

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ТРАФИКА

Институт компьютерных технологий  
Национального авиационного университета

*Рассмотрено применение интеллектуальных технологий для моделирования процессов передачи мультимедийного трафика в мультисервисных сетях. Показано, что комплексное применение аналитических и имитационных моделей существенно повышает точность моделирования параметров мультимедийного трафика*

### **Введение**

Применение моделей количественного анализа процесса функционирования мультисервисных сетей (МСС) передачи мультимедийного трафика (ММТ) позволяет использовать интеллектуальные технологии на всех этапах проектирования данных сетей [1, 2]. Моделирование позволяет не только сократить объем экспериментальных исследований, но и существенно снизить затраты на проведение натурных испытаний. Кроме того, оно помогает создавать высокоэффективные каналы, обладающие наилучшими характеристиками надежной передачи ММТ [3 – 5].

В настоящее время наиболее перспективной интеллектуальной технологией проектирования считается итеративное моделирование [6]. Основным достоинством этого моделирования является возможность получения результата с заданной точностью при малых затратах времени и средств [7, 8].

В США, Японии и странах ЕС в последние годы ведутся активные работы по созданию инструментально-технологических комплексов моделирования (ИТКМ) [6]. Однако, анализируя имеющиеся ИТКМ, можно сделать вывод, что существующие системы моделей не достаточно четко отражают процессы функционирования как в рамках эталонной модели (ЭМ) взаимодействия открытых систем (ВОС), так и при использовании специаль-

ных языков описания и спецификаций процессов.

### **Постановка задачи**

Для разработки среды итеративного моделирования процессов передачи ММТ необходимо решить три взаимосвязанных задачи.

1. Сформировать структуру процессов передачи компонент ММТ в режиме видеоконференцсвязи (ВКС).

2. Разработать архитектуру передачи ММТ в мультисервисной сети ВКС. 3. Обосновать требования к итеративному моделированию и его составляющим.

Целью предлагаемой работы является рассмотрение интеллектуальной технологии проектирования как методологии создания среды итеративного моделирования, которая должна обеспечивать выполнение требований по точности анализа эффективности передачи ММТ.

**Формирование структуры процессов передачи мультимедийного трафика в режиме ВКС** Интеллектуальная технология формирования звуковых сигналов и сигналов речи обеспечивает решение двух следующих задач [2, 3].

1. **Обеспечение поддержки кодирования общего аудио** в пределах от очень низких битрейтов к высокому качеству, которое выполняется с помощью методов преобразования кодирования. Охвачен широкий диапазон битрейтов и полос пропускания: начиная от битрейта 6 Kbit/s и полосы пропускания ниже 4 КГц и заканчивая

передачей качественного аудио (от моно до многоканального). При этом высокое качество достигается за счет низких задержек [4, 7].

2. *Обеспечение кодирования речи*, которое осуществляется за счет специального инструмента кодирования речи, используя битрейты от 2 Kbit/s до 24 Kbit/s. Малая задержка возможна для коммуникационных приложений. При использовании специального инструментария скорость и подача сигналов могут быть изменены пользователем на протяжении цикла воспроизведения. Если используются более эффективные инструменты, то изменение скорости воспроизведения может достигаться за счет дополнительной обработки эффектов.

Основными особенностями режима видеоконференцсвязи являются [2, 3, 5]:

- пространственная масштабируемость, которая разрешает декодерам расшифровывать поднабор общего потока для восстановления и показа структур, изображений и видеообъектов в уменьшенном пространственном разрешении;

- временная масштабируемость, которая разрешает декодерам расшифровывать поднабор общего потока для восстановления и показа видео в уменьшенном временном разрешении;

- качественная масштабируемость, которая разрешает потоку быть разделенным на множество поточных пластов разного уровня так, что комбинация поднабора пластов могла бы расшифровываться в значащий сигнал. Разделение потока происходит либо в процессе передачи, либо в декодере.

Таким образом, главные составляющие ВКС должны обеспечивать:

- размещение медиаобъектов (МО) в заданной системе координат;

- изменение топологии возникающих МО;

- группирование примитивных МО для формирования заданных МО.

