

# File exchange formats for Networked television production

Форматы файлового обмена для

## сетевого

телевизионного производства

**Hans Hoffmann**

*EBU Technical Department*

**Хотя многие цифровые системы телепроизводства внедрялись в изолированных “островках”, у пользователей растет потребность объединения этих островков в более крупные сетевые инфраструктуры. Поэтому телевизионное производство сейчас переживает второй этап оцифровки – переход к технологиям на базе IT.**

**В целях введения в статьи об AAF, GXF и MXF, опубликованные в этом выпуске Технического обзора EBU, в настоящей статье представлены – в широком контексте – вопросы файловых форматов и систем, которые могут встретиться при переходе на телепроизводство с “файловой ориентацией”.**

Компьютерная технология уже доказала свою пользу во многих приложениях профессионального вещания. Во всем мире можно найти известные примеры в области серверных систем для производства, подготовки программ, воспроизведения и архивирования. Сейчас мы являемся свидетелями первых попыток расширить диапазон применения дискового хранения и сетей до мобильных приложений в профессиональной тележурналистике, а также новостийного окружения и процесса телепроизводства.

Общий знаменатель всех этих приложений - транспорт программных данных и хранение этих данных в нелинейных медиа в частично собственных файловых форматах. Следовательно, обмен программами может производиться только по тем платформам, которые могут управлять и эксплуатировать такие специфические файловые структуры. Пользовательские организации, например, EBU, уже выразили строгое требование использовать общие файлы между системами разных поставщиков внутри студии, а также между разными вещательными предприятиями. В этом контексте общее использование относится к обмену контентом, собранным в файлах, посредством сменных носителей (жестких дисков, оптических дисков, лент данных) или, в частности, путем прямого доступа к контенту, хранящемуся в файлах, через стандартизированные интерфейсы и сетевые протоколы. Рабочие и экономические преимущества принятия сетей и обмена контентом в форме файлов можно суммировать следующим образом:

- возможность одновременного доступа множества пользователей к данным, относящимся к общему проекту, в распределенной производственной среде;
- обмен файлами не приводит к ухудшению качества изображения, так как сжатое видео, заключенное в теле файла, может передаваться в исходной сжатой форме;
- обмен файлами может осуществляться по LAN и WAN с разной скоростью;

- скорость передачи файлов можно адаптировать под имеющуюся полосу пропускания канала (например, если сеть предусматривает 10 Мбит/с, то файл передается на этой скорости; если есть более быстрая сеть – и если она поддерживается периферийным оборудованием, – то передача может проходить на более высокой скорости);
- пользователи могут обменивать стоимость передачи на ее время;
- метаданные, звук, видео и данные можно передавать в одной общей упаковке;
- возможно разделение медиа (хранения) и контента, встроенного в файл;
- возможен горизонтальный системный подход по многоуровневой модели;
- можно строить системы при помощи уже имеющегося компьютерного оборудования, что экономически выгодно для общей стоимости системы, и т.д.

В распределенном многопользовательском окружении вышеупомянутые преимущества могут быть использованы только при возможности взаимодействия системами источника и назначения, что требует четкого определения, стандартизации и открытости файлового формата, его полезной нагрузки и метаданных.

К сожалению, в подавляющем большинстве предлагаемых сегодня на вещательном рынке реализаций используется ряд различных и частично собственных файловых форматов. Некоторые из них непосредственно приняты компьютерной индустрией – например, файловый формат AVI, – а другие разрабатывались для более требовательных приложений профессионального вещания. Следует заметить, что весьма популярный файловый формат **General eXchange Format (GXF)**, используемый в сервере Profile Grass Valley Group, давно стандартизирован SMPTE как SMPTE 360M [1]. Несмотря на эту стандартизацию (очень важную для пользователей и промышленности), было признано, что этот файловый формат может не удовлетворить более строгим требованиям в области метаданных.

Потребность в общем, стандартизованном и открытом файловом формате – с целью справиться с широким спектром требований, встречающихся в производстве телевизионных программ – стала болезненно очевидной.

