

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ (ПРОТОТИП SDR)

В. В. АЛЕКСАНДРОВ, С. В. КУЛЕШОВ, О. В. ЦВЕТКОВ, А. А. ЗАЙЦЕВА

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

<<http://sial.iias.spb.su>>

УДК 004.6:004.7

Александров В. В., Кулешов С. В., Цветков О. В., Зайцева А. А. **Концепция построения инфотелекоммуникации (прототип SDR)** // Труды СПИИРАН. Вып. 6. — СПб.: Наука, 2008.

Аннотация. В статье рассматриваются пути развития систем передачи данных, вычислительных и управляющих систем на основе нанотехнологических электронных компонентов. Предложена концептуальная схема определения предельных характеристик перспективных систем передачи данных как прототипа программируемого радио (SDR — Software Defined Radio) с применением нанотехнологий. — Библ. 2 назв.

UDC 004.6:004.7

Alexandrov V. V., Kuleshov S. V., Tsvetkov O. V., Zaitseva A. A. **The conception of infotelecommunication building (the SDR prototype)** // SPIIRAS Proceedings. Issue 6. — SPb.: Nauka, 2008.

Abstract. The ways of development of data transmission systems, computing and control systems based on nanotechnological electronic components are considered. The conceptual scheme for determination of limits of perspective data transmission systems as prototype of programmed radio (SDR — Software Defined Radio) with nanotechnology application is proposed. — Bibl. 2 item.

1. Введение

Реализация универсальной среды инфотелекоммуникационного обмена на основе подхода программируемого радио (Software Defined Radio — SDR) позволяет произвести интеграцию всех видов связи, обеспечивая 100%-ную совместимость протоколов и форматов для построения универсальных инфокоммуникационных структур данных (текста, видео, звука) и осуществить конвергенцию различных видов информационного содержания.

Реализация SDR технологии возможна при использовании АЦП и ЦАП с частотой выборки порядка 10 GSPS (миллиардов выборок в секунду) и процессоров с производительностью порядка 100 GOPS (миллиардов битовых операций в секунду). А это в свою очередь требует использования электронных компонентов, построенных на основе нанотехнологий, так как на таких частотах способны работать только элементы наноструктур.

Патент на технологию создания наноэлектронных компонентов был получен компанией Hewlett-Packard еще в 2003 году, однако доказать жизнеспособность методики исследователям удалось значительно позже. Планируется, что первые гибридные микросхемы, содержащие и транзисторы, и «нанозащелки», появятся на рынке в первой половине следующего десятилетия. Изготавливаться такие чипы будут предположительно по 32-нанометровой технологии. Коммерциализация новой методики намечена на 2020-е гг.

Суть новой технологии состоит в следующем. Вместо транзисторов исследователи HP предлагают использовать так называемые защелки, состоящие из трех нанопроводников и двух молекулярных переключателей. Два из этих проводников расположены параллельно друг другу и размещены над третьим под

прямым углом (рис. 1). Молекулярные переключатели служат для соединения нанопроводников друг с другом. Причем переключатели всегда находятся в различных состояниях: один из них открыт, а другой — закрыт, или наоборот. Эти комбинации и соответствуют логическим «0» и «1».

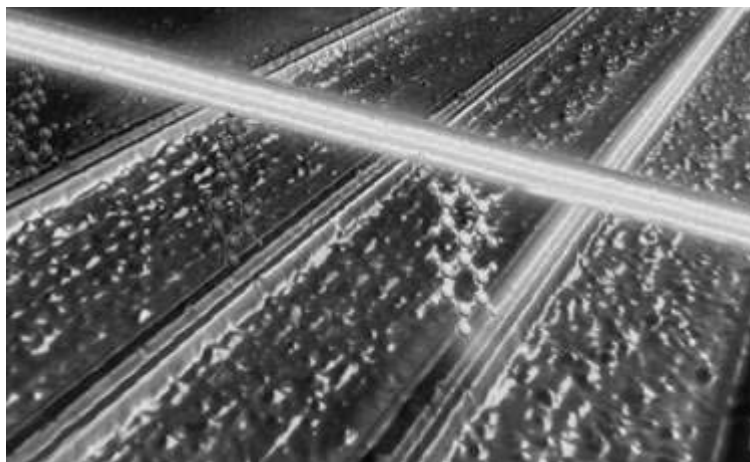


Рис. 1. Нанопереключатели для микросхем следующего поколения.

