

УДК 681.3.06

**Б. Б. Морозов, Б. С. Долговесов, Б. С. Мазурок, М. А. Городилов**

Институт автоматки и электрометрии СО РАН  
пр. Акад. Коптюга, 1, Новосибирск, 630090, Россия

E-mail: bsd@iae.nsk.su

## **ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ СРЕДЫ**

Описывается подход к разработке технических решений для создания распределенной мультимедийной виртуальной среды реального времени. Основная задача среды – управление формированием и доставкой мультимедийного контента от множественных источников множественным потребителям.

*Ключевые слова:* мультимедийные среды, реальное время, коммутация, мониторинг.

### **Введение**

Быстрый рост потребностей и научно-технологической базы в сфере приложения разнородных систем реального времени обуславливает постепенный переход от частных решений к универсальным подходам, в частности, созданию специфических коммуникативных сред для многих предметных областей. Это требует развития как собственно предметного инструментария, так и общих подходов к обработке данных и коммуникации. Конкретными задачами для аудиовизуальных сред реального времени являются программно-аппаратные решения подготовки и ввода разнотипных многопоточковых данных в распределенную мультимедийную виртуальную среду (РМВС) с соответствующей дальнейшей обработкой и отображением. Насущная потребность в техническом переоснащении отчетливо проявляется в соответствующих предметных областях: системах управления и принятия решений, ситуационного моделирования, мониторинга и управления технологическими процессами; обучающих и тренажерных системах. Мировая и отечественная практика показывает, что практически любое инновационное техническое решение в этих областях требует проработки новых подходов к построению систем, что ведет к быст-

рой эволюции и устареванию стандартов. В частности, развитие современных средств обработки и передачи мультимедийных данных позволяет перейти к новым технологическим решениям для организации многоканального ввода и демонстрации аудиовизуальных данных с помощью специализированных систем управления, ввода, мониторинга входных данных, коммутации, и вещания.

### **Сравнительное описание решений**

*Типовой подход.* Существующие типовые решения для достаточно масштабных (например, многозальных) систем визуализации и мониторинга входных данных обычно строятся на основе типовых матричных коммутаторов [1] некомпьютеризированных сигналов и существенно уступают предлагаемым новым решениям как по техническим характеристикам (набору ограничений), так и по сложности инсталляции и обслуживания. Для таких систем характерна жесткая организация под решение конкретной задачи. С точки зрения реализации проблемной функциональностью, в частности, являются: переключения разноформатных источников данных без потери кадров видеоизображений; генерация мультиоконного отображения («картинка в картинке»); мно-

гоканальное превью-видео для удаленного управления; полиэкранное отображение (в частности, видеостены) и т. д. Реализация подобного функционального набора требует применения самых дорогих моделей матричных коммутаторов с преобразованием форматов (и масштабированием) на каждом канале в комбинации с рядом отдельных специализированных видеопроцессоров (многоканальных, полиэкранных и др.). Также большие технические и финансовые затраты необходимы для реализации системы интерфейсов управления средой, как централизованных, так и распределенных. Например, организация центральной аппаратной (удаленной) требует установки крайне дорогостоящих масштабных матричных коммутаторов для обеспечения доступа ко всем источникам и потребителям аудиовизуального контента одновременно с соответствующей многоканальной кабельной разводкой, особенно затратной для аналоговых систем.

*Основы подхода.* Суть предложенного альтернативного подхода в оригинальном способе организации высокопроизводительной цифровой среды для обработки и передачи мультимедийных данных с иерархической сетевой архитектурой, распределенным управлением и функциональностью. Физически среда строится с использованием предлагаемого набора устройств ввода, коммутации и визуализации медийных данных (как стандартных, так и оригинальных) для широкого спектра форматов и источников. Такая распределенная среда обеспечивает гибкое конфигурирование и возможность интерактивного управления процессами посредством подключения соответствующих контроллеров в любом доступном месте среды. Обеспечивается высокая надежность за счет распределенной архитектуры, сохраняющей общую работоспособность при нарушении работы отдельных функциональных блоков.

