

## КОНЦЕПЦИЯ СЖАТИЯ ДАННЫХ, ПОСТУПАЮЩИХ С ПРИКЛАДНОГО УРОВНЯ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

К.А. Бохан<sup>1</sup>, М.С. Карпов<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков,  
<sup>2</sup>в/ч А0785)

*Предложен подход к компактному представлению данных, которые поступают с прикладного уровня в телекоммуникационную систему (ТС), который позволяет значительно снизить нагрузку на ТС.*

*сжатие данных, прикладной уровень, телекоммуникационные системы*

**Перегрузки в телекоммуникационных системах.** Развитие современных телекоммуникационных систем характеризуется резким ростом, как объемов передаваемых данных, так и размеров телекоммуникационных систем (ТС). Поэтому одной из основных проблем, возникающих при функционировании современных ТС, являются перегрузки сегментов сети, маршрутизаторов, шлюзов и т.д. Данный фактор может значительно снижать надежность функционирования ТС. Например, при эксплуатации харьковской локальной сети, которая представляет собой объединение нескольких десятков районных локальных сетей и насчитывает более 1000 абонентов, обнаружено, что в период высокой сетевой активности (примерно с 14.00 по 1.00) скорость передачи данных между абонентами различных сегментов снижается до 10 – 50 кб/с. В период низкой сетевой активности скорость передачи данных достигает 1,5 – 2,5 Мб/с. Это указывает на высокую перегруженность межсегментных шлюзов, и это не смотря на то, что опорные магистральные каналы выполнены по оптоволоконной технологии.

Среди методов борьбы с перегрузками в ТС можно выделить следующие [1]:

1. Диверсификация каналов передачи данных как между абонентами ТС так и между сегментами ТС.
2. Диверсификация межсегментных шлюзов, маршрутизаторов, коммутаторов и оптимизация (балансировка) структуры ТС в целом.
3. Совершенствование методов маршрутизации в ТС.
4. Применение методов сжатия информации.

Первые два подхода хотя и могут радикально улучшить ситуацию, но не являются универсальными методами, так как требуют значительных капиталовложений и не всегда технически реализуемы. Совершен-

ствование методов маршрутизации наиболее актуально в ТС с высокой степенью диверсификации каналов передачи данных и активного сетевого оборудования. Над данной проблемой работает много ученых как в Украине [2 – 5], так и за рубежом.

Наиболее универсальным подходом является использование методов сжатия данных. Это связано с тем, что данные, поступающие с прикладного уровня, обладает высокой избыточностью:

- системы запросов/ответов большинства протоколов прикладного уровня (HTTP, SMTP, FTP, ICQ и др.) представляют собой объемные текстовые структуры;

- большая часть передаваемой информации (текстовые файлы и сообщения, файлы программ и др.) пересылаются в неупакованном виде.

Поэтому, применяя методы сжатия для сокращения избыточности этих данных, можно добиться уменьшения количества пакетов в десятки, сотни раз при передаче мультимедиаданных и более чем в 1,5 раза при передаче других видов данных. Кроме борьбы с перегрузками в ТС данный подход обеспечивает более эффективное использование каналов передачи данных и может использоваться совместно с другими методами снижения перегрузок в ТС. Данный подход является не новым и давно используется в ТС при обмене мультимедиаинформацией (протоколы H.261, H.263 и H.264) и в протоколе PPP (point to point protocol). В первом случае методы сжатия реализуется на прикладном уровне, а во втором – на канальном уровне. Рассмотрим подробнее существующие решения.

**Сжатие мультимедиаданных в ТС.** На рис. 1 показана схема взаимодействия прикладного

уровня с транспортным уровнем стека протоколов ТСР/IP при передаче мультимедиаданных. Алгоритм обмена мультимедиаданными в данном случае состоит из следующих этапов:

1. На передающей стороне выполняется:

- формирование медиапотока;
- «ручная» установка параметров сжатия;
- сжатие медиапотока одним из имеющихся кодеров и формирование сжатого транспортного потока;
- передача транспортного потока по протоколу UDP.

