

ГИБРИДНЫЕ СИСТЕМЫ КОМПРЕССИИ В ЗАДАЧАХ ИНФОКОММУНИКАЦИИ

С.В.Кулешов, А.А.Зайцева, А.Ю.Аксенов

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН),
Санкт-Петербург 199178, 14-я линия В.О., д. 39.
(812)323-51-39, alexandr@iias.spb.su

Ключевые слова: данные, компрессия данных, инфокоммуникационные системы, гибридные кодеки

Аннотация: В статье предлагается для решения задачи передачи разнотипного мультимедийного контента использовать метод сепарации контента, разработанный в рамках цифровой программируемой технологии инфокоммуникации. В качестве технического решения при использовании сепарации контента предлагается использовать гибридные системы компрессии, в основе которых лежит понятие гибридных кодеков.

Введение

Современная «цифровая» цивилизация породила целый ряд технических задач, которые становится все сложнее решать с использованием существующих технологий и реализовывать на старой элементной базе [1]. Наиболее очевидным примером такой задачи является несоответствие между объемом данных, генерируемым современными сенсорами – источниками данных (таблица 1) и пропускной способностью каналов связи (рис. 1).

Таблица 1

Характеристики скорости и объема битового потока данных для различных типов контента.

Тип контента	Объем	Скорость
Изображение (фотография 10 Мп)	~30 Мб	-
Стандартный видеопоток (SDTV)	~800 Кб на кадр	~20 Мб/с
Видеопоток высокого разрешения (HDTV)	~4 Мб на кадр	~100 Мб/с
3D-мультимедийный поток	~10 Мб на кадр	~300 Мб/с
Томографические данные	~50-500 Мб	-
Аудиоданные	-	~100 Кб/с

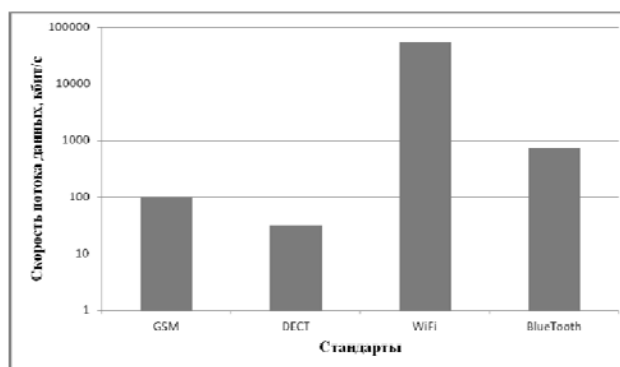


Рис. 1. Пропускная способность некоторых распространенных каналов беспроводной связи (в логарифмическом масштабе)

При этом передача разнотипного мультимедийного контента оказывается практически невозможной без компрессии и адаптации передаваемых данных к возможностям каналов. С одной стороны, пересылка однородного контента, имеющего значительный удельный объем (например, видеоданных), требует использования методов компрессии, ориентированных именно на такой тип контента, а с другой стороны, универсальность коммуникационной среды предполагает возможность передачи контента разных типов. Одновременно с этим в ряде задач остается потенциальная возможность появления новых типов данных, что требуется учитывать при разработке систем компрессии.

Для достижения эффективности компрессии, свойственной использованию специализированных кодеков, и при этом возможности гибкой перестройки компрессирующих процедур при изменении типов передаваемых данных, предлагается метод сепарации контента. При этом любой цифровой информационный объект – ЦИО (битовое представление объекта реального мира) может быть представлен в виде двух независимых компонентов. Первым компонентом является командная последовательность – программа восстановления контента из транспортного битового потока, вторым – транспортный битовый поток для инициализации программы восстановления с целью генерации исходного объекта.

При этом передаваемый в канал поток имеет гибкую структуру (в отличие от жестких, задаваемых стандартами структур большинства существующих вещательных протоколов и мультимедийных форматов) и больше напоминает исполнимый код с частично интегрированными в него данными.

Принцип сепарации представления цифрового информационного объекта

Иллюстрация механизма принципа сепарации представления приведена на рис. 2.

