

# АСПЕКТЫ КОНТРОЛЯ

## качества функционирования инфраструктуры NGN/IMS

**Илья ЕХРИЕЛЬ**,  
к.т.н., технический директор НТЦ «Севентест»,  
**Андрей СОКОЛОВ**,  
ведущий специалист отдела разработки систем  
мониторинга НТЦ «Севентест»



Переход сетей связи на технологии NGN и IMS, наряду с новыми возможностями, приводит к появлению дополнительных задач в части способности оператора поддерживать привычные для пользователей ТФОП уровни качества и надежности (включая перспективную норму на коэффициент готовности связи, известную как правило пяти девяток), а также качества передачи речи.

**И**меющиеся системы OSS/BSS, используемые для эксплуатационной поддержки TDM-сетей, мало подходят к современным, а тем более будущим реалиям с доминирующим присутствием IP-сетей в составе технических средств оператора связи.

### Технология IMS как основа сетей следующего поколения

Технология IMS (IP Multimedia Subsystem) привлекательна для операторов сетей по трем основным причинам. Во-первых, она позволяет ускорить возврат инвестиций в построение инфраструктуры IP-сетей; во-вторых, она облегчает процесс введения популярных мультимедийных услуг и, в-третьих, способна повысить эффективность эксплуатации телекоммуникационной системы.

Преимущества технологии IMS во многом определены ее архитектурой (рис. 1), которая предоставляет общие функциональные возможности для разных видов услуг, позволяя тем самым избежать дублирования сетевых функций и снизить операционные расходы.

Центральной функцией сети IMS является CSCF (Call Session Control Function), в которой заключена основная логика обработки вызова. Функциональность CSCF в свою очередь подразделяется на P-CSCF (Proxy CSCF), I-CSCF (Interrogating CSCF) и S-CSCF (Serving CSCF). Для реализации услуг IMS используются серверы приложений AS, связанные с сетью IMS стандартизированным интерфейсом ISC.

Узел HSS (Home Subscriber Server) представляет собой базу данных с профилями пользователей, а свя-

занная с ним функция SLF отвечает за выбор нужной базы, если в сети их несколько. Все остальные функции сети необязательны в минимальной конфигурации сети IMS и в основном отвечают за взаимодействие с различными сетями доступа и не-IMS-сетями. Функция MGCF осуществляет конвертацию сигнализации OKC7 в SIP при соединении с сетями с коммутацией каналов и контроль медиаресурсов. BGCF отвечает за взаимодействие с другими IMS-сетями (табл. 1).

### Новые задачи контроля

Создание архитектуры IMS имело целью обеспечение возможности доставки пользователю всех видов услуг (речи, видео, данных и приложений) посредством единой транспортной IP-сети и добавление мощного уровня сигнализации

для гибкого управления процессом предоставления услуг.

Реализация этих функций оказывает значительное влияние на OSS/BSS. Так, в частности, обеспечить должный уровень качества предоставления услуг в IMS становится намного сложнее, чем в традиционных сетях. Приведем основные причины данного факта.

Во-первых, сложность архитектуры сети определяет многие трудности, с которыми приходится сталкиваться оператору при решении задач по обеспечению качества услуг в IMS. Ведь IMS ставит целью объединить все имеющиеся технологии доступа и прозрачно предоставлять услуги абонентам независимо от их местоположения.

Во-вторых, в условиях взаимодействия разнородных фрагментов сети сложнее контролировать параметры производительности сети в целом и обеспечивать соблюдение сквозных (end-to-end) норм. Даже при наличии информации о характеристиках функционирования отдельных сегментов сети, определить удовлетворенность пользователя качеством предоставления услуги очень сложно.

В-третьих, для получения комплексной оценки качества требуется в реальном времени отсле-

