

На рис. 5 під номером 1 зображено динамічний метод генерації, під номером 2 метод шаблонів, під номером 3 статичний метод генерації. З рис. 5 видно, що динамічний метод генерації значно програє по швидкості іншим методам при великих розмірах проекту, але це спричинено тим, що методу необхідно виконувати додаткові проходи по коду та виконувати над ним складні аналізи для виявлення додаткових помилок. Незважаючи на більший час генерації коду, результуючий код є більш швидким та надійним, як наслідок ми зекономимо час на пошук та виправлення помилок, а також отримаємо кращий час виконання.

Як результат, цей метод найбільш прийнятний для генерації вихідних кодів на мовах опису апаратури, тому він взятий за базовий для реалізації генератору коду компонентів обчислювальної системи в базисі ПЛІС.

Список використаних джерел

1. Новиков Ф. А. Визуальное конструирование программ / Ф. А. Новиков // Информационно-управляющие системы. – 2005. – № 6. – С. 9-22.
2. Селлз К. Современные способы автоматизации повторяющихся задач программирования / К. Селлз // MSDN Magazine. – 2002. – № 6.
3. Шалыто А. А. SWITCH-технология – автоматный подход к созданию программного обеспечения «реактивных» систем / А. А. Шалыто, Н. И. Туккель // Программирование. – 2001. – № 5. – С. 45-62.

УДК 621.397

К.Н. Григорьев, аспирант

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

МЕТОДЫ НАДЕЖНОЙ ДОСТАВКИ ВИДЕОСИГНАЛОВ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

К.М. Григор'єв, аспірант

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

МЕТОДИ НАДІЙНОЇ ДОСТАВКИ ВИДЕОСИГНАЛІВ ВИСОКОЇ ЯКОСТІ

Konstantin Grigoryev, PhD student

Chernigov National Technological University, Chernigov, Ukraine

METHODS OF GUARANTEED DELIVERY OF HIGH QUALITY VIDEO SIGNALS

На пути применения техники качественного видеопроизводства стоят ограничения по оперативной передаче сигнала в ТВ студии и Интернет медиа-сервера. Очевидной альтернативой системе спутниковой передачи видеосигнала является Интернет, однако недостаточная надежность параметров каналов Интернет вынуждает искать способы в области оптимизации протоколов передачи данных и алгоритмов кодирования видеосигналов. В ситуациях с «прямым эфиром» надежность системы производства и доставки видеосигнала является определяющей. Именно поэтому при использовании каналов Интернет важной является задача определения граничных параметров кодирования видеосигнала, а также выбор протоколов передачи данных и их параметров в условиях неопределенности и варьированности параметров каналов передачи данных.

Ключевые слова: доставка видео, надежная передача потоковых данных, видео через Интернет, сетевые видеопотоки, кодирование видеоданных.

На шляху використання техніки створення якісного відео є обмеження щодо передавання сигналу до студії ТВ та Інтернет медіа-серверів. Очевидною альтернативою супутникової передачі відеосигналу є мережа Інтернет, але недостатня надійність параметрів каналів Інтернету змушує шукати способи оптимізації протоколів передавання даних та алгоритмів кодування відеосигналу. У випадках «прямого ефіру» надійність системи створення відео є визначальною. Саме тому під час використання каналів Інтернет важливим є завдання визначення граничних параметрів кодування відеосигналу, а також вибір протоколів передавання даних та їх параметрів в умовах невизначеності та варіативності параметрів каналів передавання даних.

Ключові слова: доставка відео, надійна передача потокових даних, відео через Інтернет, мережеві відеопотоки, кодування відеоданих.

Wide application of high definition video production is limited due to complications in live transmission to TV studio or to Internet media delivery networks. Internet is an obvious alternative to commonly used satellite transmission. However, insufficient reliability of Internet channels require optimized data transmission protocols and specialized video coding systems. Reliability of video production cycle and video delivery system are keys to cases of live video streaming. That is why

identification of boundaries for video coding parameters as well as wise selection of data transmission protocols and their parameterization is important when using Internet as a way of video delivery.

Key words: video delivery, guaranteed delivery of streaming data, video over Internet, network video protocols, video coding.