Этому есть две причины:

- существование различных несовместимых файловых форматов или форматов с ограниченными функциями, большинство из которых не соответствуют потребностям профессионального вещания (например, ограниченный размер файла, отсутствие возможностей редактирования в файле, отсутствие нейтральности полезной нагрузки, метаданных или соответствия KLV и т.д.);
- активное внедрение серверных систем NLE в большинстве вещательных установок по всему миру.

Понимая всю необходимость стандартизации, несколько организаций, например, Pro-MPEG Forum, AAF Association, EU GFORS Project и EBU три года назад начали инициативу по разработке общего файлового формата под названием MXF (формат обмена материалом) для обмена ТВ программами в производственном окружении [2]. SMPTE и его технологический комитет по упаковке и метаданным (W25) были избраны в качестве платформы проведения необходимой стандартизации.

Из пользовательского сообщества ключевую роль в определении пользовательских требований (URs) и гармонизации различных промышленных отношений в рамках этой инициативы сыграла проектная группа EBU P/PITV. Помимо других пробных реализаций нового файлового формата (например, комплекта разработки программного обеспечения от проекта GFORS), EBU обеспечил платформу для реализации открытого исходного кода файлового формата MXF.

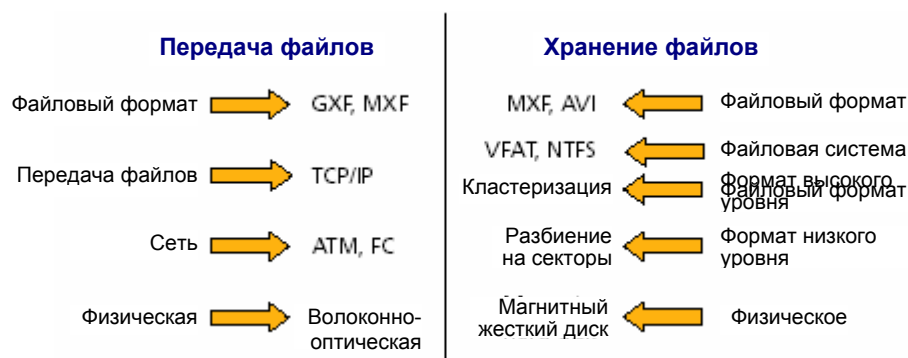
Причиной участия EBU в подобном программном проекте (при сильной поддержке IRT в Мюнхене и INESC Porto) была необходимость обеспечения обратной связи для (бумажной) работы по стандартизации с целью проверить URs на практике, обеспечить пользователям и производителям исходный код для быстрого внедрения на рынке и дать пользователям ознакомиться с новой технологией. Сам исходный код бесплатно имеется в CVS от EBU [пишите: [hoffmann@ebu.ch](mailto:hoffmann@ebu.ch)].

## Транспорт и хранение файлов

Файл может считаться “контейнером” или “упаковкой” для всех элементов программы (цифрового звука, цифрового видео, дополнительных данных и метаданных ) в определенном проекте. Эти элементы затем можно передавать по сети или хранить в накопителе как единый объект, который можно легко идентифицировать по уникальному имени файла для однозначного поиска. Метаданные обеспечивают описание сущности, вложенной в “тело файла”, и определяют точные отношения (контекстуальные, временные и т.п.) между различными элементами.

Это позволяет обрабатывать звук и видео по отдельности или связывать сущность или весь файл с дополнительными метаданными, расположенными в базе данных. Необходимое условие для этой функции - чтобы структура файлового формата обеспечивала информацию, позволяющую успешное демультимплексирование (например, отделение звука от видео), и идентификацию и обработку метаданных и сущности, содержащихся в файле. Однако, следует подчеркнуть, что этой информации может быть недостаточно для возможности успешной интерпретации или обработки сущности, передаваемой в полезной нагрузке файла (например, способности декодировать сжатое видео с определенным качеством изображения).