В настоящее время успехи нанотехнологий можно отметить в области хранения данных. Так, фирма IBM создала прототип устройства памяти «многоножка» (Millipede), первое наноустройство хранения данных. Компания ожидает, что эта переломная технология завоюет рынок к 2006 или 2007 году. Новинка состоит из записывающей матрицы манипуляторов, которая включает в себя 4096 кантилеверов, выполненных как устройства чтения–записи (подобные кантилеверы используются сейчас в электронных и атомно-силовых микроскопах). Правда, у прототипа пока вчетверо меньше кантилеверов, но это не мешает сделать вывод о благоприятных рыночных перспективах продукта.

Теоретически квадратный чип с длиной стороны 2,4 см может хранить до 125 Гб данных, что эквивалентно емкости 25 дисков формата DVD.

Разрабатывается магнитная flash-память на основе углеродных нанотрубок. Ее архитектура довольно проста: каждая ячейка памяти состоит из двух пересекающихся нанотрубок, содержащихся внутри примеси железа или помещенных в ферромагнитное окружение (рис. 2). В нанопамяти роль слоев будут играть пересекающиеся нанотрубки, магнитную ориентацию которых можно менять с помощью электрических импульсов различной полярности. А считывать логическое состояние «1» или «0» будут более слабые электрические сигналы определенной полярности. Таким образом, если магнитная ориентация нанотрубок установлена противоположно посылаемому импульсу считывания, то по низкой величине тока импульса будет определяться значение «0». И наоборот, если магнитная ориентация нанотрубок совпадает с направлением электронов в импульсе, то амплитуда тока импульса будет соответствовать логической «1». Полученная память будет энергонезависимой.*

* Ершова Н. Ю., Соловьев А. В. Организация вычислительных систем. — <http://www.intuit.ru/department/hardware/csorg/17/2.html>

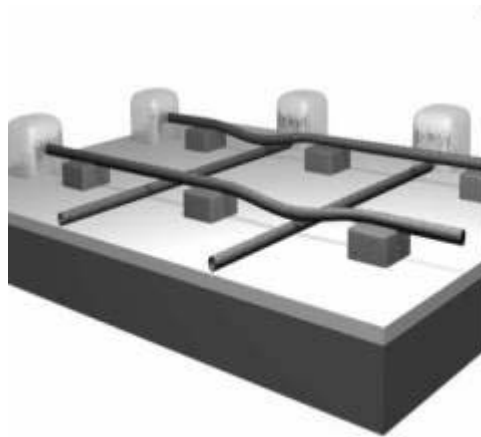


Рис. 2. Матрица ячеек памяти из нанотрубок.

2. Концепция программируемого радио (SDR)

Уже достигнутые возможности «хай-тек» привели к актуальности непосредственной обработки сигналов как импульс-битовой последовательности [1]. Одно из инновационных направлений программируемой технологии привело к цифровой технологии Software Defined Radio (SDR), которая позволяет передавать и обрабатывать сигналы с использованием разных частот и стандартов, при этом все параметры устройства определяются программно.

Термин «Software Defined Radio» на данный момент даже не имеет устоявшегося перевода на русский язык, можно перевести его как «программируемое радио». Суть технологии заключается в том, что базовые параметры приемопередающего устройства определяются именно программным обеспечением, а не аппаратной конфигурацией, как в классических конструкциях [2].

