

Алексей Поляков

Цифровое 3D-телевидение

Варианты построения системы объемной визуализации

Об авторе: Алексей Юрьевич Поляков, к.т.н., директор Группы компаний Triaxes, автор технологии и программного обеспечения для создания стереоскопических изображений, автор книг на тему «Компьютерная графика», опубликованных в России и США.

Развитие цифрового телевидения дает возможность перехода на новый уровень технологий показа видео. Многие ожидания связаны не только с повышением качества изображений, но и прорывом в третье измерение.

Существует несколько технологий объемной визуализации. Далее в статье стереоскопическое видео мы будем обозначать S3D, многоракурсное видео — M3D.

Интерес к 3D-фильмам в настоящее время настолько высок, что некоторые продюсеры в срочном порядке переводят уже готовые ленты в объемный формат, считая, что в 2D-варианте они уже не актуальны. Однако создание кинофильма в 3D-формате — пока технически сложная задача.

В компьютерной мультипликации создать 3D гораздо проще, чем при реальной видеосъемке. Видимо, поэтому Disney Animation и Pixar объявили, что

отныне и впредь все их мультипликационные премьеры будут выходить как в 2D-, так и в 3D-вариантах.

Выпуск всеми ведущими производителями телевизоров и дисплеев моделей, способных показывать 3D-изображения, дает возможность зрителям посмотреть объемное изображение не только в кино, но и дома. 3D-телевизоры и дисплеи уже производят Philips, Samsung, Panasonic, Sony, Acer и др. Необходимую основу для реализации 3D-трансляций создает переход телевидения на цифровой формат вещания.

В мире уже есть ряд примеров практической реализации стереоскопического телевизионного показа. В феврале этого года в девяти пабах Лондона, Манчест-

тера, Кардиффа, Эдинбурга и Дублина английской телекомпанией Sky была проведена прямая трансляция футбольного матча «Арсенал» — «Манчестер Юнайтед» в 3D-формате. Есть и другие примеры тестовых трансляций, в том числе и в России. На выставке CSTB 2010 компании «Платформа HD» и General Satellite объявили о начале тестовой трансляции 3D-канала. Совсем недавно была осуществлена спутниковая теле-трансляция из Мариинского театра. Надо отметить, что и Sky, и другие компании транслируют S3D-видео.

Трансляция S3D-каналов

В настоящее время известны распространены три способа трансляции S3D-каналов.

1. Передача двух каналов видео с уменьшением горизонтального разрешения. В этом случае в один кадр HD-разрешения шириной 1920 пикселей записываются два кадра, один из левого, второй из правого каналов. При этом разрешение каждого канала по горизонтали становится 960 пикселей. Достоинство этого формата в том, что для S3D-трансляций можно использовать существующие HD-каналы. Кроме того, при правильной подготовке исходного видеоматериала синхронизация каналов обеспечивается автоматически, а для декодирования потока на приемном конце не требуется более высоких ресурсов. Принять и вывести на 3D-телевизор такой сигнал может любая телевизионная приставка, поддерживающая HD-разрешение. Недостаток способа — в уменьшении разрешения и в том, что такой видеопоток некомфортно (хотя и возможно) смотреть на телевизионном приемнике, не оснащенном 3D-очками.

2. Трансляция каналов для левого и правого глаза отдельными каналами. Такое вещание также может быть обеспечено существующей инфраструктурой цифровых HD-трансляций. Для синхронизации каналов используются специальные метки времени, присутствующие в каждом потоке. Данная схема обеспечивает полное разрешение изображения, однако для передачи и декодирования требует удвоенных ресурсов. Уменьшить количество передаваемых данных за счет межканального сжатия нет возможности. Достоинством данного подхода является то, что любой из каналов может быть просмотрен как обычный 2D-канал.

3. Еще один способ — увеличенная частота кадров. В этом случае в потоке вместо 25 кадров в секунду передается 50 кадров: 25 для левого и 25 кадров для правого глаза чередуются в потоке. Это накладывает дополнительные требования на синхронизацию потоков при подготовке. Такой поток требует меньшей скорости передачи (битрейта — от английского bitrate) за счет использования механизмов межкадровой компрессии, в том числе и между правым и левым каналами. Однако к декодерам предъявляются дополнительные требования — поддержка более сложного профиля компрессии. Такую трансляцию также не посмотреть на обычном телевизоре.