Интерфейс	Объекты IMS	Назначение	Протоколы
Cx	(I-CSCF, S-CSCF), HSS	Передача пользовательских данных в S-CSCF, включая критерии фильтрации и их приоритеты	Diameter
Dx	(I-CSCF or S-CSCF) <-> SLF	Используется I-CSCF или S-CSCF для нахождения нужного HSS при наличии нескольких HSS в сети	Diameter
Gm	UE, P-CSCF	Обмен сообщениями между терминалом пользователя и P-CSCF	SIP
ISC	S-CSCF <-> AS	Уведомление AS о регистрации, состоянии регистрации и возможностях терминала пользователя; передача в AS информации для предоставления услуг и адресов	SIP
Mg	MGCF -> I/S-CSCF	Передача сигнализации ISUP, конвертация в SIP для обработки в I-CSCF	SIP
Mi	S-CSCF -> BGCF	Обмен сообщениями между S-CSCF и BGCF	SIP
Mj	BGCF -> MGCF	Взаимодействие с доменом коммутации каналов ТФОП	SIP
Mk	BGCF -> BGCF	Взаимодействие с доменом коммутации каналов ТФОП, если BGCF определил, что соединение должно устанавливаться через другой IMS-домен	SIP
Mn	MGCF, IM-MGW	Контроль ресурсов пользовательского уровня	H.248
Mw	P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF	Обмен сообщениями между отдельными подфункциями CSCF	SIP
Sh	AS (SIP AS, OSA SCS), HSS	Обмен информацией из пользовательских профилей. Позволяет AS (де)активировать критерии фильтрации, хранящиеся в HSS	Diameter

Таблица 1. Интерфейсы сети IMS

живать, анализировать и коррелировать потоки пользовательских данных и сигнализационной информации TDM и IP-сегментов сети оператора.

### Сигнализация в сетях IMS

В качестве основного протокола сигнализации для сетей IMS был выбран разработанный IETF SIP (Session initiation protocol) с дополнениями от консорциума 3GPP. Так как изначально SIP был разработан для использования в общедоступной сети Internet, потребовалась

его модификация для удовлетворения существующих многочисленных требований к ТФОП, например, в части обработки экстренных вызовов и реализации функций COPM. Следует отметить, что обилие дополнений к протоколу затрудняет его обработку в конечных пунктах сигнального обмена и приводит в ряде случаев к проблемам несовместимости оборудования различных производителей.

Другая особенность сигнализации в IMS — это разделение потоков данных пользователя и служебных данных. Маршрут медиаданных может полностью отличаться от маршрута, по которому проходит сигнализационный обмен, что необходимо учитывать при осуществлении контроля надежности и качества связи. Таким образом, для определения комплексной оценки качества сеанса связи требуется осуществление корреляции сигнального обмена и обмена пользовательскими данными на разных физических интерфейсах.

