



Т Е Л Е В И Д Е Н И Е

на языке цифр

Удивительно, как многие, ставшие нам привычными вещи с течением времени кардинально меняют свой облик, внутреннее содержание и даже функции, сохраняя при этом прежние названия. Например, тот же телефон: разве можно сравнить первые солидные аппараты, с их угольными микрофонами, проводами и неизбежным «девушка, соедините...» с современным мобильным и компактным «мастером на все руки»? А какая трансформация произошла с еще одним технологическим «чудом» прошлого века – телевидением, за его такую недолгую историю? Ведь и его не обошли стороной информационные технологии, за последние десятилетия проникшие буквально во все сферы нашей жизни

Телевидение родилось как система передачи динамических изображений на расстояние, что и подчеркивает приставка «теле» (от греч. *tele* – далеко). И хотя на заре своего существования оно работало только «здесь и сейчас», поскольку ни соответствующего материального носителя, ни системы записи изображений тогда просто не существовало, телевидение открыло человечеству новый, небывалый мир «удаленного видения». С изобретением видеозаписи появилась возможность хранить, монтировать и редактировать телевизионные изображения, вести вещание по расписанию – так родилась настоящая индустрия по выпуску телевизионной продукции.

В прошлом веке все задачи телевидения решались с использованием систем аналоговой обработки, передачи и хранения сигналов. Однако в конце прошлого столетия в телевидении, как и во всем мире, началась «цифровая революция». Поначалу ее «плоды» пожинали не столько потребители, сколько сами создатели телепродукции. Во-первых, «цифра» дала возможность многократно копировать и передавать видеоизображение и звук без потери качества, что было невозможно при использовании аналоговых технологий. Во-вторых,

Ключевые слова: цифровое телевидение, персональный компьютер, эфирный сервер, Форвард Т
Key words: digital television, personal computer, broadcast server, Forward T



МОРОЗОВ Борис Борисович – главный специалист-программист лаборатории программных систем машинной графики Института автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), генеральный менеджер отдела мультимедиа ЗАО «СофтЛаб-НСК». Автор и соавтор 24 научных работ

ТАРАНЦЕВ Игорь Геннадьевич – ведущий инженер-программист лаборатории программных систем машинной графики Института автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск), доцент кафедры автоматизации физико-технических исследований физического факультета Новосибирского государственного университета, руководитель отдела программных разработок ЗАО «СофтЛаб-НСК». Автор и соавтор 20 научных работ

она открыла эру «нелинейного монтажа», что означало произвольный доступ в любой момент времени к любому фрагменту видеоматериала без бесконечных «перемоток ленты».

Результатом стало стремительное накопление разнообразнейшей цифровой информации. К тому же в телевидении стало возможным использовать практически любой аудиовизуальный контент благодаря быстрому росту числа всевозможных преобразователей формата и кодеков (кодировщиков-дешифраторов информации и сигналов).

Наконец дело дошло и до основы телевидения – удаленной передачи. Оказалось, что цифровая форма позволяет передавать куда больше информации на единицу вложений, чем аналоговая. К тому же зачастую для

© И. Г. Таранцев, Б. Б. Морозов, 2013



Идею аналогового телевидения – превращение плоского изображения в последовательный сигнал и обратно, хорошо передает аналогия с вязаной картиной, которую сначала распускают, а из получившейся нити вновь вяжут первоначальный «узор». И такой процесс повторяется для каждого кадра.

В случае цифрового телевидения по каналам связи передается уже не цельная «нить», а перемешанный и порванный в клочья клубок, часть которого выкинули, а часть сожгли... Но в конце концов на телеприемнике перед нами, как птица феникс из пепла, возникает все та же «вязаная картина», неотличимая от оригинала

Для любой телекомпании с длинной историей архив видеокассет до сих пор является огромной ценностью

цифрового телевидения удавалось использовать уже имеющиеся приемо-передающие средства и кабельные сети. Именно радикальное снижение затрат на доставку объемного аудиовизуального контента пользователям и стало одним из важнейших достижений эры цифровых технологий в телевидении.