Видеоконференцсвязь должна корректировать потоки данных к МО для измене

ния их признаков: звука, который «оживляет» динамику структуры сцены (ДСС) и модели визуализации виртуальной реальности (VRML) при сроках, необходимых для раскрытия ДСС. Поддержание заданных сроков требует синхронизации потоков, так как МО нужны частые потоки данных, которые передаются одним или несколькими элементарными потоками в виде ММТ. Дескриптор объекта (ДО) идентифицирует все потоки, связанные с одним МО. Каждый поток характеризуется набором дескрипторов для информирования о конфигурации с идентификацией единиц доступа и времени. Независимо от типа медиа ДО разрешает идентифицировать тип единицы доступа (например, видео или звуковых структур, команды описания сцены) в элементарных потоках и восстановить МО. Этим обеспечивается синхронизация потоков.

Таким образом, ДО может широко использоваться в системах видеоконференцсвязи, обеспечивая при этом выполнение заданных требований по синхронизации ММТ [3].

### *Архитектура передачи ММТ в мультисервисной сети ВКС*

Синхронизированная передача информации с разными QoS определяется как строками пласта синхронизации, так и строками пласта передачи, который содержит мультиплексор с двумя блоками (рис. 1).

Первый пласт мультиплексирования определен DMIF-спецификацией. Этот мультиплекс воплощен в мультимедийном сервисе (ММС) стандарта MPEG с помощью определенного FlexMux инструмента, который разрешает группировать элементарные потоки (ES) с малым мультиплексированием [3]. Мультиплексирование в этом пласте может использоваться, например, для группы элементарных потоков с идентичными QoS требованиями, для уменьшения числа связей или задержки end-to-end.

Второй пласт “*TransMux*” (мультиплексирование и транспортировка) моделирует режим, который предлагается транспортному сервису, и который отвечает необходимому *QoS*-требованию.

Другим стеком, пригодным для транспортного протокола типа (*RTP*)/*UDP*/*IP*, (*AAL5*)/*ATM* может быть транспортный стек *MPEG-2*.

