

УДК 621.39

## МОДЕЛЬ УСТАНОВЛЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ IMS ПРИ ПРЕДОСТАВЛЕНИИ УСЛУГ IPTV

**А. М. Али Раад**, аспирант МТУСИ; raad\_alselwi@mail.ru

**Ю. В. Гайдамака**, доцент РУДН, к.ф.-м.н.; ygaidamaka@mail.ru

**А. П. Пшеничников**, заведующий кафедрой ССиСК МТУСИ, к.т.н.

**Ключевые слова:** платформа IMS, сеть IPTV, услуга IPTV, сеть ВСМР, среднее время установления соединения.

**Введение.** В концепции сетей следующих поколений NGN (Next Generation Networks) в качестве базовой архитектуры для конвергенции фиксированных сетей и сетей сотовой подвижной связи Партнерским проектом по системам 3-го поколения 3GPP (3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project) и проектом TISPAN (Telecommunications and Internet converged Services and Protocols for Advanced Networking) рекомендована мультимедийная подсистема на базе протокола IP — IMS (IP Multimedia Subsystem) [1].

Платформа IMS — это стандартизированная архитектура, разработанная Европейским институтом по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI) и Партнерским

проектом 3GPP [2]. Основным протоколом сигнализации для подсистемы IMS является протокол инициирования сеансов связи SIP (Session Initiation Protocol) [3]. Платформа IMS предоставляет различные услуги, связанные с передачей мультимедийных данных, в том числе услугу IPTV (Internet Protocol Television), серьезно конкурирующую с традиционным телевидением [4].

В статье рассматривается архитектура сети для предоставления услуги IPTV на базе платформы IMS. В соответствии с построенной диаграммой установления соединения по протоколу SIP разработана модель установления соединения в виде неоднородной открытой сети массового обслуживания (СеМО). Модель позволяет оценить среднее время установления соединения — один из важных параметров на уровне как качества предоставления услуги (Quality