Классические радиопередающие и принимающие устройства имеют «жесткую» архитектуру, определяемую конкретными электронными компонентами — LRC-контурами, детекторами и т.п. Такие устройства поддерживают один тип сигнала, что позволяет связываться между собой только однотипным устройствам. Это являлось и является сильным ограничением и усложняет организацию связи. В связи с этим ощущалась потребность в «гибкой» архитектуре, которая могла бы задаваться и изменяться программно. Так появилось SDR — «программируемое радио», в котором вид модуляции, частота и другие параметры определяются процессором или микроконтроллером.

Типовая архитектура SDR (рис. 3) содержит антенну, блоки аналого-цифрового, цифро-аналогового преобразования, блок обработки цифровых сигналов на базе быстродействующего процессора и другие вспомогательные блоки. Одним из самых важных узлов является аналого-цифровой преобразователь, который напрямую подключается к антенне. Очевидно, что его характеристики будут во многом определять и характеристики устройства в целом. Основными параметрами являются разрешающая способность по уровню сигнала, линейность и скоростные характеристики. Именно скоростные характеристики определяют частоту, на которой способно работать программируемое радио.

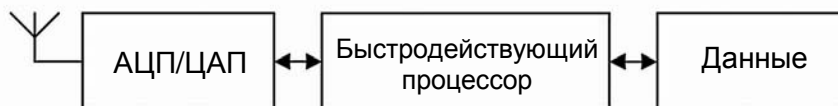


Рис. 3. Упрощенная архитектура типового SDR-устройства.

Другой, не менее важный компонент архитектуры SDR — процессор. Именно он обеспечивает гибкость системы и используется для полной обработки сигналов — детектирования, коррекции, демодуляции, исправления ошибок, шифрования и последующей обработки.

Преимущества подобной технологии очевидны: набрав код на панели управления, можно «превратить» Bluetooth-приемопередатчик в WiFi-устройство. При этом изменятся не только радиочастотные параметры (вид модуляции, мощность, избирательность и другие), но и протокольная часть устройства, — происходит полное перерождение аппаратуры, которая ранее могла выполнять только одну жестко заданную функцию. При этом устройство обладает уникальной возможностью обновления программы при появлении новых форматов и протоколов передачи данных без переделки аппаратной части.

Одним из приоритетных направлений развития систем SDR является создание универсальных многопротокольных систем. При использовании SDR можно упростить техническое обеспечение международного роуминга, увеличить число поддерживаемых сервисов, добиться большей гибкости устройств связи.

Использование программируемой технологии позволяет также продлить активную фазу жизненного цикла изделия, заменяя программное обеспечение при введении новых стандартов обмена данными — форматов и протоколов.

Кроме того, мобильное устройство на базе архитектуры SDR может более эффективно использовать радиочастотный спектр и потребляемую от источника питания энергию.

Известно, что архитектуру SDR планируется использовать как базовую для аппаратного обеспечения мобильной связи третьего поколения 3G [2].

Пока что недостатком устройства SDR является слишком высокая стоимость такой системы и достаточно ощутимые ограничения технологии (например, имеющиеся цифровые сигнальные процессоры обладают недостаточным быстродействием для реализации одновременно всех функций радиопередающего и принимающего устройства).

3. Программируемая технология

На рис. 4 приведена структурная схема программируемой технологии, где последовательно выделены следующие этапы цифровой обработки и передачи ДАННЫХ [1].

Источник данных (различные виды и формы информационного содержания) — семантика данных → конвертер (двоичный битовый поток) → кодер (логический уровень) → программируемый процессор (физический уровень) → канал (физическая среда), → декодер (логический уровень) → конвертер → восстановление семантики исходного информационного содержания → потребитель.