Следующий революционный этап в развитии телевидения связан с появлением интернет-технологий. Эта альтернативная среда передачи информации характеризуется не только высокой доступностью благодаря своей массовости, но и наличием обратной связи от пользователя к вещателю. В результате телевидение приобрело совершенно новые возможности «удаленного участия» и управления контентом (интерактивное телевидение, видео по запросу (VoD)). Появились интеллектуальные домашние медиа-центры, которые могут автоматически записывать нужные пользователю фрагменты телевизионного эфира, собирать тематические подборки новостей по выбранным темам и т. п.

Став виртуальным и автоматическим, телевизионный контент в начале нового века зажил своей собственной «жизнью», причем в создании этой медийной среды активное участие могут принимать сами потребители. Однако подавляющее большинство из них знакомо лишь с «верхушкой айсберга» программно-технического обеспечения нового цифрового телевидения.

В транспортном видеопотоке

Еще совсем недавно ключевым элементом в телевизионной индустрии был аналоговый видеоманитон: для любой телекомпании архив отснятых видеокассет до сих пор является огромной ценностью. Вещание в эфир шло с нескольких видеоманитонов через эфирный пульт под непрерывным наблюдением режиссера.

С приходом цифровых технологий ситуация принципиально изменилась. При съемках используются цифровые камеры, у которых даже объективы становятся частично дискретными. Свет преобразовывается в цифровой сигнал в полупроводниковой ПЗС-матрице. Полученное двумерное изображение, сжатое с помощью современных алгоритмов сжатия последовательности изображений (MPEG2, MPEG4/AVC, DV и др.), записывается на карты памяти или твердотельные диски.

Монтаж отснятого видеоматериала выполняется на компьютере: имеются специальные переносные компьютеры, позволяющие смонтировать отснятый материал буквально «по дороге» с места события к эфирной студии. В результате такой материал попадает в эфир программы новостей максимально быстро.

По существу, видеоматериал является обычным компьютерным файлом, и храниться в архивах он может, соответственно, на жестких дисках, магнитных лентах или оптических дисках (DVD, Blue Ray).

Собственно телевизионное вещание (т. е. доставка видеоизображения и звукового сигнала потребителю) сегодня может быть спутниковым, эфирным, кабельным или осуществляться через Интернет. И хотя среда доставки сигнала у всех этих способов вещания принципиально различается, к телезрителю всегда передается одинаковое содержимое – так называемый *транспортный поток*, протокол передачи аудио- и видеоданных, описанный в стандарте MPEG2 Transport Stream. Подавляющее большинство современных «умных» телевизоров (или специальных телевизионных приставок) могут извлекать из такого видеопотока и декодировать изображение и звук конкретной телевизионной программы.

Формирование транспортного потока из видеофайлов осуществляется, как и прежде, в эфирной аппаратной телестанции, куда этот материал поступает по сетям Интернета, оптическим каналам связи либо специализированным цифровым каналам SDI или ASI. Перед обработкой изображение и звук декодируются и, при необходимости, масштабируются к одному формату. Например, сейчас стандартным для изображения считается разрешение 1920 пикселей в ширину и 1080 пикселей в высоту, для звука – 48 000 звуковых сэмплов в секунду (при 24 битах на сэмпл) и два или более звуковых канала (стерео или «объемный» звук). В итоге эфирный сервер формирует один результирующий цифровой поток, содержащий видео и звук, который сжимается и упаковывается в транспортный поток MPEG2.

Таким образом, от момента формирования сигнала в ПЗС-матрице телекамеры до «включения пикселей» в современном жидкокристаллическом или плазменном телевизоре изображение и звук «путешествуют» только в виде обычного компьютерного файла или цифрового потока. И в этом

смысле все современное телевидение является одной сложной информационной технологией.

Форвард – вперед!