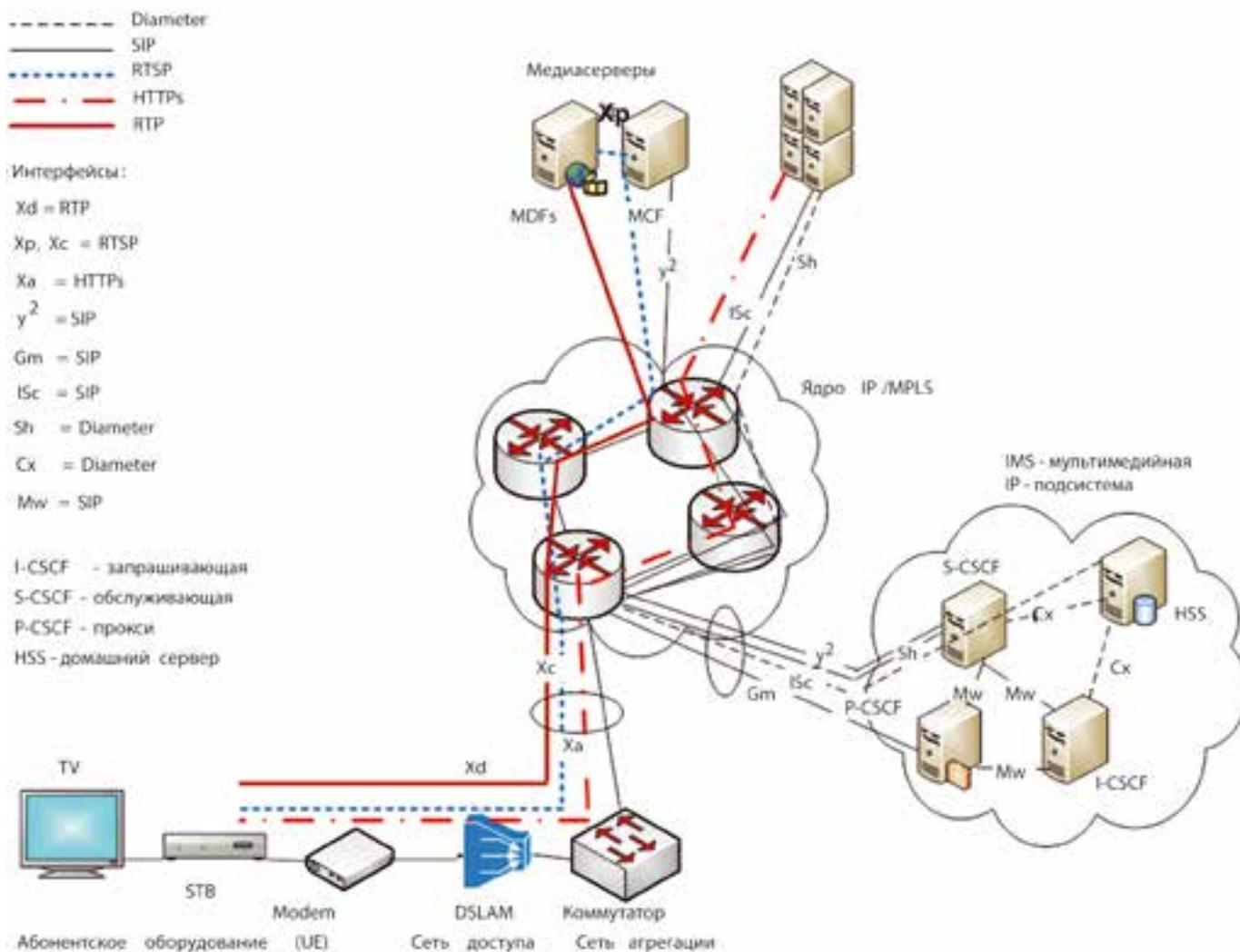


Рис. 1. Архитектура сети IPTV

of Service, QoS), так и качества восприятия пользователя (Quality of Experience, QoE).

**Архитектура сети для предоставления услуг IPTV на базе платформы IMS.** На рис. 1 показаны узлы и функциональные элементы сети IPTV на базе платформы IMS, взаимодействующие при предоставлении услуги IPTV, а также интерфейсы и соответствующие им протоколы [5].

Сеть состоит из следующих элементов:

- абонентское оборудование (User Equipment, UE), включающее оконечное устройство (TV или ПК), приставку STB (Set-Top-Box) и модем;
- мультиплексор доступа к цифровой абонентской линии (Digital Subscriber Line Access Multiplexer, DSLAM);
- коммутаторы сети агрегации;
- транспортная сеть IP/MPLS;
- платформа IMS;
- серверы приложений и медиасерверы.

В составе платформы IMS на рис. 1 показаны следующие функциональные элементы:

- сервер домашних абонентов HSS (Home Subscriber Server), являющийся базой пользовательских данных и обеспечивающий доступ к индивидуальным данным, связанным с услугами пользователя;
- модуль с функциями управления сеансом CSCF (Call Session Control Function), состоящий из трех функциональных блоков:

- функция прокси CSCF (Proxy-CSCF, P-CSCF) — для взаимодействия с абонентскими терминалами. Основные задачи — аутентификация абонента, формирование учетной записи, управление качеством обслуживания, взаимодействие с другим оборудованием;
- обслуживающая функция CSCF (Serving-CSCF, S-CSCF) — центральный узел платформы IMS. Обрабатывает все SIP-сообщения, которыми обмениваются оконечные устройства; управляет сессиями пользователя, включая регистрацию терминалов; получает данные о профиле пользователя; управляет сетевыми ресурсами; взаимодействует с системой учета данных для начисления платы и с другим оборудованием;
- запрашивающая функция CSCF (Interrogating CSCF, I-CSCF) — посредник для взаимодействия с внешними сетями, позволяющий скрыть топологию сети оператора от других сетей. Основные задачи — определение привилегий доступа абонента к услугам, выбор сервера приложений и обеспечение доступа к нему, транзитная маршрутизация.

Для подсистемы IMS показана только функциональная архитектура, поскольку физическая реализация перечисленных функций зависит от решения конкретного производителя.

Сервер приложений (IPTV AS—Application server) выполняет две функции: обнаружения услуг IPTV (Service Discovery Function, SDF) и выбора услуги (Service Selection Function, SSF). Функции предоставляют информацию, необходимую абонентскому оборудованию (АО) для выбора услуги IPTV.