Необходимо понять, что механизм **передачи файлов** не зависит от **файлового формата** и полезной нагрузки, находящейся в файле. Определение файлового формата – в принципе – не зависит от используемого транспортного механизма (многоуровневой модели). Однако часто упоминаемая необходимость согласования частичных передач файлов требует определенной степени взаимоотношений между файловым форматом и транспортным механизмом.



Подобное иерархическое представление функций можно найти при изучении технологий, участвующих в хранении файлов. *Рис. 1* отображает различные уровни, рассматриваемые для передачи файлов (слева) и их хранения (справа).

Если видеосигнал реального времени передается на сервер с жесткими дисками (например, для нелинейного монтажа), то входящий поток данных хранится как файл.

**Рис. 1**

### Передача и хранение файлов – различные уровни взаимодействия

В случае передачи файлов между серверами по сетям входящий сигнал обычно уже находится в форме файла и может либо прямо передаваться в накопитель, либо требовать перед хранением преобразования в другой “файловый формат”. Требование высокой производительности данных, быстрого нелинейного доступа к хранящемуся контенту, а также эффективного использования накопителя означает возможную необходимость перестройки файлового формата для наилучшего соответствия между собственной файловой структурой и структурой сегментированного формата накопителя. Последний называется форматом **структурированного хранения** или **хранения низкого уровня**.

Основными элементами, которые необходимо рассмотреть при обсуждении файлов, являются:

- Формат, используемый для передачи информации в виде файла – и он может существовать только “в проводах”. Он может отличаться от формата, используемого для хранения информации.
- Формат хранения низкого /высокого уровня или структурированного хранения, содержащего файловый формат.
- Применяемые протоколы передачи файлов.
- Интерфейс прикладного программирования (API) и операционная система, отвечающие за генерирование доступа к файлу, хранящемуся на носителе.

В профессиональном телепроизводстве, даже при использовании инфраструктур полностью на базе IT, до сих пор продолжают дискуссии по поводу ограничений при перемещении файлов между системами. В частности, применение “передачи файлов потоками” с возможностями реального времени порождает проблему для типичных IT-сетей, учитывая особые требования телевизионного производства.

## **Передача файла потоком**

В режиме передачи потоком контент передается таким образом, чтобы сохранялось определенное временное отношение с синхронизатором. Это позволяет непосредственное отображение контента (синхронную, изохронную передачу). Кроме того, используемая транспортная система должна соответствовать параметрам качества услуг (QoS). Это определяет допуски для скорости передачи битов, задержки, джиттера/«дрейфа» и частоты ошибочных битов (BER). Применяемая сетевая топология - двухпунктовая и многопунктовая (вещание) с (обычно) однонаправленной передачей данных. Для получения требуемых параметров QoS сегодня используются различные методы с разными техническими характеристиками. Самые популярные - это UDP или RSVP в сетях IP или прямое преобразование файла в транспорт без дополнительных протоколов управления потоком (например, прямое преобразование в ATM или FC).

Относительно “передачи файла потоком” – что означает передачу и непосредственное воспроизведение файла – можно обозначить следующие критические предпосылки:

- сущность должна располагаться в теле файла в прямом порядке воспроизведения;
- поверх файла передается информация для пересинхронизации с целью повторного захвата после прерывания;
- транспортная система, например, сети или однонаправленные каналы, должна обеспечивать определенные параметры QoS;
- в зависимости от используемой сети файл должен передаваться чуть быстрее реального времени для компенсации задержек в буфере терминала и т.п.;
- должна иметься достаточная информация о метаданных для распознавания полезной нагрузки для воспроизведения.

## **Передача файла в виде файла**

Передача файлов обеспечивает надежный транспорт информации с гарантированной доставкой даже в неблагоприятных условиях.

Часто в дискуссиях употребляется термин “создание клона” или “создание побитовой копии” с целью подчеркнуть, что между файлами отправителя и адресата не допускается никаких различий. Это до некоторой степени достигается либо прямым исправлением ошибок (FEC), либо с помощью протоколов управления потоками (TCP/IP) по двунаправленным каналам, при необходимости запускающих повторную передачу поврежденных пакетов. Применяемые топологии включают двухпунктовую и многопунктовую (надежную) передачу. Критические ко времени приложения, в которых файл должен прибывать в место назначения в предопределенный момент времени, тоже потребуют удовлетворения определенных параметров QoS относительно полосы пропускания и управления скоростью передачи битов. Последнее необходимо, если полоса пропускания сети используется множеством пользователей, во избежание ее полного расходования одним пользователем.