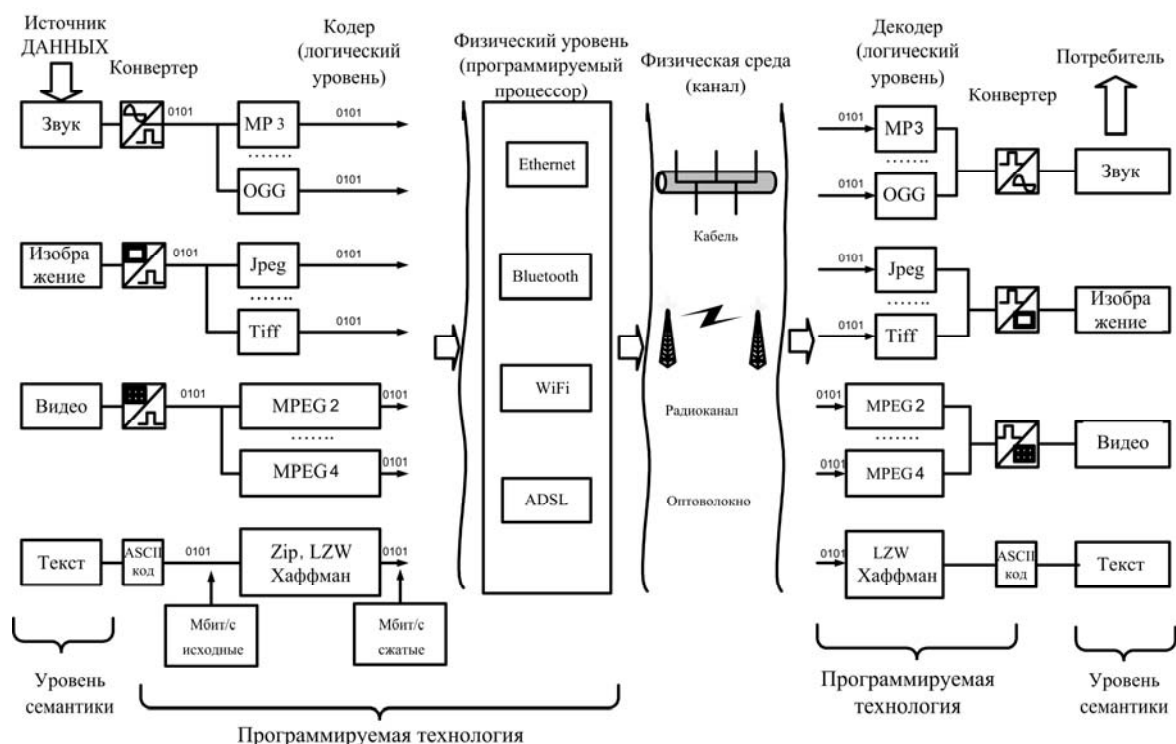


Рис. 4. Принцип программируемой технологии.

Основным объектами инфокоммуникационного взаимодействия являются источник и потребитель информационного содержания, а также среда инфокоммуникационного обмена.

Основным показателем инфокоммуникационного взаимодействия является скорость битового потока (или битовый объем данных для задач хранения). Физическая среда может не обеспечивать требуемой пропускной способности для имеющегося битового потока. Классическая теория связи в этом случае говорит о невозможности решения задачи обмена данными при поставленных условиях. В свою очередь, программируемая технология за счет динамической компрессии битового потока с помощью пары кодер–декодер позволяет обойти это ограничение, превысив пропускную способность физического канала. При этом важными становятся и форма семантического содержания, и тип передаваемых данных, которые определяют такую информационную характеристику, как «избыточность», т.е. потенциальную сжимаемость битового потока.

С другой стороны, программируемая технология позволяет использовать обобщенную инфокоммуникационную среду (ее логический и физический уровни) для одновременной передачи разнородных типов данных. Единственным условием возможности такой передачи является то, что сумма скоростей всех передаваемых потоков с учетом их информационной избыточности не должна превосходить пропускной способности обобщенной инфокоммуникационной среды — виртуального канала. Теоретические основы изложены в [1].

Естественно, что с помощью дополнительных средств должны обеспечиваться: идентификация потребителя (как, например, в сетях TCP/IP), разделение разнородных потоков, защищенность от несанкционированного доступа, надежность доставки и т. д. Это означает интеграцию (целостность) среды инфокоммуникации относительно видов и форм содержания передаваемых данных.