Предлагаемый подход основан на использовании сжатых (компрессированных) цифровых данных для удаленной передачи в универсальных сетевых средах в комбинации с локальной коммутацией некомпьютеризированных сигналов непосредственно на событийных площадках (ситуационных центрах, учебных кабинетах, операционных и др.). Такие решения позволяют строить уровни иерархии источников и потребите-

лей (в том числе мультиплексирование, уплотнение), что позволяет значительно снизить коммуникационные нагрузки по сравнению со схемой «каждый с каждым», характерной для систем на типовых матричных коммутаторах. Использование современных высокопроизводительных компьютерных платформ в сочетании с мощными графическими акселераторами позволяет производить в реальном времени произвольные преобразования форматов, микширование, наложение графики, генерацию из набора источников мультимедийных выходных потоков для полиэкранного отображения, в том числе отдельных превью-потоков для мониторинга и управления. В качестве основной физической среды передачи данных предлагается использовать сети Ethernet различной пропускной способности в зависимости от расчетных нагрузок и дистанций связи. Данные сети легко масштабируются в зависимости от числа входных источников данных и потребителей. Это решение кардинально уменьшает затраты на кабельную связь и ее обслуживание по сравнению с типовой матричной коммутацией.

Можно выделить три основные функциональные задачи обработки сигналов для системы коммутации и мониторинга в РМВС:

- ввод медиаданных в среду;
- преобразования и микширование (генерирование виртуальных источников), как для системы управления, так и для формирования собственно вещаемого медиаконтента;
- итоговое отображение сформированных и выбранных медиаданных на доступных устройствах вывода.

Управление всеми функциями РМВС – отдельная задача специализированного программного обеспечения.

Если производительности современных сетевых решений достаточно для параллельной передачи нескольких десятков видеопотоков высокой четкости (~ 15–150 в компрессированном виде [2]), то производительность современных компьютерных платформ ограничена примерно десятью потоками реального времени (обычно меньше десяти, зависит от конкретных условий и форматов данных по текущим оценкам). Это положение требует разработки специфических эффективных решений для организации полнофункциональной коммутации

на типовых аппаратно-программных средствах.

Микширование и коммутация (выбор из существующих источников и файлов, наложение графики, составление управляющих «превью-раскладок» или мозаик) в РМВС имеет целью генерацию виртуальных комбинированных источников для дальнейшего использования как для вещания, так и для управления. В качестве более сложного типа микширования, можно использовать технологию интеграции данных различных медийных источников в трехмерную виртуальную синтезируемую среду посредством применения специальных систем [3]. Такие функции осуществляются наиболее эффективно с некомпрессированными сигналами, обеспечивающими минимальные временные задержки при обработке и переключениях. Работа с компрессированными сигналами в данном случае приводит к потере качества изображения, высоким накладным расходам и дополнительным задержкам. Параллельно выполняется коммутация и микширование соответствующих звуковых данных, как в автоматическом режиме, так и с интерактивной настройкой. Современные системы для обработки звука обеспечивают необходимую производительность и могут быть интегрированы в РМВС. Например, специализированные конференционные системы в данном случае можно рассматривать как

отдельные внешние источники-приемники медиаданных.

В рассматриваемом подходе узловым архитектурным решением является использование программно-аппаратных микшер-коммутаторов (рис. 1) разного уровня для организации иерархии. Микшер-коммутатор на базе персонального компьютера, предназначенный для использования на локальном уровне, может использоваться одновременно для коммутации некомпрессированных сигналов на локальные устройства отображения (графические акселераторы с полиэкранным выводом) и для формирования виртуальных источников (в частности, превью-раскладок для операторов) с последующей передачей во внешнюю среду компрессированных данных. В качестве некомпрессированных сигналов для микширования и коммутации используются как декодированные сетевые мультимедийные потоки из внешней среды, так и сигналы с аппаратных устройств ввода медиаданных (видеограбберов и др.).

В принципе на локальном уровне эти задачи (помимо кодирования / декодирования) можно решать и с помощью типового оборудования для матричной коммутации, но в этом случае теряется унификация оборудования и гибкость, присущая компьютерным решениям, усложняются протоколы управления.

