

УДК 621.397.13

Сундучков К. С., д.т.н.; Вильчинский М. А., аспирант
(Институт телекоммуникационных систем НТУУ «КПИ»)

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ В СЕТЯХ IPTV

Сундучков К. С., Вильчинський М. А. До питання створення алгоритму автоматизованого моніторингу та управління в мережах IPTV. Розглянуто алгоритм автоматизованого моніторингу та забезпечення отримання відео в розподілених інтерактивних мережах IPTV з дискретними рівнями якості. Запропоновано методіку оцінки динамічності зображення, за допомогою якої алгоритм стає більш вибіркоким. Обґрунтовано вибір параметрів оцінки динамічності зображення та оцінки якості відеоряду.

Ключові слова: МОНИТОРИНГ, УПРАВЛІННЯ, IPTV, ДИНАМІЧНІСТЬ ЗОБРАЖЕННЯ

Сундучков К. С., Вильчинский М. А. К вопросу создания алгоритма автоматизированного мониторинга и управления в сетях IPTV. Рассмотрен алгоритм автоматизированного мониторинга и обеспечения получения видео в распределенных интерактивных сетях IPTV с дискретными уровнями качества. Предложена методика оценки динамичности изображения, с помощью которой алгоритм становится более избирательным. Обоснован выбор параметров оценки динамичности изображения и оценки качества видеоряда.

Ключевые слова: МОНИТОРИНГ, УПРАВЛЕНИЕ, IPTV, ДИНАМИЧНОСТЬ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Sunduchkov K. S., Vilchynskiy M. A. On the question of creation of algorithm of automatic monitoring and management in IPTV. The paper considers algorithm of automated monitoring and of automatic monitoring and ensuring of getting video in distributed interactive IPTV networks with discrete levels of quality. Proposed a methodology of estimation of dynamic images, with which the algorithm becomes more selective. Justified the choice of parameters of estimation of dynamic images and estimation of video sequence.

Key words: MONITORING, MANAGEMENT, IPTV, DYNAMIC IMAGES, VIDEO SEQUENCE

Введение. Ожидается, что объемы видео к 2014 году достигнут 91% от всей информации, передаваемой в сети Интернет [1]. Если пользователь смотрит видео в Интернете, не оплачивая такой просмотр, то он и снисходительно относится к уровню качества (порой, очень низкого) видео или телеканала. Но если пользователь смотрит телеканал через, например, телевизионную приставку (Set Top Box, STB), то для компаний, предоставляющих ему платный доступ к телевизионным каналам по технологии IPTV (Internet Protocol Tele Vision), является очень важным обеспечить необходимый уровень качества трансляции. Для обеспечения качества могут применяться различные методы [2].

В данной статье рассматривается алгоритм изменения скорости и маршрута получения видеопоследовательности в распределенных сетях IPTV.

Как известно, передача информации в сети Интернет основана на технологии коммутации пакетов. Однако такая сеть обладает рядом недостатков [3]. Такие недостатки приводят к тому, что качество трансляции видео может довольно серьезно ухудшиться, а трансляция может даже прекратиться вследствие потери пакетов на маршруте. Вместе с тем, иногда, при просмотре видео, зритель может даже согласиться на временное ухудшение качества ради получения информации в целом. Например, в напряженном моменте футбольного матча, гораздо важнее знать, забит ли гол после удара нападающего, нежели на каком расстоянии мяч пролетел возле стойки ворот.

Таким образом, для гарантирования получения пользователем информации при просмотре IPTV необходимо разработать алгоритм оценки качества в реальном режиме времени, управления скоростью трансляции на дискретном уровне, а также автоматического выбора маршрута получения информации (в масштабных сетях IPTV).

Обоснование выбора метода определения качества IPTV. Для определения качества IPTV большое значение имеет качество восприятия (QoE), которое, согласно фокусной группе МСЭ по IPTV, относится к общей приемлемости приложения или службе, как она воспринимается субъективно конечным пользователем. Поэтому QoE включает влияние всех возможных факторов – от источника до конечного пользователя.

QoE можно разбить на три группы: *качество видео/аудио* контента в источнике; *качество обслуживания (QoS)*, относящееся к доставке контента через сети; *человеческое*

восприятие, которое включает в себя ожидания, обстановку и т.д., и оцениваемое средней экспертной оценкой (Mean Opinion Score), которая отражает оценку тестовой панели.

Также, есть три возможных методологии оценки QoE: *неталонная* (нет сведений об исходном потоке); *ограниченная* модель (есть ограниченные знания об оригинальном потоке); *полная эталонная* модель (полный доступ к оригинальному видео) [4, 5].

Для контроля качества видео используются субъективные и объективные метрики.

Субъективные метрики используют особенности человеческого зрения. Эти метрики описаны в стандарте ITU-R BT.500-8-11. Стандарт содержит такие методики измерений, как SSCQE, DSIS, DSCQS, RMSE, PQR. Методика Moving Picture Quality Metric (MPQM) и её практическая реализация V-Factor представляют собой механизм по обнаружению таких искажений, которые заметны зрителю – “рассыпание” изображения, замирание, нарушение цветности, наличие “артефактов” и т. п. [6].

Существует еще одно направление контроля качества. Это измерение параметров передачи видеопоследовательности IPTV, где применяется такой показатель, как средний индекс доставки (Media Delivery Index – MDI), который определен в методике RFC 4445. Напомним, что MDI основан на принципе формирования интегральной оценки качества по совокупности двух самых важных параметров качества на всех участках транспорта IPTV инфраструктуры: фактора задержки и количества потерянных пакетов. В принципе, если доставка пакетов производится с хорошими параметрами, в том числе и MDI, то не возникает проблем с контентом.

У каждого метода есть свои недостатки и достоинства. В табл. 1 приведено соответствующее сравнение метода MDI с некоторыми другими методами. Как видим, метод оценки качества MDI наилучшим образом подходит для разрабатываемого алгоритма определения качества видеопоследовательности IPTV.

Сравнительная таблица методов оценки качества

Табл. 1

	MDI	V-Factor, MPQM, Video-MOS и др.
Масштабируемость (возможность проводить измерения на сотнях каналов, тысячах абонентов)	ДА	НЕТ
Прямая индикация проблем на сети с качеством видео	ДА	НЕТ
Может быть использован для кодированного потока	ДА	НЕТ
Коррелирован со средней экспертной оценкой (Mean Opinion Score)	ДА	НЕТ
Возможен для использования в режиме реального времени	ДА	ДА
Возможен для оценки QoE потоков MPEG4	ДА	НЕТ

Использование оценки динамичности программы. Как известно, видеокодеки MPEG передают кадры типа I, B, P [7] и только в кадре типа I передается полная информация о кадре, и такой кадр может быть декодирован без обращения к кадрам B или P. В этих двух последних типах кадров практически передается закодированная информация о происшедших изменениях в изображении, которые имели место между кадрами типа I. Таким образом, при передаче полностью статических сцен видеопоследовательность в основном содержит информацию, которая выдает инструкции декодеру подавать на экран телевизионного приемника ранее принятую информацию. Поэтому, потеря некоторого количества пакетов при передаче статических изображений может не оказывать значительного влияния на качество изображения.

Если же при передаче пакетов динамичных изображений значительная часть пакетов теряется, то и больше информации будет потеряно. Поэтому, для оценки качества получаемого видео предлагается ввести оценку степени динамичности изображения. Тогда, для динамичных изображений MDI сравнивается с одними (более низкими) пороговыми значениями, а для нединамичных (малодинамичных) изображений MDI сравнивается с другими (более высокими) пороговыми значениями. Таким образом, предлагаемый алгоритм становится более избирательным в оценке качества.

Каким же образом можно определить *динамичность изображения*?

Предположим, что транслируется новостная передача с изображением диктора. При этом основные изменения изображения происходят в районе туловища и головы диктора (изменение положения губ, мышц лба, наклон головы и т.д.). Такая передача априори должна попадать в разряд статических. Площадь, которую занимает туловище и голова диктора и небольшое пространство вокруг них, занимает около 1/3 площади экрана, то есть 30%.

Таким образом, принимается два уровня динамичности изображения: динамичное и нединамичное (малодинамичное).

Изображение является динамичным, если изменяется более 30% информации о движении изображения за период измерения: $P_{инф} = (P_{инф1} / P_{инф2}) \times 100\% > 30\%$.

Изображение является малодинамичным, если изменяется менее 30% информации о движении изображения за период измерения: $P_{инф} = (P_{инф1} / P_{инф2}) \times 100\% < 30\%$, где $P_{инф1}$ – информация в предыдущем отсчете; $P_{инф2}$ – информация в последующем отсчете; $P_{инф}$ – изменение информации по результатам двух соседних отсчетов.

Как известно, для уменьшения количества передаваемой информации об изображении применяются методы устранения временной и пространственной избыточности. Одним из методов устранения избыточности информации кадра в стандартах MPEG применяется дискретно-косинусное преобразование (ДКП) [7]. Матрица 8×8 после применения ДКП имеет, например, вид, показанный в табл. 2 [8]:

Табл. 2

700	90	100	0	0	0	0	0
90	0	0	0	0	0	0	0
-89	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Эта матрица получена с помощью следующей формулы ДКП:

$$S_{uv} = \frac{1}{4} C_u C_v \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} S_{ij} \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N}$$

Однако очевидно, что сравнить информацию и оценить ее на предмет динамичности в последующем и предыдущих кадрах I, которые преобразованы с помощью ДКП в набор подобных матриц, и где большую часть составляют нули, не представляется возможным.

Полученная матрица на входе декодера с помощью формулы обратного ДКП

$$S_{ij} = \frac{1}{4} \sum_{u=0}^{n-1} \sum_{v=0}^{n-1} C_u C_v S_{uv} \cos \frac{(2i+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2j+1)v\pi}{2N}$$

Табл. 3

120	108	90	75	69	73	82	89
127	115	97	81	75	79	88	95
134	122	10	89	83	87	96	10
137	125	10	92	86	90	99	10
131	119	10	86	80	83	93	10
117	105	87	72	65	79	78	85
100	88	70	55	49	53	62	69
89	77	59	44	38	42	51	58

преобразовывается в матрицу, показанную в табл. 3 [8].

Таким образом, оценку динамичности изображения в видеопоследовательности, передающей изображение при помощи кодека MPEG, возможно провести путем сравнения информации в кадрах типа I в терминальном устройстве после обратного ДКП.

Обоснование порогового значения MDI. Как уже упоминалось выше, MDI (средний индекс доставки) состоит из фактора задержки (Delay Factor, DF) и количества потерянных пакетов. Фактор задержки DF вычисляется следующим образом:

При каждом прибытии пакетов вычисляется виртуальная глубина MDI Δ , как разница между количеством полученных ($B_{пл}$) и потребленных ($B_{пт}$) байтов: $\Delta = B_{пл} - B_{пт}$.

За указанный выше интервал времени берется разница между максимальными и минимальными значениями Δ и делится на среднюю скорость:

$$DF = \frac{(\max(\Delta) - \min(\Delta))}{\text{средняя_скорость}}$$

Приемлемый фактор задержки DF варьируется в пределах 9...50 мс, но должны быть меньше, чем 10%.

Вторым показателем MDI есть средний уровень потерь MLR (Media Loss Rate).

Средние рекомендованные максимально приемлемые значения MLR_{cp} приведены в табл. 4. Заметим, что максимальное значение приемлемого MLR для процедуры переключения каналов равно нулю.

Табл. 4

Сервис (все типы кодеков)	MLR_{cp}
SDTV	0.004
VOD	0.004
HDTV	0.0005

Определение MDI видеопоследовательности. Базируясь на вышеприведенных средних рекомендованных значениях, можно сформулировать следующие условия проверки параметров видеопоследовательности:

– *условие 1:* фактор задержки менее 8% и уровень потерь $r < 0,003$ (применяется для динамичных изображений).

– *условие 2:* фактор задержки больше 8% и уровень потерь $r > 0,003$ (применяется для малодинамичных изображений).

Таким образом, в процессе выполнения алгоритма сначала принимается решение о степени динамичности изображения, и для разных степеней динамичности используются различные пороги сравнения параметров видеопоследовательности.

Принятие управленческих решений. По умолчанию, алгоритм начинает работать с видеопоследовательностью самого высокого качества (наивысшей скорости передачи). Если в процессе мониторинга значения параметров сигнала становятся ниже пороговых, алгоритм последовательно инициирует снижение скорости передачи, а если такое снижение все равно не привело к получению видеопоследовательности (хотя и с худшим качеством изображения), инициируется смена маршрута получения сигнала.

Однако алгоритм должен предусматривать возможность и возврата к более высокой скорости передачи, а значит и к более высокому качеству. Для этого в алгоритме предусмотрен блок мониторинга параметров видеопоследовательности. Если параметры видеопоследовательности в течение определенного времени t_{opr} оставались выше пороговых, то есть $DF(t_{opr}) > DF_{пор}$ и $r(t_{opr}) > r_{пор}$ алгоритм инициирует возврат терминального устройства к более высокой скорости получения видеопоследовательности.

Алгоритм изменения скорости и маршрута получения видеопотока в распределенных сетях IPTV представлен на рис. 1.

Заключение.

1. Обоснована необходимость применения алгоритма автоматизированного мониторинга и управления для обеспечения получения видео в распределенных интерактивных сетях IPTV с дискретными уровнями качества.

2. Предложена методика оценки динамичности изображения, с помощью которой алгоритм становится избирательным.

3. Изучение параметров сигнала, их сравнение с рекомендованными DSL-форумом значениями и принятие управленческих решений позволяет добиться непрерывного получения информации на разных уровнях качества.

4. В алгоритм введен блок обратной связи, с помощью которого осуществляется возврат к более высокой скорости передачи видеопоследовательности, а следовательно и качества изображения.

5. Дальнейшая работа по имитационному моделированию позволит определить как пределы регулирования параметров, так и определить границы допустимых изменений сигнала, при которых возможно за счет управленческих решений удерживать заданные уровни качества.

