

APPLICATION OF QUEUING MODELS IN MONITORING ELECTRICAL PARAMETERS

Vorobyov A.E., Lichtzinder B.Y., Raskin A.Y.

The article describes how to determine the pre-emergency condition at the electric power facilities with queuing models in order to reduce network traffic. The method is based on the application of the algorithm «leaky bucket» and adapted for use with pulsed electric supply meters.

Keywords: queuing theory, the problem of surge, the monitoring system, reducing the network traffic, the definition of pre-emergency condition, the electric power facilities, the electricity supply meter, the leaky bucket algorithm.

Воробьев Анатолий Евгеньевич, аспирант Кафедры «Мультисервисные системы и информационная безопасность» (МСИБ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-3422) 56-60-05 доб.725, 8-950-44-99-567

Лихтциндер Борис Яковлевич, д.т.н., профессор Кафедры МСИБ ПГУТИ. Тел. (8-846) 9-909-600.

Раскин Аркадий Яковлевич, технический директор ООО «Технотроникс» (г. Самара). Тел. (8-3422) 56-60-05 доб. 600.

УДК 621.397.2.037.372

АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ИНКАПСУЛЯЦИИ И ДЕКАПСУЛЯЦИИ ВИДЕОПОТОКОВ В СЕТЯХ IPTV ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА

Карякин В.Л., Карякин Д.В., Косенко С.Г.

Проводится исследование существующих методов инкапсуляции и декапсуляции видеопотоков в IP-сетях. Описывается модель межсетевое взаимодействия систем IPTV. Даются рекомендации по оценке ресурсоемкости оборудования и эффективности использования доступной полосы в сетях IPTV.

Ключевые слова: технологии IPTV вещания, структура видеопотоков MPEG-2 и MPEG-4, инкапсуляция и декапсуляция видеопотоков, система мониторинга

Вещание в сетях IPTV в подавляющем большинстве случаев осуществляется в форматах MPEG-2 и MPEG-4. Данные форматы кодирования видеoinформации наиболее распространены и являются основными в системах цифрового телевизионного вещания в настоящее время. Для осуществления вещания в сети видеоматериал необходимо подготовить к передаче по IP-сети, представив его в нужной форме. Рассмотрим подробно стандартный поток MPEG, чтобы определить возможные механизмы его взаимодействия с сетью передачи данных. Основной структурной единицей формата MPEG является элементарный поток ES (Elementary Stream) – поток, в котором может содержаться только один из типов данных: аудио, видео, управляющие данные, прочие данные (субтитры и т.п.).

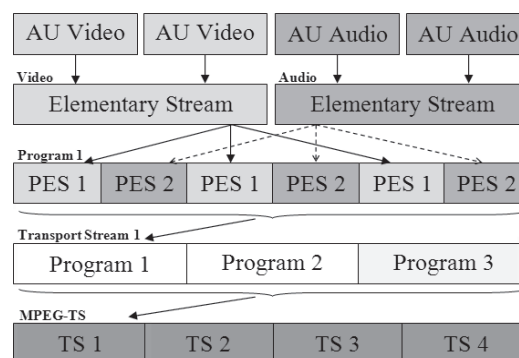


Рис. 1. Формирование транспортного потока MPEG

Элементарные потоки ES состоят из последовательности индивидуально доступных порций данных, называемых блоками доступа AU (Access Units) (см. рис. 1). Блок доступа является наименьшим информационным объектом, к которому может относиться временная информация [1]. Так, для видео это может быть кадр изображения, а для аудио – аудиофрейм (часть аудиоданных со своим заголовком).

При этом существуют некоторые различия в формировании самих элементарных потоков по стандартам MPEG-2 и MPEG-4. Если в MPEG-2 служебная информация о конфигурации CFG заключена внутри каждого элементарного потока и периодически повторяется (см. рис. 2а), то в

MPEG-4 она вынесена в отдельный элементарный поток.

Стандарт MPEG-4 использует объектно-ориентированную аудиовизуальную модель, которая позволяет собрать на приемной стороне из отдельных объектов данных единую целостную картину – мультимедийную «презентацию». Для этого в MPEG-4 вводится ряд элементарных потоков [2] (см. рис. 2б):

- поток описания объектов ES_OD (Object Descriptor Stream), в котором заключается необходимая информация CFG для получения доступа и обработки медиапотоков (например, ES_SD, ES_1, ES_2 и т.д.);

- поток описания сцены ES_SD (Scene Descriptor Stream), который дает описание того, как будут использоваться объекты медиапотоков в презентации.