Медиасерверы (IPTV Media Servers) отвечают за управление взаимодействием с АО (Media Control Function, MCF) и доставку медиа-поток в АО (Media Delivery Function, MDF). Как видно из рис. 1, функции управления реализуются по интерфейсу  $X_c$ , а функции доставки контента — по интерфейсу  $X_d$ . В соответствии с Рек. ETSI TS182006 [2], сервер приложений может направлять запросы к месту назначения без привлечения функции S-CSCF.

**Диаграмма установления соединения.** Рассмотрим процедуру установления соединения по протоколу SIP для случая использования в качестве транспорта протокола передачи дейтаграмм пользователя (User Datagram Protocol, UDP) в предположении, что потери и искажения сообщений отсутствуют. На рис. 2 и 3 показана упрощенная диаграмма установления соединения. Здесь функциональные блоки UE и IP/MPLS моделируют время обработки SIP-сообщений абонентским оборудованием и задержку передачи сообщений по сети. Для компактной записи функциональными блоками сети IPTV присвоены номера (см. рис. 2 и 3).

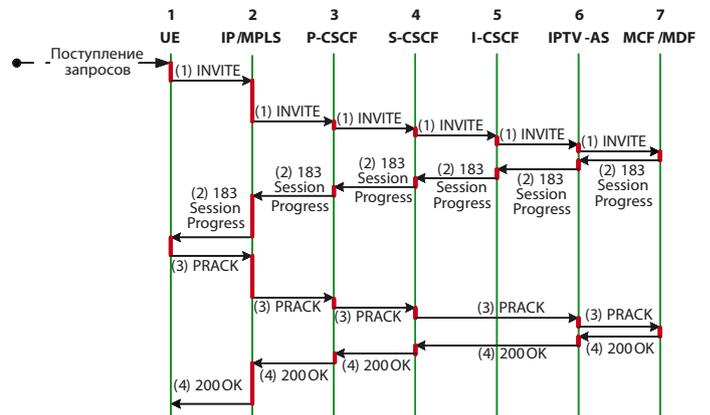


Рис. 2. Диаграмма установления соединения (фрагмент 1)

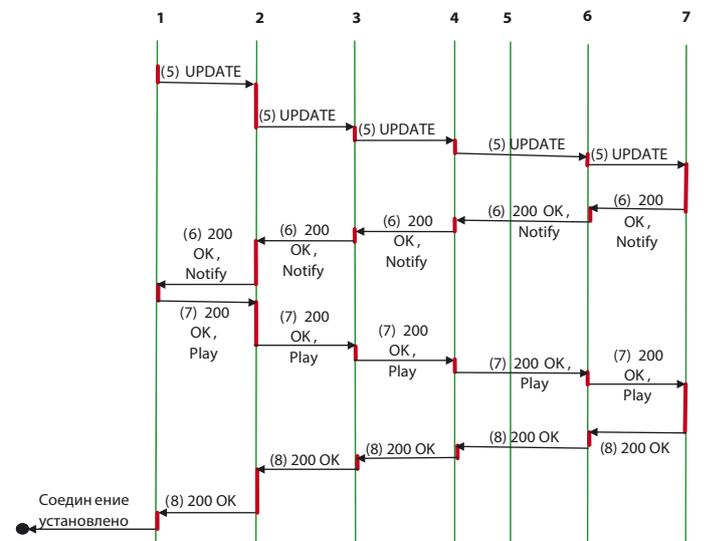


Рис. 3. Диаграмма установления соединения (фрагмент 2)

**Этапы процедуры установления соединения.**

1. Абонент обращается к услуге IPTV при выборе ТВ-канала на пульте управления приставкой STB. В этот момент в АО генерируется запрос INVITE, который передается в прямом направлении по сети IP/MPLS и последовательно обрабатывается функциональными блоками P-CSCF, S-CSCF, I-CSCF, а также серверами IPTV AS и MCF/MDF. После обслуживания запроса INVITE в каждом блоке в сторону АО (блок UE) посылается ответ 100 Trying, который не приведен на диаграмме, поскольку его передача не влияет на время установления соединения при отсутствии ошибок.

