ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЛИК голографического телевизора

М. Смагин, к.т.н., начальник отдела ЗАО "МНИТИ" / smagin@mniti.ru

УДК 621.397.4, DOI: 10.22184/2070-8963.2018.73.4.48.57

Телевизоры будущего уже давно можно увидеть по телевизорам настоящего. И если во многих других технических сферах ученые и инженеры передают пользователям придуманные ими технологии и учат ими пользоваться, то в области кино и телевидения конечные пользователи, производители и потребители видеoinформации требуют от ученых и инженеров технологии, облик и модель пользования которыми они же сами и придумали.

ОСОБЕННОСТИ ЭВОЛЮЦИИ

Один из многочисленных ярких эпитетов, которыми часто любят награждать неумолимо движущийся к концу своей первой четверти XXI век, – "информационный век". Информационные технологии прочно вошли в моду и не собираются из нее выходить в ближайшее время, хотя человечество по-прежнему вынуждено добывать нефть, чтобы получить энергию, и возделывать землю, чтобы добыть пропитание. Некоторые даже возводят информацию до уровня третьей фундаментальной физической категории наряду с материей и энергией, а потребность в информации провозглашается одной из базовых потребностей человека.

Между тем сама информация не имеет физической формы и неотделима от форм представления, которые сами непрерывно эволюционируют. И если последние несколько тысяч лет основной формой представления информации был текст, то в наступившем XXI веке он стремительно проигрывает свои позиции графическим формам, как статическим, так и динамическим, – в первую очередь, конечно, кинематографическим и видеографическим. Книжки уступают место видеолекциям, и даже инструкции к бытовой технике часто выполняют в виде учебных видеофильмов.

Эволюционируют не только формы представления информации, но и способы практической реализации данных форм. И если эволюция способов реализации текстового представления информации протекала от рукописного воспроизведения через печатные станки Гуттенберга и Федорова к почти безграничным возможностям современной полиграфии, то эволюция способов реализации представления изображений развивалась от немого и черно-белого кино братьев Люмьер через черно-белые и цветные телевизоры к современным видеомониторам и телевизорам высокой и ультравысокой четкости.

Вполне закономерен вопрос: что же дальше? Какие способы представления видеоданных начнут использоваться в ближайшем будущем? Ответ давно известен, и любой современный потребитель видеoinформации, знакомый с произведениями научно-фантастического кинематографа, давно знает: телевизоры будущего должны быть такими, как в фильмах "Вспомнить все", "Звездные войны" или каком-нибудь еще популярном фантастическом блокбастере.

Наверное, в этом заключается один из уникальных аспектов телевизионной

техники, – телевизоры будущего уже давно можно увидеть по телевизорам настоящего. И если во многих других технических сферах ученые и инженеры передают пользователям придуманные ими технологии и учат ими пользоваться, то в области кино и телевидения конечные пользователи, производители и потребители видеоинформации требуют от ученых и инженеров технологии, облик и модель пользования которыми они же сами придумали либо уже видели раньше. Эта особенность сильно облегчила задачу, решавшуюся в процессе написания данной статьи, поскольку автору не пришлось напрягать фантазию и устраивать мозговой штурм. Вместо этого оказалось достаточно пересмотреть несколько наиболее популярных фантастических фильмов последних 20 лет и проанализировать увиденное с научно-технической точки зрения.

ТЕЛЕВИЗОРУ – БЫТЬ ИЛИ НЕ БЫТЬ?

Прежде чем говорить о возможном перспективном облике телевизора, необходимо ответить на непростой вопрос: а найдется ли вообще место в будущем телевизору как техническому объекту? Вопрос не праздный и довольно

важный, поскольку основными аргументами против необходимости в будущем такого предмета, как телевизор, являются тенденции технического развития, которые ярко проявляются в настоящее время и которые в будущем могут привести к отмиранию не только телевизоров, но и телевидения как такового.

Во-первых, телевидение как отрасль технических знаний теряет свою обособленность. Причинами тому являются как расширение физических сред передачи данных, используемых для передачи телевизионного сигнала, так и фактическое сращивание современного телевидения с сетью Интернет, с точки зрения которой цифровое телевидение является всего лишь еще одним видом трафика, пусть и с особыми требованиями к скорости и непрерывности передачи.