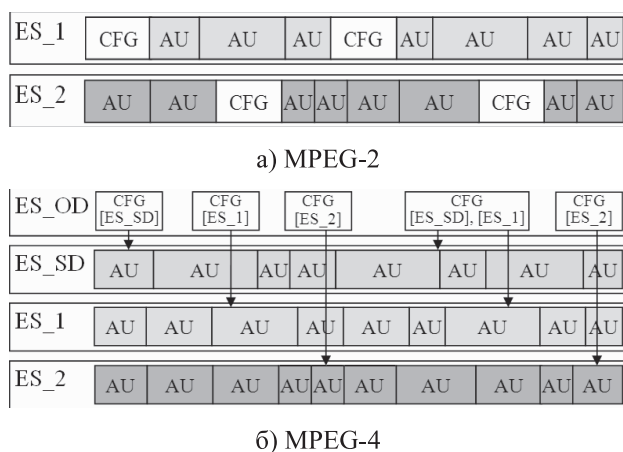


Рис. 2. Формирование элементарных потоков

При этом периодическое повторение конфигурационной информации CFG в обоих случаях позволяет организовать случайный доступ для пользователя (в любой момент вещания) к сессии MPEG. Однако использование для этого в MPEG-4 обособленного потока позволяет легко осуществлять взаимодействие с отдельными элементарными потоками: установка QoS, масштабирование, группировка и разделение потоков и др.

Кодировщик MPEG осуществляет разбиение ES на пакеты PES (Packetized ES) и последующее их упорядочивание. Совокупность PES формирует законченную программу, которая состоит из одного или нескольких видов PES и служебной информации. Все элементарные потоки одной программы привязаны к единому таймеру синхронизации для обеспечения синхронного отображения видеоданных и звукового сопровождения.

Набор таких программ помещается в транспортный поток MPEG-TS (Transport Stream), специально разработанный для последующей передачи по телекоммуникационным сетям [3]. Кроме того, в отличие от программного потока, TS может переносить несколько программ [4].

Именно в виде таких TS-потоков (в частности от спутниковых и кабельных источников) поступает видеоконтент на вход системы IPTV, который необходимо обработать.

Рассмотрим структуру TS-пакета (см. рис. 3). Пакет имеет заголовок 4 байта и 184 байта полезной нагрузки. Кроме того, среда коммуникации может добавить поле упреждающей коррекции ошибок FEC (Forward Error Correction) на основе кода Рида-Соломона длиной 16 (системы DVB-T/C/S) или 20 байт (системы ATSC), позволяющее восстановить до 8 и 10 искаженных байт в пакете соответственно [5]. Для идентификации принадлежности TS-пакетов к определенному потоку в заголовок TS Header вводится 13-битовый идентификатор пакета PID (например, на рис. 5 PID = 0x12d). Пакеты с неизвестным PID, которые не требуются получателю, – отбрасываются.

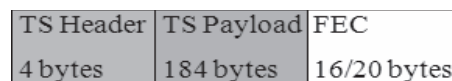


Рис. 3. Структура TS-пакета

Система IPTV, получая такие пакеты MPEG-TS, должна их обработать для последующей трансляции по IP-сети. Данный процесс называется инкапсуляцией – метод построения модульных сетевых протоколов, при котором происходит процесс абстрагирования логически независимых функций сети путем включения их в объекты низлежащих уровней модели OSI. Обратный процесс извлечения исходных данных называется декапсуляцией. В некоторых источниках совокупность процессов инкапсуляции и декапсуляции именуют общим термином капсуляция [6]. В сетях IPTV эту функцию выполняет DVB-to-IP стример (Streamer), который осуществляет инкапсуляцию транспортных пакетов в формат, пригодный для передачи.

Все транспортные потоки, транслируемые в IP-сетях, должны соответствовать спецификации TS 101 154 [7] и должны быть инкапсулированы либо в RTP (Real-Time Protocol), либо напрямую в UDP (User Datagram Protocol).

В настоящее время используются следующие методы инкапсуляции:

1. Прямая UDP - инкапсуляция (direct UDP encapsulation) TS-пакетов описана в рекомендации H.610 MCЭ-Т [8] (рис. 4).

IP Header	UDP Header	TS Header	TS Payload	...	TS Header	TS Payload
20 bytes	8 bytes	4 bytes	184 bytes		4 bytes	184 bytes

Рис. 4. Инкапсуляция IP/UDP/TS

Данный метод используется в IP-сетях, которые могут гарантировать качество по части: величины потери пакетов, джиттера и маршрутизации, не нарушающей порядка очередности пакетов. Контроль очередности прихода пакетов осуществляется по счетчику непрерывности TS-пакетов: 4-битовое поле, значение которого изменяется от 0 до 15 (см. рис. 5).

Рис. 5. Счетчик непрерывности TS-пакетов

При передаче видеопакетов по сети крайне нежелательна их фрагментация, поскольку она вызывает:

- увеличение требуемой полосы пропускания за счет избыточности заголовков;
- увеличение задержек за счет дополнительных операций сегментации и пересборки пакетов.

Отсутствие фрагментации, в частности, позволяет уменьшить процент потерь пакетов, уменьшить джиттер – за счет использования на стороне клиента меньшего буфера. Поэтому следует избегать фрагментации на любом участке передачи от сервера вещания до клиента. В данном методе UDP в качестве полезной нагрузки переносит целое число TS-пакетов. Таким образом, при значении MTU = 1500 байт в сетях Ethernet – один UDP-пакет сможет вместить 1-7 TS пакетов (поле длины UDP Length Field в заголовке UDP Header позволяет определить, сколько TS-пакетов содержится внутри данной UDP - датаграммы). Максимальный размер IP-пакета в данном случае составит:

$$20 (IP Header) + 8(UDP Header) + 7 * 188 (TS Packet) = 1344 \text{ байт.}$$

Применение метода прямой UDP-инкапсуляции накладывает жесткие требования на пара-

метры сети передачи данных. В случаях когда выполнение этих требований затруднительно - рекомендуется использовать метод, рассмотренный ниже.

2. Инкапсуляция транспортных потоков MPEG-TS в протокол передачи реального времени RTP (Real-Time Transport Protocol). В данном случае TS-пакеты предварительно помещаются в RTP-пакет, который, в свою очередь, инкапсулируется в UDP (см. рис. 6).

Согласно RFC 3550 [9] RTP должен использовать четный порт для трансляции видеопотока, а следующий за ним нечетный порт используется для передачи управляющей информации по протоколу RTCP (RTP Control Protocol). В задачи RTCP входит:

- обеспечение обратной связью о качестве передачи видеоданных,
- идентификацию транспортного уровня RTP-источника (transport layer RTP-source);
- обеспечение участников взаимодействия информацией о статистике передачи.

IP Header	UDP Header	RTP Header	TS Header	TS Payload	...	TS Header	TS Payload
20 bytes	8 bytes	12 bytes	4 bytes	184 bytes		4 bytes	184 bytes

Рис. 6. Инкапсуляция IP/UDP/RTP/TS

По сравнению с инкапсуляцией по методу IP/UDP/TS (см. рис. 4) в данном случае дополнительно вводится уровень RTP. С одной стороны он создает дополнительные заголовки (RTP Header), и максимальный размер IP-пакета составит уже

$$20 (IP Header) + 8 (UDP Header) + 12 (RTP Header) + 7 * 188 (TS Packet) = 1356 \text{ байт.}$$

Однако, с другой стороны, имеет ряд преимуществ. MPEG-TS – однонаправленный поток (от сервера к клиенту), в результате, у сервера нет механизмов для определения процента потерь пакетов, джиттера и задержек в сети [10]. Протокол RTP позволяет серверу детектировать клиентов IPTV и настраивать параметры потокового вещания (например, уменьшить битрейт видеопотока при появлении большого количества потерянных пакетов).

Так же стоит учитывать, что видео, как правило, имеет переменный битрейт, и на всех участках прохождения видеотрафика необходимо обеспечить динамическое выделение достаточной полосы пропускания для безошибочной передачи,

поскольку трафик реального времени очень критичен к любого рода задержкам. Этого не всегда удается достичь, так как IPTV, являясь частью мультисервисных сетей, использует общую полосу пропускания сети совместно с другими услугами сетей передачи данных. Для выделения гарантированной полосы пропускания трафика IPTV профессиональные IP-стримеры умеют выравнивать видеопоток за счет добавления нулевых пакетов (Null-Packet) TS с соответствующим PID = 0x1FFF (см. рис. 7).

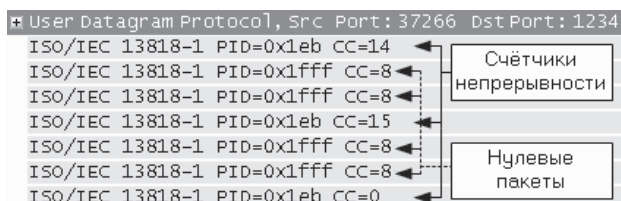


Рис. 7. Выравнивание видеопотока нулевыми пакетами

В результате видеопоток имеет постоянную скорость, и для него резервируется часть канала. На приемной стороне нулевые TS-пакеты отбрасываются декодером и восстанавливается исходная видеопоследовательность. В обоих описанных методах последовательные TS-пакеты переносятся в качестве полезной нагрузки без каких-либо знаний о содержании этих пакетов.

IP Header	UDP Header	RTP Header	RTP Payload
20 bytes	8 bytes	12 bytes	1400 bytes

Рис. 8. Инкапсуляция IP/UDP/RTP

Протокол RTP разрабатывался в первую очередь для передачи аудиовизуальной информации по сети в реальном времени, поэтому он оптимизирован для IP-сети и позволяет работать напрямую с элементарными потоками ES (см. рис. 8), что реализовано в третьем методе инкапсуляции видеопотоков.

3. Прямая RTP-инкапсуляция (native RTP). Данный метод значительно эффективнее использует полезную нагрузку UDP-пакета (см. таблицу 1), поскольку отсутствует ряд промежуточных инкапсуляций. В этом случае можно переносить до 1400 байт полезной нагрузки в RTP-пакете (такой предел был установлен для предотвращения возможной фрагментации), а размер IP-пакета составляет

$$20 (IP\ Header) + 8 (UDP\ Header) + 12 (RTP\ Header) + 1400 (RTP\ Payload) = 1440\ байт.$$

Напрямую в RTP могут быть инкапсулированы ES потоки MPEG-1,2 Part 2,3 (Video, Audio) [11], а так же ES потоки MPEG-4 (Part 2,3 – [1], Part 10 – [12]).

Данный метод имеет ряд значительных преимуществ:

- упрощается механизм обработки пакетов (за счет меньшего числа инкапсуляций);
- уменьшается количество заголовков (overhead), то есть увеличиваются возможности в передаче полезной нагрузки;
- повышается надежность передачи.

Таблица 1. Размеры заголовков в различных методах инкапсуляции

IP/UDP/TS	IP/UDP/RTP/TS	IP/UDP/RTP
20 bytes (IP Header)	20 bytes (IP Header)	20 bytes (IP Header)
8 bytes (UDP Header)	8 bytes (UDP Header)	8 bytes (UDP Header)
7×4 bytes (TS Headers)	12 bytes (RTP Header) 7×4 bytes (TS Headers)	12 bytes (RTP Header)
56 bytes	68 bytes	40 bytes

Выбор конкретного метода инкапсуляции в первую очередь зависит от имеющегося оборудования для работы с видеопотоками в сети и форматах получаемого контента.

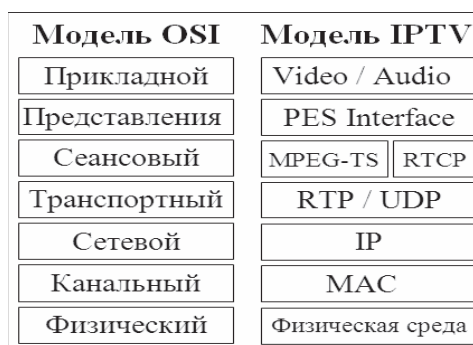


Рис. 9. Модель OSI применительно к IPTV

Модель OSI применительно к IPTV

Рассмотрев возможные методы инкапсуляции OSI (Open Systems Interconnection) применительно к IPTV, можно представить в виде следующей схемы на рис. 9, откуда видно, что в первых двух методах инкапсуляции - MPEG-TS выполняет функции сеансового уровня, тогда как в последнем его функции берет на себя протокол RTCP. В качестве протокола транспортного уровня ис-

пользуется либо протокол UDP, либо UDP совместно с RDP.

После того как IP-стримером произведена инкапсуляция видеопотока в протокол транспортного уровня, он транслируется по IP-сети. При этом сформированные для транспортировки пакеты (UDP/RTP) видеопотока проходят по сети передачи данных без изменений: задействуются только нижние уровни модели OSI (сетевой, канальный, физический), обеспечивающие передачу трафика в различных подсетях и физических средах (см. рис. 10). Обратное восстановление (декапсуляция) видеопотока осуществляется уже на приемной стороне (клиенте IPTV) программно-аппаратно (мультимедиа-плеером или приставкой Set-Top-Box).



Рис. 10. Инкапсуляция видеопотока в сетях IP-телевидения

Таким образом, процесс инкапсуляции позволяет абстрагироваться от формата кодирования видеопотока и передавать его по IP-сети независимо от используемого стандарта сжатия.

Моделирование методов инкапсуляции видеопотоков

С помощью модели сети IPTV [13], используя блок «Источники контента» (характеристики блока: таблица 2), были сформированы транспортные видеопотоки с различными типами инкапсуляции: IP/UDP/TS, IP/UDP/RTP/TS, IP/UDP/RTP.

Таблица 2. Технические характеристики блока «Источники контента»

CPU: Pentium 4 – 3,06 ГГц
Оперативная память: 512 Мб
Операционная система: Ubuntu 10.10
Формирование видеопотоков: VLC Media Player

Посредством блока «Система мониторинга и управления» получена статистика использования ресурсов видеосервера (оперативная память и процессорная мощность) для организации каждого из типов видеопотоков.

Для формирования тестовых видеопоследовательностей за основу было взято несжатое видео в формате YUV размером кадра 1920×1080 и средним видеопотоком в 710 Мбит/с. В результате его кодирования в форматы MPEG-2 и MPEG-4 получены видеофайлы с параметрами, указанными в таблице 3. Результаты измерений используемой оперативной памяти RAM представлены на графиках рис. 11, процессорной мощности CPU – на графиках рис. 12).

Из графика загрузки оперативной памяти (см. рис. 11) видно, что при всех типах инкапсуляции расход оперативной памяти для одного и того же видеосистемы одинаков. При этом потребление оперативной памяти на протяжении всего вещания оставалось практически постоянным.

Однако стоит отметить, что при гораздо более низком битрейте MPEG-4, по сравнению с MPEG-2 (см. таблицу 3), потребление оперативной памяти соизмеримо. Это связано с более ресурсоемким процессом кодирования/декодирования MPEG-4.

Результаты показывают, что использование процессорной емкости (см. рис. 12) зависит от типа используемого метода инкапсуляции видеопотока. Так, IP/UDP/RTP наименее требователен к ресурсам, по сравнению с IP/UDP/TS, а дополнительный уровень инкапсуляции в RTP-пакеты при использовании метода IP/UDP/RTP/TS тре-

Таблица 3. Характеристики тестовых видеофайлов

Видеоформат	MPEG2	MPEG4 Part 10 AVC
Контейнер	AVI	AVI
Профиль MPEG	Main@High, 1080p	Baseline@L5.1, 1080p
Средний битрейт, Мбит/с	20,0	7,2
Частота кадров, кадров/с	30,00	30,00
Длительность, с	46	46