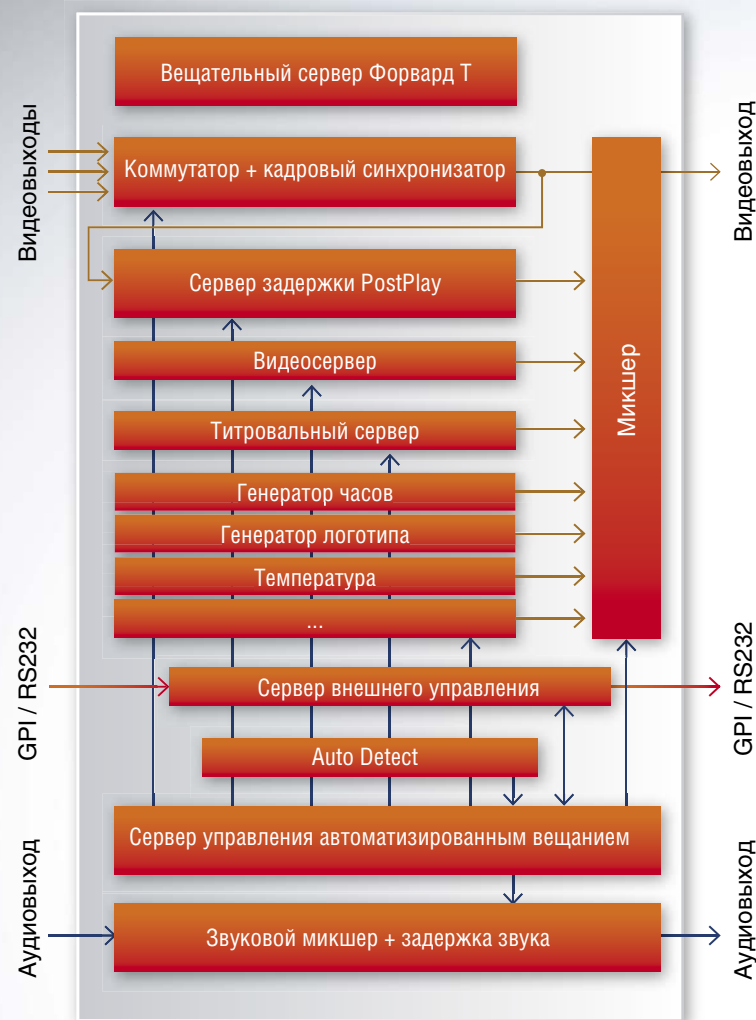
Как известно, преобразование любых цифровых данных может быть выполнено как на обычном персональном компьютере, так и на *сервере* – специальном компьютерном оборудовании для обслуживания многих клиентов. Весь вопрос в том, хватает ли производительности того или иного конкретного устройства для решения поставленных задач.

Многолетний опыт использования персональных компьютеров для целей телевидения в лаборатории программных систем машинной графики Института автоматики и электрометрии СО РАН (Новосибирск) показывает, что мощности современного компьютера вполне достаточно для проведения практически всех операций, которые должен выполнять эфирный сервер. Причем в отношении наиболее распространенного в наши дни телевизионного разрешения (720×576 пикселей) запас по мощности настолько высок, что на одном компьютере можно формировать до десяти телепрограмм, при этом он будет успевать выполнять одновременно десятки сложных операций с медиаданными.

В традиционной эфирной аппаратной для каждого элемента схемы использовались отдельные устройства, данные между которыми передавались аналоговыми сигналами. А поскольку сами эти устройства давно стали «цифровыми», то при преобразовании аналогового сигнала в цифровой на каждом шагу происходила потеря, пусть и незначительная, качества изображения и звука. В современной эфирной студии преобразование сигнала выполняется на одном компьютере и только один раз, поэтому потери качества не происходит.

С помощью современного переносного цифрового видеоманитона отснятый материал можно смонтировать прямо по дороге с места события в эфирную студию





В задачи вещательного сервера «Форвард Т», разработанного компанией ЗАО «СофтЛаб-НСК», входит:

- прием одного или нескольких входных видео- и аудиосигналов, их синхронизация и коммутация (переключение с одного сигнала на другой);
- задержка входного сигнала на произвольное время с использованием технологии PostPlay;
- прием и отправка управляющих команд через стандартные протоколы GPI и(или) RS232;
- автоматическое распознавание управляющих последовательностей во входном сигнале с использованием технологии AutoDetect;
- воспроизведение звуковых и видеоматериалов;
- наложение многослойных анимированных титров

Обычный персональный компьютер, в котором установлена плата ввода-вывода профессиональных телевизионных сигналов, можно использовать и в универсальном вещательном сервере, объединяющем различные программно-аппаратные комплексы для видеопроизводства и автоматизации эфира из линейки продуктов «Форвард Т».