Видимо, за счет сравнительной простоты в тестовых телевизионных S3D-трансляциях чаще используется первый подход.

Форматы представления S3D-изображений

После декодирования и перед выводом на устройство визуализации S3D-видео форматируется следующими способами:

1. Чересстрочное чередование.
2. Чередование по времени.
3. Чередование попиксельно в виде шахматной доски.
4. Макетирование в один кадр с уменьшением разрешения по горизонтали и вертикали.

Различные 3D-дисплеи и телевизоры обычно понимают несколько форматов. Однако для компрессии и передачи не все форматы одинаково удобны. В частности, «шахматная доска» будет компрессироваться сложнее. Поэтому форматирование сигнала рационально осуществляется уже на приемном конце, непосредственно перед выводом на телевизор.

Демонстрация S3D-видео

В настоящее время наиболее широкое распространение получили 3D-телевизоры и дисплеи, использующие очки для просмотра стереоскопического видео. Причина — относительная дешевизна таких устройств. Кроме того, наиболее широко используемый S3D-формат требует четкого разделения каналов, что наиболее просто достигается с помощью очков.

«Очковые» телевизоры и дисплеи делятся на две группы:

1. Использующие очки «шторного» типа (активная поляризация). Стекла в них меняют свою прозрачность синхронно с показом на экране кадров, предназначенных для левого и правого глаз. Такие дисплеи и телевизоры должны поддерживать частоту обновления от 120 Гц и более для того, чтобы уменьшить эффект мерцания. При 120 Гц мерцание все же заметно, если в поле зрения попадают источники освещения или дневной свет. Уже есть сообщения о выпуске телевизоров с частотой 240 Гц. При использовании данного способа показа 3D возможно обеспечить изображение полного разрешения для каждого глаза, однако это потребует использования трансляций S3D отдельными каналами либо увеличения частоты кадров.

2. Использующие очки пассивной поляризации, линейной или циркулярной. При этом на экране показываются кадры для правого и левого глаз в чересстрочном формате. Достоинство пассивной поляризации — в полном отсутствии мерцания и утомления глаз. Такой способ обычно предполагает уменьшение разрешения в два раза, но есть конструкции, позволяющие показать полное разрешение для каждого глаза. Примечательно, что собрать такой

❖ Термин «3D» часто используется для обозначения всего спектра объемных технологий показа. По мнению многих специалистов, видеоматериал, содержащий два канала (один — для левого, другой — для правого глаза) правильнее называть стереоскопическим (нежели 3D). Для просмотра такого видео зритель должен надеть специальные очки. Многокадровое 3D-видео содержит ряд каналов (обычно от 8-12) и позволяет использовать технологии показа, не требующие от зрителя применения очков для просмотра. Многокадровое видео позволяет увидеть объекты изображения с разных сторон (в некотором диапазоне).



Рис. 1. S3D-дисплей на полупрозрачном зеркале

➤ Большинство стран мира планируют прекратить поддержку аналогового вещания к 2015 году. На ноябрь 2009-го около 11 стран полностью осуществили переход на цифровое телевидение. В их числе – США, Швеция, Германия. В процессе перехода находятся Великобритания, Канада, Австралия, Франция, Бразилия. В 2011-2015 гг. на цифровое вещание перейдут Великобритания, Австралия, Южная Корея.

дисплеев можно самостоятельно на основе двух обычных LCD-дисплеев. Свет большинства LCD-дисплеев линейно поляризован под углом 45 градусов. Это связано с конструкцией LCD-матрицы. Если направить свет от двух соответствующим образом закрепленных дисплеев на полупрозрачное зеркало, можно получить S3D-изображение полного разрешения. SiFRO-CITY, российская компания из Новосибирска, наладила выпуск полупрозрачных зеркал и консолей для крепления дисплеев (рис. 1).

Стоимость набора — всего несколько тысяч рублей, таким образом, это экономичный способ изготовления 3D-дисплея. При этом обеспечивается очень высокое качество, поскольку оба канала полного разрешения смешиваются оптически и глаза не утомляются мерцанием очков с активной поляризацией.

Недостаток такой конструкции в ее габаритах. В то же время такой S3D-дисплей может быть подходящим вариантом для студий подготовки видео, музеев и т.п.