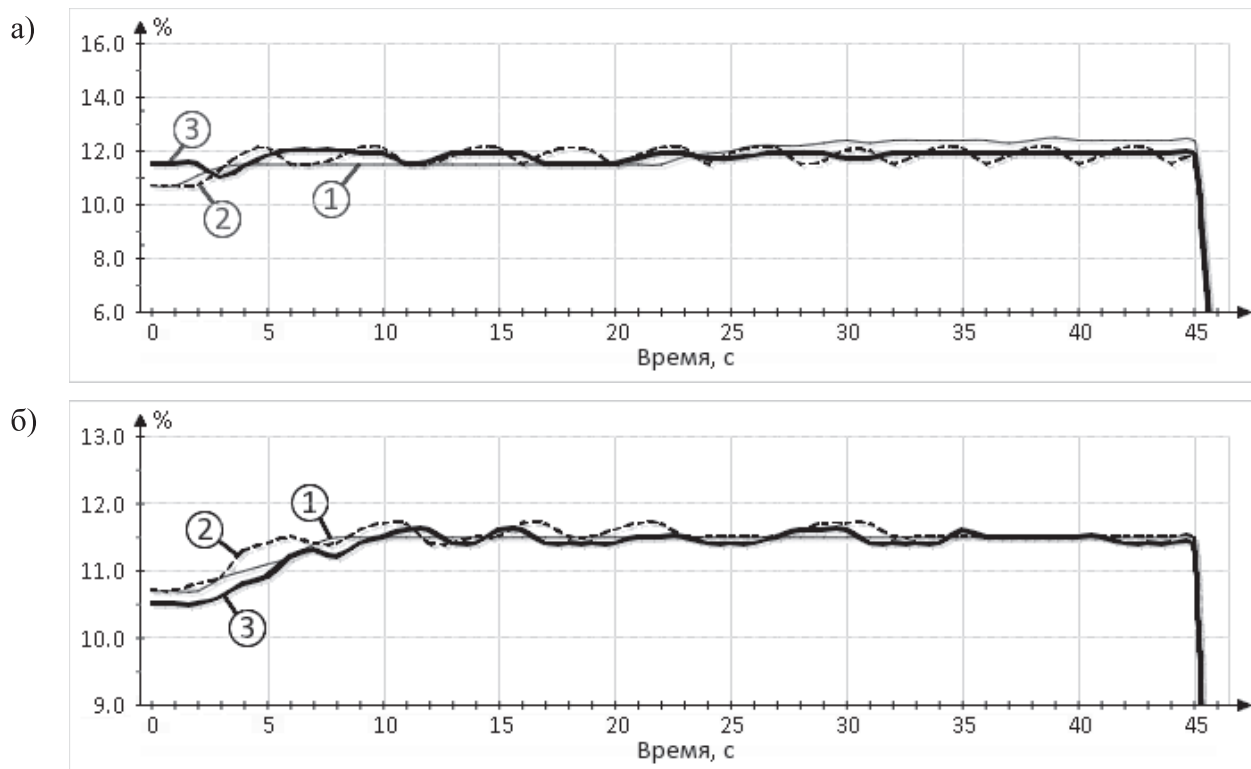


Рис. 11. Загрузка оперативной памяти при различных методах инкапсуляции видеопотоков: а) MPEG-2; б) MPEG-4; 1 – инкапсуляция методом IP/UDP/TS; 2 – инкапсуляция методом IP/UDP/RTP/TS; 3 – инкапсуляция методом IP/UDP/RTP