Время передачи файла обычно определяется задержкой, возникающей при прохождении по сети, и, в частности, протоколами управления потоками (например, TCP/IP), и задержками, обнаруженными в серверах источника и назначения (буферная память, передачи DMA, доступ к диску и т.п.). Среди простых решений избежания блокировки сети - использование протоколов (XTP и FTPplus), позволяющих регулирование максимальной скорости передачи для каждого пользователя; более сложные решения предлагают параметры QoS на уровне сети (ATM, FC).

В приложениях, требующих передачи быстрее реального времени, сеть должна обеспечивать адекватную полосу пропускания и, кроме того, ее контроль.

## Пользовательские требования к файловым форматам, используемым в телепроизводстве

Как уже говорилось, EBU сотрудничал в проекте по определению общего файлового формата (MXF), и, в частности, пользовательских требований. В приведенном ниже списке указаны только UR, утвержденные в этом проекте с наивысшим приоритетом. Следует заметить, что полный перечень UR также может стать частью инженерных принципов стандарта MXF:

- легкость понимания, применения и стандартизации;
- независимость от компрессии;
- малые издержки реализации;
- открытость (как по определению ITU);
- обеспечение идентификации полезной нагрузки;
- расширяемость в заголовке и теле (кодирование KLV);

### Аббревиатуры

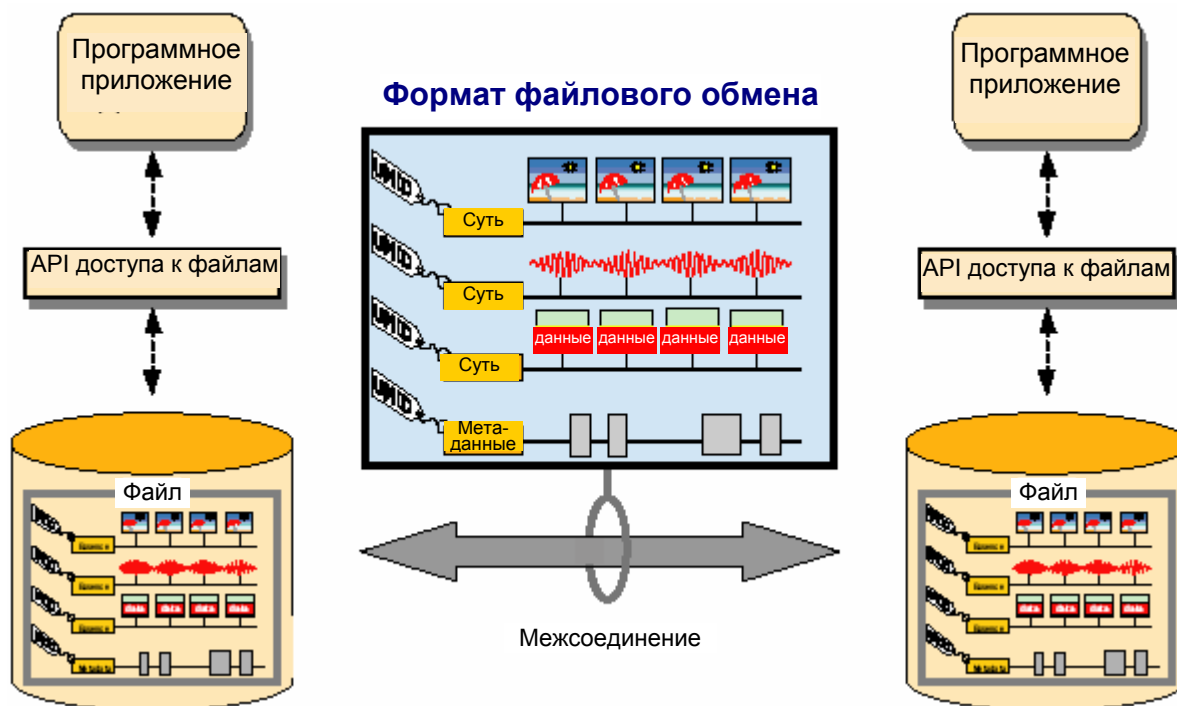
<b>AAF</b>	Advanced Authoring Format Расширенный формат авторизации	<b>MXF</b>	Material eXchange Format Формат обмена материалом
<b>API</b>	Application Programming Interface Интерфейс прикладного программирования	<b>NLE</b>	Non-Linear Editing Нелинейный монтаж
<b>ATM</b>	Asynchronous Transfer Mode Режим асинхронной передачи	<b>NTFS</b>	(Microsoft) Windows NT File System Файловая система Windows NT
<b>AVI</b>	(Microsoft) Audio-Video Interleaved Аудио-видео с чередованием	<b>OS</b>	Operating System Операционная система
<b>BER</b>	Bit-Error Ratio Частота появления ошибочных битов	<b>QoS</b>	Quality of Service Качество услуг
<b>CVS</b>	Concurrent Versions System Система параллельных версий	<b>RSVP</b>	ReSource reserVation Protocol Протокол резервирования ресурсов
<b>DMA</b>	Direct Memory Access Прямой доступ к памяти	<b>SDTV</b>	Standard-Definition Television Телевидение стандартной четкости