Постановка проблеми. Развитие и значительное удешевление современных технологий производства качественного видеосигнала позволило значительно расширить сферы применения видеопроизводства и сделать его доступными для организаций, обладающих значительно меньшими бюджетами. Однако на пути применения техники качественного видеопроизводства стоят ограничения по оперативной передаче сигнала до ТВ студии, либо до медиа-серверов крупных интернет-компаний. Ценность произведенного видеосигнала значительно возрастает при возможности оперативной доставки до конечного потребителя.

Обычным способом передачи сигналов ТВ качества являлся и продолжает доминировать – способ спутниковой связи. Среди ограничений использования данного метода можно назвать относительную негибкость при аренде каналов связи, а также значительную дороговизну по сравнению с другими каналами связи. Среди преимуществ выделяется мобильность станций спутниковой связи, а также их автономность. Альтернативой является использование каналов общих сетей – в первую очередь сетей Интернет. Развитие Интернета привело, с одной стороны, к значительному удешевлению этого сервиса, а с другой – к значительному увеличению таких характеристик, как пропускная способность и надежность. Однако при этом каналы Интернета не обладают гарантированными характеристиками, что вынуждает разработчиков технологий передачи сигналов искать решения в области транспортных протоколов передачи, а также технологий сжатия и кодирования аудио-, видеосигналов.

Как правило, организация спортивных мероприятий дает значительный эффект при возможности выведения видеотрансляции мероприятия в «прямой эфир». Это позволяет увеличить аудиторию мероприятия в десятки, а иногда и в сотни раз. Однако существующие технологии видеопроизводства и выведения видеотрансляции в эфир оказываются недоступными по бюджету для большинства видов спорта. Только несколько видов спорта, такие как футбол и баскетбол, обладают ресурсами, необходимыми для организации, однако и для них оказывается слишком дорогостоящим полное покрытие онлайн видеотрансляциями всех мероприятий сезона. Одной из особенностей организацией качественного видеопроизводства для обеспечения видеотрансляции спортивных мероприятий является необходимость интеграции с автоматизированными судейскими комплексами, которые используются для учета и визуализации текущей игровой ситуации, таких как игровой счет и время.

Основным требованием при организации доставки видеосигнала является надежность технологии, а также устойчивость по отношению к сбоям. При этом особенностью также является достаточно высокий объем передаваемых данных, особенно в связи с принятием новых стандартов видео повышенного качества (HD, Full HD). Данные требования в совокупности с ограничениями по компетенции персонала делают невозможным применение «настольных» программ и систем при создании комплексов, обеспечивающих видеотрансляции. При создании таких комплексов учитывается ряд факторов, в том числе возможность автономной работы, а также отсутствие специальных знаний у эксплуатирующей организации. До последнего времени именно наличие специальных знаний было основным ограничением при организации видеотрансляций, что делало их доступным только для узкого круга профессионалов.

Анализ последних исследований и публикаций. Развитие стандартов для телевизионного вещания и ряда стандартов для передачи информации каналами Интернет привело к созданию нескольких современных систем кодирования видеoinформации, среди которых выделяется совместная разработка ISO/IEC MPEG и ITU-T VCEG с разными кодовыми названиями и одной сутью: H.264 (ITU-T) или MPEG4 Part 10 / AVC (ISO).

Данный стандарт воплотил в себе последние идеи и достижения в области сжатия видео, а также обеспечения устойчивых к сбоям алгоритмов сжатия потоковых данных.

Среди ключевых свойств данного стандарта является:

- многокадровое предсказание;
- использование до 32 ранее сжатых кадров в качестве опорных;
- компенсация движения с переменным размером блока, что позволяет четко выделять области движения;
- пространственное предсказание;
- динамическое переключение между однородными потоками (SP/SI) для поддержки *bitrate switching*;
- свойства устойчивости к ошибкам (потерям);
- определение уровня сетевой абстракции (NAL), позволяющее использовать один и тот же синтаксис видео в различных сетевых окружениях, включая наборы параметров последовательности (*sequence parameter sets, SPSs*) и наборы параметров изображения (*picture parameter sets, PPSs*), которые обеспечивают большую надёжность и гибкость, чем предыдущие технологии;
- гибкое упорядочивание макроблоков (FMO), также известное как группы частей (поддерживается не во всех профилях) и произвольное упорядочивание частей (ASO) – методы реструктурирования порядка представления фундаментальных областей (макроблоков) в изображениях. При эффективном использовании гибкое упорядочивание макроблоков может существенно повысить устойчивость к потере данных;
- разделение данных по значимости и их разнесение по разным транспортным пакетам;
- избыточные части;
- поддержка нескольких режимов управления размером потока данных, в частности CBR (*constant bitrate*) и VBR (*variable bitrate*), адаптивный алгоритм управления величиной квантизации в зависимости от заданных ограничений.

Для упрощения использования множества свойств стандарта были определены комплекты возможностей, называемые профилями, ориентированные на конкретные классы приложений. Для класса приложений ориентированных на потоковое видео определен Расширенный Профиль (*Extended Profile*) с относительно хорошими характеристиками сжатия и дополнительными свойствами устойчивости к потерям, в то время как для цифрового телевидения стандартной четкости определен Основной Профиль (*Base Profile*), а для цифрового вещания высокой четкости, а также видео на оптических носителях определен Высокий Профиль (*High Profile*).

К сожалению, в практике недостаточно ограничиться выбором профиля, так как оптимальный набор параметров зависит от ряда практических особенностей конкретного применения, таких как: вычислительная мощность кодирующего устройства, сложность (планарная и динамическая) входного потока, характеристики видеосигнала (размер изображения и частота кадров), характеристики канала связи (переменная пропускная способность, плавающая задержка), а также выбор транспортного сетевого протокола (RTP, RTMP, UDP и т. д.).

Данные сложности приводят к невозможности использования стандартных решений, не учитывающих объективные (зачастую динамические) параметры объекта съемки, а также точки доставки сигнала и сетевого пути между ними.

Цель статьи. Выделить основные проблемы и пути их решения при создании систем реального времени по доставке онлайн видеосигналов средствами Интернет.

Основная часть.

1. Особенности организации видеотрансляций спортивных мероприятий. Одним из наиболее ценных видов «прямого эфира» в телевидении является трансляция спортивных мероприятий. Такие трансляции, как правило, привлекают большое количество зрителей, а также позволяют конкретному виду спорту значительно увеличить

свою аудиторию. Особенно ценны данные трансляции для особо увлеченных болельщиков, которые не всегда могут следовать за своей командой и часто пропускают выездные матчи, которых в сезоне обычно проходит не менее половины.

При организации трансляции спортивных мероприятий творческие телевизионные бригады сталкиваются с рядом следующих задач:

- многоплановая/многокамерная съемка с переключением планов «по живому»;
- повторы интересных моментов (вживую);
- сборные повторы интересных моментов в перерывах мероприятий;
- наложение графической и статической текстовой информации на «живой» видеосигнал;
- наложение динамической игровой информации на «живой» видеосигнал, такой как игровое время и счет;
- аудиосопровождение трансляции одним или несколькими комментаторами, а также совмещение звуковых потоков (интершум, комментаторы);
- оптимальная по стоимости доставка сигнала до телестудии с последующей доставкой к ТВ/DVB операторам осуществляющим вещание в кабельные сети, спутник и эфирное ТВ;
- доставка сигнала на медиа-сервера компаний осуществляющих Интернет-вещание.

Важным аспектом организации качественной трансляции является возможность объединения сигналов как с места проведения мероприятия, так и из телевизионной студии, как правило, располагаемой в непосредственной близости к оборудованию, выдающему сигнал в «эфир». ТВ студия также иногда применяется для комментирования событий в мероприятии и, соответственно, одно (или единственное в трансляции) рабочее место комментатора находится в студии. В процессе совмещения сигналов с места проведения мероприятия и ТВ студии режиссер трансляции сталкивается с проблемой временной задержки.

Временная задержка (от события в матче до появления картинки на мониторе в ТВ студии) возникает из двух основных источников – обработки видеоизображения перед передачей каналами связи, а также из механизма/протокола передачи сигнала. Проблемным в компенсации является наличие «плавающей» задержки, что могут породить особенности работы узлов сети, по которой передается видеосигнал.

2. Особенности кодирования видеосигналов высокого качества и разрешения.

Видеосигнал в своем оригинальном виде определяется тремя параметрами – степенью разрешения изображения (размер), глубиной кодирования цветности (бит на точку), а также частотой кадров. Эти три параметра напрямую определяют объемы данных, передаваемых по видеоканалам. В оригинальном, несжатом виде сигнал стандартного разрешения (SD) 576i (625-line/50Hz) генерирует поток данных в объеме 177 Мбс, в то же время сигнал повышенного качества (HD) 720p (1280x720/50Hz) уже требует 1485 Мбс. Естественно, что при передаче на большие расстояния выделение таких каналов связи не представляется возможным и для уменьшения параметров требуемых каналов связи применяют различные методы сжатия аудио/видеосигналов. Современные кодеки (в частности H.264/AVC) позволяют добиться приемлемого качества изображения при снижении необходимой пропускной способности канала связи до 100 раз. Таким образом, видеосигнал повышенного качества HD может быть передан без ощутимых потерь через канал связи с пропускной способностью до 20 Мбс. Именно возникновение таких кодеков сделало возможным широкое распространения стандарта HD.

При применении алгоритмов сжатия возникает проблема выдерживания качества изображения при значительном снижении требуемых объемов данных для представления изображения. Одним из типовых параметров, характеризующих качество сжатого изображения, является параметр квантизации (QP). Параметр квантизации определяет степень искажения изображения в процессе сжатия и принимает значения от 0 (сжатие без потерь) до 69 (высокая степень искажений). Обычно в моделях кодеров изображения принимается наличие обратной связи первого порядка между параметром квантизации и объемом сжатой информации, описывающей изображение.

Другим важным фактором для степени сжатия является «сложность» изображения, не имеющая в данный момент общепринятой характеристики. С точки зрения кодека H.264/AVC «сложным» является изображение, имеющее большое количество неоднородных деталей, что не позволяет применить эффективные алгоритмы «планарного» сжатия (сжатия в рамках одного кадра). Также «сложным» является динамичное изображение (то, которое с течением времени быстро меняется), что не позволяет эффективно использовать возможность кодека «опорных» кадров.

Данные особенности процесса кодирования приводят к тому, что задав максимальную степень искажений изображения (параметр квантизации QP), кодек H.264/AVC будет генерировать достаточно большой разброс в размере исходящего сжатого потока (bitrate) в зависимости от «сложности» входного видео-потока.

С другой стороны, если задать фиксированный размер исходящего потока (bitrate), то кодек будет подстраивать параметр квантизации «на лету» под входящий видеопоток. В зависимости от динамики входного изображения (в том числе динамики «сложности») данный параметр будет принимать значения в большом диапазоне. Это приведет к неизбежному возникновению артефактов на исходящем изображении, а также к эпизодическому ухудшению наблюдаемого качества изображения.

3. Возможности и ограничения сетей на основе интернет-протоколов стека TCP/IP.

Одной из ключевых особенностей сетей на основе протокола TCP/IP является возможность динамической адресации узлов сети и возможность установления соединения (канала передачи данных) без переконфигурирования узлов сети при изменении топологии сети, а также маршрута между узлами. Это позволяет в случае выполнения задач организации видеотрансляций без значительных дополнительных усилий организовать канал передачи данных между точкой производства сигнала и ТВ студией.

Стоит также отметить, что значительные инвестиции и развитие региональных операторов передачи данных (интернет-провайдеров) привело к возникновению значительных дополнительных мощностей каналов передачи данных, что в свою очередь сделало возможным подключение конечных абонентов на скоростях 10 Мбс и выше. В некоторых регионах стандартным считается подключение абонентов на скорости 100 Мбс.