Семейство «Форвард Т» было разработано новосибирской компанией «СофтЛаб-НСК» на базе многолетних исследований лаборатории программных систем машинной графики ИАиЭ СО РАН. Вещательный сервер «Форвард Т», пользующийся большой популярностью не только в России, но и в странах СНГ и Восточной Европы, по сравнению с аналогичными решениями отличается многофункциональностью и очень высокой степенью интеграции: он один в состоянии решить практически все задачи эфирного вещания региональной телекомпании. При этом сервер очень надежен и обеспечивает безостановочную работу в течение многих месяцев.

Сам себе режиссер

Ядром вещательного сервера «Форвард Т» является *микшер*, который с помощью стандартного процессора обеспечивает формирование из многих видео- и аудиосигналов одного результирующего. Быстродействие алгоритма микширования является ключевым фактором, определяющим работоспособность эфирного сервера, поэтому в лаборатории особое внимание уделяется совершенствованию микшера (Арсенин и др., 2003; Арсенин, Таранцев, 2006).

Микшер работает с несжатыми цифровыми сигналами. Поскольку скорость поступления входных данных (например, из сети Интернет) может сильно меняться, необходимо буферизовать их в специальных «очередях», построенных по принципу FIFO (от англ. *first in, first out* – первым пришел, первым ушел) (Гагарин и др., 2006).

Использование FIFO позволяет решить ряд проблем, в первую очередь, проблему синхронизации времени. В качестве примера приведем телевизионную

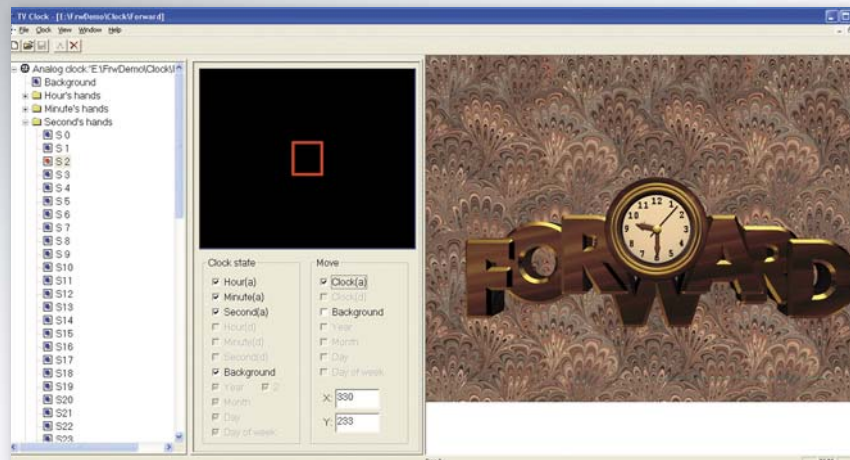


студию с тремя обычными видеокамерами. Каждая камера снимает строго 25 кадров/с, но делает это по своим собственным часам. И хотя точность хода таких часов достаточно высока, при допустимой погрешности уже через 30 минут может накопиться разница в один кадр, а через несколько часов эта разница будет видна невооруженным глазом. FIFO самостоятельно засекает время прихода каждого кадра по опорным часам и вычисляет среднюю скорость поступления кадров за определенное время (например, за несколько минут). Фактически FIFO вычисляет скорость хода часов камеры относительно скорости хода опорных часов. Соответственно, данные из FIFO извлекаются по скорректированному времени, поэтому изображения со всех трех камер «разбегаются» относительно друг друга не более, чем на один кадр даже через неделю непрерывной работы системы.

Использование FIFO также позволяет выносить в отдельные

Широкий спектр простых титровальных модулей вещательного сервера позволяет решить практически все проблемы оформления эфира телеканалов различного профиля





Для создания собственных, уникальных титров телеканала в вещательном сервере имеется ряд специально разработанных приложений, таких как программа по «дизайну» часов

независимые процессы часть работы, связанной с использованием программного обеспечения (ПО) сторонних производителей, например, программные модули для обработки видеоизображений. В этом случае наличие ошибки в таком ПО приводит к остановке лишь отдельного процесса, в то время как основное приложение продолжает работать.

