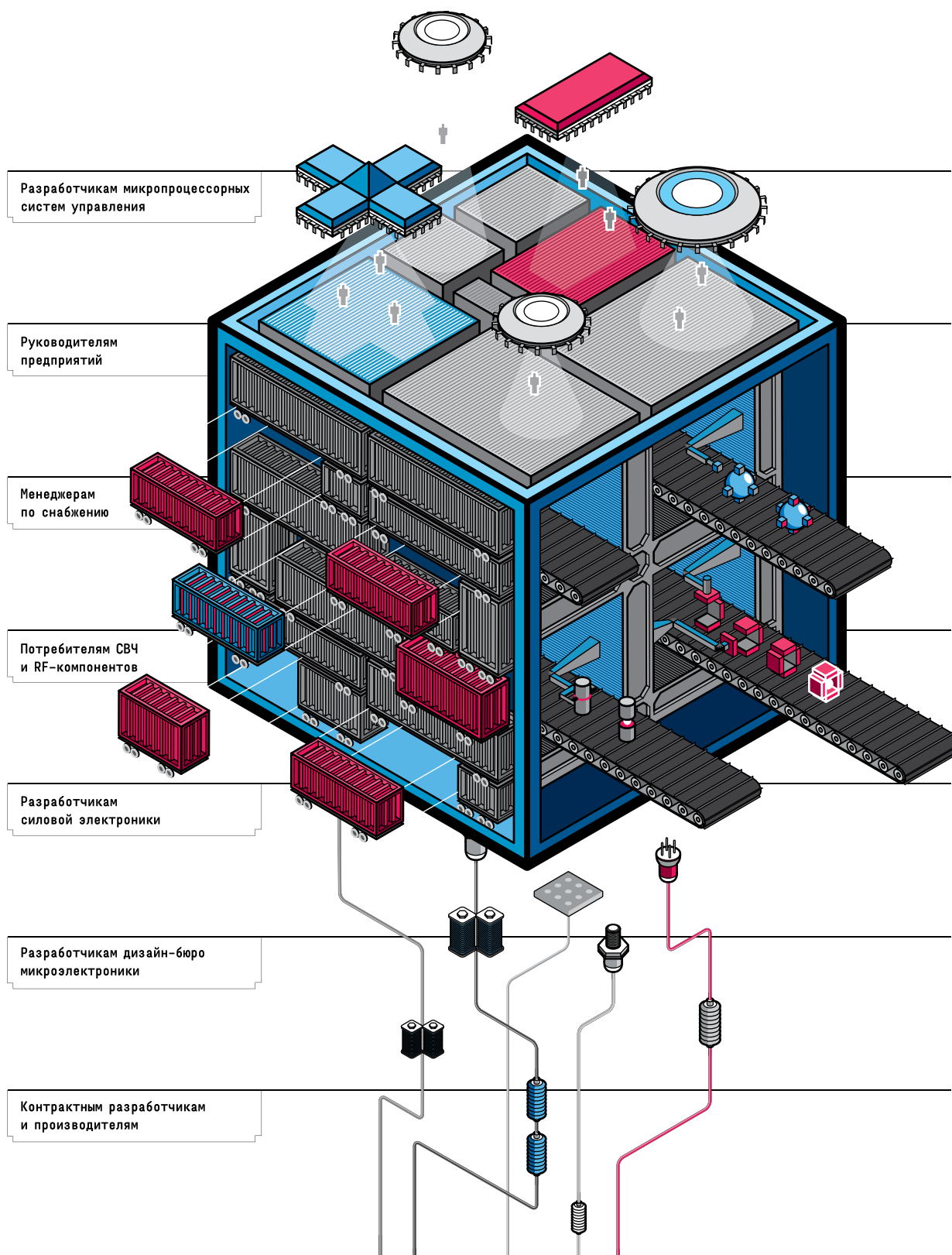
Стандарты 4G обеспечивают еще большую скорость передачи за счет использования более широкого канала и большего количества антенн MIMO. Максимальная скорость передачи составляет 1 Гб/с. Формально к 4G относится стандарт LTE-A и WiMAX 2. Отметим, что стандарты 3G и 4G применяются только к данным, а не к голосовой связи. Голосовая связь до сих пор осуществляется по протоколу GSM или CDMA2000.

# НОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА / РОССИЯ

# 17–19 АПРЕЛЯ 2012

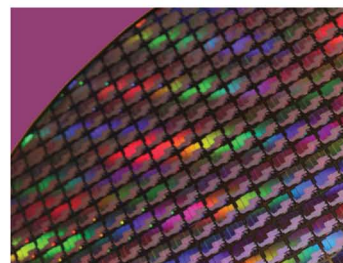
МОСКВА  
ЭКСПОЦЕНТР  
НА КРАСНОЙ ПРЕСНЕ

главная российская выставка электронных компонентов и модулей



## The Power of [Connection]

15–16 мая  
«Экспоцентр»  
Москва, Россия



Участвуйте в развитии отрасли —

**Забронируйте свой стенд на SEMICON Russia 2012 уже сейчас!**

SEMICON Russia – это Ваша связь с российским рынком полупроводников. SEMICON Russia позволит Вам расширить круг потенциальных клиентов и познакомит с людьми, определяющими развитие этой отрасли в России. Узнайте о новых возможностях российской и мировой полупроводниковой промышленности – запланируйте свое участие в SEMICON Russia 2012 уже сейчас!

- Конференция по рынку микроэлектроники в России 14 мая в отеле Ренессанс Москва Монарх Центр
- Сессия по фотовольтаике 15 мая на арене SEMI
- Сессия по светодиодам и MEMS 16 мая на арене SEMI
- Выставка полупроводников и фотовольтаики



До встречи на SEMICON Россия 2012.

Посетите сайт выставки: [www.semiconrussia.org](http://www.semiconrussia.org)

Проводится совместно с:

**SOLARCON®**  
*Russia 2012*

Конференцией и павильоном

**SOLARCON Russia 2012: Ваша связь с российским рынком фотовольтаики!**  
SOLARCON Russia – это ведущий в России форум для производителей фотовольтаики, проходящий в рамках выставки SEMICON Russia. Присоединяйтесь к компаниям-лидерам в области производства оборудования и технологий для фотовольтаики!

Проводится одновременно и в одном выставочном комплексе с:

**Выставкой «Связь Экспокомм-2012»**  
24-й международной выставкой телекоммуникационного оборудования, систем управления, информационных технологий и услуг связи.  
[www.sviaz-expocomm.ru](http://www.sviaz-expocomm.ru)