Однако при декларируемых скоростях 10 Мбс у конечных абонентов наблюдаются совершенно различные максимальные скорости передачи данных в зависимости от маршрутов до конечных точек соединения. Это связано с естественной гетерогенностью сети Интернет, а также непредсказуемостью нагрузки на узловые сети Интернет (маршрутизаторы). Кроме статической гетерогенности, в реальных скоростях передачи данных в зависимости от маршрута соединения с конечной точкой подключения возникают также динамические эффекты, связанные с работой некоторых узлов сети на пределах своих возможностей. Перегрузка отдельных узлов сети приводит к значительным потерям и, как следствие, к падению предельной скорости передаваемых данных.

Гетерогенность поведения сети Интернет в зависимости от маршрута доставки пакетов приводит к тому, что максимальная скорость передачи данных по маршруту А-В-С может оказаться значительно выше, чем передача напрямую по маршруту А-С. Эта особенность приводит к идее создания собственной распределенной сети приема/передачи видеосигналов с целью увеличения максимально возможных скоростей передачи данных.

В применении к задачам организации видеотрансляций, особенно в условиях технической невозможности вовремя организовать гарантированный канал связи, сеть Интернет выглядит привлекательной, а иногда и единственно доступной альтернативой.

Выводы и предложения. Современные средства кодирования видеоинформации позволяют значительно снизить требования к пропускной способности каналов передачи данных с целью передачи «живых» видеопотоков. Это открывает новые возможности в использовании относительно недорогих в реализации каналов связи через сеть Ин-

тернет. Однако особенности алгоритмов кодирования видеоинформации в сочетании с особенностями сети Интернет делают невозможным непосредственное использование стандартных систем кодирования видеоинформации для передачи сигналов от точки производства сигнала до точки приема (обычно ТВ студии). Для эффективного использования современных систем кодирования видео для передачи через сеть Интернет необходимо введение специализированной надстройки, которая позволит учесть особенности как производимого сигнала (с учетом сложности изображения и его динамики), а также особенности предполагаемых маршрутов передачи данных. Данная надстройка позволит скорректировать параметры кодирования видеосигнала с учетом как самого входного сигнала, так и с учетом параметров маршрута передачи данных до точки назначения. Отдельного внимания заслуживает возможность создания сети видеосерверов, позволяющих обойти ограничения, связанные с гетерогенностью сети Интернет.

Список использованных источников

1. Ричардсон Я. Видеокодирование H.264 и MPEG-4 – стандарт нового поколения / Ян Ричардсон. – М. : Техносфера, 2005.
2. Семенюк В. В. Современные методы и стандарты экономного кодирования видеоинформации / В. В. Семенюк. – СПб., 2002.
3. H.264/MPEG-4 AVC [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://en.wikipedia.org/wiki/H264>.

UDC 004.054:004.771:378.147.88

Volodymyr Kazymyr, Doctor of Technical Sciences

Mariia Tevkun, PhD student

Iryna Posadska, PhD student

Oleksandr Drozd, PhD student

Chernihiv National Technological University, Chernihiv, Ukraine

METHODS OF DATA COLLECTION TO EVALUATE THE QUALITY OF DISTANCE LEARNING SYSTEM

В.В. Казимир, д-р техн. наук

М.В. Тевкун, аспірант

І.С. Посадська, аспірант

О.П. Дрозд, аспірант

Чернігівський національний технологічний університет, м. Чернігів, Україна

МЕТОДИ ЗБОРУ ДАНИХ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ

В.В. Казимир, д-р техн. наук

М.В. Тевкун, аспірант

І.С. Посадская, аспірант

А.П. Дрозд, аспірант

Черниговский национальный технологический университет, г. Чернигов, Украина

МЕТОДЫ СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

The issues, associated with the evaluation of quality of distance learning system, were discovered. The most significant data and statistical units, which are used to assess the quality of distance learning system, were investigated. The data, which can be obtained from the internal database of the distance learning system using standard tools, was considered. The method of obtaining data, based on the network traffic monitoring using active network techniques, was proposed.

Key words: distance learning, E-learning, statistical units, quality evaluation, Moodle, database, traffic monitoring, active network techniques, active node.

Розглянуто проблеми, пов'язані з оцінкою якості системи дистанційного навчання. Досліджено найбільш значущі дані і статистичні одиниці, які використовуються для оцінки якості системи дистанційного навчання. Виявлено дані, які можуть бути отримані з внутрішньої бази даних системи дистанційного навчання за допомогою