Для отображения всей типовой анимированной графики, необходимой для оформления эфира (статический и движущийся текст, «картинки», часы, «живое» видео и т.д.), разработан широкий спектр модулей титровальных элементов. В качестве источников текста и изображений могут выступать текстовые файлы, интернет-ресурсы в формате RSS-лент и веб-страниц, информация с различных датчиков (например, с «домашней» метеостанции) и т.п. Кроме того, пользователь сервера имеет возможность создавать свои титровальные элементы на QML (языке программирования,

основанном на JavaScript и предназначенном для дизайна приложений). Создать собственные титры поможет и широкий спектр специально разработанных различных приложений, таких как программа по «дизайну» внешнего вида часов.

Из нескольких титровальных элементов можно сформировать группу, управляемую своим скриптом (программным файлом-сценарием) JavaScript. Таким образом можно решать практически любые задачи визуально-графического оформления эфира.

В «Форвард Т» используется и разработанная в «СофтЛаб-НСК» система PostPlay, которая позволяет задержать на произвольное время вещание входного видео. Собственный протокол управления доступом к видеоданным гарантирует надежную работу для многих клиентов одновременно.

В сервере предусмотрена автоматизация процесса врезки локальных передач (местные новости,

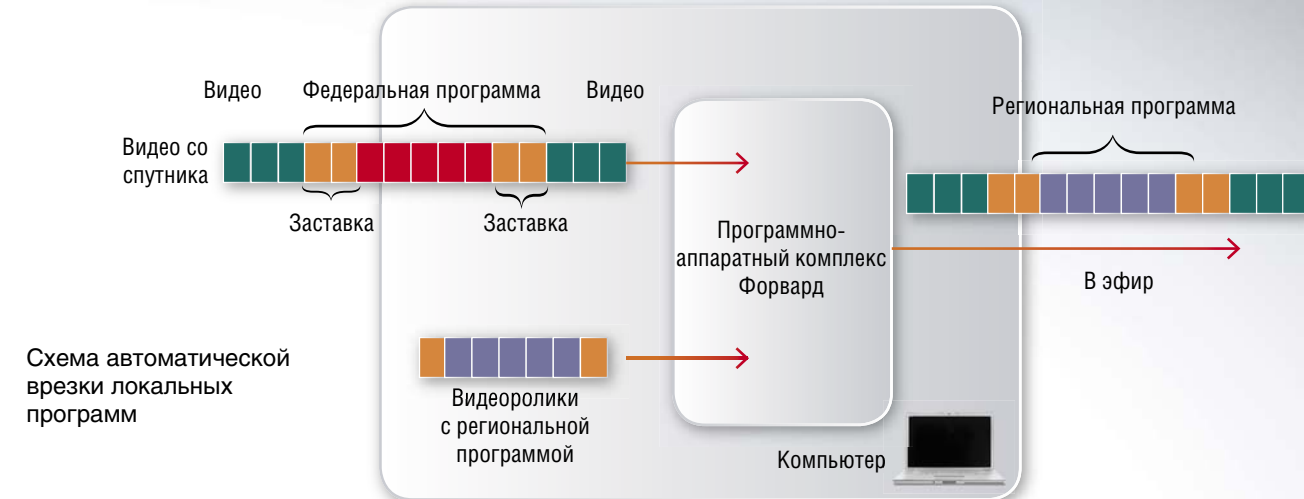
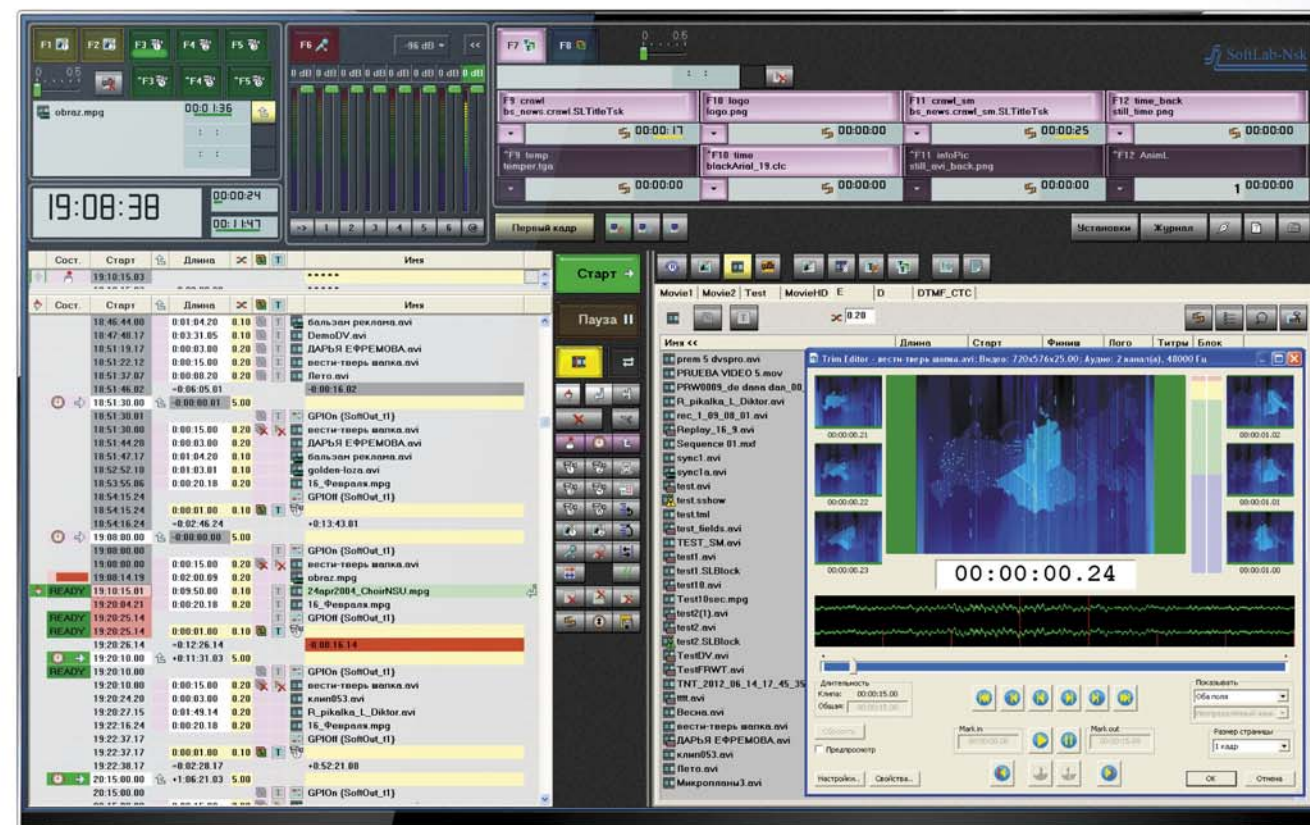