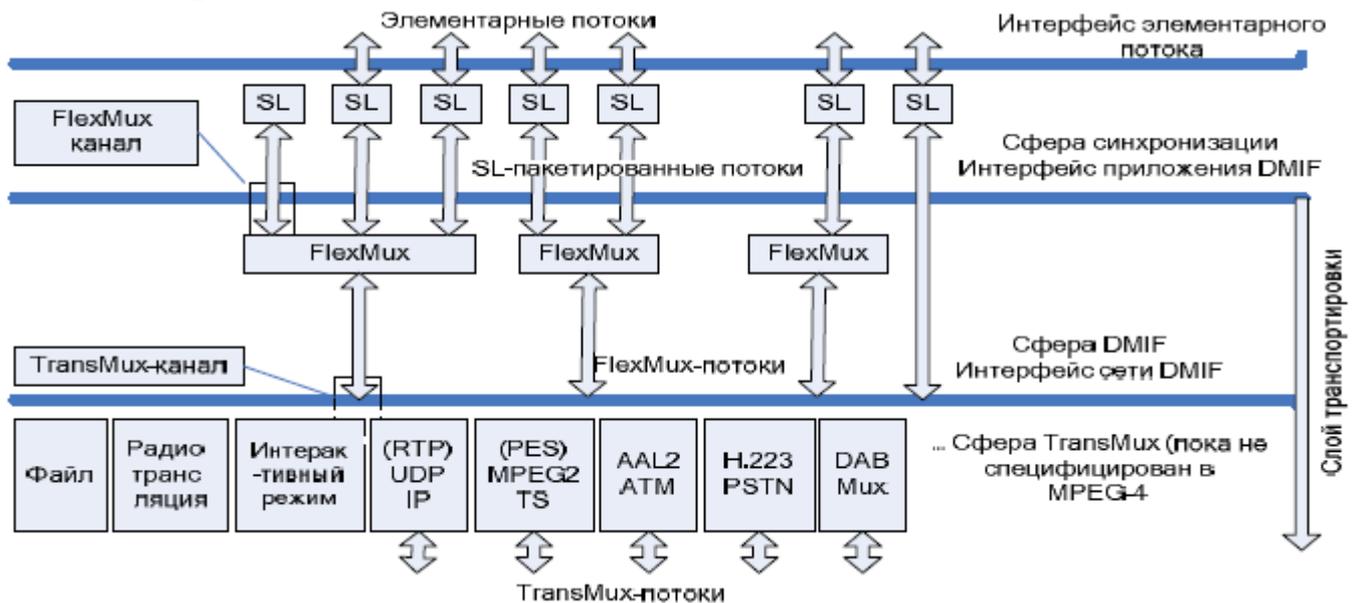


Рис.1. Многоуровневая архитектура модели передачи ММТ в мультисервисной сети ВКС

Как показано на рис. 1 мультиплексирование *FlexMux* может использоваться дополнительно, так как этот пласт может быть пустым, если основной пласт *TransMux* обеспечивает все необходимые функциональные возможности.

Особо следует выделить требования к пласту синхронизации, который всегда должен присутствовать, реализуя следующие функции:

- идентификация единицы доступа;
- идентификация потерь данных;
- обеспечение мониторинга данных от разных элементарных потоков, интегрируемых в *FlexMux*-потоки;
- передача информации управления;
- определение необходимого *QoS*-требования для каждого элементарного потока и *FlexMux*-потока;
- реализация *QoS*-требования фактическими ресурсами сети;
- взаимосвязь элементарных потоков с медиаобъектами;
- передача картографических элементарных потоков к *FlexMux* и *TransMux*-каналам.

Некоторые функциональные возможности управления доступны только в ком-

плексе с управлением передачей (подобно *DMIF*-структуре), в частности с обеспечением требований по взаимодействию с медиаобъектами.

Таким образом, пользователи (например, диспетчеры и пилоты) наблюдают сцену, которая составлена в рамках проекта сцены главного диспетчера. Однако, в зависимости от прав доступа, другие пользователи также имеют возможность взаимодействовать с главным экраном (экраном главного диспетчера (ЭГД)). При этом действия, которые могут выполняться пользователем, должны обеспечивать реализацию следующих возможностей:

- изменение места просмотра/прослушивания сцены (ЭГД);
- изменение месторасположения медиаобъектов сцены;
- вызов каскада событий с определенного объекта (например, запуск или остановка видеопотока).

Исходя из вышесказанного (рис. 1), можно сделать вывод о том, что слабым звеном в мультисервисной сети ВКС является недостаточная надежность многоканальных линий связи. Поэтому при моделировании процессов передачи ММТ следует с доста

точной точностью воспроизводит два случайных взаимозависимых процесса: стохастический процесс поступления ММТ в сеть и стохастический процесс появления сбоев (отказов) в линиях связи мультисервисной сети [8, 9].

### **Обоснование требований к итеративному моделированию и его составляющим**

Прежде чем применять итеративное моделирование для анализа процессов передачи ММТ, необходимо оценить особенности его составляющих.

*Аналитические модели* реализуются в виде системы уравнений искомых величин, которая допускает получение нужного результата либо в явном виде, либо численным методом [7]. Аналитическое решение дает более полную начальную картину. Кроме того, с точки зрения дальнейшей оптимизации параметров оно практически незаменимо. Однако, аналитическое моделирование имеет определенные ограничения, которые становятся особенно существенными на заключительных этапах создания ЛС для мультисервисной сети, когда речь идет об оценке характеристик некоторого сравнительно небольшого числа вариантов окончательного их построения. На этих этапах требуется учитывать более полное описание процессов передачи ММТ и особенностей функционирования ЛС, поэтому возникает необходимость применять имитационные модели [8].

*Имитационные модели* позволяют более детально воспроизвести процесс передачи ММТ и функционирования каналов как составляющих ЛС, так и мультисервисной сети в целом. Главной особенностью имитационного моделирования является применение статистических методов для получения точных результатов. Однако, эти методы требуют значительных затрат средств и времени [6, 8].

На рис. 2 приведена архитектура среды итеративного моделирования [6].

На верхнем уровне (обобщенный анализ) производится начальная оценка

надежности передачи и обработки ММТ с учетом введенных ограничений: предполагается мгновенный переход на резервные каналы.

Средний уровень (более детальное воспроизведение): здесь вводится допустимое время перехода на резервный канал, определяемое требованиями синхронизации и передачи ММТ.