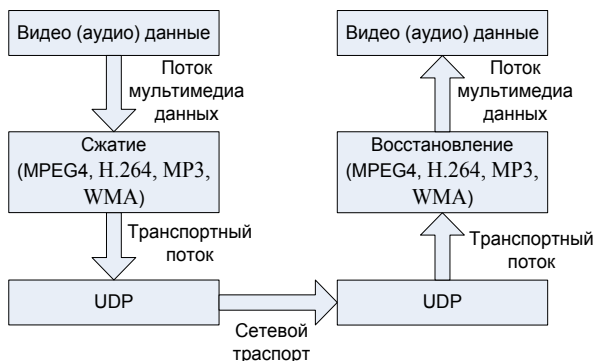


Рис. 1. Передача мультимедиаданных через сеть ТСР/IP

2. На приемной стороне выполняется:

- прием пакетов транспортного потока по UDP протоколу;
- при наличии соответствующих декодеров восстановление медиапотока.

Как видно из приведенного алгоритма, возможна ситуация, когда на приемной стороне отсутствуют требуемые декодеры, что приведет к невозможности приема медиаданных. Возможность возникновения описанной ситуации связана с тем, что существует множество кодеров/декодеров медиаданных, а процедура обмена медиаданными в ТС плохо стандартизирована. Следует отметить, что данный подход хоть и обеспечивает большие коэффициенты сжатия (в десятки, сотни раз), но используется только для обмена мультимедиаданными.

**Сжатие пакетов данных на канальном уровне.** Рассмотрим возможность применения сжатия на канальном уровне на примере протоколов PPP. На рис. 2 приведено две схемы соединения узлов сети по протоколу PPP.

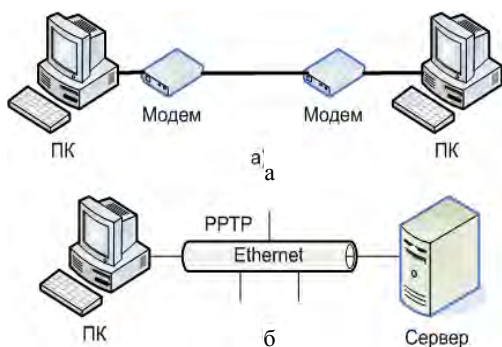


Рис. 2. Схемы соединения узлов сети по протоколу PPP

Первая схема (рис. 2, а) представляет собой обычное модемное соединение, вторая схема (рис. 2, б) – протокол (PPTP) тунелирования пакетов PPP через сеть Ethernet (используется при построении VPN сетей).

В протоколе PPP реализована возможность сжатия всех пакетов (в том числе служебных), которые поступили с верхних уровней сетевой иерархии, что является

достоинством данного подхода. Для сжатия данных применяются универсальные методы сжатия без потерь (например, Лемпела-Зива), которые не отличаются высокой эффективностью (коэффициент сжатия в среднем не превышает 1,5 – 2 раз) [6]. Применение сжатия на канальном уровне связано со следующими проблемами:

- невозможность или сложность адаптации алгоритма к типу передаваемых данных, что снижает эффект применения сжатия;
- сжатию подвергаются блоки данных небольших размеров (пакеты, поступившие с высших уровней сетевой иерархии), что также снижает эффективность методов сжатия;
- необходимость восстановления пакетов на промежуточных узлах (маршрутизаторах, шлюзах и др.), например, для анализа адресной части IP пакетов.

**Подуровень адаптивного сжатия.** Для обеспечения компактного представления информации, поступающей с прикладного уровня в ТС предлагается ввести в эталонную модель OSI дополнительный подуровень адаптивного сжатия (ПАС) как показано на рис. 3.

Данный подуровень должен обеспечивать:

1. Адаптивное потоковое сжатие данных, поступающих с прикладного уровня.

2. Потоковое восстановление данных.

3. Автоматическое управление параметрами сжатия медиаданных в зависимости от состояния ТС (пропускная способность, текущая загруженность и др.), если это разрешено.