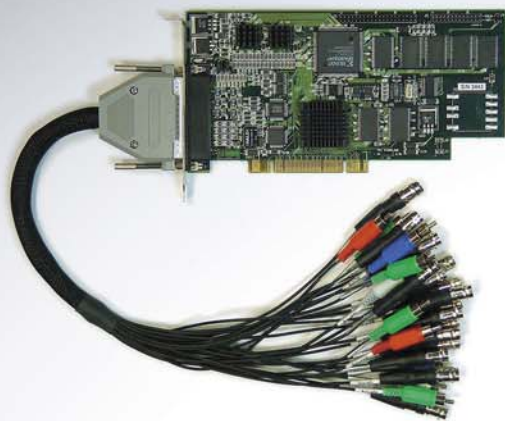
Схема автоматической врезки локальных программ



В интерфейсе программы для автоматизации вещания OnAir учтены запросы пользователей за более чем двадцатилетний период эксплуатации и развития систем «Форвард». Он разбит на несколько частей: интерактивное управление коммутацией источников видео, отображение времени, звуковой микшер, интерактивное управление титрами, основное и вспомогательное расписания и блок редактирования расписания



В сервере задержки вещания PostPlay запись данных ведется в циклический буфер, формируемый средствами стандартной файловой системы NTFS. Это позволяет не допустить фрагментацию дискового пространства, а чтение и запись данных большими блоками обеспечивает максимальную производительность дисков



В вещательном сервере «Форвард Т» можно использовать обычный персональный компьютер, в котором установлены разработанные в «СофтЛаб-НСК» платы ввода-вывода профессиональных телевизионных сигналов: аналоговых (вверху) и цифровых (внизу)

рекламные вставки) в эфир ретранслируемых внешних телевизионных каналов. Для этого используется технология AutoDetect, которая может обнаруживать во входном видео или звуковом сигнале определенные метки (например, заданную последовательность DTMF-символов).