Для первичного анализа процесса передачи ММТ при недостаточной надежности ЛС применяются две аналитические модели АМ1 и АМ2. Существует целый ряд математических формул, описывающих эти модели [5 – 7].

Нижний уровень – имитационные модели, решают задачи количественного анализа с любой степенью детализации процессов передачи ММТ.



Рис.2 Архитектура среды итеративного моделирования

Допустим, что в линии связи имеется  $n$  каналов. Из них:  $N$  – основных и  $M$  – резервных каналов ( $N=n-M$ ). Среднее время нормального функционирования системы  $T_{ср}$  будет оцениваться следующей формулой [7]:

$$T_{ср} = \frac{1}{(N+M)\lambda} \sum_{s=0}^M \frac{\sum_{i=0}^s \frac{(N+M)}{i!(N+M-i)!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^i}{s!(N+M-1-s)! \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s},$$

где  $\lambda$ ,  $\mu$  – соответственно интенсивности отказов и восстановления.

Для более точного количественного анализа (АМ 2) необходимо использовать аппарат полумарковских процессов [7].

Для рассматриваемого случая необходимо применить преобразование исходной

системы сумм, когда состояния процесса объединяются в группы. В работах [6, 7] приводится методика построения данного объединения и основные формулы для расчетов.

Алгоритмы имитационного моделирования должны удовлетворять следующим требованиям [8]:

1. Необходимая степень адекватности реальным процессам функционирования формализованной модели (адекватность временных диаграмм), которые должны учитывать как внутренние, так и внешние воздействия на процесс передачи ММТ с учетом их взаимодействия на любом уровне декомпозиции.

2. Оптимальное планирование процессов моделирования по времени, с целью воспроизведения критических ситуаций с минимальными затратами машинного времени.

3. Визуализация процессов моделирования (временная диаграмма и граф процесса, а также результаты, приведенные в виде графиков). Исходя из вышесказанного, в заключении следует привести изложенные в работе [6] результаты, которые позволяют оценить эффективность применения итеративного моделирования как основы интеллектуальных технологий проек-

тирования и разработки мультисервисных сетей передачи ММТ [3].

В основу оценки эффективности итеративного моделирования может быть положена сравнительная оценка точности моделей итеративного моделирования.

Результаты итеративного моделирования, полученные тремя различными методами (рис. 2) и реализованные с помощью описанных выше моделей, сведены в табл. 1 (оценки среднего времени эффективности передачи ММТ без срывов синхронизации  $T_{cp}$ ).

Исходными данными являлись: интенсивности отказов  $\lambda_i$ , восстановлений  $\mu_i$ , подключений  $\gamma_i$ , а также заданные требованиями ММТ значения времени допустимого перерыва в передаче  $T_{don}$  и коэффициентов доверительных интервалов  $K_d$  для статистических испытаний в двух режимах – распределение по экспоненциальному и нормальному  $\frac{T_i}{\sigma} = 2$  законам случайных величин распределения.

Исходными данными для всех вариантов моделирования (аналитические модели 1 и 2 и имитационная модель) являлись:

$$\lambda_i = 0.1; \quad \mu_i = 0.5;$$

$$\gamma_1 = 1; \quad \gamma_2 = 10.$$

при значении времени допустимого перерыва в передаче  $T_{don}=0.1$ .

Таблица 1. Результаты оценки  $T_{cp}$ .

№ п/п	Исходные данные, модель	$T_{cp}$ $N=2, M=2$	$T_{cp}$ $N=2, M=1$	$T_{cp}$ $N=2, M=0$
1	$\gamma = \infty$ , АМ1	45.278	28.071	5
2	$\gamma = 10$ , АМ 2	31.118	12.611	5
3	$\gamma = 1$ , АМ 2	11.250	6.18	5
4	$\gamma = 1$ , $\lambda, \mu$ - эксп., ИМ	10.181	5.94	5.12
5	$\gamma = 1$ , $\lambda, \mu$ - норм., $\frac{T_i}{\sigma} = 2$ , ИМ	9.12	5.11	4.8

Используя результаты итеративного моделирования как основы интеллектуальной технологии проектирования, можно сделать вывод о том, что ряд формул, относящихся к аналитическим моделям, нельзя использовать для количественного анализа процессов передачи ММТ при недостаточной надежности ЛС. Потому что реальные процессы передачи ММТ отличаются от

моделируемых, что требует применения имитационных моделей.