2. После обработки запроса INVITE сервер MCF/MDF генерирует сообщение 183 Session Progress, которое передается в АО в обратном направлении через сервер IPTV AS, функциональные блоки I-CSCF, S-CSCF и P-CSCF.

3. Получив сообщение 183 Session Progress, АО отправляет в прямом направлении сообщение PRACK, которое передается последовательно через функциональные блоки P-CSCF и S-CSCF, сервер IPTV AS к серверу MCF/MDF.

4. Сервер MCF/MDF, обработав сообщение PRACK, генерирует и отправляет через сервер IPTV AS, функциональные блоки S-CSCF и P-CSCF в АО сообщение 200 ОК.

5. После получения сообщения 200 ОК абонентское оборудование передает сообщения UPDATE, которое последовательно обрабатывается функциональными блоками P-CSCF и S-CSCF, а также серверами IPTV AS и MCF/MDF.

6. Получив сообщение UPDATE, сервер MCF/MDF отправляет в АО сообщения 200 ОК и Notify через сервер IPTV AS, функциональные блоки S-CSCF и P-CSCF.

7. После обработки сообщений 200 ОК и Notify абонентским оборудованием в сторону сервера MCF/MDF через функциональные блоки P-CSCF, S-CSCF и сервер IPTV AS передается сообщения 200 ОК и Play.

8. Завершает установление соединения сообщение 200 ОК, генерируемое в сервере MCF/MDF по окончании обработки сообщений 200 ОК и Play. Сообщение 200 ОК через сервер IPTV AS, функциональные блоки S-CSCF и P-CSCF передается по сети IP/MPLS в АО. По окончании обработки сообщения 200 ОК абонентским оборудованием соединение считается установленным.

После успешного установления соединения начинается передача медиапотоков от медиасервера в АО по транспортному протоколу передачи мультимедийной информации в реальном времени (Real-Time Transport Protocol, RTP).

Время установления соединения является одним из важнейших показателей QoS, нормируемых международными стандартами [6]. Определим эту величину как интервал времени с момента, когда абонент нажал кнопку с номером выбранного ТВ-канала на пульте управления приставкой STB, до момента, когда первые кадры выбранного ТВ-канала начнут воспроизводиться на экране телевизо-

ра или мониторе ПК. В рассматриваемой процедуре время установления соединения определяется с момента начала генерации в АО запроса INVITE и до момента, когда АО окончило обработку сообщения 200 ОК, завершающего установление соединения. Этот интервал складывается из времени обработки сообщений функциональными блоками сети, времени ожидания в очереди на обработку в каждом блоке и зависит от нагрузки, создаваемой поступающими на функциональные блоки сигнальными сообщениями.

Будем считать, что время передачи любого сообщения по сети — постоянная величина, не зависящая от длины сообщения, а определяемая типом используемой для передачи среды и протяженностью канала. Также будем считать постоянной величиной время обработки сообщений абонентским оборудованием.

Согласно диаграмме (см. рис. 2 и 3) случайная величина (СВ)  $\Delta_{SIP}$  времени установления соединения по протоколу SIP при предоставлении услуги IPTV вычисляется по формуле:

$$\Delta_{SIP} = 5\Delta_{UE} + 8\Delta_{IP/MPLS} + 8\Delta_{P-CSCF} + 8\Delta_{S-CSCF} + 2\Delta_{I-CSCF} + 8\Delta_{IPTV-AS} + 4\Delta_{MCF}, \quad (1)$$

где  $\Delta_{UE}$  — СВ времени обработки сообщений SIP абонентским оборудованием;  $\Delta_{IP/MPLS}$  — СВ задержки передачи сообщений SIP по сети IP/MPLS;  $\Delta_{UE}$ ,  $\Delta_{P-CSCF}$ ,  $\Delta_{S-CSCF}$ ,  $\Delta_{I-CSCF}$ ,  $\Delta_{IPTV-AS}$ ,  $\Delta_{MCF}$  — СВ времени обработки сообщений SIP соответствующими функциональными блоками сети IPTV на базе платформы IMS.