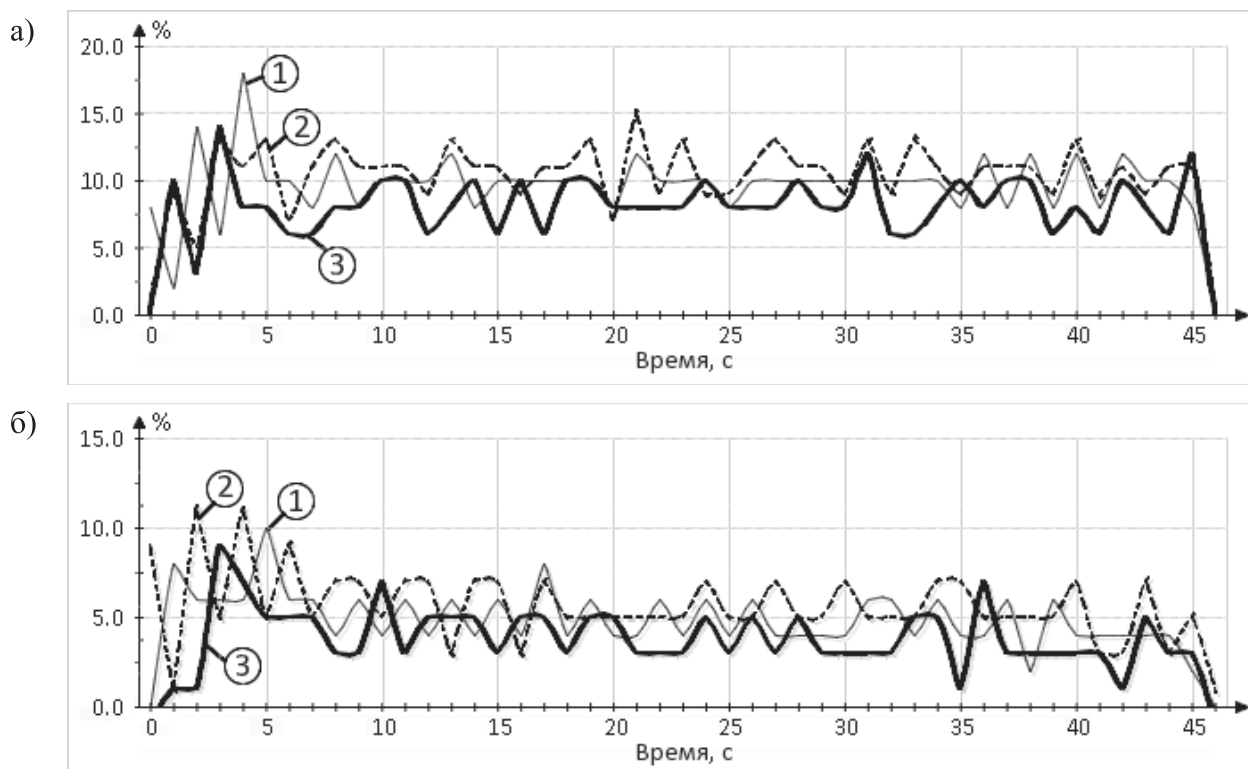


Рис. 12. Использование процессорной емкости при различных методах инкапсуляции видеопотоков: а) MPEG-2; б) MPEG-4; 1 – инкапсуляция методом IP/UDP/TS; 2 – инкапсуляция методом IP/UDP/RTP/TS; 3 – инкапсуляция методом IP/UDP/RTP

бует еще больших ресурсов. Загрузка процессора напрямую зависит от количества выполняемых операций. В результате для инкапсуляции MPEG-2, имеющего большую скорость видеопотока, чем MPEG-4, требуется больше ресурсов процессора. Кроме того, использование видеопотока с переменным битрейтом приводит к тому, что мгновенная загрузка процессора может сильно изменяться в ходе вещания, образуя всплески порядка 30-40%, временами достигающие 100%. Данный факт необходимо учитывать при проектировании сетевого оборудования (IP-стримеры, видеосерверы, клиенты IPTV, Set-Top-Box), работающего с видеопотоками.

В результате оборудование с достаточной ресурсоемкостью процесс инкапсуляции-декапсуляции осуществляет без потерь и не вносит ошибок в видеопоток.

Оценка избыточности пакетов в результате инкапсуляции

На приемной стороне модели мониторинга IPTV в блоке «Потребители контента» произведен «захват» IP-пакетов, инкапсулированных различными методами видеопотоков MPEG-2 и MPEG-4, сетевым анализатором Wireshark [14] и измерена избыточность пакетов. Результаты показывают, что наиболее эффективным методом инкапсуляции оказывается метод IP/UDP/RTP, который позволяет переносить в пакетах RTP до 1400 байт полезной нагрузки, тем самым значительно снизить избыточность передачи. Передача видеопотока посредством TS-пакетов (методами IP/UDP/TS и IP/UDP/RTP/TS) приводит к значительному увеличению избыточности.

Использование больших пакетов позволяет уменьшить относительный размер заголовков по отношению к полезной нагрузке. Так, у MPEG-2 с более интенсивным потоком избыточность меньше, чем у MPEG-4, за счет инкапсуляции в пакеты большей длины.

Таблица 4. Избыточность пакетов при различных методах инкапсуляции видеопотоков

	Размер, Мб		Избыточность, %	
	MPEG2	MPEG4	MPEG2	MPEG4
Исходный файл	109,80	40,40	–	–
IP/UDP/TS	114,98	42,98	4,51	6,00
IP/UDP/RTP/TS	116,18	43,36	5,49	6,83
IP/UDP/RTP	112,28	41,74	2,21	3,21

Выводы

Показаны принципы формирования видеопотоков формата MPEG (см. рис. 1-2), позволяющие сформулировать требования к мониторингу элементарных потоков MPEG-2 и MPEG-4. Рассмотрены существующие методы инкапсуляции и декапсуляции видеопотоков в IP-сетях (см. рис. 4; 6 и 8).

Описаны способы контроля целостности (см. рис. 5) и выравнивания (см. рис. 7) видеопотоков. На основании сравнительного анализа (см. таблицу 1) полученных результатов даны рекомендации по выбору параметров пакетов для различных методов инкапсуляции, обеспечивающих надежность передачи сообщений и увеличение полезной нагрузки.

Составлена модель сетевого взаимодействия OSI (см. рис. 9), позволяющая обеспечить контроль прохождения видеотрафика (см. рис. 10) и осуществить всесторонние исследования сети IPTV [13]:

- анализ различных методов инкапсуляции видеопотока: IP/UDP/TS, IP/UDP/RTP/TS, IP/UDP/RTP при формировании видеотрафика;
- оценка ресурсоемкости видеосервера при выполнении инкапсуляции видеопотоков формата MPEG-2 и MPEG-4 и избыточности пакетов в результате инкапсуляции.