<b>EPG</b>	Electronic Programme Guide Электронный программный гид	<b>SMPTE</b>	Society of Motion Picture and Television Engineers (USA) Общество инженеров кино и телевидения
<b>FC</b>	Fibre Channel Волоконно-оптический канал	<b>TCP/IP</b>	Transmission Control Protocol / Internet Protocol Протокол управл. передачей / прот. интернета
<b>FEC</b>	Forward Error Correction Прямое исправление ошибок	<b>TVA</b>	TV-Anytime
<b>GXF</b>	General eXchange Format Общий формат обмена	<b>UDP</b>	User Datagram Protocol Протокол пользовательской дейтаграммы
<b>I/O</b>	Input/Output Вход/выход	<b>UMID</b>	(SMPTE) Unique Material Identifier Уникальный идентификатор материала
<b>IP</b>	Internet Protocol Протокол Интернета	<b>UR</b>	User Requirements Пользовательские требования
<b>ITU</b>	International Telecommunication Union Международный союз электросвязи	<b>VFAT</b>	(Microsoft) Virtual File Allocation Table Таблица виртуального расположения файлов
<b>KLV</b>	(SMPTE) Key Length Value Ключ Длина Значение	<b>WAN</b>	Wide-Area Network Широкомасштабная сеть
<b>LAN</b>	Local Area Network Локальная сеть	<b>XML</b>	Extensible Markup Language Расширяемый язык обозначений
<b>MPEG</b>	Moving Picture Experts Group Группа экспертов по движущимся изображениям	<b>XTP</b>	Xpress Transport Protocol Протокол экспресс-транспорта

- возможность масштабирования (один кадр... много кадров);
- обеспечение синхронизации множества типов сущности;
- возможность упаковки видео, звука, данных сущности и метаданных;
- возможность прямого преобразования существующих форматов передачи;
- уникальная идентификация структуры контейнера;
- применимость на всех основных платформах /OS;
- независимость от приложения;
- обеспечение средств частичной передачи файлов;
- обеспечение средств постепенного восстановления после прерывания (хотя это относится также к вопросам транспорта);
- обеспечение возможности чернового монтажа (создания версий);
- независимость от транспорта и механизма хранения;
- расширяемость формата в операционной схеме (в определенном профиле работы);
- легкое преобразование между файлами и потоками.

## Файловые форматы и метаданные

В вещательном сообществе недавно были согласованы и стандартизированы SMPTE описание и классификация метаданных вместе с использованием определенной схемы кодирования (KLV), в т.ч. UMID. Поэтому метаданные можно применять для определения и описания неотъемлемых функций файлового формата, а также полезной нагрузки файла.