Заметим, что время обработки сообщений Notify и 200 ОК, приведенное на диаграмме рис. 3, не влияет на время установления соединения, поэтому не учитывается в формуле (1) в виде отдельных слагаемых. Однако нагрузка, создаваемая сообщениями Notify и 200 ОК, влияет на задержку обработки сообщений в функциональных блоках P-CSCF, S-CSCF и серверах IPTV AS, MCF/MDF. Это будет учтено ниже при построении математической модели

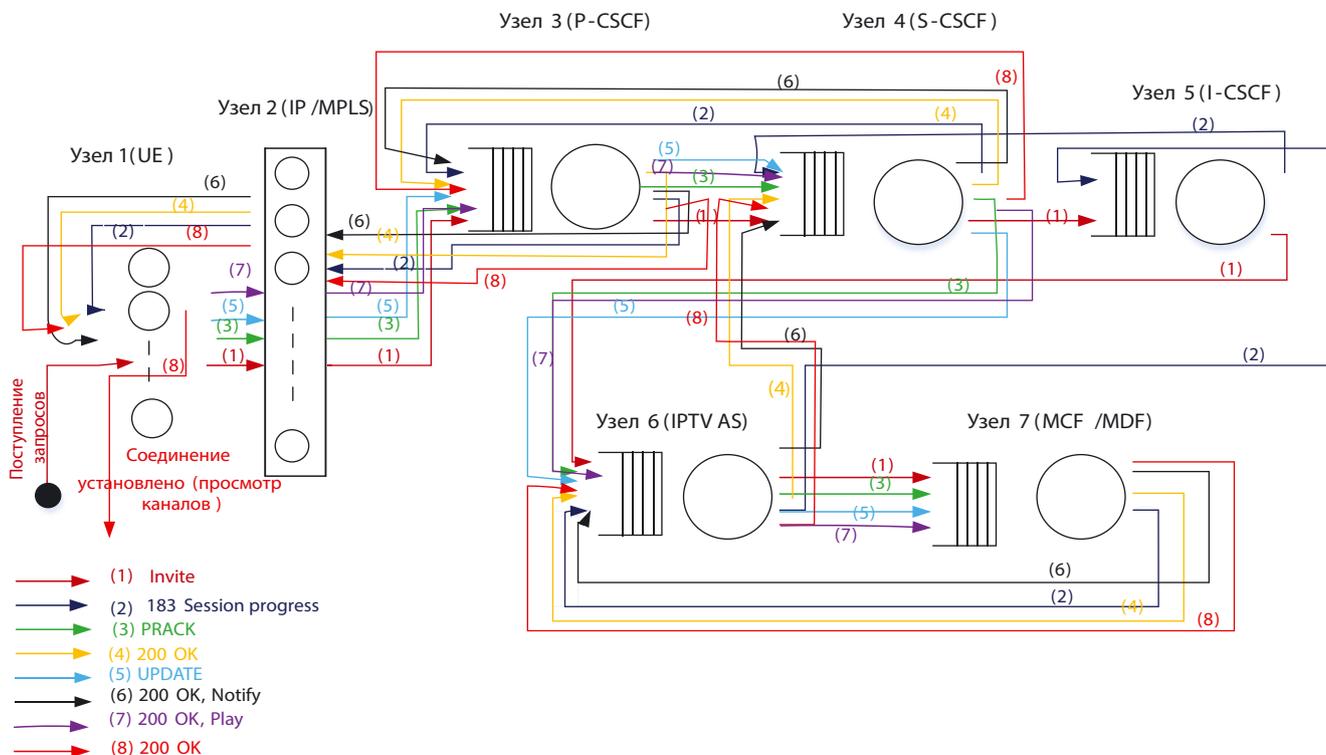


Рис. 4. Модель установления соединения в виде неоднородной открытой СеМО



ненциальным временем обслуживания заявок в узлах, не зависящим от класса заявки. Пусть  $\mu_i$  — параметр экспоненциального распределения времени обслуживания в  $i$ -узле,  $i \in \{3...7\}$ . Формулы для вычисления среднего времени пребывания заявок в узлах СеМО приведены в табл. 3.