3D без очков

Несмотря на широкое распространение 3D-телевизоров с очками, этот способ показа имеет существенный недостаток — собственно, необходимость надевать очки. Это сложно для людей, использующих очки для коррекции зрения, и трудноприменимо в общественных местах. Однако есть 3D-дисплеи, позволяющие отобразить объемное видео без очков. Наибольшее развитие и воплощение в виде серийно выпускаемых устройств получила технология, использующая оптический линзовый растр для создания 3D-эффекта [1]. Для показа объемного изображения с использованием метода линзового растра исходное видео должно содержать несколько каналов, снятых со смещением по горизонтали (обычно 8-9 шт.). Такой набор видеопотоков позволяет создать перед экраном большое количество зон стереовидения, находясь в которых, зритель может видеть изображение объемным без очков. При этом у зрителя появляется возможность как бы заглянуть за объекты переднего плана и увидеть (в некоторых пределах) скрытые за ними элементы изображения. Видеопотоки такого рода называют multiview (M3D).

У многих известных марок (Philips, Sharp и др.) есть модели 3D-дисплеев, основанные на принципе линзового растра. Разработка линзово-растровых 3D-устройств началась еще в прошлом веке (например, Philips'ом), однако действительно хорошего эффекта и определенного коммерческого успеха удалось добиться лишь сравнительно недавно с

распространением стандарта высокого разрешения (HD). Это связано с тем, что для формирования кодированного многокадрового изображения требуется более высокое разрешение, чем для каждого из исходных кадров по отдельности: под каждую линзу должны войти элементы всех исходных кадров. Только с появлением возможности передавать и декодировать видео высокого разрешения количества пикселей стало достаточно, чтобы увеличить качество воспроизводимого стереоэффекта (3D).

Формат 2D + Z

Очевидно, что выполнить многокадровую видеосъемку — задача непростая. Требуется либо специальная камера с большим количеством объективов, либо ряд камер и устройство, обеспечивающее синхронную съемку. Надо также учесть: возникает задача хранения большого количества данных — видеопотоков с каждой камеры. Даже с учетом того, что современные методы цифрового видеосжатия позволяют эффективно учитывать временную и пространственную избыточность, объем данных при многокадровой видеосъемке возрастет многократно.

Один из эффективных способов решения проблемы большого объема данных состоит в использовании так называемого формата 2D+Z.

Любому обычному (2D) изображению можно сопоставить информацию об удаленности каждого пиксела от наблюдателя (Z-координату). Такое представление изображения называют «формат 2D+Z», а плоскость координат Z — «картой глубины». Карту можно представить в виде монохромного изображения. В карте глубины градиентами серого обозначается удаленность точек изображения от наблюдателя. На рис. 2 показан пример оригинального изображения и карты глубины.

Формат 2D+Z является продолжением концепции представления информации об изображении по компонентам. Как известно, и в аналоговом, и в цифровом телевидении изображение формируется из яркости и двух цветовых составляющих. Добавление еще одного компонента, характеризующего «объемность» изображения, является вполне логичным развитием и хорошо согласуется с принципами совместимости.

Использование формата 2D+Z позволяет осуществить передачу стереоскопического видео с увеличением потока данных всего на 15-20%. Таким образом, удовлетворяется требование приемлемого объема данных.

Однако 2D+Z не многокадровая серия и даже не стереопара. Чтобы показать объемное изображение, необходимо выполнить расчет серии



Рис. 2. Исходный кадр и карта глубины

кадров. Восстановление стереоскопического изображения происходит путем интерполяции исходного изображения с учетом карты глубины. Полученная серия кадров моделирует M3D-видео и затем демонстрируется с использованием растрового дисплея (рис. 3).

Надо отметить, что достоинством 2D+Z видео является то, что такой видеопоток может быть преобразован и в S3D, то есть позволяет создать универсальное решение.