Практическая ценность предложенного механизма заключается в возможности однократной передачи программы восстановления P_1 , и многократной передачи потока инициализации программы P_1 (рис. 2, а). В случае изменения типа передаваемых данных производится передача программы P_2 , за которой следует передача соответствующих инициализирующих потоков.

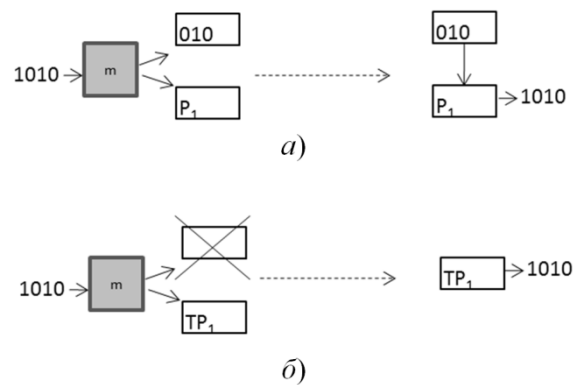


Рис. 2. Принцип сепарации представления ЦИО на транспортный поток и порождающую программу P (а), случай представления ЦИО в виде терминальной программы (ТР), не использующей входные данные (б)

Программа P_i может быть сформирована на передающей стороне каждый раз под конкретный тип данных, подлежащих передаче, и передана по каналу непосредственно перед инициализирующим потоком. В случае использования типов данных, предварительно оговоренных некоторым стандартом (в этом случае на принимающей стороне имеется набор стандартных программ восстановления), возможна передача только индекса i в качестве идентификатора программы P_i , требуемой для восстановления цифрового информационного объекта (рис. 3). Возможно также предварительное построение библиотеки программ восстановления уже в процессе работы, путем передачи всех программ, которые могут быть востребованы в данном сеансе связи.

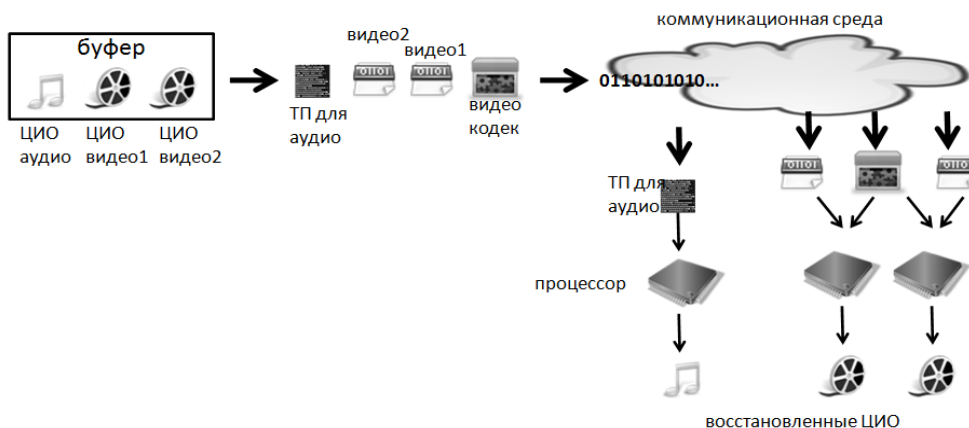


Рис. 3. Иллюстрация использования терминальных программ и принципа сепарации контента для инфокоммуникации

Под терминальной программой (ТП) в приведенной схеме понимается программа восстановления, содержащая все данные транспортного потока внутри себя, то есть такая программа, которой для восстановления ЦИО не требуется никаких иных данных кроме самой себя. На практике терминальные программы могут быть использованы для однократной передачи стандартных объектов (заставок, логотипов и т.п.) при построении библиотеки программ.

Все программы формируются под заданную среду исполнения (процессор, платформу [2]), которая определяет систему команд и правила их выполнения.