На рис. 3 приведена сравнительная оценка точности анализа, выполняемого моделями итеративного моделирования. Графически показано, что имитационное моделирование более точно отражает процессы передачи ММТ в МСС, чем аналитическое.

Таким образом, модели итеративного моделирования обеспечивают поэтапный анализ эскизного проекта:

- предварительный (аналитические модели – малая точность и малые затраты времени);

- заключительный с высокой степенью соответствия реальным процессам передачи ММТ (имитационные модели – высокая точность и большие затраты времени).

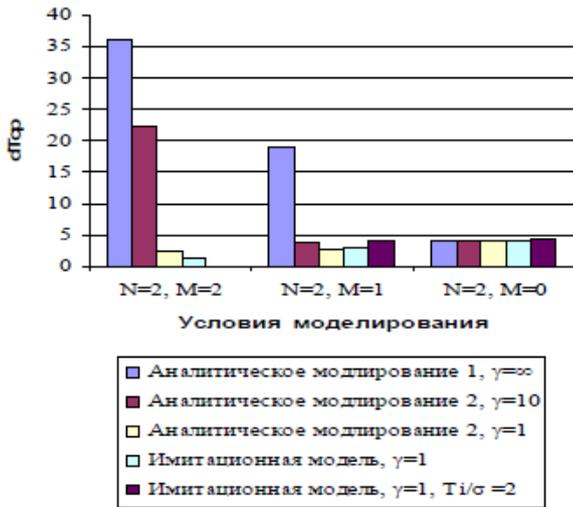


Рис.3 Сравнительная оценка точности анализа, выполняемого моделями итеративного моделирования

### Выводы

Рассмотрены основные проблемы введения интеллектуальных технологий в моделирование процессов передачи ММТ в режимах видеоконференцсвязи, которые поддерживаются специальными мульти-сервисными сетями. Обоснованы требования к итеративному моделированию, которое является основой интеллектуальных технологий моделирования процессов передачи ММТ.

Предлагаемый материал статьи может быть положен в основу концепции создания системы итеративного моделирования как ядра инструментально-технологического комплекса интеллектуального проектирования МСС для ВКС.

### Список литературы

1. Жуков И.А., Ластовченко М.М. Концепция создания программной среды графического моделирования как основы интеллектуального проектирования // К.: УС и М. – №5. – 2008. – С.18–27.

2. Воройский Ф.С. Информатика. Энциклопедический словарь - справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2006. – 768 с.

3. Семенов Ю.А. Телекоммуникационные технологии <http://book.itep.ru>.

4. Ярославцев А.Ф. Моделирование процессов передачи мультимедийного трафика в IP сети <http://nts.sibsutis.ru/arc.php>.

5. Ластовченко М.М., Ярошенко В.Н., Биляк В.И. Математические аспекты проектирования интеллектуальных коммутационных систем передачи мультимедийных трафиков // К.: Математичні машини і системи. – №4/5. – 2003. С. 66–75.

6. Ластовченко М.М., Марущак В.И. Программная среда итеративного моделирования процессов функционирования телекоммуникационных сетей // Проблеми інформатизації та управління: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 2005. – Вип. 13. С. 53–62.

7. Ластовченко М.М., Лесневский Ю.Г., Синявский Л.М. Разработка модели анализа надежности функционирования интегрируемых систем передачи и обработки // М.: Техника средств связи. – 1978. – С. 70–82.

8. Ластовченко М.М., Мазниченко С.В. Анализ надежности функционирования многоканальных систем методом статистического моделирования // Знання КВИРТУ «Методи расчета эксплуатационной надежности сложных систем». – К.: – 1968. – С. 73–102.

9. C. Skianis, K. Kontovasilis, A. Drigas, M. Moatsos. Measurement and Statistical Analysis of Asymmetric Multipoint Videoconference Traffic in IP Networks. // Telecommunications Systems. Vol. 23, Issue 1. – 2003. – P. 95–122.