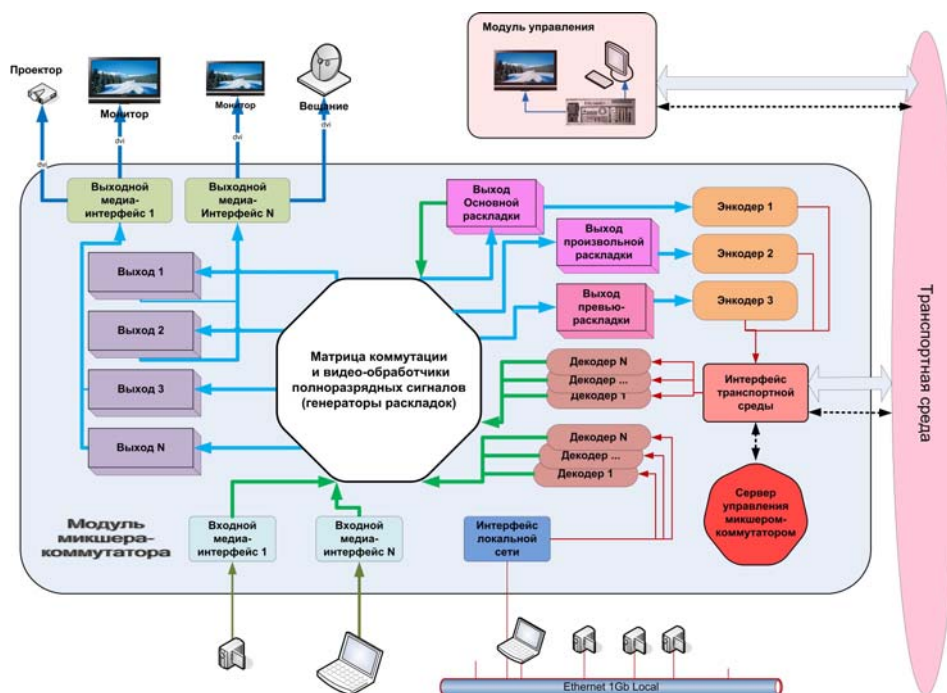


Рис. 1. Структурная схема микшера-коммутатора

В случае недостаточной производительности для обработки всех необходимых сигналов в конкретном размещении количество локальных микшеров-коммутаторов можно наращивать (масштабировать), либо распределять функциональность по разным рабочим станциям (серверам). Например, можно сконфигурировать только отображающие, вводные или микширующие серверы в зависимости от требований конкретной задачи. Характерным примером является оперативно конфигурируемое мультиоконное и полиэкранное отображение на больших высококоразрешающих мониторах (видеостенах) для центров управления и мониторинга. Управление всеми локальными микшерами-коммутаторами осуществляется удаленно, посредством единой стандартной физической сетевой среды Ethernet. Это позволяет легко организовывать удаленное распределенное и / или централизованное управление и контроль, гибко перестраивать конфигурации при любых изменениях требований. Управляющий модуль состоит из персонального компьютера с двумя мониторами (для интерфейса управления и многоканального мониторинга, соответственно) и программного обеспечения, которое позволяет осуществлять контроль отображаемых источников и настройку коммутации.

На более высоком уровне иерархии используются коммутаторы потоковых сигналов (сжатых), энкодеры / декодеры, прокси-серверы и другое сетевое оборудование. Для управления всеми коммутациями и правами доступа используются управляющие рабочие станции (модули управления) со специализированным программным обеспечением, которые могут размещаться как локально в событийных / демонстрационных центрах, так и в выделенных центрах управления. При этом затраты на организацию центров управления значительно снижаются по сравнению с решениями на базе типовых матричных коммутаторов, так как фактически все управление базируется на типовых рабочих станциях или мобильных и планшетных компьютерах. Нет необходимости в отдельной многоканальной кабельной разводке для несжатых сигналов и в центральных матричных коммутаторах.

Отображение и мониторинг аудиовизуальной информации от источников в RMBC возможны на широком спектре цифровых

устройств – от персональных компьютеров до телевизионных мониторов с сетевым подключением, ресиверов цифрового телевидения и мобильных персональных устройств. Главным условием является наличие сетевого подключения и возможность декодирования сжатых медиаконтента. Количество входных источников, обрабатываемых одновременно на одном микшере – коммутаторе, ограничено (обычно менее десяти потоков высокой четкости). При необходимости использования специфических форматов (например, для беспроводного вещания на устройства типа iPad или iPhone) могут использоваться дополнительные прокси-серверы для преобразования форматов вещания.