Таблица 3. Среднее время пребывания заявок в узлах СеМО

Номер узла	Тип узла	Среднее время пребывания заявки в $i$ -узле, с
1 (UE)	IS	$E\Delta_{UE}$
2 (IP/MPLS)	IS	$E\Delta_{IP/MPLS}$
3 (P-CSCF)	FCFS	$(\mu_3 - \lambda_{(3,1)} - \lambda_{(3,2)} - \lambda_{(3,3)} - \lambda_{(3,4)} - \lambda_{(3,5)} - 2\lambda_{(3,6)} - 2\lambda_{(3,7)} - \lambda_{(3,8)})^{-1}$
4 (S-CSCF)	FCFS	$(\mu_4 - \lambda_{(4,1)} - \lambda_{(4,2)} - \lambda_{(4,3)} - \lambda_{(4,4)} - \lambda_{(4,5)} - 2\lambda_{(4,6)} - 2\lambda_{(4,7)} - \lambda_{(4,8)})^{-1}$
5 (I-CSCF)	FCFS	$(\mu_5 - \lambda_{(5,1)} - \lambda_{(5,2)})^{-1}$
6 (IPTV AS)	FCFS	$(\mu_6 - \lambda_{(6,1)} - \lambda_{(6,2)} - \lambda_{(6,3)} - \lambda_{(6,4)} - \lambda_{(6,5)} - 2\lambda_{(6,6)} - 2\lambda_{(6,7)} - \lambda_{(6,8)})^{-1}$
7 (MCF/MDF)	FCFS	$(\mu_7 - \lambda_{(7,1)} - \lambda_{(7,3)} - 2\lambda_{(7,5)} - 2\lambda_{(7,7)})^{-1}$

Поскольку СеМО содержит узлы FCFS с неограниченной очередью, то стационарный режим для рассматриваемой сети существует при выполнении следующих условий:

$$\begin{cases} \lambda_{(3,1)} + \lambda_{(3,2)} + \lambda_{(3,3)} + \lambda_{(3,4)} + \lambda_{(3,5)} + 2\lambda_{(3,6)} + 2\lambda_{(3,7)} + \lambda_{(3,8)} < \mu_3; \\ \lambda_{(4,1)} + \lambda_{(4,2)} + \lambda_{(4,3)} + \lambda_{(4,4)} + \lambda_{(4,5)} + 2\lambda_{(4,6)} + 2\lambda_{(4,7)} + \lambda_{(4,8)} < \mu_4; \\ \lambda_{(5,1)} + \lambda_{(5,2)} < \mu_5; \\ \lambda_{(6,1)} + \lambda_{(6,2)} + \lambda_{(6,3)} + \lambda_{(6,4)} + \lambda_{(6,5)} + 2\lambda_{(6,6)} + 2\lambda_{(6,7)} + \lambda_{(6,8)} < \mu_6; \\ \lambda_{(7,1)} + \lambda_{(7,3)} + 2\lambda_{(7,5)} + 2\lambda_{(7,7)} < \mu_7. \end{cases} \quad (2)$$

С учетом формул, приведенных в табл. 3, получим среднее значение  $E\Delta_{SIP}$  случайной величины  $\Delta_{SIP}$ , определенной формулой (1), как среднее время пребывания заявки в СеМО:

$$E\Delta_{SIP} = 5E\Delta_{UE} + 8E\Delta_{IP/MPLS} + \frac{8}{\mu_3 - 10\lambda_0} + \frac{8}{\mu_4 - 10\lambda_0} + \frac{2}{\mu_5 - 2\lambda_0} + \frac{8}{\mu_6 - 10\lambda_0} + \frac{4}{\mu_7 - 6\lambda_0}. \quad (3)$$

Для примера расчета времени установления соединения при предоставлении услуги IPTV на базе платформы IMS выбраны исходные данные на основе оборудования фир-

Таблица 4. Технические характеристики решения Iskratel SI3000 MSCN IMS

Общее число абонентов платформы IMS	1000000
Число обслуживаемых вызовов в ЧНН	2000000
Средняя длительность обслуживания сообщения блоками P-CSCF, S-CSCF и I-CSCF (узлы 3, 4, 5)	0,4 мс
Средняя длительность обслуживания сообщения сервером IPTV AS и медиасервером MCF/MDF (узлы 6, 7)	0,5 мс

мы Iskratel — решение SI3000 MSCN IMS [10], технические характеристики которого приведены в табл. 4. Для простоты предполагаем, что время  $\Delta_{UE}$  обработки сообщений АО (узел 1) равно 1 мс, а время  $\Delta_{IP/MPLS}$  передачи по сети (узел 2) не зависит от маршрутизации сообщений и составляет  $\frac{1}{2}RTT = 50$  мс, где  $RTT$  (Round-Trip Time) — время передачи в петле связи.