В зависимости от типа адаптации потокового сжатия можно выделить два способа реализации ПАС:

- с медиа-ориентированной адаптацией;
- с протокол-ориентированной адаптацией.

**Подуровень адаптивного сжатия с медиа-ориентированной адаптацией.** Данная реализация ПАС подразумевает адаптацию алгоритмов сжатия данных к их типу (видео, аудио, текст и др.). Другими словами, для сжатия данных на ПАС используются кодеки, оптимизированные для соответствующих типов данных. При этом определение типа данных возможно с использованием MIME (Multipurpose Internet Mail Extension – многоцелевые расширения электронной почты для Internet), которые широко используются в протоколах прикладного уровня для определения типа передаваемых данных: видео, изображение, текст, бинарные данные и др. На рис. 4 приведена структурная схема реализации ПАС с медиа-ориентированной адаптацией.

Для автоматического управления параметрами сжатия медиаданных необходимо реализовать процедуры получения информации о состоянии ТС. Это можно достаточно легко реализовать на основе существующих методов и протоколов получения информации о состоянии ТС в сетях TCP/IP, которые широко используются в методах маршрутизации и диагностики ТС.

Алгоритм работы подуровня адаптивного сжатия с медиа-ориентированной адаптацией рассмотрим на примере передачи Web-сервером веб-страницы с изображениями удаленному клиенту. На рис. 5 представлен процесс обмена данными между веб-сервером и клиентом через ПАС с медиа-ориентированной адаптацией.



