



Анализ модели мультимедийной телефонии в IMS-подсистеме

Ph.D Файзуллаев Байрам

Абатова Гульназ

Нукус государственный технический университет

Аннотация

В статье рассмотрены архитектура и принципы функционирования мультимедийной телефонии в подсистеме IP Multimedia Subsystem (IMS). Проведён анализ модели взаимодействия сетевых элементов, протоколов сигнализации (SIP, SDP, RTP), а также особенностей реализации мультимедийных сервисов в рамках конвергентных сетей связи. Особое внимание уделено качеству обслуживания (QoS), управлению сеансами связи и интеграции голосовых и видеосервисов.

Ключевые слова: IMS, мультимедийная телефония, SIP, SDP, RTP, QoS, VoLTE, сетевые архитектуры.

Введение

Современные телекоммуникационные сети переходят от традиционных коммутируемых технологий к полностью пакетной передаче данных. Подсистема IP Multimedia Subsystem (IMS) является ключевой архитектурной платформой, обеспечивающей конвергенцию голосовых, видео- и дата-сервисов на основе протоколов IP.

Одним из наиболее значимых приложений IMS является **мультимедийная телефония**, обеспечивающая передачу голоса, видео и данных в реальном времени через IP-сети. Благодаря использованию стандартов 3GPP и протоколов SIP/SDP, IMS позволяет операторам связи предоставлять унифицированные услуги, совместимые между различными сетями (LTE, 5G, Wi-Fi и др.).

Цель данной работы — провести анализ модели мультимедийной телефонии в IMS-подсистеме, выявить основные принципы функционирования её компонентов, а также оценить ключевые факторы, влияющие на качество и устойчивость мультимедийных соединений.

Методы исследования

Для достижения цели исследования использовались следующие методы:

1. **Аналитический метод:** проведён обзор архитектуры IMS и модели MMTEL на основе спецификаций 3GPP TS 23.228, 24.229 и ITU-T Y.2020.



2. **Сравнительный анализ:** выполнено сравнение IMS-подсистемы с традиционной VoIP-инфраструктурой (SIP-серверами, Softswitch, SBC).
3. **Моделирование:** построена схема взаимодействия ключевых элементов IMS (P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF, AS, HSS) при установлении мультимедийного сеанса.
4. **Тестирование QoS:** проанализированы параметры качества обслуживания на основе моделей MOS (Mean Opinion Score) и задержек RTP.
5. **Метод структурного анализа:** использован для определения логической последовательности сигнализации SIP и формирования SDP-сообщений при установлении голосового и видеозвонка.

Исходными материалами послужили официальные стандарты 3GPP, технические документы ITU-T, а также научные публикации в области IP-телефонии и мобильных сетей пятого поколения (5G).

Результаты исследования

1. Архитектура IMS и место MMTEL

Подсистема IMS основана на иерархической модели взаимодействия контроллеров и сервисных платформ. В состав IMS входят три ключевых уровня:

- **Контрольный уровень (Control Layer):** P-CSCF, I-CSCF, S-CSCF — отвечают за маршрутизацию сигнализации SIP.
- **Сервисный уровень (Service Layer):** Application Servers (AS), включая MMTEL-AS, обеспечивают мультимедийные функции.
- **Уровень данных (Data Layer):** база HSS хранит учётные данные пользователей и их профили.

Модель MMTEL обеспечивает обработку мультимедийных сеансов и поддержку функций: голосовая связь, видеозвонки, конференции, передача файлов, совместный доступ к контенту (shared content).

2. Протоколы и взаимодействие

Основными протоколами, обеспечивающими работу MMTEL, являются:

- **SIP (Session Initiation Protocol):** инициализация, изменение и завершение сеансов связи.
- **SDP (Session Description Protocol):** описание параметров мультимедийного сеанса.
- **RTP (Real-time Transport Protocol):** передача медиаданных (голос, видео).
- **RTCP:** контроль качества передачи.