Практическим примером реализации принципа сепарации является представление видеоданных сервиса YouTube.com [3], в котором программа восстановления (видео-плеер) передается по протоколу HTTP и является приложением Adobe Flash в формате SWF, а собственно видеофрагмент передается также по протоколу HTTP в виде транспортного потока в формате FLA. Наиболее ресурсоемкие операции по декодированию видео вынесены в системное программное обеспечение FlashPlayer, которое является виртуальной машиной (организует виртуальную среду исполнения) для видео-плеера. В данном случае имеется трехуровневый пример сепарации контента (рис. 4).

При этом однократно переданные в начале сеанса передачи данных видео-плеер и FlashPlayer обеспечивают декодирование (воспроизведение) видео, восстановленного из транспортного битового FLA-потока. При изменениях параметров кодирования (например появления нестандартного размера кадра) будет повторно передан обновленный видео-плеер, поддерживающий новый размер кадра. В случае более серьезных изменений в способе кодирования, повторной передаче (обновлению) будет подвергнут FlashPlayer, содержащий базовые функции декодирования.

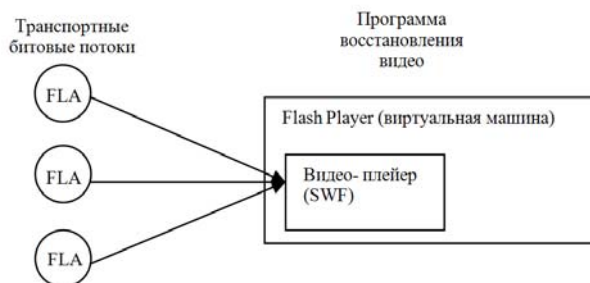


Рис. 4. Организация трехуровневой сепарации контента в Интернет-видеосервисе YouTube.com

Гибридные системы компрессии

Несмотря на то, что приведенный пример организации сепарации контента в сервисе YouTube.com показывает свою эффективность на одном конкретном типе контента при достаточной гибкости адаптации под совершенствующиеся способы сжатия и изменяющиеся условия работы (изменение размеров кадра, повышаются эксплуатационные характеристики каналов), все изменения, требующие повторной передачи программы восстановления, не обходятся без человеческого вмешательства.

При этом можно заметить, что большинство существующих методов компрессии данных имеют много сходных этапов обработки, отличающихся лишь последовательностью использования, размерностью обрабатываемых данных, значениями табличных коэффициентов, параметрами работы и т.п.

Естественно и логично обеспечить создание набора наиболее часто используемых методов обработки на этапах компрессии, возможность настройки параметров «универсальных» этапов, а также возможность программного расширения с целью введения новых.

Многоэтапность обработки данных при компрессии дает возможность независимого выбора алгоритмов на каждом из этапов, но при этом требует согласования параметров отдельных этапов между собой для получения наиболее эффективных показателей работы кодека в целом.

Изменение параметров работы алгоритмов кодирования видеоданных дает возможность динамического управления способом передачи, подбирая наиболее оптимальный режим (в смысле минимальной затраченной энергии, максимального качества или требуемой пропускной способности канала).

Для автоматизации процесса инфокоммуникации [1] с использованием сепарации контента, предлагается использовать гибридные системы компрессии данных, в основе которых лежит понятие гибридных кодеков [4]. Под гибридным кодеком (кодером/декодером) понимается блок преобразования данных, сокращающий битовый объем представления цифрового информационного объекта для последующей передачи по цифровому каналу, причем такой блок построен из последовательности унифицированных элементов, каждый из которых реализует определенный этап обработки (M_1, M_2, \dots, M_K). Конкретное сочетание элементов значения параметров их настройки, оптимизированное под целевую задачу, называется конфигурацией кодека (рис. 5).