4. Аппаратная реализация

Рассмотренные схемы, алгоритмы и программы содержат однотипные итерационно-рекурсивные процедуры, а следовательно, имеют наиболее эффективную аппаратную реализацию.

Программируемая технология как язык управления «единицами» и «нулями» создает универсальные возможности для взаимной интеграции структур данных — текста, видео, звука.

Обратим внимание, что программируемая технология и ее аппаратная реализация более эффективны, чем построение систем инфокоммуникации в традиционной архитектуре. Для разных задач лишь разная специфика может быть отражена в программной реализации.

Рассмотренная выше структуризация данных позволяет рассматривать входную часть приемника как сверхширокополосный аналого-цифровой преобразователь (СШП–АЦП) совместно с протокольной частью реализации некоторого стандарта обмена данными.

Хорошим примером является технология программируемого радио SDR, которая уже продемонстрировала возможность практического применения программируемой технологии. Одной из целей SDR является интеграция всех видов связи и 100%-ная совместимость всех протоколов и форматов. Так, приемник для SDR не использует промежуточную частоту, антенна непосредственно подключается к СШП–АЦП, а цифровой сигнальный процессор считывает сигнал с конвертера и программно преобразует его в любую форму.

Представленная на рис. 4 схема программируемой технологии имеет следующую аппаратную реализацию (рис. 5) на различных видах микропроцессоров, сигнальных процессорах, микроконтроллерах и т.д.

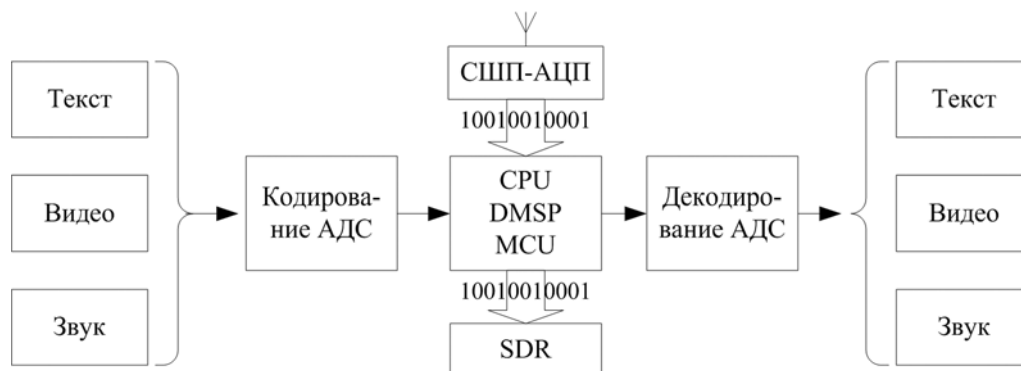


Рис. 5. Иллюстрация возможности аппаратной реализации АДС.

5. Заключение

Лишь доступность нанотехнологий — физически реализуемых элементов, обеспечивающих устойчивое состояние, позволяет разрабатывать цифровые способы широкополосной передачи и высокоскоростной обработки данных. Именно нанотехнология — качественный рывок в сферу построения сверхширокополосных каналов передачи данных и предоставления широкого спектра информационных услуг. Становятся доступны высокие скорости передачи информации в различной форме и неиспользуемые ранее радиодиапазоны (частоты). Кроме того, введение средств связи с использованием нанотехнологий

требует пересмотра нормативной документации (на распределение радиочастотного ресурса, ограничение выходной мощности передатчиков и др.).

Программируемый подход к каналам связи позволяет осуществить качественный прорыв в технологии разработки среды инфотелекоммуникационного обмена и сформулировать предельные потребности для реализации систем, которые обеспечивают простое масштабирование путем изменения программной составляющей без пересмотра всей архитектуры.

Литература

1. Александров В. В., Кулешов С. В., Цветков О. В. Цифровая технология инфокоммуникации. Передача, хранение и семантический анализ текста, звука, видео. — СПб.: Наука, 2008. 244 с.
2. Силин А. Технология Software Defined Radio // Беспроводные технологии. 2007. № 2. С. 22.