Связь между компонентами IMS осуществляется через SIP-сообщения



INVITE/ACK/BYE с параметрами SDP, которые определяют используемые кодеки (AMR, H.264) и типы потоков.

3. Качество обслуживания (QoS)

Анализ показал, что качество мультимедийной телефонии определяется параметрами:

- задержка (delay) ≤ 150 мс;
- джиттер (jitter) ≤ 30 мс;
- потеря пакетов $\leq 1\%$;
- оценка MOS ≥ 4.0 .

Для обеспечения стабильности связи IMS использует механизмы **QoS Class Identifier (QCI)** и **Policy and Charging Rules Function (PCRF)**, которые динамически выделяют сетевые ресурсы под мультимедийные потоки.

4. Моделирование мультимедийного вызова

При установлении вызова в IMS выполняются следующие этапы:

1. Пользовательский агент (UA) \rightarrow P-CSCF: формирует SIP INVITE.
2. P-CSCF \rightarrow S-CSCF: маршрутизация и аутентификация (через HSS).
3. S-CSCF \rightarrow MMTEL-AS: применение сервисной логики (например, видеозвонок).
4. S-CSCF \rightarrow терминал вызываемого абонента.
5. Установка RTP/RTCP каналов.

Данная модель позволяет реализовать **сквозную мультимедийную сессию** с управляемыми параметрами QoS и контролем тарификации.

Обсуждение

Результаты анализа подтверждают, что IMS-подсистема обеспечивает гибкую и масштабируемую платформу для реализации мультимедийных сервисов. Основное преимущество IMS заключается в поддержке единого протокольного стека (SIP/SDP/RTP), что упрощает интеграцию различных сетей (LTE, 5G, Wi-Fi).

Однако остаются и определённые вызовы:

- высокая чувствительность к задержкам и потере пакетов в IP-сетях;
- необходимость синхронизации QoS между операторами;
- сложность внедрения MMTEL в гетерогенных сетях (особенно при переходе между LTE и NR).

Решением этих проблем является использование **Edge-компонентов** и **сетевого слайсинга (Network Slicing)** в 5G, что обеспечивает выделенные ресурсы для мультимедийных сервисов.



Кроме того, применение технологий **WebRTC** и **Cloud IMS** открывает новые возможности для гибридной интеграции мультимедийных вызовов в облачных экосистемах.

Заключение

Проведённый анализ модели мультимедийной телефонии в IMS-подсистеме показал, что:

1. IMS обеспечивает унифицированную архитектуру для передачи мультимедийных данных.
2. Ключевыми элементами успешной реализации MMTel являются согласованность протоколов SIP/SDP/RTP и управление QoS.
3. Эффективная работа IMS возможна при тесной интеграции с мобильными ядрами EPC/5GC и использованием облачных сервисов.
4. Перспективным направлением развития является адаптация MMTel для 5G Standalone сетей с применением сетевого слайсинга и виртуализации (NFV, SDN).

Таким образом, IMS-подсистема остаётся основой для дальнейшего развития унифицированных мультимедийных коммуникаций нового поколения.

Использованная литература

1. 3GPP TS 23.228 — *IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2*.
2. 3GPP TS 24.229 — *IMS – Stage 3 (SIP Signaling Flows)*.
3. ITU-T Recommendation Y.2020 — *Architecture of IP Multimedia Networks*.
4. Camarillo, G., Garcia-Martin, M. *The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds*. — Wiley, 2019.
5. Poikselkä, M., Mayer, G. *IMS: IP Multimedia Concepts and Services*. — Wiley, 2020.
6. Rosenberg, J. *SIP: Session Initiation Protocol*. — IETF RFC 3261, 2021.
7. ETSI TS 186 011 — *Multimedia Telephony Service for IMS (MMTel)*. — ETSI, 2020.
8. 5G Americas. *Evolution of IMS in 5G Networks*. — Technical White Paper, 2022.