Во-вторых, производители телевизионной техники постоянно заняты погоней за пресловутым "эффектом присутствия", т.е. повышением степени вовлеченности зрителя в происходящее на экране. Эта погоня неизбежно приводит к желанию избавиться от рамки, ограничивающей телеэкран, и стереть границу между демонстрируемым изображением и окружающей

действительностью. Именно попытка стереть эту рамку и породила современные системы круговой съемки типа "Видео-360", использующие очки виртуальной реальности в качестве устройств отображения. Не получится ли так, что в ближайшем будущем очки виртуальной реальности вытеснят телевизоры?

Казалось бы, аргументы за такое развитие событий значимы и весомы. Однако есть и противоположная точка зрения, со своей системой аргументации.

Во-первых, современные очки виртуальной реальности еще весьма несовершенны. Их наиболее сложным в плане улучшения характеристик узлом является аккумулятор. Современные аккумуляторы очков виртуальной реальности обеспечивают продолжительность непрерывной работы до пяти часов. Этого вполне хватает для просмотра фильма средней продолжительности одним пользователем, но несомненно мало для последовательного использования очков несколькими пользователями без перезарядки, если очки, к примеру, находятся в коллективном пользовании семьи. Кроме того, аккумулятор является еще и самым тяжелым элементом шлема виртуальной реальности, и хотя современные шлемы в настоящее время весят порядка 400–500 г, этого веса достаточно, чтобы вызвать существенное утомление мышц шеи, особенно при просмотре кругового видео, когда зрителю постоянно приходится вертеть головой.

Во-вторых, у очков виртуальной реальности есть ряд принципиальных недостатков, которые либо являются продолжением их достоинств, либо неизбежны при текущем уровне развития конструктивных материалов. Первый недостаток, который, вероятнее всего, при массовом использовании очков виртуальной реальности перестанет быть таковым, носит чисто эстетический характер. Дело в том, что сколько-нибудь продолжительная работа с очками виртуальной реальности приводит к появлению на коже лица специфических следов, исчезающих через полчаса-час после прекращения пользования очками. Последствий для здоровья, конечно, они никаких не влекут, но с точки зрения современных эстетических представлений о красоте человеческого лица выглядят непрезентабельно. Первыми этот эффект обнаружили пользователи очков виртуальной реальности Oculus Rift, поэтому его в шутку прозвали "рифтовой сыпью" или "лицом Oculus".

Другой недостаток гораздо серьезнее. Дело в том, что, как бы странно это ни звучало, очки

виртуальной реальности обеспечивают избыточное погружение в виртуальную реальность, практически исключая физическое или социальное взаимодействие с реальностью физической. Если переходить с языка науки на бытовую, то суть сказанного в том, что закусить любимый фильм попкорном или запить пивом, не говоря уже об обмене мнениями со спутником или спутницей, в виртуальных очках практически невозможно. Учитывая описанный недостаток, а также тот факт, что доля видеоданных коллективного потребления в производимом видеоконтенте не только не снижается, а даже, по некоторым сведениям, несколько увеличивается за счет появления новых популярных видов спорта, можно сказать: телевизору будущего – быть! А если так, то каким он будет?

ТРИ КОНЦЕПЦИИ ТЕЛЕВИДЕНИЯ БУДУЩЕГО

Как уже было сказано, фантастический кинематограф уже давно сформировал в массовом сознании ряд образов телевидения будущего, и ученым и инженерам-разработчикам волей-неволей приходится им следовать, чтобы угодить желаниям потребителя. Автором был проведен анализ литературных и кинематографических произведений последнего времени, показывающих более или менее ближайшее будущее. Если выразить результат анализа одной фразой, то телевидение будущего должно быть более реалистичным и интерактивным.

При этом под реалистичностью во всех источниках понимается приблизительно одно и то же – полная трехмерность демонстрируемого изображения с передачей всех зрительных эффектов, свойственных наблюдению за реально существующими физическими объектами. Хотя здесь тоже надо сказать, что большинство авторов фильмов и книг не рискуют полностью размывать границу между физической реальностью и демонстрируемыми образами – в большинстве случаев демонстрируемые изображения легко можно выделить на фоне реальных интерьеров либо по их полупрозрачности, либо по сопровождающему их демонстрацию специфическому звуку.