При необходимости одновременного мониторинга и управления вещанием в нескольких залах возможна установка отдельного микшера-коммутатора в центре управления (операторской), сконфигурированного исключительно для отображения максимального числа источников на одном или нескольких больших мониторах высокого разрешения (режим видеостены).

В графическом интерфейсе управления оператору могут визуализироваться не только «основная» и «превью» раскладки микшера-коммутатора, но и текущие результирующие назначения всех выходных воспроизводящих устройств демонстрационного зала (рис. 2). Коммутация может осуществляться в интерфейсе оператора простым перемещением изображения доступного источника на соответствующий выход («мышью» или с помощью сенсорного экрана).

### Особенности реализации

Немаловажную роль во всей мультимедийной распределенной среде играет программное обеспечение обработки видео, которое должно обладать высокой надежностью, но при этом поддерживать широкий спектр форматов кодирования видео. Для поддержки большого числа форматов можно использовать разнообразные распространенные стандартные декодеры. Каждый видео кодек способен корректно работать только на определенных входных данных. На практике, даже в рамках одного стандарта кодирования видео потока, кодек, декодирующий видео, может оказаться не-



Рис. 2. Пример генерируемых превью-раскладок (мозаик) в интерфейсе управляющего программного обеспечения

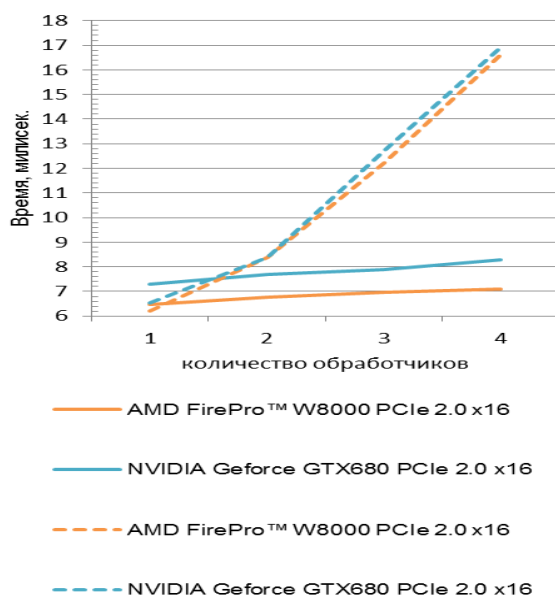


Рис. 3. Сравнение общего времени передачи видео данных (штриховой линией обозначены результаты первого метода, сплошной линией – результаты второго метода; размер кадра изображения  $2048 \times 2048$  пикселей)

совместим с кодирующим кодеком. В этом случае возможны ошибки при декодировании, что приведет к неправильной работе всего приложения (вплоть до отказа его вы-

полнения). Для решения этой проблемы предлагается выполнять декодирование и предобработку видео в отдельных процессах, что позволяет избежать ненадежной

работы приложения в целом. Таким образом, при формировании выходных видео потоков, содержащих в себе несколько входных («раскладки», «мозаики»), генерацию каждого выходного потока желательно осуществлять в отдельном процессе. В связи с этим возникает вопрос о выборе метода передачи данных между процессами. Приоритетным критерием для такого выбора является величина накладных расходов. При этом декодирование видео может осуществляться как средствами центрального процессора, так и аппаратно-программными средствами графического акселератора. Дополнительное преимущество обработки в отдельных процессах состоит в том, что обработчики могут быть реализованы на базе разных графических интерфейсов программирования приложений.