Подготовка и трансляция M3D

Многие мировые киностудии уже стали снимать новые фильмы в формате стереопары, то есть сразу двумя камерами. Такая съемка позволяет демонстрировать стереоскопические фильмы в кинотеатрах и на мониторах, работающих с использованием поляризационной технологии. Однако двух кадров для демонстрации объемного видео на автостереоскопических устройствах явно недостаточно. Как было отмечено выше, формат 2D+Z представляется наиболее приемлемым вариантом с точки зрения размера передаваемых данных и универсальности — применимости для реконструкции стереоизображения для различных типов 3D-телевизоров. Однако задача построения карты глубины (Z) требует применения сложных алгоритмов и больших вычислительных ресурсов. До недавнего времени не была решена задача генерации 2D+Z потока в реальном времени. Разработанное компанией Triaxes Vision программное обеспечение для сервера видеокompрессии позволяет выполнить такой расчет.

Техническая реализация

Разработанное Triaxes Vision решение демонстрировалось на объединенном стенде Группы компаний (РТПС, ВГТРК, МНИТИ, Elecard, JC и др.) на выставке «Связь-Экспокомм 2010» в ЦВК Экспоцентр «Красная Пресня» в период с 11 по 14 мая. Для демонстрации были организованы две съемочные площадки, на которых в реальном времени производились стереосъемка, обработка и показ 3D в безочковом варианте. Инсталляции моделировали реальную систему трансляции 3D. Посетители стенда могли видеть себя на 3D-дисплеях без использования очков.

Техническая реализация M3D-трансляции:

1. Со стереоскопической камеры видео поступает по двум HD SDI портам в сервер видеокodирования. Для захвата видео используются платы Elecard HD Access 2, специально модифицированные для обеспечения синхронности приема двух каналов



Рис. 3. Трансформация 2D+Z изображения в серию кадров и показ на устройстве объемной визуализации.

стереоскопического видео.

2. Программное обеспечение Triaxes Vision выполняет синхронизацию двух каналов видео. Далее для каждого кадра видео рассчитывается «карта глубины» и формируется 2D+Z поток. Для расчета карты используется алгоритм анализа различий между двумя каналами видео.

3. 2D+Z видео компрессируется кодеком Elecard и упаковывается в стандартный MPEG transport stream (TS). Полученный TS далее транслируется по локальной IP-сети на стенде. В принципе, такой TS уже можно инкапсулировать и транслировать по DVB-T.

4. В качестве приемных устройств использованы телевизионные приставки (STB) Triaxes 3D Player (построены на базе серийно выпускаемых Elecard STB) со специальным программным обеспечением. STB принимает по IP, декомпрессирует поток и показывает на дисплеи Philips WOWvx.

Проведенная выставка показала, что уже сейчас вполне возможна реализация 3D-телевидения без использования очков. Вероятно, впервые в мире продемонстрирован следующий этап развития 3D TV.

Проблемы существующих реализаций

Ни один из существующих в настоящее время способов 3D-показа не лишен недостатков.

В частности, используемый в трансляциях Sky и «Платформы HD» формат S3D, в котором кадры для левого и правого глаза смонтированы в один видеокaдр 1920x1080 (side-by-side), предполагает уменьшение разрешения по ширине каждого кадра в два раза. Это ведет к снижению качества изображения. Кроме того, такой способ трансляции не имеет обратной совместимости, то есть смотреть такое изображение на 2D-телевизоре хоть и можно, но некомфортно (на экране одновременно будут видны два кадра, вытянутые по высоте).

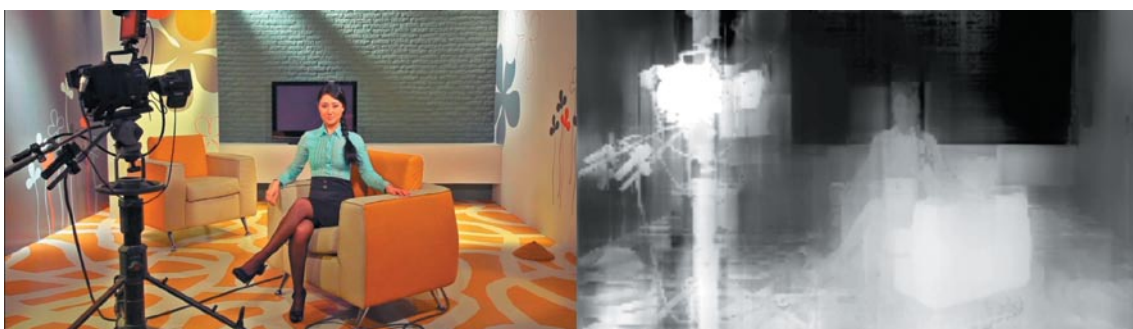


Рис. 4.2. Исходный кадр и карта глубины, рассчитанная автоматически. Исходная стереосъемка произведена студией TO-VSE.com



Рис. 3.
Н.Н. Вилкова,
генеральный
директор
ЗАО МНИТИ
и К.Н. Быструшкин,
заместитель
по научной работе.
На заднем
плане виден
автостереоскопический
дисплей, на
который в реальном
времени идет
трансляция М3D-
изображения.