Рис. 3. Подуровень адаптивного сжатия

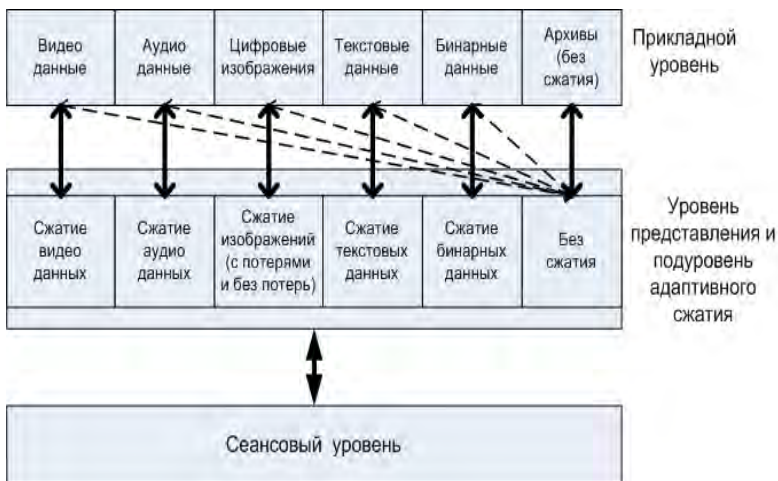


Рис. 4. Подуровень адаптивного сжатия с медиа-ориентированной адаптацией

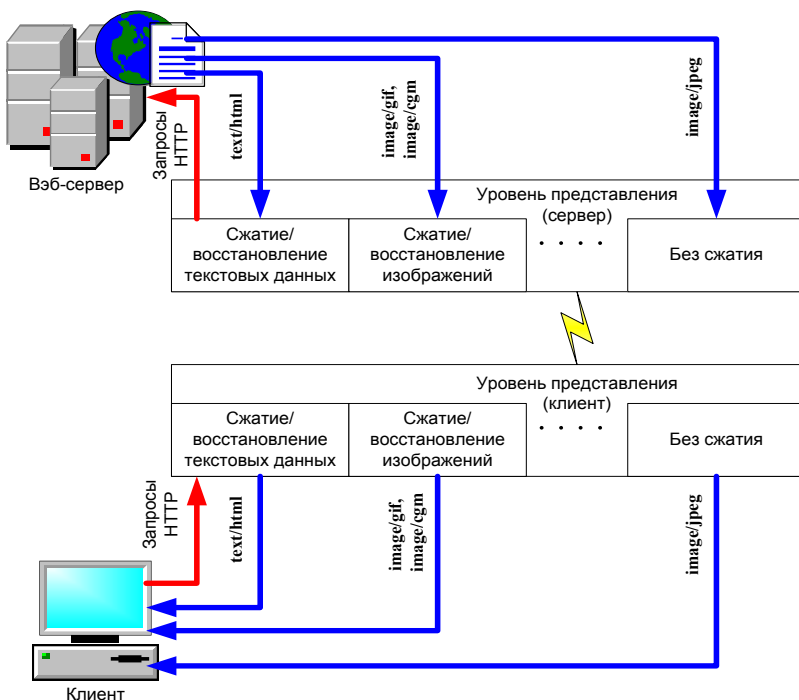


Рис. 5. Обмен данными между вэб-сервером и клиентом через ПАС с медиа-ориентированной адаптацией

В процессе обмена данными, в ответ на первый запрос вэб-сервер отправит текстовую часть вэб-страницы, а после прихода запросов на медиа-содержимое в ответ отправит медиаданные вэб-страницы. В процессе отправки ответов вэб-сервером текстовые данные (text/html – в терминах MIME), а именно – заголовки ответов и текстовая часть вэб-страницы, будут направлены в блок сжатия текстовых данных. Цифровые изображение (image/gif, image/cgm и др. в терминах MIME) – в блок сжатия изображений. Если установлен признак сжатия без потерь, то изображение будет сжато без потерь. Иначе будет произведено сжатие с потерями. В последнем случае качество сжатого изображения либо задается, либо определяется состоянием ТС. Например, чем выше загруженность ТС тем сильнее сожмется изображение и тем хуже будет его качество, но при этом коэффициент сжатия не должен превышать, заданного в настройках, предельного коэффициента сжатия, что необходимо для ограничения потерь, вносимых в медиаданные. Если же изображения уже сжаты (тип image/jpeg), то они отправятся без дополнительного сжатия. На приемной стороне в соответствующих блоках выполнится восстановление полученных данных и сформируется восстановленный ответ Web-сервера.

Для сжатия различных типов данных существует множество методов сжатия. В табл. 1 приведены примеры некоторых методов сжатия, которые могут быть использованы для сжатия основных типов данных и, соответственно, для построения блоков ПАС. В таблице также указана условная нагрузка на вычислительную систему (ВС) при использовании приведенных методов сжатия.

Таблица 1

Характеристики методов сжатия

Тип данных	MIME	Кодеки	Порядок коэфф. сжатия	Условная нагрузка на ВС
Видеоданные	video/mpeg, video/quicktime, video/x-msvideo и др.	H.261, H.263, H.264, Mpeg4 и др.	десятки, сотни	высокая
Аудиоданные	audio/mp3 и др.	Ogg, MP3, Vorbis и др.	разы, десятки	средняя
Цифровые изображения	image/jpeg, image/tiff и др.	JPEG, JPEG2000 и др.	разы, десятки	средняя
Текстовые данные	text/html, text/plain, text/x-setext и др.	Адаптивный арифм.кодер, 7zip, bzip, rar и др.	разы	низкая
Бинарные данные	multipart/mixed, multipart/related и др.	Адаптивный арифм.кодер, 7zip, bzip, rar и др.	разы	низкая

Основным достоинством данного подхода является возможность управлять качеством сжатых медиаданных в зависимости от загрузки ТС. Например, при создании вэб-ресурсов одной из основных и противоречивых задач, решаемой дизайнером, является оптимизация (по объему) всего медиасодержимого. При этом, как правило, коэффициенты сжатия выбираются максимальные для обеспечения загрузки медиасодержимого по каналам с невысокой пропускной способностью, что определяет не высокое качество медиаданных, в том числе и для клиентов, к которым пропускная способность каналов выше. При реализации описанного подхода дизайнеру вэб-ресурса не надо будет заниматься оптимизацией содержимого, так как ПАС это будет делать автоматически для каждого соединения – для направлений с низкой пропускной способностью медиаданные будут сжиматься сильнее, а для направлений с высокой пропускной способностью – меньше.