Приведенная ниже (Рис. 2) (популярная) схема показывает, как каждый элемент (сущность или метаданные) в файле связан с UMID при создании, передаче по сети или хранении на жестком диске или



ленте данных.

Рис. 2

Передача и хранение файлов – различные необходимые уровни

В дискуссиях часто упоминалось, что успех метаданных в профессиональном телепроизводстве будет идти рука об руку с успешной стандартизацией общего файлового формата, поддерживающего соответствующие стандарты метаданных. С другой стороны, будет широкий ряд приложений, хранящих метаданные в базах данных, где файловый формат будет типичным форматом ИТ типа XML. Однако в цепи телепроизводства также будет ряд приложений, требующих:

- а) прямой связи некоторых метаданных с сущностью – что означает, что они будут частью файла;
- б) обеспечения линии связи от файла с сущностью к внешнему накопителю, содержащему метаданные.

В частности, случай б) требует, чтобы линия связи от файла следовала стандартам UMID и управлялась надежным способом, особенно путем поддержания соответствующей информации об источнике и адресате при перемещении либо файла с сущностью (например, MXF), либо файла с метаданными (например, XML).

## Структурные метаданные и пользовательские метаданные

Как уже говорилось, принятие файлового формата для использования в профессиональном вещании будет включать разные уровни сложности – в зависимости от намеченного спектра применения. Файловый формат для использования в подготовке программ, например, AAF [3], должен будет обеспечивать мощные функции для манипуляции изображением и звуком; файловый формат для телепроизводства требует меньше сложных функций (т.е. только простой черновой монтаж), но может включать больше функций производственной ориентации и реального времени. Эти функциональные возможности файлового формата описываются в определенных метаданных и называются **структурными метаданными**.

Другие метаданные, которые добавляются к файлу, но не требуются для функции самого файла, называются **пользовательскими метаданными**. Они добавляют ценность файлу; примеры - имя автора, место производства, имена участников, права, бюджетная информация, сценарий съемки и т.д.

Файловый формат MXF, находящийся сейчас в SMPTE в процессе стандартизации, поддерживает так называемый интерфейс **плагина пользовательских метаданных**. Это значит, что файловый формат может передавать все типы пользовательских метаданных, следующие правилам, описанным в предлагаемом стандарте MXF.

Вообще, важно удовлетворение пользовательских требований к прозрачной передаче метаданных и чтобы файловые форматы считали метаданные “просто другим типом данных”, передаваемых в файле.

## Некоторые системные аспекты

Становится очевидно, что метаданные, UMID, словари метаданных и другие стандарты, уже имеющиеся или стандартизирующиеся, можно применять к системе только после определения правил. Это непосредственно влияет на выбранный файловый формат, поскольку он обеспечивает функции, необходимые для передачи сущности, сущности плюс метаданных, UMID или сущности плюс ссылку на метаданные, хранящиеся в другом месте (разумеется, будут и файловые форматы ИТ для одних только метаданных).

*Рис. 3* показывает упрощенный пример потока данных через систему.

В зависимости от функций, необходимых в определенной позиции рабочего процесса, будут требоваться или иметься (в виде права доступа) для пользователя различные метаданные (например, редактору абсолютно не интересна бюджетная информация). Эту функцию должна обеспечивать будущая система управления метаданными в сочетании с “фильтрами метаданных”, которые станут серьезной проблемой для системных разработчиков. Некоторые правила для обработки метаданных и UMID можно суммировать следующим образом:

- определенным приложениям нужны определенные метаданные;