Закрепление такого положения приведет к тому, что придется отдельно транслировать 3D-каналы, отдельно 2D. Это означает увеличение числа транслируемых каналов (требуемых ресурсов) в два раза. По-хорошему так быть не должно, ведь не транслируют же отдельные каналы на цветные и черно-белые телевизоры.

Существующие реализации М3D-трансляций тоже имеют похожие проблемы, только еще более ярко выраженные. Устройства отображения М3D понижают разрешение изображения еще в большей степени из-за необходимости показа на одном экране HD-разрешения сразу нескольких ракурсов. Устранить данный недостаток возможно при использовании дисплеев более высокого разрешения. При этом не потребуются увеличивать разрешение и скорость трансляции 3D-каналов.

Универсальная 3D-трансляция

Обеспечить обратную совместимость (с 2D-телевизорами) и универсальность, то есть возможность показа одного и того же 3D-контента на устройствах S3D и М3D, вполне реально на базе уже существующих и повсеместно принятых стандартах MPEG. Основная идея в том, чтобы передавать основной видеоканал полного разрешения и дополнительно к нему

ассоциированные данные, например, изображение для второго глаза или карту глубины Z. Реализация может быть такой, что существенного увеличения скорости канала не потребуется. Эффективная компрессия дополнительного канала возможна за счет передачи лишь «разницы» к основному кадру. Информация же о глубине Z сжимается очень хорошо, так как это монохромное изображение; кроме того, можно также использовать межкадровое вычитание. В результате универсальный, обратно совместимый 3D-канал потребует всего на 30-50% большей скорости потока, что может быть вполне компенсировано использованием эффективных реализаций кодека компрессии.

Стандартизация

Формат MPEG-2 имеет дополнительный многоракурсный (multiview) профиль, принятый в 1996 году, позволяющий кодировать и передавать изображения с двух и более камер [2].

Спецификация формата MPEG-4, части 2, определяющая способ кодирования видеообъектов, позволяет стандартным способом передавать и обычное 2D-изображение, и соответствующую ему карту глубины (Z). Аналогичные возможности есть и в MPEG-4, части 10 (AVC). Стандарты определяют возможность кодировать плоскость Z как дополнительные данные, которые могут быть проигнорированы устройствами, не ожидающими их появления. При этом наличие Z никак не повлияет на декодирование основного изображения. Форматы MPEG-2 и MPEG-4 (AVC) являются основными в цифровой телевидении, поэтому уже есть достаточная база для стандартной трансляции 3D-видеоданных. Надо отметить, что работа над стандартизацией продолжается, принятие очередных добавлений ожидается к 2011 году [3]. ■

Список использованной литературы:

1. А.Ю. Поляков. Цифровое объемное телевидение 3DTV// Техника кино и телевидения. №1, 2009.
2. Jens-Rainer Ohm. Stereo/Multiview Video Encoding Using the MPEG Family of Standards. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.39.6604>.
3. Atanas Gotchev. Computer Technologies for 3D Video Delivery for Home Entertainment. <http://ecet.ecs.ru.acad.bg/cst08/docs/cp/Plenary/P.1.pdf>.

Интернет-издание по широкополосным сетям и мультимедийным технологиям

ТЕЛЕ
Мультимедиа

WWW.TELEMULTIMEDIA.RU

Сайт содержит большой архив статей по указанной тематике.
Работает еженедельная рассылка новостей

- События, выставки, конференции
- Беспроводной доступ
- Спутниковый доступ
- Кабельные и волоконно-оптические сети доступа

- Цифровое / IP-телевидение
- Стандарты цифровой связи
- Новые мультимедийные и телекоммуникационные технологии
- По материалам зарубежной прессы