Основным недостатком данного подхода является отсутствие оптимизации кодеков к особенностям протоколов прикладного уровня.

**Подуровень адаптивного сжатия с протокол-ориентированной адаптацией.** Данная реализация ПАС подразумевает адаптацию алгоритмов сжатия данных к особенностям того или иного протокола прикладного уровня. Другими словами, для сжатия данных на ПАС используются кодеки, оптимизированные для соответствующих протоколов прикладного уровня, например, HTTP, FTP, SMTP, POP, ICQ и др.

На рис. 6 приведена структурная схема реализации ПАС с протокол-ориентированной адаптацией.

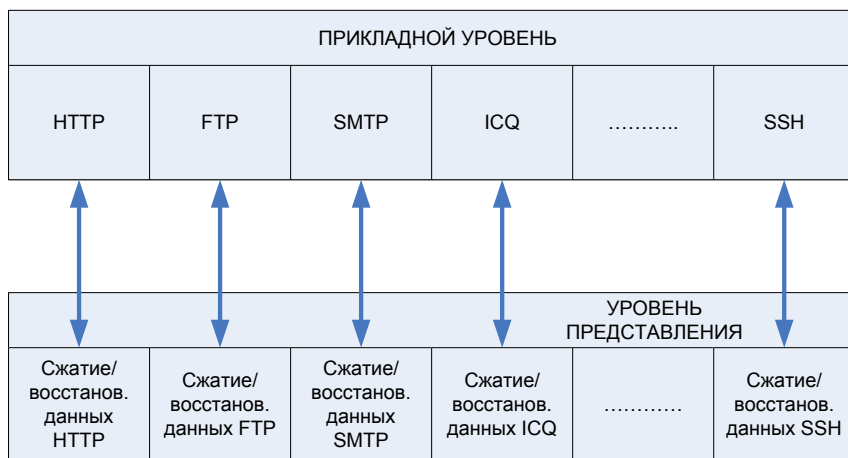


Рис. 6. Подуровень адаптивного сжатия с протокол-ориентированной адаптацией

В данной реализации появляется возможность адаптации методов сжатия к особенностям протоколов прикладного уровня. Например, для протокола HTTP словарь для статистического кодера может включать:

- названия запросов (POST, GET и др.);
- элементы заголовков запросов и ответов;
- ключевые слова HTML, CSS, JavaScript.

Сжатие данных, передаваемых с помощью протоколов прикладного уровня можно реализовать по аналогии с ПАС с медиа-ориентированной адаптацией.

Указанный подход позволит значительно сократить избыточность метainформации протоколов прикладного уровня.

**Выводы.** Предложенный подход по компактному представлению данных, которые поступают с прикладного уровня в телекоммуникационных системах, позволяет значительно снизить нагрузку на телекоммуникационную систему за счет снижения в 1,5 раза и более количества пакетов, что так же снижает вероятность возникновения перегрузок в телекоммуникационных системах. Реализация данного подхода не требует значительных капиталовложений и представляет собой расширение функциональности существующего программного обеспечения активного сетевого оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Таненбаум Э. *Компьютерные сети*. – С.-Пб.: Питер, 2002. – 848 с.
2. Козелков С.В., Балубаши А.А. *Математическая модель маршрутизатора // Моделивання та інформаційні технології*. – К.: НАНУ, ИПМЕ. – 2003. – Вип. 22. – С. 77-82.
3. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. *Телекомунікаційні мережі*. – К.: Техніка, 2001. – 392 с.
4. Столлингс В. *Современные компьютерные сети*. – С.-Пб.: Питер, 2003. – 784 с.
5. Варакин Л.Е. *Введение в теорию инфокоммуникаций. Ч. 1. // Электросвязь*. – 2000. – № 2(14). – С. 2 – 11.
6. Ватолин Д., Ратушняк А. и др. *Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео*. – М.: Диалог-МИФИ, 2002. – 384 с.

Поступила 12.12.2005

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор В.С. Харченко,  
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.