Результаты расчетов показаны на графике зависимости среднего времени установления SIP сессий от интенсивности поступления запросов пользователей на предоставление услуги IPTV (рис. 5).

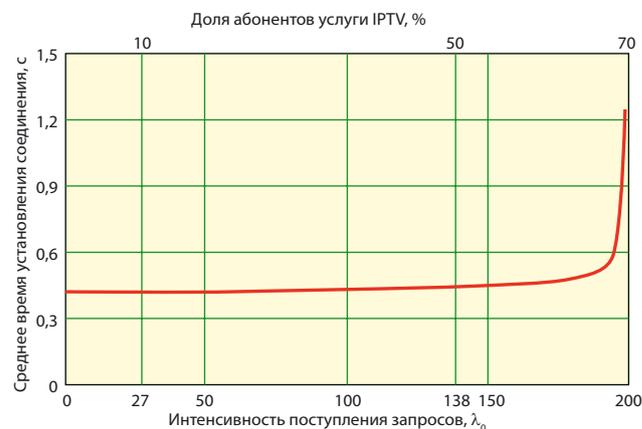


Рис. 5. Зависимость среднего времени установления соединения от интенсивности поступления запросов на предоставление услуги IPTV

Согласно требованиям международных стандартов, время установления соединения при предоставлении услуги IPTV не должно превышать 2 с [6]. Из графика рис. 5 видно, что при значениях интенсивности поступления запросов на предоставление услуги IPTV до 199 запросов/с или 716400 запросов/час эти требования выполняются.

**Заключение.** В рассматриваемых условиях функционирования платформа IMS фирмы Iskratel в ЧНН готова предоставлять услугу IPTV с надлежащим качеством до 70% своих абонентов. При этом случай, когда предоставлением услуги IPTV в ЧНН занято 10% ресурса платформы IMS, соответствует интенсивности 27 запросов/с, а 50% — интенсивности 138 запросов/с (рис. 5). Заметим, что в реальной жизни услугу IPTV запрашивают около 10% абонентов, обслуживаемых платформой IMS, а остальным через платформу IMS предоставляются такие услуги, как VoIP, услуги присутствия, видеоконференции и др.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты 12-07-00108-а, 13-07-00953-а) и Министерства образования и науки Российской Федерации (проект 8.7962.2013).

#### ЛИТЕРАТУРА

- 3GPPTS 23.228 V7.7.0 (2007—03): IP Multimedia Subsystem (IMS), Stage 2 (Release 7) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> (дата обращения: 01.06.13).
- ETSITS 182006 v2.0.4 (2008—05): IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2 description (3GPPTS 23.228 Release 7, modified) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/182000\\_182099/182006/02.00.04\\_60/ts\\_182006v020004p.pdf](http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/182000_182099/182006/02.00.04_60/ts_182006v020004p.pdf) (дата обращения: 01.06.13).
- IETF RFC 3261 (2002—06): SIP — Session Initiation Protocol [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> (дата обращения: 01.06.13).