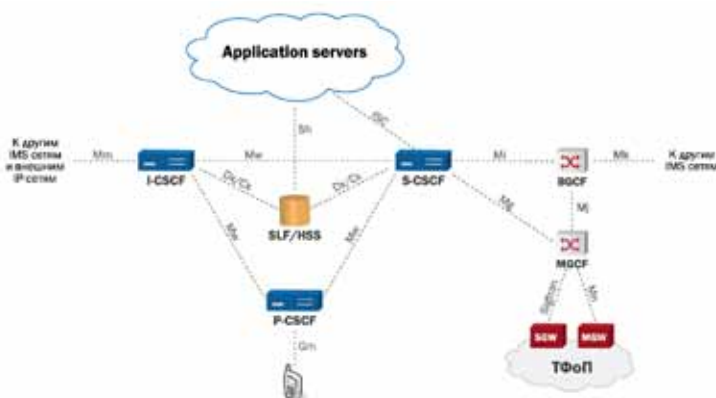


Рис. 1. Упрощенная схема сети на основе архитектуры IMS

Основные параметры производительности				
Индикаторы производительности		Оптимальный уровень	Пограничное состояние	Критический уровень
Call misrouting probability	Вероятность неправильной маршрутизации	< 0,1 %	0,1 % — 1 %	> 1 %
Call set-up failure probability	Вероятность отказа при установлении соединения	< 0,1 %	0,1 % — 0,5 %	> 0,5 %
Registration Request Delay (RRD)	Задержка запроса регистрации	< 0,2 с	0,2 с — 2 с	> 2 с
Ineffective Registration Attempts (IRA)	Число неудачных попыток регистрации	< 1 %	1 % — 5 %	> 5 %
Session Request Delay (SRD)	Задержка запроса сессии	< 0,2 с	0,2 с — 2 с	> 2 с
Session Disconnect Delay (SDD)	Задержка разъединения	< 50 мс	50 мс — 200 мс	> 200 мс
Session Establishment Ratio (SER)	Доля установленных соединений	> 60 %	40 % — 60 %	< 40 %
Session Establishment Effectiveness Ratio (SEER)	Доля установленных соединений, исключая отказ со стороны абонентского оборудования	≥ 97 %	90 % — 97 %	< 90 %
Ineffective Session Attempts (ISA)	Число неудачных попыток установления соединения	< 0,1%	0,1 % — 1 %	> 1 %
Session Completion Ratio (SCR)	Доля успешно завершённых соединений	> 75 %	55 % — 75 %	< 55 %
Third Party Registration Success Rate	Доля успешных регистраций третьей стороны	> 99 %	95 % — 99 %	< 95 %
Re-registration Success Rate of S-CSCF	Доля успешных перерегистраций в S-CSCF	> 99 %	95 % — 99 %	< 95 %
Session Setup Time Originated from IMS (Mean)	Среднее время установления соединения при вызове из домена IMS	< 8 с	8 — 25 с	> 25 с
Session Setup Time Originated from CS (Mean)	Среднее время установления соединения при вызове из домена с коммутацией каналов	< 10 с	10 — 25 с	> 25 с
Immediate Messaging Success Rate	Доля успешно переданных сообщений	> 95 %	85 — 95 %	< 85%
Call Drop Rate of IMS Sessions	Доля прерванных сессий	< 0,1%	0,1-1%	> 1%
Mean Session Utilizations	Среднее количество одновременно существующих установленных сессий	Зависит от размера сети		
Session Duration Time (SDT)	Длительность соединения	В среднем 1 — 2 минуты		

Дополнительные параметры производительности		
Услуга Presence	Услуга PoC	Услуга конференц-связи
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Число попыток подписаться на услугу Presence</li> <li>• Число подписок на услугу Presence</li> <li>• Число попыток уведомить о присутствии</li> <li>• Число уведомлений о присутствии</li> <li>• Число попыток опубликовать данные о присутствии</li> <li>• Число публикаций данных о присутствии</li> <li>• Число одновременных наблюдателей онлайн</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Число попыток установления сессии PoC</li> <li>• Число установленных сессий PoC</li> <li>• Число попыток присоединения к сессии PoC</li> <li>• Число присоединений к сессии PoC</li> <li>• Число попыток приглашения присоединиться к сессии</li> <li>• Число приглашений присоединиться к сессии</li> <li>• Число одновременных участников онлайн</li> <li>• Число одновременных сессий PoC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Число попыток создания сеанса конференц-связи</li> <li>• Число созданных сеансов конференц-связи</li> <li>• Число попыток присоединения к сеансу конференц-связи</li> <li>• Число присоединений к сеансу конференц-связи</li> <li>• Число попыток приглашения присоединиться к сессии конференц-связи</li> <li>• Число приглашений присоединиться к сессии конференц-связи</li> <li>• Число попыток подписаться на услугу конференц-связи</li> <li>• Число подписок на услугу конференц-связи</li> <li>• Число пользователей онлайн</li> <li>• Число одновременных конференций</li> </ul>

Таблица 2. Параметры производительности для сети IMS

Кроме того, в сетях NGN/IMS сигнальный обмен стал намного сложнее и с точки зрения объемов передаваемого трафика управления (количество и длина сообщений, участвующих в процессе предоставления услуги). По сравнению с сетью ОКС, объем трафика, затрачиваемого на установление типичного речевого соединения, увеличился на два порядка (рис. 2), для сессии с двухсторонним резервированием ресурсов или сессии Push-to-talk объемы служебного трафика будут еще выше.

С учетом того, что передача пакетного трафика подвержена задержкам, джиттеру и потерям в транспортной IP-сети, особенно важной становится задача контроля временных параметров обработки сигнального обмена SIP, предло-

ка и передачи пользовательского трафика реального времени (речь, видео).

### Параметры качества обслуживания для сетей NGN/IMS

Задаче оценки параметров качества обслуживания посвящено множество рекомендаций Международного союза электросвязи (рекомендации серий E, G, P, Y) и IETF. Рекомендуемые этими документами параметры можно разделить на две категории: связанные с этапами установления и завершения соединения и связанные с фазой передачи данных.

К первой категории относятся приведенные в табл. 2 сквозные параметры производительности сигнального обмена SIP, предло-

женные МСЭ в рекомендациях Y.1530 и Y.1531, IETF в документе RFC 6076 и индикаторы производительности KPI (Key Performance Indicator), приведенные в рекомендациях 3GPP TS 32.454 и 3GPP TS 32.409. Некоторые из них эквивалентны известным показателям, введенным для сетей телефонии с коммутацией каналов (например, SER и ASR, SEER и NER), другие специфичны для сетей нового поколения.

Представленные в табл. 2 значения параметров не стандартизированы. Это ориентировочные величины, основанные на данных об эксплуатации существующих сетей фиксированной и мобильной связи. Эти значения, несомненно, подлежат корректировке для более точного соответствия требовани-



ям к современным сетям связи по уровню обслуживания.

Вторая категория включает в себя такие параметры, как задержка пакетов, вариация задержки, коэффициенты ошибок и потерь пакетов, определенные в рекомендации МСЭ Y.1541. Значения этих параметров нормируются для различных типов передаваемого трафика и группируются в соответствующие классы обслуживания, как показано в табл. 3.

Буква “Н” в табл. 3 означает, что требования к значению параметра для данного класса не установлены. Обслуживание классов 0 и 1 применяется для приложений реального времени (речь, видеоконференции). Классы обслуживания 2 и 3 используются для приложений с высокой степенью интерактивности. Класс обслуживания 4 нужен для приложений, не имеющих сильных ограничений по задержке, но требующих низкого уровня потерь данных (массовая передача данных, потоки видео). Класс обслуживания 5 характеризует работу традиционных сетей IP (best effort).

Для всесторонней оценки качества обслуживания в сети NGN/IMS

Параметр рабочей характеристики	Класс качества обслуживания					
	0	1	2	3	4	5
<b>IPDT</b>	100 мс	400 мс	100 мс	400 мс	1 с	Н
<b>IPDV</b>	50 мс	50 мс	Н	Н	Н	Н
<b>IPLR</b>	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	Н
<b>IPER</b>	$1 \times 10^{-4}$	Н				

*IPDT — средняя задержка передачи IP-пакета, IPDV — изменение задержки IP-пакета, IPLR — процент потерянных IP-пакетов, IPER — процент ошибочных IP-пакетов.*

**Таблица 3. Классы сетевого QoS и требования к рабочим характеристикам сети**

системы OSS должны в реальном масштабе времени для каждого вызова контролировать качество передачи речи (и иных типов пользовательского трафика), а также коррелировать полученные измерения с качеством установления сессий в разрезе каждой услуги.

**Перспективные принципы организации OSS и требования к системам мониторинга NGN/IMS**

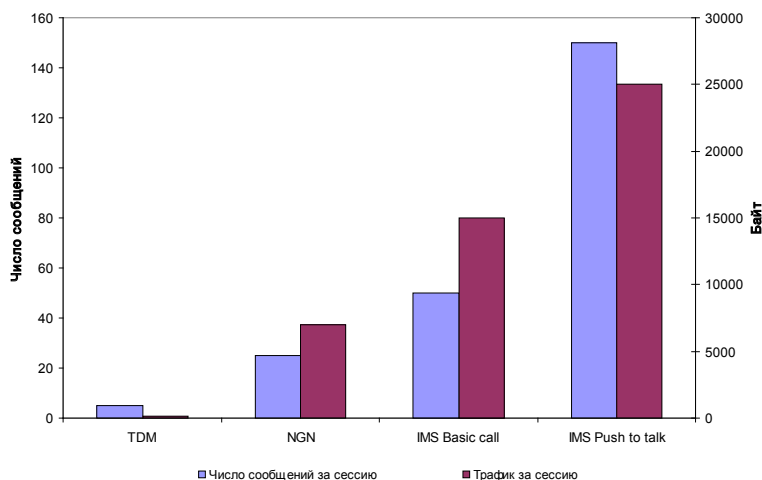
Системы эксплуатационной поддержки исторически концентрировались на измерении параметров функционирования сети, позволявших получить так называемую оценку качества обслуживания (QoS, quality of service). Но оценка QoS не всегда адекватно отображает удовлетворенность пользовате-

ля качеством предоставленной ему услуги QoE (quality of experience).

Возможность добавления услуг во время установленной SIP-сессии (например, видеокон компонента во время речевого вызова) ведет к изменению подхода к контролю процессов обеспечения производительности сети и предоставления услуги. Это приводит к сдвигу от оценки качества QoS на основе обработки записей о вызовах (CDR) к интегральным оценкам QoS/QoE на основе контроля сессий сигнализации/управления и записей IPDR (IP detail record) для потребленных пользователем во время данной сессии услуг/приложений (HTTP, FTP, MMS, WAP, ...).

Оценка QoE должна учитывать множество параметров, напрямую не относящихся к параметрам функционирования сети, таких как правильность тарификации услуги, простоту ее использования, поддержку пользователя и др.

Для реализации комплексного подхода к оценке качества предоставления услуг оператору необходимы системы мониторинга, в реальном времени контролирующее широкий спектр KPI. Как невозможно сегодня представить эффективный процесс эксплуатации традиционных телефонных сетей без систем мониторинга ОКС7, так неизбежно и использование систем мониторинга SIP при построении и эксплуатации сетей NGN/IMS. ■



**Рис. 2. Объемы сигнального трафика при установлении соединения**



## ◆ Комментарии специалистов

**Константин Самуйлов, д.т.н., проф.,  
завкафедрой систем телекоммуникаций РУДН,  
Юлия Гайдамака, к.ф.-м.н., доцент**



### Перегрузки SIP-серверов как проблема контроля качества функционирования сетей NGN/IMS

Рост числа пользователей сетей NGN/IMS вызвал проблему, связанную с контролем перегрузок SIP-серверов, возникающих из-за отсутствия достаточных ресурсов для установления и завершения сессий пользователей. Примером служит так называемый «лавинный запуск», когда большое число пользователей пытается зарегистрироваться на SIP-серверах. Известен сценарий «манхэттенского перезапуска», когда в результате аварии произошло отключение электричества в этом крупнейшем районе Нью-Йорка и после восстановления электроснабжения все SIP-терминалы одновременно пытались зарегистрироваться на серверах, создав тем самым колоссальный поток сообщений REGISTER.

В протоколе SIP имеются существенные недоработки в механизме контроля перегрузок (так называемый механизм 503 из RFC 3261), в соответствии с которым в случае перегрузки прокси-сервера предусмотрена отправка сообщения 503 Service Unavailable. До сих пор не решены сформулированные в RFC 5390 проблемы, примерами которых являются:

- проблема усугубления перегрузки (англ. load amplification), которая заключается в тенденции значительного увеличения нагрузки в период перегрузки, что только приближает момент обвала и так перегруженной сети;
- проблема неполного использования кластера серверов (англ. underutilization), которая заключается в том, что невозможно определить, какой именно из серверов кластера перегружен, а в результате весь кластер считается перегруженным, хотя в нем есть незагруженные сервера.

Перегрузки создают серьезную проблему для контроля качества функционирования сетей NGN/IMS. Проблема настолько существенна, что для ее решения IETF уже подготовил и принял ряд стандартов — RFC 5390, RFC 3665, RFC 6357, причем часть документов находится на стадии рассмотрения проектов. В России и за рубежом ведутся исследования возникшей проблемы, о чем свидетельствует целый ряд научных публикаций. В качестве одного из основных инструментов предотвращения перегрузок рассматривается механизм гистерезисного управления сигнальной нагрузкой, разновидности которого в соответствии с рекомендацией МСЭ-T Q.704 применяются при обнаружении перегрузок в сетях ОКС7.



**Александр Гольдштейн,  
к.т.н., заместитель ди-  
ректора ИТЦ АРГУС**

Обеспечение качества предоставления услуг в сетях IMS включает в себя решение трех основных задач: мониторинг оборудования, анализ статистики и организацию работ по устранению инцидентов. Первая задача решается в режиме времени, приближенном к реальному. Вторая задача предполагает превентивное выполнение, чтобы не допустить возникновения инцидента. Третья организует работу персонала, чтобы эффективно устранить причину и последствия уже возникшего инцидента.

Учитывая развитие современных бизнес-моделей предоставления услуг и требования не просто предоставить высокое качество услуг, а гарантировать качество их предоставления оператор должен обращать внимание на все три задачи в комплексе. К сожалению, на рынке -- вероятно, из-за разнородности поставленных задач -- практически отсутствуют методы решения этих задач от одного производителя. Это приводит к необходимости интеграции систем мониторинга в некую комплексную систему и развитию требований к этой системе. В частности, для последующего превентивного анализа инцидентов может понадобиться анализ статистики большего числа параметров инфраструктуры IMS, нежели в случае с выделенной системой мониторинга.

В формате одной статьи практически невозможно выделить комплексные требования к системе мониторинга, отслеживающей параметры качества предоставления услуг IMS. Вероятно, поэтому авторы сконцентрировались только на основополагающих аспектах. Надеемся увидеть дальнейшее развитие этой темы.