Что же касается интерактивности, то здесь спектр решений несколько шире. Чаще всего фантасты считают, что в будущем зритель сможет непосредственно влиять на развитие сюжета видеоповествования, физически взаимодействовать с демонстрируемыми образами, а также произвольного выбирать точку наблюдения

за демонстрируемой сценой. И если реализация почти всех описанных новых степеней свободы лежит не только и не столько в плоскости телевизионной техники, то функция выбора произвольной точки наблюдения представляется реализуемой в ближайшем будущем теми техническими средствами, которые в массовом сознании принято называть голографическим телевидением.

Впрочем, вернемся к трехмерной реалистичности. На основе проанализированных описаний телевидения будущего можно условно выделить основные концепции, в которые укладывается подавляющее большинство описаний. Всего этих концепций три: трехмерное воспроизведение на плоском устройстве отображений (условно назовем эту концепцию "телевизор-окно"); трехмерное воспроизведение в малом объеме; полноразмерное трехмерное воспроизведение, при котором предметы наблюдаемой сцены воспроизводятся в натуральную величину. Рассмотрим более подробно каждую из них.

Концепция "телевизор – окно" является самой старой, она возникла еще до появления собственно телевидения, во времена черно-белого кино. Экран с самого начала представлялся неискушенным зрителям своего рода окном, отражающим вполне реальный мир, причем окном проницаемым. Первые показы знаменитого "Прибытия поезда" зачастую оказывались сорванными, поскольку зрители просто убегали из зала – им казалось, что поезд сейчас выкатится из экрана и проедет по зрительному залу. Потом кинематографисты стали экспериментировать с "обратной" проницаемостью экрана – "попадание" зрителя из зала в экранные события стало распространенным художественным приемом. Одним из первых с этим приемом экспериментировал великий Чарли Чаплин, а самым известным из нынешних киноактеров, прошедшим "сквозь экран", стал Арнольд Шварценеггер в фильме "Последний киногерой". Главное в концепции "телевизор – окно" все же не интерактивность, а именно реализация набора псевдотрехмерных эффектов, делающих восприятие телеизображения неотличимым от взгляда на улицу через окно.

В чем особенности "окна" и отличия его от обычного телевизора? Изображение в "окне" меняется в зависимости от положения зрителя относительно него – меняется угол обзора, направление наблюдения, количество

наблюдаемых объектов (чем ближе зритель к "окну", тем больше "заоконного" пространства он увидит). Сразу возникает резонный вопрос: чем такой телевизор будет отличаться от традиционного и многим хорошо знакомого 3D-телевизора? Отличие это невелико, но значимо, и заключается в реализации так называемого эффекта оглядывания.

С технической точки зрения, традиционный 3D-эффект заключается в смещении объектов переднего плана относительно объектов заднего плана при смене точки наблюдения. Проще говоря, если зритель в процессе просмотра фильма изменил свое положение в кресле, то фигура главного героя на переднем плане должна соответствующим образом сместиться относительно, к примеру, здания на заднем плане – так, чтобы зритель увидел элементы этого здания, ранее скрытые за фигурой главного героя. При этом и сама фигура главного героя, и здание на заднем плане остаются плоскими и как бы меняют свою пространственную ориентацию, чтобы сохранить положение, перпендикулярное линии наблюдения.

"Эффект оглядывания" заключается в том, чтобы в случае смещения положения зрителя ему открывались не только элементы объектов заднего плана, скрытые ранее объектами плана переднего, но и новые элементы самих объектов, как переднего, так и заднего планов. Такой эффект удобно пояснить на примере смартфона. Если расположить смартфон экраном к себе, так чтобы не были видны разъемы и кнопки на его торцевых гранях, то в традиционном 3D любая попытка сменить точку зрения и посмотреть на него с другой стороны, обречена на неудачу – изображение смартфона "развернется" к зрителю, и даже если ему будут видны объекты, ранее смартфоном закрытые, то упомянутых торцевых поверхностей корпуса смартфона увидеть не получится при всем желании. "Эффект оглядывания" же, как следует из названия, позволяет оглядеть объект переднего плана с разных сторон и увидеть и те самые "торцевые поверхности" корпуса, и органы управления, и разъемы на них.