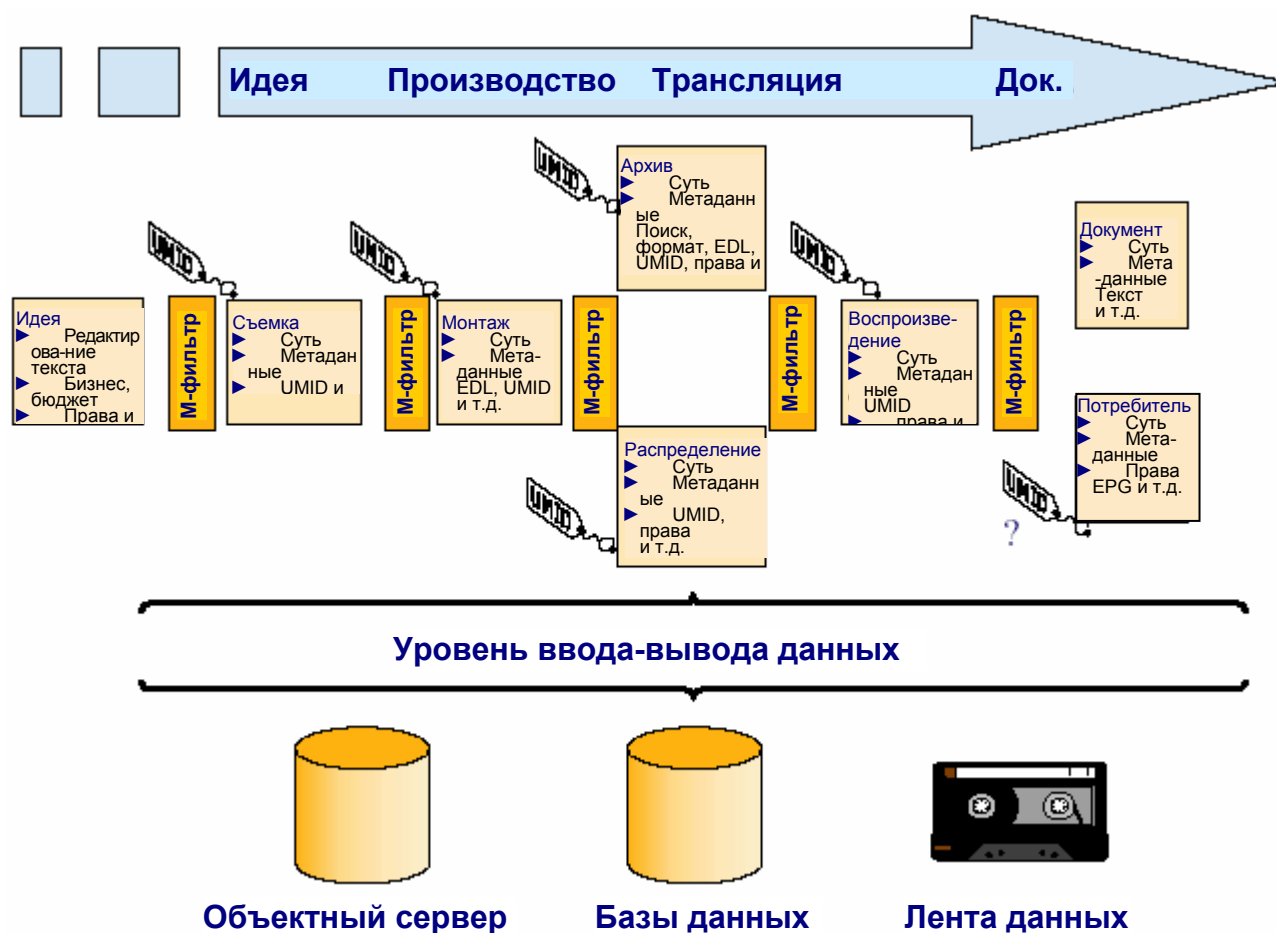


Рис. 3  
Упрощенный пример потока данных через систему

- UMID связан с каждой сущностью и обновляется при ее изменении/создании;
- управление метаданными и UMID будет динамическим процессом по всей цепи данных;
- оно должно будет регулироваться фильтрами;
- такие инфраструктуры как файловые форматы должны будут поддерживать наличие метаданных и UMID;
- хранение должно будет обрабатывать сущность, UMID и метаданные либо в старом оборудовании, либо в объектных серверах, либо в базах данных;
- необходимы правила о “том, что идет в архив”;
- необходимы правила обмена метаданных по внутренним и внешним линиям (стандарты EBU P/META и SMPTE);
- необходимо определить правила о том, что будет выдаваться потребителю (например, TV-Anytime).