Имеется и возможность создания набора звуковых или видеозаставок, предваряющих момент врезки во входной сигнал. При их использовании сервер будет постоянно сравнивать входной сигнал с образцами из набора и при их совпадении автоматически сформирует управляющий сигнал для начала и конца врезки. Такая же технология может использоваться для врезки в видеосигнал автоматического оповещения о создании местной чрезвычайной ситуации.

Все эти сервисы могут работать полностью в автоматическом режиме под управлением программы OnAir, которая поддерживает самый разный распорядок работы (например, старт по времени, по команде оператора, по меткам AutoDetect и т. д.). В результате расписание телепередач можно создавать заранее на много дней вперед либо подгружать автоматически или формировать непосредственно в процессе вещания.

«Облачный» сервер

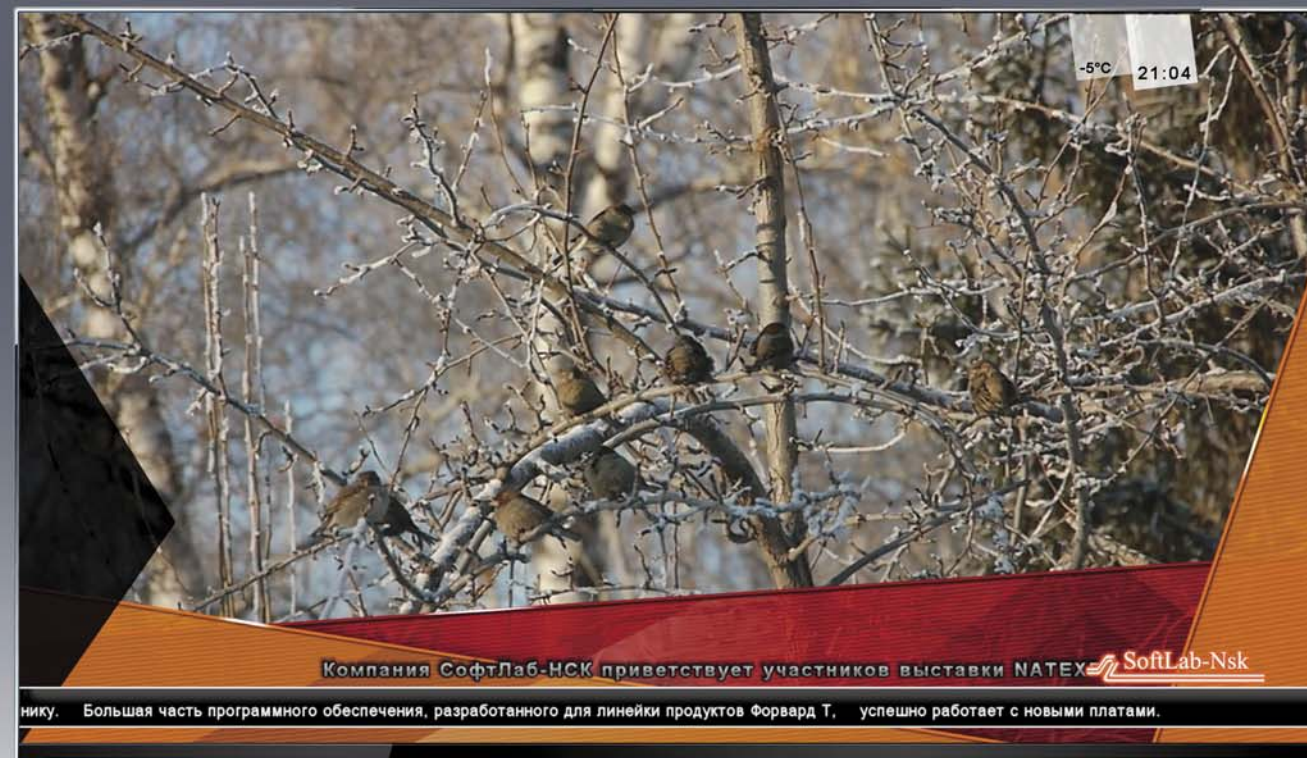
Компания «СофтЛаб-НСК» не только разрабатывает решения по комплексной автоматизации телестудий: у нее уже накоплен немалый опыт по организации цифрового вещания с использованием своих продуктов и не только внутри небольшой локальной сети, но и в большой распределенной сети, объединяющей несколько городов.