С технической точки зрения суть данного эффекта состоит в том, чтобы предоставить зрителю изображение наблюдаемой сцены в ракурсе, соответствующем положению зрителя относительно сцены. В традиционных 3D-системах этих ракурсов два, для левого и правого глаза зрителя соответственно. Для

Рис.1. Запись и воспроизведение голограмм

реализации эффекта оглядывания таких ракурсных изображений или, проще говоря, ракурсов понадобится гораздо больше. Сколько? Вопрос непростой. Ответ на него зависит от целого ряда факторов, объективных и субъективных, – размера изображения, расстояния от экрана до зрителя, антропометрических характеристик зрителя и даже его тренированности в восприятии объемных изображений. Кроме того, влияют и характеристики самого объекта наблюдения, наличие у него выраженного рельефа, рисунок которого может существенно измениться при смене точки наблюдения.

В среднем для "типичного" человека, сидящего на считающемся оптимальным расстоянии просмотра в четыре высоты экрана и наблюдающего изображение рельефного объекта, смена ракурса будет заметна при повороте объекта на величину порядка 2 градусов, что при стандартных для телевизоров углах зрения в 160–170 градусов дает необходимость демонстрировать до 80 различных ракурсов [1]. Впрочем, эту цифру можно уменьшить. В конце концов, если мы будем менять отображаемые ракурсы каждые 3 или 5 градусов, разница для зрителя будет не очень велика. Уровень комфортного восприятия, по данным разных исследований, составляет порядка 12–14 градусов. А количество ракурсов, при тех же значениях угла зрения составляет

порядка полутора десятков. В исследовании [2] рассматривается случай с 14 ракурсами. Одним из способов, позволяющих реализовать такой эффект, как раз и является голография, поэтому остановимся на ней более подробно.

Согласно формальному определению из учебника физики, голография – это способ получения объемных изображений предметов, основанный на взаимном наложении световых волн. Налагаются друг на друга две световые волны – идущая от источника света, называемая опорной, и точно такая же по своим характеристикам волна, но отраженная от снимаемого объекта, называемая объектной. Характеристики объектной волны при отражении от объекта меняются, и в точке пересечения объектной и опорной волн возникает оптическая картина, отражающая разность характеристик объектной и опорной волн, которая соответствует снимаемому объекту. Для регистрации изображений в точке пересечения объектной и опорной волн в классической голографии использовались (и используются до сих пор) стеклянные пластинки, покрытые фотоэмульсией. Однако сейчас для этой цели все чаще служат обычные цифровые камеры, на выходе которых можно получить, соответственно, цифровые голограммы.

Механизм воспроизведения в целом аналогичен записи (рис.1). Голограмма подсвечивается пучком света, имеющим такие же характеристики, как опорная волна, а свет, отраженный голограммой (или пропущенный сквозь нее, если используется так называемая просветная голограмма), будет иметь характеристики объектной волны, т.е. волны, отраженной от объекта. Такая "псевдообъектная" волна воспринимаемая наблюдателем, порождает у него иллюзию наблюдения за самим объектом. А поскольку каждая подсвеченная точка объекта отражает свет во все стороны, то наблюдатель воспринимает все части "псевдообъектной" волны, которые соответствуют его положению относительно наблюдаемого мнимого объекта, что и позволяет реализовать эффект оглядывания.

Казалось бы, вот он, рабочий механизм. Все давно известно, разработано, придумано – даешь голографический телевизор в каждый дом! Но, к сожалению, не все так просто. Дьявол, как известно, любит прятаться в деталях, и в данном случае черная сущность отца лжи проявляется во всей красе. Дело в том, что и опорная, и объектная волна не могут быть представлены

именно одной волной. И то и другое на самом деле – пучки волн. И для возникновения голографической картины необходимо, чтобы все волны в каждом таком пучке имели одинаковые характеристики, причем требования к сходству характеристик всех волн в пучке крайне жесткие.