Одним из методов для передачи данных является использование разделяемой между процессами системной памяти. При этом каждый процесс должен загружать изображение в память графического акселератора. Для этого необходимо выполнить копирование из разделяемой памяти в память выделенную драйвером графического акселератора с учетом выравнивания данных в строках видеокadra. Затем данные пересылаются в память графического акселератора. Этот способ может быть использован для обработчиков видео потоков на базе OpenGL и Microsoft DirectX. Другой метод заключается в использовании разделяемого ресурса в памяти графического акселератора для нескольких процессов. В этом случае изображение один раз загружается в память графического акселератора, а затем копируется в той же памяти для обработки в разных процессах. Проведенные исследования показали, что предпочтительнее второй метод при использовании более одного обработчика (рис. 3), так как копирование на современных графических акселераторах значительно быстрее передачи из системной памяти в память графического акселератора. К тому же, для копирования на графическом акселераторе ресурсы центрального процессора почти не используются, в отличие от копирования из разделяемой памяти в память выделенную драйвером, которое повторяется для каждого процесса обработчика. Если декодирование выполняется аппаратно на графическом акселераторе, то использование системной памяти не рацио-

нально, так как в этом случае требуется еще и выгружать видеоданные изображения из памяти графического акселератора в системную память, а затем выполнять обратную операцию. Даже в случае с одним обработчиком разница по времени обработки оказалась незначительной, поэтому, учитывая прочие преимущества использования разделяемых аппаратных ресурсов, рекомендуется использовать именно этот подход.

### Заключение

Предложенный подход к построению PMBC демонстрирует новизну в части средств обработки мультимедийных данных и управления распределенной средой в сочетании с практической реализуемостью. Распределенность архитектуры приводит к большей ее надежности в целом, так как фактически отсутствуют ключевые узлы, неисправность которых может привести к полной неработоспособности системы. Высока взаимозаменяемость оборудования, модифицируемость и ремонтпригодность. Одним из существенных преимуществ описываемого подхода является возможность постепенного и поэтапного наращивания и совершенствования как системы в целом, так и отдельных функциональных блоков, учитывая постоянное развитие технических средств и сетевых стандартов передачи данных. В этой связи представляют интерес работы по созданию новых стандартов и средств работы с мультимедийными данными в сетевой среде. В частности, стандарт рабочей группы 802.1 Audio Video Bridging (AVB) института IEEE [4]. Этот стандарт предназначен для передачи (и трансляции) в сетях Ethernet синхронных потоковых данных с малыми задержками. Основное предназначение – передача телевизионных сигналов без потерь, но в сетях Ethernet. Очевидно, что в рамках этого стандарта возможна и передача сжатых данных с гарантированными временными характеристиками, что может быть ключевым требованием для отдельных приложений PMBC. Проблема использования на практике заключается в том, что в настоящий момент доступное оборудование, поддерживающее стандарты AVB фактически отсутствует на рынке. Консорциумы производителей только объявляют о начале поддержки этого

стандарта. Тем не менее, в предложенном подходе к построению РМВС переход на новое или совместное использование оборудования текущих и новых стандартов не должно вызывать существенных трудностей за счет гибкости и универсальности средств управления средой.

### Список литературы

1. Ерохин А. В., Фрадкин Б. Г., Левин И. И., Рыжих О. А. Матричный коммутатор // Патент на изобретение № 2103729. Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели» 27.01.1998.

2. Дворкович В., Чобану М. Проблемы и перспективы развития систем кодирования

динамических изображений. URL: [http://mediavision-mag.ru/uploads/02%202011/55-57%2002\\_2011.pdf](http://mediavision-mag.ru/uploads/02%202011/55-57%2002_2011.pdf)

3. Долговесов Б. С., Лаврентьев М. М., Морозов Б. Б. Интерактивный обучающий комплекс на основе технологии интегрированной виртуальной среды // Тр. XVIII Всерос. науч.-метод. конф. «Телематика'2011» СПб., 2011. Т. 1. С. 138–139.

4. IEEE 802.1 Audio/Video Bridging Task Group Audio Video Bridging. URL: <http://www.ieee802.org/1/pages/avbridges.html>

*Материал поступил в редколлегию 07.10.2013*

**B. B. Morozov, B. S. Dolgovesov, B. S. Mazurok, M. A. Gorodilov**

### FEATURES OF BUILDING SYSTEMS BASED ON VISUALIZATION OF DISTRIBUTED MULTIMEDIA ENVIRONMENT

An approach to the development of technical solutions for the creating of a real-time Distributed Multimedia Virtual Environment is described. The main objective of the environment - control the formation and delivery of multimedia content from multiple sources to multiple recipients.

*Keywords:* multimedia environment, real-time, commutation / switching, monitoring.