По результатам проведенных исследований, представленных в работе, даны рекомендации, позволяющие повысить качество мониторинга сети IPTV, эффективность использования доступной полосы пропускания и ресурсоемкости оборудования, осуществляющего обработку видеопотоков в форматах MPEG-4 и MPEG-2.

Литература

1. IETF RFC 3640: «RTP Payload Format for Transport of MPEG-4 Elementary Streams».
2. Herpel C., Eleftheriadis A. MPEG-4 Systems: Elementary stream management // Signal Processing: Image Communication. №15, 2000. – P. 299-320.
3. MPEG-2 Part 1: ISO/IEC 13818-1:2007.
4. URL: <http://www.althos.com/tutorial/IPTV-Testing-tutorial-MPEG.html> – 01.05.2012.
5. IETF RFC 5510: «Reed-Solomon Forward Error Correction (FEC) Schemes».
6. URL: <http://www.cisco.com> – 01.05.12.
7. ETSI TS 101 154 (V1.9.1): «Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting».

- Applications based on the MPEG-2 Transport Stream».
8. ITU-T Recommendation H.610 (07/2003): «Full service VDSL – System architecture and customer premises equipment».
 9. IETF RFC 3550: «RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications», 2003.
 10. MacAulay A., Felts B., Fisher Y. White Paper – IP Streaming of MPEG-4: Native RTP vs MPEG-2 Transport Stream, 2005. – P. 1-12.
 11. IETF RFC 2250: «RTP Payload Format for MPEG-1/MPEG-2 Video», 1998.
 12. IETF RFC 3984: «RTP Payload Format for H.264 Video», 2005.
 13. Карякин В.Л., Карякин Д.В., Косенко С.Г. – Разработка модели мониторинга IPTV мультисервисной сети передачи данных // ИКТ. Т.10, №1, 2012. – С. 36-40.
 14. Wireshark. URL: <http://www.wireshark.org> – 01.05.2012.

ANALYSIS OF PROCESSES ENCAPSULATION AND DECAPSULATION VIDEO STREAMS IN IPTV NETWORKS FOR THE MONITORING SYSTEM

Karjakin V.L., Karjakin D.V., Kosenko S.G.

The research of existing methods of encapsulation and decapsulation video streams in IP-based networks. Description OSI model of IPTV systems. Recommendations are given for assessment of resource equipment and efficient use available bandwidth in IPTV networks.

***Keywords:** IPTV technology of broadcasting, structure of video streams MPEG-2 and MPEG-4, encapsulation and decapsulation streams, monitoring system.*

Карякин Владимир Леонидович, д.т.н., профессор Кафедры «Радиосвязь, радиовещание и телевидение» (РРТВ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. 8-927-600-28-94. E-mail: karyakin@psati.ru

Карякин Дмитрий Владимирович, к.т.н., системный инженер ООО «Инлайн Технолоджис» (г. Москва). Тел. 8-926-066-08-00. E-mail: dm@karyakin.ru

Косенко Сергей Геннадьевич, аспирант Кафедры РРТВ ПГУТИ. Тел. 8-917-118-41-11. E-mail: ks@psati.ru

НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 621.365.55: 681.325.5: 681.5.08: 681.1: 681.7

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ И ИХ ПРОИЗВОДНЫХ В СВЧ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ НА ОСНОВЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Морозов О.Г., Самигуллин Р.Р.

В работе представлены методы и средства модернизации технологических СВЧ установок обработки сложных углеводородов и их производных, основанные на использовании оптоэлектронных информационных технологий в каналах мониторинга и предназначенные для решения задач контроля завершенности процессов СВЧ обработки по заданным критериям качества.

Ключевые слова: контроль качества, полимеры, композиты, технологический процесс, СВЧ обработка, мониторинг, радиочастотные резонансные методы, оптоэлектронные информационные технологии.

Введение

В технологических установках, реализующих процессы обработки различных сред и материа-

лов, можно обобщенно выделить два основных канала: канал воздействия и канал мониторинга. В первом организуется какое-либо целенаправленное воздействие – физическое или химическое (нередко комплексное, физико-химическое) – на обрабатываемую среду или материал, а во втором осуществляется последующее прямое или косвенное измерение (контроль) их характеристик и свойств, получаемых в процессе обработки, сравнение их с заданными и выработка управляющего воздействия для фиксации или модификации параметров воздействия.

При обработке углеводородов (водонефтяные эмульсии, нефти, битумы) и их жидких (бензины и масловодяные эмульсии) и твердых (полимеры и полиэфир) производных наиболее эффектив-