Средство для генерации таких пучков есть – это хорошо всем знакомые лазеры, но проблема здесь в том, что никаких других волн, кроме объектных, от снимаемого объекта исходить не должно. А значит, съемка при естественном солнечном освещении превращается в проблему; такая же проблема возникает, если светится сам объект съемки. Другой проблемой становится сколь угодно продолжительная съемка живых существ, здоровья которым мощное лазерное излучение тоже не прибавляет.

Еще один лазер нужен при воспроизведении голограммы, чтобы сгенерировать копию опорной волны. И, к сожалению, мощность лазера, необходимого для работы домашнего голографического телевизора, значительно превышает существующие ограничения для бытовых лазерных излучателей. Эта проблема, надо сказать, актуальна не только для голографических телевизоров – в свое время она была одной из причин, "похоронивших" технологию голографических дисков HVD, которая, как предполагалось, должна была прийти на смену технологии Blu-ray Disk.

Можно ли реализовать эффект оглядывания другим способом? Можно. Наиболее проработанной технологией такого рода в настоящее время является технология автостереоскопических дисплеев (рис.2).

Суть технологии заключается в том, что на экран обычного жидкокристаллического монитора или телевизора накладывается линзовый растр – пластина с большим количеством миниатюрных сферических или цилиндрических линз. Каждая такая линза закрывает несколько участков изображения, в идеальном случае пикселей, каждый из которых отображает соответствующий фрагмент одного из ракурсов. Каждая линза фокусирует световые потоки от них так, чтобы в соответствующем направлении относительно экрана отражался соответствующий ракурс наблюдаемой сцены.

В настоящее время такая технология часто применяется в безочковых 3D-дисплеях для демонстрации традиционного двухракурсного 3D-контента, но ее можно приспособить и для демонстрации большого количества ракурсов.

Рис.2. Автостереоскопическая технология съемки и воспроизведения

Уже сейчас на рынке доступно несколько моделей автостереоскопических 3D-дисплеев, причем их разработкой и производством занимаются как гиганты телерынка вроде LG, Samsung или Toshiba, так и специализированные фирмы, например Dimenco, Alioscopy, Realcel или Magnetic3D [9].

Безусловно, такая система не лишена недостатков. Основной из них – разного рода затруднения, которые могут возникать при использовании подобных телевизоров людьми, чьи антропометрические характеристики далеки от среднестатистических. К таковым относятся не только люди с различными нарушениями работы зрительного аппарата, но и, к примеру, весьма многочисленная детская аудитория.

Аналогичный механизм, пусть и работающий "в обратную сторону", может быть использован для съемки многоракурсных изображений. Если поставить линзовый растр перед обычной кино- или фотокамерой, можно получить многоракурсное изображение, организованное таким образом, что каждый из чувствительных элементов фотоприемной матрицы кино- или фотокамеры будет записывать яркость соответствующего ему участка одного из ракурсов наблюдаемой сцены. Такой механизм реализован в современных камерах светового поля

(например, в камере ILLUM, которая разработана фирмой Lytro и купить которую сейчас может любой желающий). Другой, более дорогой способ – система типа "матрица камер". Идея та же, но разрешение такой многокамерной системы съемки, а значит и четкость снимаемого изображения, гораздо выше. Примером такой системы может являться система Immerge, разработанная все той же фирмой Lytro.

Вопрос сжатия и передачи многокамерных изображений также можно считать решенным. По крайней мере подходы к его решению уже есть и описаны в соответствующих стандартах. В стандарте H.264 начиная с версии 11 (введена в ноябре 2009 года) и в стандарте H.265 начиная с версии 2 (введена в октябре 2014 года) определено расширение MVC (Multiview Video Coding), предусматривающее так называемый Multiview High Profile – профиль сжатия на основе как межкадрового, так и межкадрового сжатия (рис.3).

Возникает сакраментальный вопрос: если все так хорошо, то почему все так плохо? Ну что же, скажем и о том, почему все плохо. Первая причина – техническая. Очевидно, что большое количество ракурсов потребует соответствующего количества пикселей телеэкрана. Поскольку число пикселей на каждом телеэкране есть величина постоянная, пригодность этого экрана к демонстрации многокамерных изображений можно оценить, поделив число пикселей на число ракурсов. И здесь картина получается уже куда менее оптимистичная, так как даже самая современная 8K UHD-панель при демонстрации шести ракурсов покажет разрешение

лишь порядка 720×1280, т.е. даже до Full HD не дотянет. Так что для многокамерных автостереоскопических телевизоров будущего понадобятся разрешение и 16K и 24K.