Поскольку с переходом на цифровое вещание отпадает надобность в использовании аналоговых сигналов, в этом случае в качестве среды передачи данных в подавляющем большинстве случаев оптимально использовать сеть Интернет. У компании есть успешный опыт такой интернет-трансляции из западной части страны в восточную (из Екатеринбурга во Владивосток). Однако поскольку на профессиональном телевизионном рынке по-прежнему остаются популярными стандарты SDI и ASI, для работы с ними разработаны специальные платы ввода-вывода, вставляемые в слоты расширения обычного персонального компьютера.

В любом случае компьютер эфирного сервера самостоятельно выполняет как демультиплексирование и декодирование входных цифровых потоков, так и кодирование и мультиплексирование выходных потоков. Один и тот же видеосигнал может выдаваться на разные выходы, в разных форматах и разрешениях.

Дальнейшее развитие такого «цифрового» подхода к телевидению связано с распространением так называемых «облачных» технологий, дающих возможность организации полностью «виртуального» телеканала. В этом случае в «облаке» арендуется компьютер вместе с установленной в нем операционной системой, а все видео- и аудиосигналы поступают в облако по сети Интернет, так же как и результирующий видеопоток – зрителям.

Такой сервер может работать в полностью автономном режиме либо под интерактивным управлением оператора эфира. И организовать его можно буквально за несколько дней. При этом стоимость такого телеканала, в отличие от традиционных эфирных каналов, будет определяться уже не стоимостью оборудования, а затратами на зарплату персонала и в большей степени стоимостью лицензий на контент, т. е. на право показа видеоматериала.



И здесь на первое место будет выходить задача создания собственного контента. Например, с помощью виртуальной студии, где благодаря тем же информационным технологиям можно будет работать с живыми и компьютерными персонажами в виртуальных трехмерных интерьерах (Арсенин и др., 1998).

В связи с растущей популярностью социальных сетей, файл-хостингов и других информационных средств не только у продвинутой молодежи, но и у представителей старшего поколения, не может не возникнуть вопрос: останется ли вообще в недалеком будущем место современному цифровому телевидению?

Хочется верить, что телевидение, как в свое время театр и кино, переживет эту «информационную болезнь». Ведь для многих оно остается привлекательным благодаря тому, что как ничто другое позволяет ощутить свою причастность к событию, происходящему «прямо здесь и прямо сейчас». И хотя зачастую это только иллюзия, телевизор до сих пор остается для нас «окном» в мир. Кроме того, существует и своего рода психологический феномен «отдыха у телевизора», связанный с потребностью человека на какое-то время расслабиться, играя роль «пассивного наблюдателя».

Все это придает «телевизионщикам» уверенность, что телевидение будет и дальше развиваться и успешно адаптироваться к миру современных информационных технологий, фактически подчиняя их своим нуждам.

В специальном рекламном ролике компании «СофтЛаб-НСК» демонстрируются все возможности вещательного сервера «Форвард Т»

Литература

Арсенин И.М., Таранцев И.Г., Черепанов В.В. Методы управления с точностью до кадра параметрами воспроизведения мультимедиаданных в ОС Windows // Семинар «Наукоемкое программное обеспечение». Новосибирск, 2003.

Арсенин И.М., Таранцев И.Г. Ядро системы генерации многослойных динамических титров // 16-я Междунар. конф. по компьютерной графике и ее приложениям «Графикон-2006». Новосибирск, ИВММГ СО РАН, 2006.

Арсенин И.М., Комаров А.С., Таранцев И.Г. Способы повышения надежности приложений при использовании технологии DirectShow. Ершовская конф. по информатике 2011 // Семинар «Наукоемкое программное обеспечение»: труды НПО. Новосибирск, 2011.

Гагарин А.А., Таранцев И.Г., Шишкин Д.Ю. Архитектура генераторов изображений для системы генерации многослойных динамических титров // 16-я Междунар. конф. по компьютерной графике и ее приложениям «Графикон-2006». Новосибирск, ИВММГ СО РАН, 2006.

В публикации использован иллюстративный материал из архива «СофтЛаб-НСК»