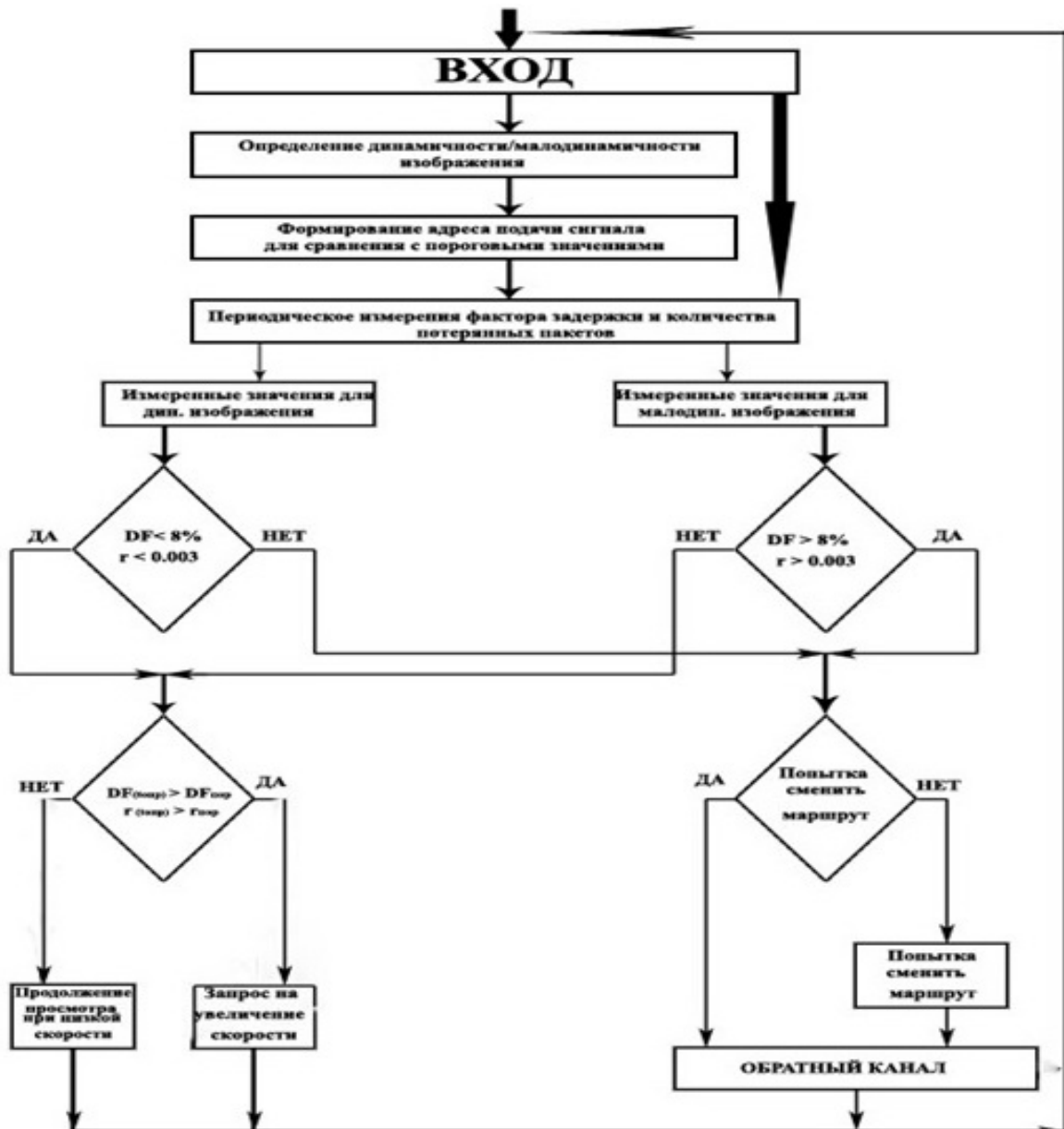


Рис. 1. Алгоритм автоматизированного мониторинга и управления сетях IPTV

Литература

1. Hossein Eslambolchi. Focus on Content, Not Connected Devices [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.lightreading.com/document.asp?doc_id=215438&
2. Кудзиновская И. П. Анализ методов обеспечения качества обслуживания в высокоскоростных компьютерных сетях [Электронный ресурс] / И. П. Кудзиновская // Режим доступа: <http://masters.donntu.edu.ua/2010/fkita/tishenko/library/article1.htm>
3. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – [3-е изд.]. – СПб: Питер, 2006. – 958 с.
4. Требования к качеству восприятия для IPTV // Рекомендация ITU-T G.1080. – 2008.
5. Мониторинг производительности IPTV // Рекомендация ITU-T G.1081. – 2008.
6. IPTV со знаком качества [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://satnew.ru/stat/40-iptv-so-znakom-kachestva.html>
7. Смирнов А. В. Основы цифрового телевидения : учебное пособие / А. В. Смирнов. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2001, 224 с.: ил.
8. MPEG video compression technique [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://vsr.informatik.tu-chemnitz.de/~jan/MPEG/HTML/mpeg_tech.html