Вторая причина – финансовая. Дело в том, что профессиональное оборудование для многокамерной съемки стоит немалых денег. Обработка многокамерного контента также требует дополнительных затрат. Все это дополнительные деньги, которые, очевидно, никто не хочет платить без гарантии коммерческого эффекта. То есть автостереоскопическое видео не снимают, потому что большинству его не на чем смотреть.

С другой стороны, недостаток контента существенно ограничивает распространение многокамерных мониторов – их не хотят покупать, поскольку на них особо нечего смотреть. Получается замкнутый круг, быстро разорвать который могут только большие деньги. Либо некий таинственный альтруист начнет раздавать автостереоскопические телевизоры зрителям, либо такой же альтруист начнет раздавать съемочное оборудование производителям контента. Рассмотрение задачи поиска такого человека или группы людей, безусловно, выходит за рамки данной статьи, хотя автор надеется, что этой статьей ему удастся заинтересовать одного или несколько потенциальных кандидатов на эту роль.

Вторая концепция – трехмерного малоразмерного воспроизведения – рядовому зрителю знакома по третьей части "Звездных войн" (именно так отображалось послание принцессы Леи Органы Оби-Вану Кеноби). С технической точки зрения при реализации этой концепции есть две очевидные проблемы. Во-первых, изображение надо как-то "подвесить" в воздухе; во-вторых, отображение такого изображения потребует передачи гораздо большего числа ракурсов. Рассмотрим более подробно каждую из них.

Мысль о том, чтобы отобразить телевизионное изображение "висящим" в воздухе появилась не вчера, и ее уже неоднократно пытались воплотить в жизнь. К сожалению, для того, чтобы напрямую заставить молекулы воздуха светиться, нужны огромные (для бытовой техники) затраты энергии. Но даже если предположить, что кому-то удалось провести себе в домашний зал розетку бесконечной мощности, законы матери-природы, к сожалению, таковы, что большинство способов заставить воздух светиться сопряжены с его разогревом

до экстремально высоких температур, что, безусловно, недопустимо по соображениям пожарной безопасности.

Есть ли способ вызвать свечение в воздухе, не разогревая его? Есть. Это хорошо известный физикам эффект Вавилова – Черенкова. Правда, возникает он только в процессе высокоэнергетических ядерных реакций. А поскольку победное шествие мирного атома в каждый дом предвидится еще нескоро, то все, что нам остается, – это проецировать изображение на расположенные в воздухе физические объекты, пусть и полупрозрачные для человеческого зрения.

Почти все практически используемые в настоящее время технологии создания подобного эффекта так или иначе связаны с проецированием изображений на полупрозрачные экраны, один или несколько в зависимости от того, может ли зритель менять свое положение. Излишне говорить, что изображение на таких экранах остается плоским и никакими свойствами объемности вроде эффекта оглядывания не обладает, но иллюзия подвешенности изображения в воздухе создается.

Среди технологий с использованием одного экрана следует упомянуть технологию "туманного экрана", которая предполагает создание полупрозрачного экрана в форме плоского потока пара или мелких частиц, на который с помощью проектора проецируется изображение. Такое решение выгодно тем, что сравнительно легко позволяет добиться иллюзии "висения" изображения в воздухе, а также тем, что при наличии соответствующих технических устройств дает зрителю возможность непосредственного контакта и даже простейших физических операций с изображением (например, перемещение отображаемых объектов). Наиболее известное устройство подобного рода – система отображения, получившая свое имя в честь упомянутой выше принцессы Леи Органы из "Звездных войн", – Leia Display System (LDS). LDS состоит из специальной установки, формирующей экран из плоского потока водяного пара. Изображение на экране создается при помощи проектора. В состав системы входит набор датчиков, отслеживающих движения рук зрителя в плоскости экрана, что позволяет реализовать жестовое управление отображаемыми объектами.