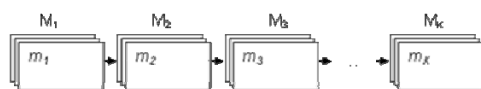


Рис. 5. Общая структура гибридного кодека

Рассмотрим работу блока декомпрессии, находящегося на стороне потребителя. Блок декомпрессии содержит набор компонентов (по сути, библиотеку типовых компонентов), реализующих отдельные этапы обработки допускающих программную настройку и взаимную коммутацию. Кроме того, блок декомпрессии, способен выполнять программный код, содержащийся в программе восстановления, допускать реконфигурацию компонентов путем выполнения этого программного кода. Также программе должен быть предоставлен доступ к выходному буферу для непосредственной программной генерации выходного потока (в случае исполнения терминальных программ), а также к входному и выходному буферам в случае программной реализации отдельных этапов обработки.

В соответствии с принципом сепарации контента, программа восстановления содержит конфигурацию кодека, необходимую для обработки последующего транспортного потока, инициализирует требуемые для конфигурации блоки, а также определяет связи между ними, тем самым формируя требуемую последовательность этапов. Кроме того, программа восстановления может иметь фрагменты исполнимого кода, реализующие этапы обработки (декомпрессии), отсутствующие в библиотеке компонентов на приемной стороне.

Работа гибридных систем компрессии может осуществляться в следующих режимах:

1). Передача терминальных программ – непосредственное формирование на передающей стороне исполнимого кода для цифровых информационных объектов с известной структурой – изображения в векторном виде, компьютерная графика, компьютерная анимация.

2). Динамическое перестроение гибридного кодека в процессе передачи контента (в простейшем случае динамическое управление качеством, известное как *variablebitrate*; в более сложных вариантах – изменение таблиц квантования или изменение базисов сжатия [5], дополнение или исключение этапами энтропийного кодирования), основанное на анализе последующего блока данных на передающей стороне. При этом анализ может быть произведен как косвенно (на основе эвристических показателей), так и моделированием обработки конкретного фрагмента данных на различных конфигурациях кодека. Естественно, параллельное моделирование нескольких вариантов кодирования возможно только при наличии достаточных технических и временных ресурсов (например, в условиях вещательных центров или центров обработки данных).

3). Условно-динамическое перестроение гибридного кодека, осуществляемое перед каждой сменой типа передаваемого контента.

На практике гибридные системы компрессии могут быть реализованы как программно, так и программно-аппаратно. В случае программной реализации для выполнения потока команд программы восстановления P используется виртуальная машина, а библиотека элементов быть реализована в виде нативных программных модулей (в машинно-зависимых кодах). Коммуникация между модулями осуществляется через совместно разделяемые блоки памяти, инициализируемое при конфигурировании кодека.

При программно-аппаратной реализации [2] поток команд программы восстановления выполняется на выделенном процессорном ядре под управлением внешнего супервизора, библиотека элементов реализуется аппаратно, коммуникация между модулями осуществляется через конфигурируемое коммуникационное пространство или через совместно разделяемые блоки буферной памяти. Для программной реализации недостающих модулей на ресурсах аппаратуры может быть реализовано некоторое количество свободных процессорных ядер, имеющих доступ к общему коммуникационному пространству и буферной памяти.

Заключение

Рассмотренные в статье принцип сепарации контента и техническое решение, основанное на использовании гибридных кодеков, являясь «конструктором кодеков», позволяют в реальном времени перестраивать системы компрессии, учитывая специфику конкретных данных. Подобный инструментарий способен упростить разработку коммуникационных решений, значительно снизив время на их разработку.

Гибридные системы компрессии являются надстройкой над известной коммуникационной моделью ISO/OSI, что обеспечивает их обратную совместимость с существующими системами инфотелекоммуникации.

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. Кулешов С.В. Реконфигурируемая коммуникационная платформа передачи радиолокационных данных. // Вопросы радиоэлектроники. 2010. Вып. 1. с. 173–177
3. Сервис YouTube. [Электронный ресурс]. — Доступ: [http:// youtube.com](http://youtube.com) (0.08.2012)
4. Кулешов С.В. Гибридные кодеки и их применение в цифровых программируемых каналах передачи данных. // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2012. т.10. №5. С.41–45
5. Кулешов С.В. Пространственно-временное представление, обработка и компрессия видеопотока. // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2008. №4. т.6. С. 33–37.