Следующим “системным вопросом” будет сосуществование различных – надеюсь, ограниченного количества – файловых форматов в будущем процессе телепроизводства. Исследования ясно показали, что один-единственный файловый формат типа GXF, AAF или нового MXF не сможет удовлетворить требований всех приложений в вещательной среде. Поэтому при разработке новых файловых форматов (типа MXF) важно учитывать не только расширяемость, но и средства конвертирования из одного формата в другой с минимальной обработкой. Разработка MXF, например, пыталась решить это требование путем включения функций легкого преобразования между AAF и самим собой.





**Hans Hoffmann** родился в Мюнхене в 1964 г. Проучившись в Мюнхене на инженера электросвязи, в 1993 г. он начал работать в IRT. Сначала он занимался исследованием и развитием проектов, связанных со стандартом ITU-R BT.601 и последовательным цифровым интерфейсом. С внедрением в телепроизводстве компрессии, IT, серверных систем и т.д. он перешел к работе над новыми технологиями.

Г-н Хоффманн возглавлял группы EBU P/BRRTV и P/PITV, занимавшиеся стандартизацией, например, SDTI и файловых форматов, и активно работал в инженерных комитетах SMPTE. Он участвовал в работе совместной специальной группы EBU/SMPTE и возглавлял подгруппу по сетям и управлению файлами. В 1998 г. он стал председателем технологического комитета SMPTE по сетям и управлению файлами. Также является специальным докладчиком по файловым форматам в ITU-R.

С марта 2000 г. Ганс Хоффманн служит в штаб-квартире EBU в Женеве старшим инженером Технического департамента. Там он работает в области новых технологий для производства телепрограмм, архивирования, метаданных и связанных с этим вопросов. В частности, он занимается стратегическими пользовательскими вопросами, возникающими при внедрении новых технологий на базе IT. В данный момент он работает в проектных группах EBU P/FTP, P/PITV, P/SPX и P/DTR.

Г-н Хоффманн является членом SMPTE, а в марте 2000 г. стал SMPTE директором отдела телевизионной инженерии, сохранив свой пост в EBU.

## Заключение

При увеличении использования IT-технологий в вещательной индустрии применение файловых форматов для программного обмена и хранения будет обязательным по всем аспектам будущего цифрового телепроизводства (включая графику, подготовку программ, архивирование, сбор и распространение). Это относится не только к традиционному производству SDTV, но и далее по шкале качества, вплоть до цифровых кинотеатров, соединенных новыми трактами передачи. Поэтому есть надежда, что фирмы по подготовке программ примут формат AAF (хоть он пока не стандартизирован) для сложных автономных операций.

Развитие файлового формата MXF – дающего необходимую возможность взаимодействия (по крайней мере, на уровне файловых форматов), – еще один важный шаг в верном направлении.

Однако следующие области еще требуют более комплексного изучения:

- определяемые пользователем схемы метаданных в телепроизводстве;
- UMID и правила для цепи данных;
- системы управления (также для метаданных и UMID);
- API для взаимодействия систем (микропрограммные средства);
- протоколы быстрой передачи файлов;
- шлюзы/конверсия между существующими и будущими файловыми форматами (например, между GXF и MXF).

Эти “системные вопросы” и проблемы необходимо решить, если мы хотим воспользоваться всеми преимуществами, которые обещает принятие IT (и серверных) технологий в телепроизводстве.

## Библиография

- [1] Bob Edge: **GXF – the General eXchange Format**  
EBU Technical Review No. 291, июль 2002.
- [2] Bruce Devlin: **MXF – the Material eXchange Format**  
EBU Technical Review No. 291, июль 2002.
- [3] Brad Gilmer: **AAF – the Advanced Authoring Format**  
EBU Technical Review No. 291, июль 2002.