Что же касается многоэкранных конструкций, то здесь безусловным лидером по популярности является так называемая технология голографической пирамиды, к голографии, впрочем,

никакого отношения не имеющая. Суть технологии в том, что четыре полупрозрачных экрана собраны вместе в единую конструкцию в форме пирамиды. На каждую из сторон пирамиды проецируется изображение объекта с одной из четырех сторон. Так создается не только иллюзия висения изображения в воздухе, но и эффект оглядывания, хотя и примитивный. Понятно, что при этом будут отражаться всего четыре ракурса – по одному на каждую грань пирамиды. Такую систему, пусть и небольшого размера, несложно смастерить в домашних условиях из подручных средств – достаточно специальной программы и некоторого количества полупрозрачного пластика. На YouTube размещено много видеоматериалов в стиле "как превратить свой смартфон в голографический телевизор с помощью коробочки от компакт-диска".

Завершая разговор о способах "подвесить" изображение в воздухе, следует сказать о важном недостатке такой концепции. Дело в том, что массовое распространение подобных систем малоразмерного объемного воспроизведения, как бы они ни были устроены технически, сильно ограничит творческие возможности производителей контента и даже, возможно, потребует создания качественно иного творческого киноязыка. Сама концепция "подвешенности" изображения в воздухе подразумевает отсутствие заднего фона, "вырывание" изображаемого объекта из обстановки, что, согласитесь, не всегда возможно и не всегда приемлемо с точки зрения выразительности сцены.

Что же касается количества ракурсов изображения, которые необходимо передать, то здесь все тоже не так просто. Очевидно, их будет больше, чем это было необходимо для реализации концепции "телевизор – окно". Да, каждый из них будет обладать сравнительно небольшим разрешением (воспроизведение ведь малоразмерное), но главная проблема здесь будет даже не практической, а теоретической. Если предположить, что мы снимаем сцену с разных сторон большим количеством камер (сейчас съемки чаще всего именно так и делаются), то каждая камера транслирует одно плоское двумерное изображение, прямоугольное или квадратное. Теоретическая проблема состоит в том, что поверхность сферы, как ты ее ни крути, нельзя выстелить квадратами или прямоугольниками так, чтобы они не перекрывались между собой и между ними не было прогалов. То есть с точки зрения пользователя из плоских картинок нельзя

построить такое объемное малоразмерное изображение, которое в некоторых местах не имело бы дыр и не двоилось.

Проблема эта возникла не вчера, с ней столкнулись еще при разработке камер для 360-градусного видео, но решить пока не смогли. Вернее, она не имеет математического решения, а техническое решение может быть только одним – формировать трехмерную картину наблюдаемой сцены вычислительным способом на основе имеющихся плоских изображений с большого количества камер.

В этом контексте большой интерес вызывает, например, разработка компании 4DReplay. Ее система представляет собой набор из множества фото- или видеокамер, размещенных вокруг наблюдаемой сцены, и мощного сервера, собирающего с них данные и формирующего трехмерную фотореалистически точную модель, которая позволяет зрителю при просмотре произвольно выбирать точку наблюдения и расстояние до наблюдаемой сцены. Получается как бы "Видео-360" наоборот. Если в "Видео-360" зритель смотрит из статичной точки обзора в центре сцены в разные стороны вокруг себя, то в этом случае зритель, перемещаясь вместе с точкой обзора, с разных сторон смотрит на статичную наблюдаемую сцену. Такая концепция даже получила собственное название – Free Viewpoint Video, или видео со свободной точкой обзора.

Примечательно в этой концепции еще и то, что она может быть реализована в том числе и для современных телевизоров. В этом случае решается обратная задача – по трехмерной модели вновь строится плоское изображение на основе заданного пользователем угла зрения и приближения к наблюдаемой сцене. Такой подход дает в руки зрителю дополнительную степень свободы, придает телевидению дополнительную степень интерактивности, позволяя пользователю самостоятельно выбирать угол зрения и ракурс наблюдаемой сцены, и при этом не обладает недостатками, связанными с просмотром "Видео-360", о которых мы говорили раньше. Практически это, как предполагается, будет выглядеть следующим образом: пользователь смотрит телевизор и параллельно с пульта дистанционного управления или из мобильного приложения управляет ракурсом отображаемой сцены, чтобы выбрать угол зрения, обеспечивающий наиболее интересную и захватывающую картину. В настоящее время предполагается использовать эту технологию при трансляции

спортивных мероприятий. Интересно, что о разработках в области FVP заявляли не только специализированные фирмы, но и крупные "киты" рынка (например, фирма Canon).