4. Быструшкин К. Н. Роль и место телевидения в современном цифровом мире // Электросвязь.— 2012.— № 11.— С. 7—11.
5. Mikoczy E., Sivchenko D., Xu B., Moreno J. I. IPTV Services over IMS: Architecture and Standardization // IEEE Communications Magazine.— May 2008.— P.128—135.
6. DSL Forum Technical Report TR-126 (2006—12): Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-126.pdf> (дата обращения: 01.06.13).
7. Башарин Г. П. Лекции по математической теории телетрафика: Учеб. пособие.— 3-е изд.— М.: Изд-во РУДН, 2009.— 342 с.
8. Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей.— М.: Техносфера, 2003.— 512 с.
9. Baskett F., Chandy K. M., Muntz R. R., Palacios F. G. Open, Closed and Mixed Networks of Queues with Different Classes of Customers // Journal of the ACM.— 1975.— Vol. 22, № 2.— P. 248—260.
10. Iskratel. Описание системы «Мультисервисный узел управления вызовами: SI3000 CS, SI3000 SMG, SI3000 AS, SI3000 MSCN» [Электронный ресурс].— Режим доступа: [http://www.iskrauraltel.ru/ru/control/Documents/SI3000\\_MSCP\\_ru.pdf](http://www.iskrauraltel.ru/ru/control/Documents/SI3000_MSCP_ru.pdf) (дата обращения: 01.06.13).

Получено 8.07.13

УДК 004.75

## АЛГОРИТМ СИНХРОНИЗАЦИИ СЕТЕВЫХ ВИДЕОКАМЕР ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

**С. В. Баневич**, ведущий инженер ЗАО «МНИТИ»; [s.banevich@yandex.ru](mailto:s.banevich@yandex.ru)  
**А. П. Иванов**, начальник сектора ЗАО «МНИТИ»

*Ключевые слова:* видеостереосъемка, фотограмметрические измерения, трехмерные пространственные модели, покadroвая синхронизация множества цифровых видеопотоков.

**Введение.** В последнее время стали активно развиваться и внедряться технологии телевизионной стереосъемки и ее отображения. Используя материалы такой съемки, возможно создание цифровых трехмерных моделей отснятых объектов. Телевизионная съемка позволяет получать материал в большем объеме за очень короткое время, что служит предпосылкой для создания цифровых трехмерных моделей подвижных объектов. Такие модели могут применяться во многих отраслях экономики, в том числе и при создании сложных информационно-управляющих и телекоммуникационных систем.

В качестве устройств получения трехмерной информации используются различные телевизионные системы, которые могут включать одну (при использовании вращающихся стенов и/или структурного освещения) или несколько видеокамер. На выходе систем потребитель чаще всего получает облака точек в пространстве в системе координат, связанной со сканирующим устройством. Далее производится обработка этих данных и построение моделей. На основе построенных моделей может быть произведено автоматическое распознавание объектов и анализ их формы, что весьма актуально и перспективно в области развития компьютерной обработки информации.

Сегодня широко применяются цифровые сетевые видеокамеры различных типов. При использовании нескольких таких видеокамер встает задача синхронизации получаемых кадров, поскольку при передаче изображений с сетевых видеокамер на обрабатывающую ЭВМ два или более одновременно пришедших кадра могут соответствовать разным моментам времени их съемки на камеры. Это связано с обработкой изображения камерами после съем-

ки и передачей кадров по каналам связи: известно, что в случае использования IP-камер, доставка IP-пакетов не предполагает гарантированное фиксированное время их доставки.

Если снимаемый объект статический, то на всех кадрах, полученных с различных цифровых видеокамер, фиксируется статическое изображение и вопрос синхронизации не является существенным. Если же объект перемещается, то при отсутствии средств синхронизации программа обработки может одновременно получить кадры от различных камер, которые были сняты в разные моменты времени при различных положениях снимаемого объекта. Это может вызвать значительные потери в точности пространственных измерений.

Видеокамеры различных типов от разных производителей имеют различные интерфейсы передачи изображений и зачастую не имеют средств точного измерения и передачи времени снятого кадра, но и в случае их наличия могут возникнуть проблемы в одновременной установке системного времени камер с точностью до долей секунды.

Между тем, известные система идентификации объектов и система множественных бесконтактных измерений трехмерных координат поверхности детали [1,2] не учитывают перечисленные особенности, связанные с созданием трехмерных моделей движущихся объектов.

Для решения перечисленных проблем была предложена **система построения трехмерных пространственных моделей подвижных объектов** [3], показанная на рисунке. Система состоит из восьми цифровых видеокамер 1—8, получающих изображение зоны пространства 10, в которой производится построение моделей перемещающихся объектов 11, устройства синхронизации кадров на основе их содержания (УСК) 9 и электронных вычислительных средств 18. По назначению электронные вычислительные средства разделяются следующим образом: