

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОИНФОРМАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

В.Н. Васильев, Ю.В. Гугель, И.П. Гуров

Выполнен анализ проблемы передачи видеоинформации в телекоммуникационных сетях. Рассмотрены особенности методов управления параметрами передачи видеоинформации и кодирования видеоинформации с различной степенью сжатия и коррекцией ошибок. Проведен сравнительный анализ вариантов высокопроизводительных сетей, стандартов передачи и представления видеоинформации. Рассмотрены практические аспекты решения проблемы передачи видеоинформации

Введение

Передача видеоинформации становится все более актуальной для различных сфер жизнедеятельности – телевидения, научных исследований, медицины, современных технологий дистанционного обучения и др. В связи с активным развитием информационных технологий появились широкие технические возможности для реализации различных методов обработки и высококачественной передачи видеоинформации. Передача видеоинформации через сеть Интернет является важнейшей составляющей информационного потока для многих современных мультимедиа-приложений. При этом передача видеоинформации в реальном времени предъявляет повышенные требования к ширине полосы частот, задержкам передачи и допустимым потерям данных. В настоящее время сеть Интернет не всегда обеспечивает гарантированное качество обслуживания (Quality of Service – QoS). Кроме этого, неоднородность структуры сетей и характеристик систем передачи и приема видеоинформации затрудняет передачу в режиме распределенного доступа. Освоение наиболее подходящих стандартов сжатия, преобразования и представления видеоинформации, разработка протоколов и методов передачи составляют важную проблему в области развития информационных технологий. Для решения этой проблемы необходимо контролировать ситуации превышения пропускной способности каналов, осуществлять адаптивную подстройку характеристик сжатия и кодирования видеоинформации и обеспечивать динамическое управление уровнем допустимых ошибок передачи видеоинформации за счет предотвращения ожидаемых ошибок, дублирующей передачи данных, обеспечения малой заметности ошибок.

Использование новых возможностей информационных технологий становится более эффективным при оптимизации структуры информационных сетей, отдельных узлов и их взаимодействия. В наиболее совершенных системах критические характеристики распределяются в известной мере согласованно в структурной части, характеристиках оборудования и программном обеспечении, что повышает качество и надежность работы и расширяет функциональные возможности системы в целом.

В настоящей статье рассмотрены подходы к оптимизации условий передачи видеоинформации, предотвращения и коррекции ошибок передачи, а также выполнен анализ характеристик основных стандартов и протоколов, используемых при передаче видеоинформации в компьютерных сетях.

Особенности передачи видеоинформации в компьютерных сетях

Для обеспечения требуемого качества передачи видеоинформации в реальном времени требуется определенная ширина полосы или пропускная способность канала. Существуют два принципа потоковой передачи звука и изображения в Интернет – одноадресная передача данных (Unicast) и многоадресная передача (Multicast).

В режиме одноадресной передачи данных (см. рис. 1, а) сервер-отправитель информации формирует для каждого клиента отдельный поток данных, а компьютер пользователя периодически отправляет на сервер подтверждение о доставке

информационных пакетов. При этом требуемые мощность сервера и полоса пропускания канала связи прямо пропорциональны количеству клиентов. Как видно из примера рис. 1, а, пять копий потока данных пересылаются через участок 1 и три копии – через участок 2. Одноадресная передача данных используется, в основном, в системах "видео по запросу" (video-on-demand). Она удобна для работы с видеоархивами единичных пользователей и для распространения вещания на абонентов, подключенных по низкоскоростным коммутируемым линиям связи.

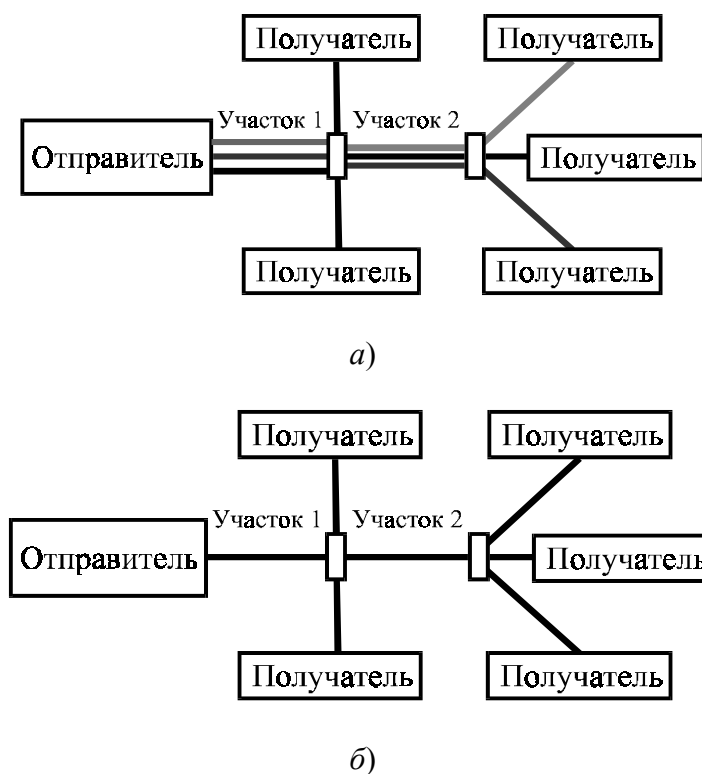


Рис. 1. Схемы одноадресной (а) и многоадресной (б) передачи данных

В режиме многоадресной передачи данных (рис. 1, б) сервер формирует один поток данных, к которому могут подключаться по сети различные группы клиентов. Здесь мощность сервера и полоса пропускания канала не зависят от количества получателей информации. Многоадресная передача удобна, например, для Интернет-телевидения и видеоконференций, поскольку каждый пользователь имеет возможность подключения к источнику информации. Однако это преимущество достигается ценой отсутствия подтверждения о доставке информации и ручной настройки каждого маршрутизатора или коммутатора на всем сетевом пути от сервера-отправителя до группы получателей информации. Технология многоадресной передачи данных применяется для новостийных и обучающих программ в корпоративных сетях. Для российского сегмента Интернет, где ощущается дефицит высокоскоростных соединений сетевых узлов, сдерживающий широкое использование вещательных технологий, применение многоадресной передачи данных особенно актуально.

Обычные маршрутизаторы не обеспечивают контроля переполнения или превышения пропускной способности канала связи и, следовательно, гарантированного качества передачи. Другая проблема состоит в том, что при передаче непрерывной видеоинформации каждый информационный пакет должен вовремя достигать получателя, быть декодирован и отображен без пауз. Задержки передачи пакетов нарушают непрерывность отображения, что неприятно для визуального восприятия, а в ряде случаев является неприемлемым. В настоящее время сеть Интернет не

обеспечивает гарантированной доставки информационных пакетов в реальном времени и без потерь. Потери пакетов считаются в среднем допустимыми, если их относительный уровень составляет не более долей процента. В ситуациях превышения пропускной способности потери информации могут быть гораздо большими, и качество передачи резко снижается. Неоднородность структуры сети и характеристик отдельных систем передачи и приема приводят к изменчивости значений задержек и потерь, которые в результате не могут быть скомпенсированы. Этот недостаток особенно характерен для многоадресной передачи видеoinформации.

При решении указанных проблем могут быть использованы два основных подхода. Первый из них состоит в обеспечении требуемого QoS за счет поддержки всех необходимых параметров сети при глобальном усовершенствовании сетевого оборудования. Второй подход основан на использовании на стороне приема видеoinформации таких систем, которые обеспечивали бы приемлемое качество при малой зависимости от характеристик сети. Этот подход рассматривается как более предпочтительный, поскольку не требует кардинального изменения параметров сети.

Повышение качества передачи видеoinформации в компьютерных сетях может быть достигнуто в двух направлениях: либо за счет совершенствования методов управления, обработки и передачи безотносительно к характеру видеoinформации, либо на основе использования методов сжатия, учитывающих семантику изображений на различных уровнях компрессии.

Управление параметрами передачи видеoinформации

Управление параметрами сети осуществляется тремя основными способами: варьированием скорости передачи, адаптивным кодированием видеoinформации, характеристики которого определяются скоростью передачи, и локальным ускорением передачи на коротких интервалах за счет повышения степени сжатия. Первый способ реализуется на уровне передачи информации, второй основывается на специальных методах сжатия видеoinформации, третий включает в себя управление передачей и сжатием видеoinформации.

В качестве примера на рис. 2 представлена структурная схема управления, включающая перечисленные процедуры.

Система со структурой рис. 2 ориентирована на передачу видеoinформации в реальном времени, однако она может быть использована для стационарного потока видеоданных в случае отключения блоков адаптивного кодирования в зависимости от скорости передачи. В схеме реализуется управление скоростью передачи на стороне источника информации (отправителя). В динамическом режиме передачи после адаптивного сжатия поток видеоданных обрабатывается в блоке локального ускорения передачи и далее преобразуется на уровнях RTP/UDP/IP перед поступлением в сеть.

Транспортный протокол RTP (Real-Time Transport Protocol) обеспечивает передачу данных между конечными узлами сети, работает поверх протокола IP и является альтернативой широко используемому протоколу TCP [1]. Хотя протокол TCP и гарантирует доставку пакетов данных в нужной последовательности, трафик при этом очень неравномерен (пакеты испытывают всевозможные задержки). Обладая способностью распознавать содержимое пакетов (например, различать видеоданные, соответствующие спецификациям MPEG и H.261), а также средствами обнаружения потери данных, протокол RTP снижает задержки до уровня, необходимого для успешной передачи потоков интегрированных аудио-, видео- и цифровых данных. Протокол RTP обеспечивает идентификацию типа и номера пакета, устанавливает в него метку синхронизации. На основе этой информации приемный терминал синхронизирует данные и осуществляет их последовательное и непрерывное

воспроизведение. Корректное функционирование RTP возможно при наличии в абонентских терминалах механизмов буферизации принимаемой информации.

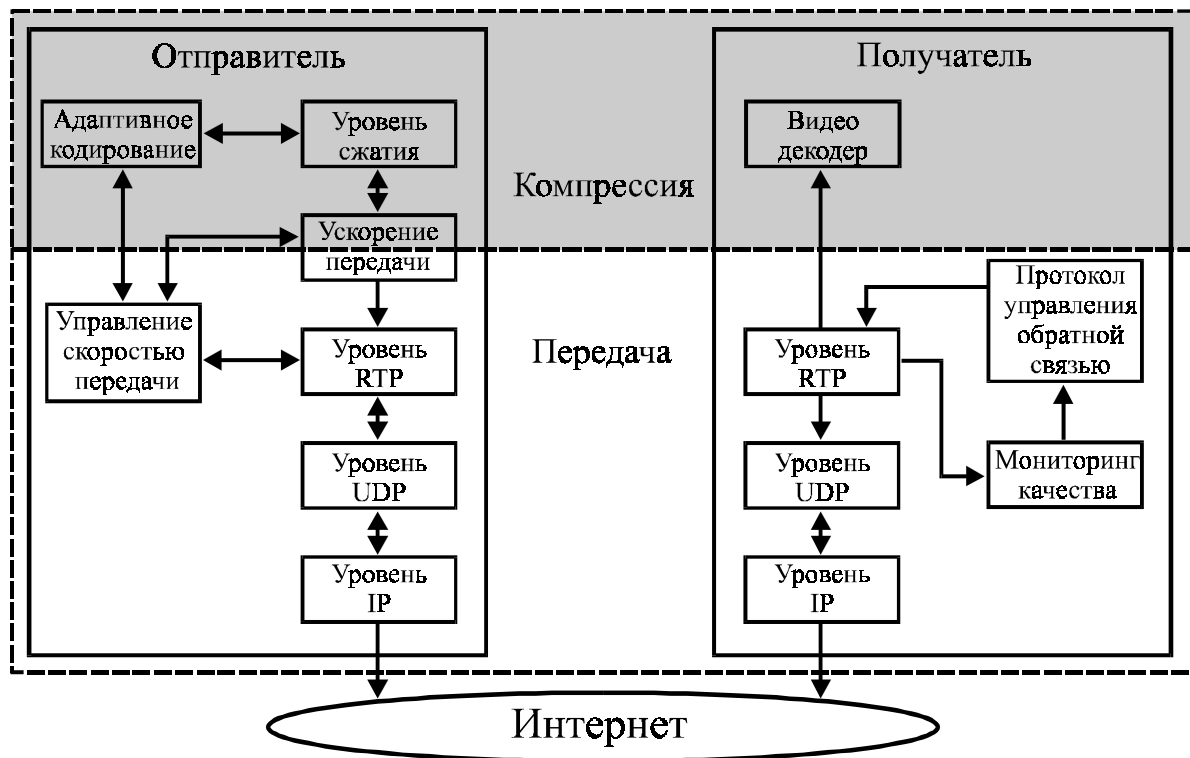


Рис. 2. Иерархия системы передачи видеoinформации в реальном времени

Протокол UDP (User Datagram Protocol) используется в сетях с негарантированной полосой пропускания с целью минимизации задержек и максимального использования имеющейся полосы пропускания для передачи видеопотоков [2]. Этот протокол реализует упоминавшийся выше механизм многоадресной рассылки (IP Multicast) для негарантированной доставки аудио- и видеoinформации определенному числу пользователей. Поверх IP Multicast работает RTP, который создает необходимые условия для нормального воспроизведения полученных потоков данных на абонентских терминалах. Однако протокол UDP не обеспечивает контроля превышения пропускной способности канала, поэтому такой контроль должен быть обеспечен на более высоких уровнях в схеме рис. 2.

На стороне получателя информационные пакеты преобразуются на уровнях IP/UDP/RTP перед их декодированием. В схеме рис. 2 предусмотрен динамический мониторинг показателя QoS, основывающийся на свойствах полученных пакетов, а именно на контроле потерь и задержек при их получении. Используя эту информацию, блок управления обратной связью обеспечивает оценку требуемой ширины полосы для выбора подходящего режима адаптивного кодирования и локального ускорения скорости передачи за счет локального повышения степени сжатия.

Управление скоростью передачи видеoinформации

Для успешной передачи видеoinформации можно использовать два подхода, а именно, учитывать (подстраивать) характеристики сети передачи либо обеспечивать управление степенью сжатия видеoinформации.

Методы управления, предназначенные для предотвращения превышения пропускной способности сети при передаче видеoinформации, можно подразделить на два основных вида: управление временным окном [3] и непосредственное управление скоростью передачи [4]. В первом случае (которому соответствует, например, протокол

TCP) имеющаяся ширина полосы проверяется за счет медленного увеличения продолжительности временного интервала, который соответствует ситуации превышения пропускной способности сети, чтобы определить, каковы при этом потери данных. При обнаружении потери пакетов данных длительность временного окна резко уменьшается, что предотвращает сбой передачи. Недостатком метода являются возможные задержки в передаче информации, поскольку его осуществление связано с повторной передачей информационных пакетов.

При непосредственном управлении скоростью передачи используются сведения об имеющейся ширине полосы, в соответствии с которой и устанавливается скорость передачи. Если оценка ширины полосы достаточно точна, то можно эффективно предотвращать сбой в передаче данных, поэтому такой метод предпочтителен при передаче видеоинформации в реальном времени.

Существующие методы управления скоростью передачи в реальном времени подразделяются на методы управления характеристиками источника информации, управления на принимающей стороне и комбинированного управления. Соответственно этому производится согласование исходного потока видеоинформации с имеющейся шириной полосы, регулируется скорость приема видеоинформации за счет добавления (отключения) каналов связи, либо используется комбинирование обоих методов.

Метод управления характеристиками источника видеоинформации может использоваться при одноадресной [2] и многоадресной [5] передаче данных (рис. 1). При одноадресной передаче устанавливается такая скорость передачи, чтобы достигнуть заданного значения показателя QoS, т.е. чтобы относительные потери пакетов p не превышали порогового уровня P_0 . Этот уровень определяется допустимой заметностью искажений видеоинформации. Возможный нелинейный алгоритм управления определяется следующими выражениями [6]:

$$\begin{aligned} & \text{if } (p \leq P_0) \\ & \quad r = \min \{ (r + \Delta r), \max r \} \\ & \text{else} \\ & \quad r = \max \{ \alpha r, \min r \}, \end{aligned}$$

где r – скорость передачи источника видеоинформации, Δr – аддитивное увеличение скорости, α – коэффициент мультипликативного уменьшения скорости. Скорость передачи можно установить также расчетным путем [7] при известных параметрах соединения TCP, максимального объема информационного пакета, временного интервала соединения в сети и значения коэффициента p .

В случае управления источником при многоадресной передаче отправитель может использовать один канал или одну многоадресную IP-группу для передачи потока видеоданных к получателям информации. При этом осуществляется одноканальная многоадресная передача на основе представленного выше нелинейного алгоритма управления и достигается высокая эффективность использования ширины полосы, однако в ущерб гибкости в обслуживании различных получателей информации. С другой стороны, многоадресная передача на основе использования одноадресных потоков данных обеспечивает высокую гибкость ценой неэффективности использования ширины полосы. Такие предельные ситуации иллюстрируют необходимость в дополнительных методах управления на стороне получателей информации.

Одним из возможных подходов является "многослойная" многоадресная передача при различном качестве в зависимости от доступной ширины полосы. Основная часть видеоинформации передается на нижнем уровне пропускной способности канала связи и обеспечивает некоторое приемлемое качество приема. При повышении пропускной

способности подключаются более высокие уровни, обеспечивающие улучшенное качество приема. Управление уровнями осуществляется на основе общих подходов, аналогичных рассмотренным выше применительно к управлению источниками видеoinформации.

Рассмотрим методы управления второго вида, а именно, управления степенью сжатия видеoinформации.

Адаптивное кодирование видеoinформации с варьируемой степенью сжатия

Возможности кодирования видеoinформации с адаптацией к скорости передачи исследовались для различных стандартов и приложений, в частности, для стандартов H.261 и H.263 [8, 9], MPEG-1/2 [10, 11] и MPEG-4 [2, 12]. При этом задача заключается в обеспечении высокого качества визуального восприятия видеoinформации при заданной скорости передачи, которая может быть фиксированной, либо динамически изменяться в зависимости от пропускной способности сети. Реализация адаптивного кодирования достигается изменением параметра дискретизации видеoinформационных сигналов и/или изменения скорости передачи видеокадров.

В традиционных кодерах видеoinформации, например, в стандартах H.261 и MPEG-1/2, используется изменение параметра дискретизации при постоянной скорости передачи видеокадров. Это вызывает резкое снижение качества, особенно для динамических сцен, даже при незначительном снижении скорости передачи. В стандартах H.263 и MPEG-4 предусмотрена возможность обеспечения достаточно высокого качества при изменениях скорости передачи видеокадров за счет пропуска отдельных видеокадров, которые не могут быть декодированы за допустимое время. При этом кодовые последовательности предыдущих видеокадров передаются в течение временного интервала пропущенного кадра, что предотвращает переполнение буфера кодера. В стандарте MPEG-4 осуществляется сегментация видеокадров на так называемые видеообъекты, т.е. части изображения, которые кодируются отдельно. Это обеспечивает высокую гибкость адаптивного кодирования различных видеообъектов с различным уровнем сжатия видеoinформации в зависимости от степени важности видеообъекта для получателя видеoinформации. Например, видеoinформация в виде интересующего объекта на неизменном фоне передается с более высоким качеством по сравнению с фоном.

Важной проблемой является определение количественного критерия качества при заданной скорости передачи видеoinформации. Зависимость степени искажений от скорости передачи может быть получена на основе модельного подхода, при котором учитываются статистические характеристики видеопотока для определенных параметров дискретизации видеоданных. При этом решение задачи обеспечения требуемого качества передачи основывается на математических методах теории оптимизации [2, 13]. С другой стороны, возможна реализация методов адаптации с учетом конкретных характеристик оборудования, когда стратегия минимизации искажений строится в соответствии с имеющейся пропускной способностью сети. Оптимальные решения задачи могут быть получены методами теории целочисленного программирования [9, 11, 14, 15].

Искажения видеoinформации возникают также вследствие ошибок при передаче/приеме с использованием реальных каналов связи. Для повышения качества получаемой видеoinформации используются различные методы корректирования ошибок, рассматриваемые в следующем разделе.

Методы корректирования ошибок передачи видеoinформации

Для некоторых типов видеоданных (например, для текста) потери пакетов данных недопустимы, хотя задержки в получении видеoinформации являются приемлемыми. Для других типов данных, содержащих динамические фрагменты изображения, некоторые потери данных являются приемлемыми, тогда как задержки получения видеoinформации недопустимы. В случае потери пакета данных восстановление информации может быть обеспечено традиционными методами корректирующего (канального) кодирования, либо при повторной передаче потерянных данных.

Особенности передачи видеоданных в реальном времени требуют использования ряда специальных методов контроля ошибок передачи, которые не применялись при передаче обычных данных. К таким методам, помимо корректирующего кодирования и повторной передачи, можно отнести снижение чувствительности (критичности) к ошибкам, т.е. видоизменение ошибок, и маскирование ошибок. Первые три упомянутых метода могут быть реализованы на передающей и приемной стороне, тогда как маскирование ошибок осуществляется при приеме видеoinформации.

На рис. 3 показана схема, иллюстрирующая взаимодействие различных уровней контроля ошибок. Повторная передача позволяет восстанавливать утраченные пакеты при их транспортировке через сеть, тогда как видоизменение ошибок при снижении чувствительности к ним и маскирование ошибок обеспечиваются обычно за счет адаптации степени сжатия видеoinформации.

Использование корректирующего кодирования имеет преимущество в малой задержке передачи. Этот метод основывается на добавлении дополнительной информации к сжатому потоку видеоданных, что позволяет реконструировать потерянные пакеты данных. При канальном корректирующем кодировании видеопоток разделяется на сегменты данных, каждый сегмент упаковывается в k пакетов и с помощью обычного блочного кодирования генерируется блок из n пакетов, $n > k$. При этом канальный кодер размещает k пакетов в группу и создает из них дополнительные пакеты, что повышает устойчивость к потере пакетов. В случае приема не менее k пакетов из переданных n можно полностью восстановить переданную видеoinформацию. Поскольку восстановление осуществляется на принимающей стороне, канальное кодирование реализуется для произвольного количества получателей при многоадресной передаче видеoinформации. Вследствие избыточности $\Delta k = n - k$ пакетов некоторые из них могут отбрасываться при ограничении пропускной способности канала без потери качества передачи видеoinформации. Это особенно важно для сетей передачи с неоднородной структурой и различными параметрами.

Недостатками канального кодирования являются повышенные требования к скорости передачи информации в n/k раз и увеличение задержек при передаче, поскольку декодер должен получить k пакетов прежде, чем будут выделены Δk избыточных пакетов, после чего возможно отображение принятой видеoinформации. Кроме этого, канальное кодирование является наиболее эффективным при неизменных характеристиках потерь информации, соответствующих заданной степени избыточности.

В настоящее время разрабатываются методы кодирования с приоритетом, когда пользователь получает возможность устанавливать различную степень коррекции ошибок для различных сегментов видеопотока. Такой подход является удобным, в частности, для распространенного стандарта MPEG, в котором I -кадр имеет приоритет по сравнению с P -кадром, который, в свою очередь, является более важным по сравнению с B -кадром [15].

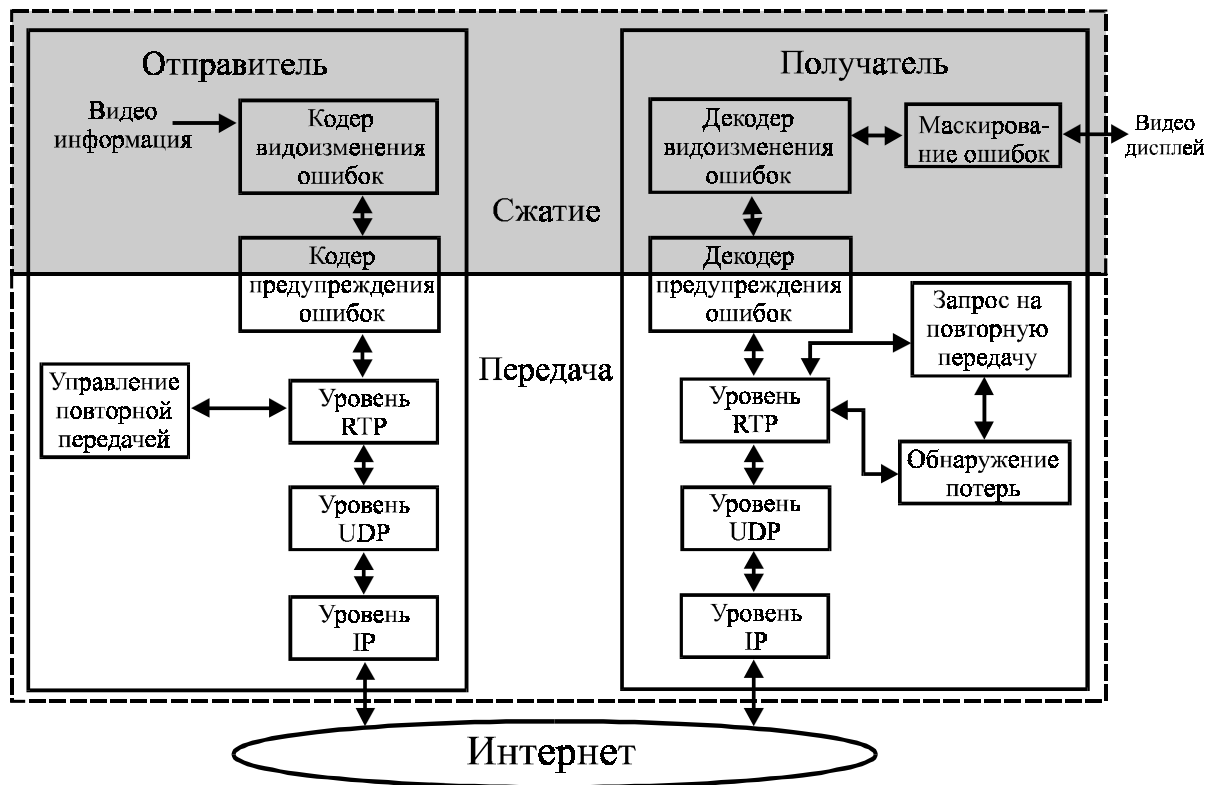


Рис. 3. Схема контроля ошибок при передаче/приеме видеоинформации

Наряду с методами канального кодирования используются методы кодирования источника видеоинформации. В отличие от канального кодирования, при котором избыточность вводится блочными кодами безотносительно к виду информации, кодирование источника осуществляется за счет добавления в данные видеоинформации с более высокой степенью сжатия. При этом в случае потери пакетов происходит восстановление видеоинформации с некоторой (допустимой) потерей качества. Преимуществом кодирования источника является снижение задержек по сравнению с канальным кодированием.

В схеме рис. 3 предусмотрен режим повторной передачи, при котором в случае потери пакетов осуществляется режим обратной связи с источником в форме запроса на повторную передачу [16]. Недостатком повторной передачи является примерно трехкратное увеличение времени передачи информации по сети (исходная передача – запрос на повторную передачу – повторная передача). Поэтому повторная передача наиболее эффективна в случае малого времени доставки видеоинформации (например, в локальных сетях) или при наличии информационного буфера большого объема на принимающей стороне. Управление режимом повторной передачи обычно предусматривает отмену повторной передачи тех пакетов, которые не могут быть отображены в течение имеющегося временного интервала. Такое управление может осуществляться как на передающей, так и на приемной стороне [6]. В случае многоадресной передачи ограничение повторной передачи должно устанавливаться только для пользователей с большим временем доставки видеоинформации [17–19].

Снижение заметности ошибок передачи видеоинформации является наиболее эффективным на уровне сжатия информации, при этом оказывается возможным предотвращение распространения ошибок и ограничение степени искажений видеоинформации при потере информационных пакетов. Это достигается за счет "многослойной" структуры представления видеоинформации с различной степенью сжатия в каждом слое, что обеспечивает восстановление видеоинформации приемлемого качества даже при потерях части информации для отдельного слоя.

Подобные методы рассмотрены в [20] с точки зрения оптимизации степени сжатия и устойчивости к потерям информационных пакетов.

В случае потерь информации заметность искажений может быть снижена заменой потерянного полного видеокadra на предыдущий, а также заменой отдельного искаженного блока изображения на блок из предыдущего кадра либо на блок с экстаполяцией данных на основе динамики изменения изображения.

Реализация методов передачи видеоинформации в телекоммуникационных сетях

При проектировании сетей, предназначенных для работы с видеоданными, необходимо особенно тщательно выбирать методы сжатия информации и аппаратные средства применительно к типу информационной сети.

Первое узкое место сети – это серверы. Способность большинства серверов передавать видеоизображения в реальном времени ограничивается главным образом скоростью обмена с дисковыми накопителями. Видеосигнал представляет собой непрерывный поток данных, и накопитель, считывающий информацию отдельными фрагментами, как правило, не способен поддерживать такой поток. Скорость поступления данных в центральный процессор и, соответственно, непрерывность потока видеоданных определяются средней установившейся скоростью считывания с диска, т.е. той, с которой производится последовательное считывание файлов. На пропускную способность отрицательно влияют также задержки, вызванные необходимостью коррекции ошибок считывания. Это препятствие можно обойти, отказавшись от отдельных пакетов данных, что мало сказывается на качестве видеоизображения. Другой вариант – направить видеотрафик в обход центрального процессора. Передача стандартного видеосигнала не требует вычислений, и пропускная способность сервера может быть увеличена за счет непосредственной пересылки данных с диска на устройство ввода/вывода.

Еще одна существенная задача при работе с видеоданными состоит в обеспечении требуемого объема и быстродействия внешних запоминающих устройств (ВЗУ). Как правило, в вычислительных системах применяются первичные (где хранятся часто используемые данные) и вторичные (служащие для резервного копирования и хранения редко используемых файлов) ВЗУ. Чтобы обеспечить максимальную пропускную способность локальных сетей, в качестве первичных ВЗУ применяются накопители с интерфейсом SCSI (Small Computer Systems Interface). Они рассчитаны на работу с 8-разрядной или 16-разрядной шиной SCSI (что теоретически обеспечивает вдвое большую скорость обмена). Имеется несколько типов таких накопителей: SCSI-1 и SCSI-2 имеют скорость обмена 5 Мбайт/с, Fast SCSI-2 – 10 Мбайт/с, Fast Wide SCSI-2 – 20 Мбайт/с и, наконец, Fast-20 SCSI – 40 Мбайт/с. Накопители SCSI, способные хранить значительные (измеряемые гигабайтами) объемы информации, производятся в больших количествах. К одному контроллеру может быть подключено до семи 8-разрядных и до пятнадцати 16-разрядных накопителей (контроллер SCSI представляет собой мост между шиной SCSI и шиной сервера, такой как PCI, VME, EISA, ISA и др.).

Еще одна возможная технология хранения данных основана на использовании матриц дисковых накопителей с избыточностью (RAID), в которых несколько дисков рассматриваются как единое целое. Применение накопителей типа RAID позволяет кардинальным образом улучшить показатели запоминающего устройства, увеличивает степень защищенности от ошибок и допускает наращивание емкости накопителя путем добавления новых дисководов. Передача видеоданных по локальной сети требует реализации технологии сжатия данных для сокращения объема передаваемой и хранимой информации. В частности, при работе с видеоданными обычно уменьшают разрешение (количество элементов изображения на экране) и частоту следования кадров.

При видеомонтаже наиболее популярен метод Motion JPEG, несмотря на то, что он не позволяет работать с аудиосигналом. Первоначально эта технология была разработана для сжатия неподвижных изображений, но, поскольку динамическое видеоизображение по сути представляет собой последовательность неподвижных изображений, следующих одно за другим с частотой 30 кадров/с, упомянутая технология может применяться для преобразования в цифровую форму отдельных кадров, последовательное воспроизведение которых имитирует полномасштабное видеоизображение.

Стандарты MPEG-1 и MPEG-2 предполагают сжатие данных с использованием программных или аппаратных средств. В методе MPEG избыточность информации, содержащейся в кадрах, устраняется путем дифференциального кодирования в последовательности видеок кадров. В результате каждый отдельный кадр не хранится в виде самостоятельного элемента данных, и для восстановления одного кадра необходимо иметь только информацию об отличиях предыдущих кадров. Поскольку при использовании метода MPEG эффективность сжатия значительно выше, чем при применении JPEG, требования к пропускной способности канала оказываются намного мягче. С другой стороны, сжатие методом MPEG обычно сопряжено с большей потерей информации, что влияет на качество изображения.

Стандарт MPEG-1 используется при скорости передачи от 1 до 1,5 Мбит/с и позволяет получать степень сжатия до 200:1, но удовлетворительное качество изображения сохраняется при соотношении не более 100:1. Обеспечивается разрешение 352×240 точек в стандарте NTSC при частоте 30 кадров в секунду, что сравнимо с качеством изображения VHS, получаемого с помощью бытовых видеосистем. Стандарт MPEG-1 находит применение в основном при передаче мультипликационных изображений и обычных видеоизображений. MPEG-2 поддерживает качество изображения на уровне вещательного стандарта и требует пропускной способности канала передачи данных 7–8 Мбит/с.

Технология Wavelet, как и JPEG, предусматривает раздельное кодирование данных для разных кадров. При этом, в отличие от JPEG, видеок кадр при кодировании не разбивается на отдельные блоки пикселей. В результате дефекты, обычно возникающие при использовании этого метода, отличаются от дефектов, которые иногда появляются при применении метода JPEG с большой степенью сжатия. Недостатком технологии Wavelet является заметное снижение качества изображения по краям объектов.

Технологии Intel Indeo и TrueMotion S реализуют программные методы кодирования и декодирования данных, позволяющие воспроизводить полноэкранный видеоизображение с частотой 30 кадров/с на стандартных ПК. Сжатие методом Indeo требует относительно небольших по сравнению с другими методами затрат. Качество изображения получается не очень высоким, но, если это не существенно, экономия средств обычно оправдывает эту потерю. Метод TrueMotion S обеспечивает более высокое качество изображений.

Метод Apple Video прекрасно подходит для компьютерной мультипликации, а для обычных видеоизображений – не очень. Radius Cinepak (совместная разработка Apple и SuperMac Technology) представляет собой программный кодек, используемый в основном в мультимедиа-продуктах на CD-ROM. Он очень медленно работает при сжатии данных, но обеспечивает значительную степень сжатия, высокую скорость воспроизведения и прекрасное качество изображения.

Декодирование и воспроизведение видеоданных осуществляется программными или аппаратными средствами. Программные методы все еще значительно медленнее, чем аппаратные, позволяющие декодировать видеосигнал в реальном времени, но

использование методов TrueMotion S и MPEG-1 можно считать шагом в правильном направлении.

Для повышения производительности локальных сетей при передаче видеоданных обычно применяют управление потоками данных на основе двух протоколов. Первый – MTP (Media Transport Protocol) фирмы Starlight Networks – обеспечивает необходимую для передачи видеоданных пропускную способность сети с помощью программирования путем присвоения видеоданным высокого приоритета. Второй подход разработан фирмой Novell для мультимедиа-систем и предусматривает отбрасывание отдельных кадров при перегрузке сети.

Не менее существенным препятствием при передаче мультимедиа-данных в локальных сетях без приоритета узлов или с архитектурой клиент/сервер является сама сеть. В настоящее время не решен окончательно вопрос, какой тип линий связи наилучшим образом подходит для передачи видеоинформации. Принято считать, что наиболее перспективными высокоскоростными сетями являются сети АТМ (Asynchronous Transfer Mode). АТМ с его масштабируемой пропускной способностью и гарантией качества услуг представляет собой идеальную инфраструктуру для поддержки мультимедийных приложений с жесткими требованиями к пропускной способности и задержке. Однако сегодня многие компании не испытывают потребности или не располагают достаточными средствами для развертывания АТМ либо другой высокоскоростной технологии для магистральной сети. Сети АТМ обеспечивают скорость передачи данных до 622 Мбит/с. Сеть АТМ – самое дорогостоящее, но и самое эффективное решение проблемы передачи мультимедиа-данных по сети.

Для увеличения пропускной способности локальных и глобальных сетей разработан ряд технологий передачи информации. Технология коммутируемой Ethernet, вытесняющая традиционную технологию Ethernet с разделяемым доступом, на сегодняшний день реализуется в двух вариантах – 10 Мбит/с и 100 Мбит/с. В последнее время значительное внимание привлекла к себе еще одна разновидность Ethernet – Gigabit (1 Гбит/с).

Технология Fast Ethernet является эволюционным развитием классической технологии Ethernet. Ее основными достоинствами являются: увеличение пропускной способности сегментов сети до 100 Мб/с, сохранение метода случайного доступа Ethernet, сохранение звездообразной топологии сетей и поддержка традиционных сред передачи данных с использованием витой пары и оптоволоконного кабеля.

Указанные свойства позволяют осуществлять постепенный переход от сетей 10Base-T – наиболее популярного на сегодняшний день варианта Ethernet – к скоростным сетям, сохраняющим значительную преемственность с хорошо освоенной технологией. При этом Fast Ethernet не требует коренного переобучения персонала и замены оборудования во всех узлах сети.

Технология Gigabit Ethernet является перспективной с точки зрения простоты и экономичности для высокоскоростной передачи информации при сохранении достоинств Ethernet, но не освобождает от недостатков последней. Это препятствует использованию Gigabit Ethernet для передачи потоков данных в реальном времени в силу непредсказуемости задержек и отсутствия поддержки требуемых классов обслуживания.

Соединение коммутаторов Fast Ethernet по Gigabit Ethernet позволяет резко повысить пропускную способность магистральной локальной сети и в результате поддерживать большее число как коммутируемых, так и разделяемых сегментов Fast Ethernet. Установка сетевой платы Gigabit Ethernet на сервер дает возможность повысить характеристики канала с сервером и тем самым увеличить производительность пользователей мощных рабочих станций, в том числе при передаче и обработке видеоинформации.

В системах, где требуется передавать видеоизображения в реальном времени с качеством, соответствующим вещательному стандарту, наилучшим решением был бы канал связи с высокой пропускной способностью. Поскольку реальная скорость трафика не может превосходить пропускную способность используемого участка сети, сбои в передаче видеоизображения с качеством на уровне телевизионного возникают даже в выделенных линиях АТМ. В то же время узкополосный сигнал, получаемый при сжатии видеоданных методом MPEG-1, может передаваться с очень малой задержкой по сети Ethernet. Таким образом, выбор оптимальных решений должен осуществляться на основе использования различных технологий и методов, рассмотренных в статье.

Заключение

Методы передачи видеоинформации основываются на положениях теории информации, теории связи и теории обработки изображений, которые активно разрабатывались в течение нескольких последних десятилетий. Успехи современных высоких технологий позволили реализовать и оптимизировать различные методы и алгоритмы преобразования и обработки изображений применительно к телекоммуникационным сетям.

Технологии Интернет обеспечивают широкую доступность мультимедиа-информации, однако при этом требуется решать ряд проблем, обусловленных особенностями передачи видеоинформации в реальном времени. Использование новых возможностей информационных технологий становится более эффективным при оптимизации структуры информационных сетей, отдельных узлов и их взаимодействия, широкого использования методов управления параметрами сети и режимов адаптации, рассмотренных в настоящей работе. В наиболее совершенных системах критические характеристики распределяются согласованно в структурной части, характеристиках оборудования и программном обеспечении, что повышает качество и надежность работы и расширяет функциональные возможности систем передачи видеоинформации.

Литература

1. Shulzrinne H., Casner S., Frederick R. and Jacobson V. RTP: a transport protocol for real-time applications //RFC 1889. Internet Engineering Task Force. 1996.
2. Wu D., Hou Y.T., Zhu W., et al. On end-to-end architecture for transporting MPEG-4 video over the Internet //IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 2000. V.10. P.923-941.
3. Jacobson V. Congestion avoidance and control //Proc. ACM SIGCOMM'88. 1988. P. 314-329.
4. Tirletti T., Huitema C. Videoconferencing on the Internet // IEEE/ACM Trans. Netw. 1996. V.4. P. 340-351.
5. Bolot J.-C., Tirletti T. and Wakeman I. Scalable feedback control for multicast video distribution in the Internet // Proc. ACM SIGCOMM'94. 1994. P.58-67.
6. Wu D., Hou Y.T. and Zhang Y.-Q. Transporting real-time video over the Internet: challenges and approaches // IEEE Proc. 2000. V.88. P.1855-1875.
7. Floyd S., Fall K. Promoting the use of end-to-end congestion control in the Internet // IEEE/ACM proc. Netw. 1999. V.7. P.458-472.
8. Martins F.C., Ding W. and Feig E. Joint control of spatial quantization and temporal sampling for very low bit-rate video //Proc. IEEE Int. Conf. ICASSP'96. 1996. V.4. P.1062-1072.
9. Weigand T., Lightstone M. and Mukherjee D., et al. Rate-distortion optimized mode selection for very low bit-rate video coding and the emerging H.263 standard //IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 1996. V.6. P.182-190.

10. Ding W. Joint encoder and channel rate control of VBR video over ATM networks // IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 1997. V.7. P.266-278.
11. Hsu C.Y., Ortega A. and Reibman A.R. Joint selection of source and channel rate for VBR transmission under ATM policing constraints //IEEE J. Select. Areas Commun. 1997. V.15. P. 1016-1028.
12. Vetro A., Sun H. and Wang Y. MPEG-4 rate control for multiple video objects //IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 1999. V.9. P.186-199.
13. Chiang T., Zhang Y.-Q. A new rate control scheme using quadratic rate distortion model //IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 1997. V.7. 246-250.
14. Lee J. and Dickenson B.W. Rate-distortion optimized frame type selection for MPEG encoding // IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 1997. V.7. P.501-510.
15. Sun H., Kwok W., Chien M. and Ju C.H.J. MPEG coding performance improvement by jointly optimizing coding mode decision and rate control //IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 1997. V.7. P.449-458.
16. Podolsky M., Vetterli M. and McCanne S. Limited retransmission of real-time layered multimedia //Proc. IEEE Workshop Multimedia Signal Processing. 1998. P.591-596.
17. Li X., Paul S. and Ammar M.H. Layered video multicast with retransmissions: evaluation of error recovery schemes //Proc. IEEE Int. Workshop NOSSDAV'97. 1997. P.161-172.
18. Maxemchuk N., Padmanabhan K. and Lo S. A cooperative packet recovery protocol for multicast video //Proc. IEEE Int. Conf. ISNP'97. 1997. P.259-266.
19. Xu X.R., Myers R.C., Zhang H. and Yavatkar R. Resilient multicast support for continuous-media applications //Proc. IEEE Int. Workshop NOSSDAV'97. 1997. P.183-194.
20. Wang Y., Orchard M.T. and Reibman A.R. Multiple description image coding for noisy channels by pairing transform coefficients //Proc. IEEE Workshop Multimedia Signal Processing. 1997. P. 419-424.