Необходимо сказать несколько слов о третьей концепции – полноразмерного объемного воспроизведения. Как и в предыдущих случаях, конечный пользовательский облик системы уже известен и показан, например, в таких фильмах как "Звездные войны" или "Бегущий человек". От описанной выше концепции малоразмерного воспроизведения ее отличает повышенное разрешение передаваемых изображений, а также возможность взаимодействия, пусть и одностороннего, с окружающей обстановкой, когда особенности отображения передаваемой сцены зависят от обстановки в демонстрационном помещении, но сама обстановка не подвергается никакому воздействию со стороны наблюдаемых объектов или субъектов. С технической точки зрения это означает, что система отображения должна использовать в качестве входных данных не только информацию об отображаемой сцене, но и довольно точную и оперативно обновляемую модель окружающей обстановки. Фактически такая система отображения (язык уже не поворачивается назвать ее телевизором) сама будет представлять собой систему FVP-съемки, которая снимает демонстрационное помещение и сопрягает полученную трехмерную модель с трехмерной моделью, полученной от удаленной системы FVP-съемки. Это потребует не только значительных вычислительных мощностей, но и размещения большого количества камер в разных местах помещения. Ну а главная проблема остается неизменной – как "подвесить" изображение в воздухе и обойтись без привычного всем телеэкрана.

В ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, современные концепции телевизоров будущего можно условно разделить на три вида: телевизор с расширенным набором стереоскопических эффектов; устройство полностью объемного воспроизведения малоразмерных изображений; устройство полностью объемного воспроизведения изображений в большом размере.

Физическая реализация телевизоров с расширенным набором стереоскопических эффектов возможна уже сейчас, однако ее останавливает дороговизна такой системы, а также отсутствие контента для нее и опять-таки дороговизна его создания.

Основным препятствием для реализации остальных концепций является отсутствие современных научных подходов к решению проблемы свободного воспроизведения объемных изображений в произвольной точке пространства, или, проще говоря, "подвешивания" изображений в воздухе. Шагом к такому телевидению будущего в настоящее время является разработка технологии Free Viewpoint Video, позволяющей строить трехмерные модели снимаемых сцен с фотореалистической точностью и дающей зрителю возможность произвольного выбора точки наблюдения за снимаемой сценой. Над данной технологией в настоящее время работает целый ряд фирм, причем не только упоминавшаяся выше 4DReplay, но и, например, такой гигант, как Canon.

Следует отметить, что подавляющее большинство задач, которые необходимо решить в процессе создания FVP-технологии, относятся к категории математических и программистских, а в этих задачах отечественные специалисты до сих пор являются одними из самых сильных в мире. В настоящее время наработки в упомянутой области имеются в таких организациях, как Научно-исследовательский кинофотоинститут,

Московский научно-исследовательский телевизионный институт и Институт прикладной математики РАН им М.В.Келдыша. Можно предположить, что если эти наработки использовать в качестве научно-технического задела, то такая технология будет создана в течение двух-трех лет. Поддержка этих разработок государством или заинтересованными частными инвесторами обеспечит вклад России в телевизионную индустрию будущего (и, что немаловажно, ее долю в прибылях этого рынка).

Нелишним будет также сказать, что данные технологии могут быть использованы не только в индустрии развлечений, но и для разработок тренажеров и учебных средств различного назначения, в том числе для решения задач обороны страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Malik A.S.** (ed.). Depth map and 3D imaging applications: algorithms and technologies. – IGI Global, 2011.
2. **Salmimaa M.** et al. Effect of number of views to the viewing experience with autostereoscopic 3D-displays // Journal of the Society for Information Display. 2009. T. 17. № 5. P. 449–458.

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"

Цена 1300 руб.

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН В СЕТЯХ СВЯЗИ И РАДИОВЕЩАНИЯ

Чернов Ю.А.

В книге в девяти главах рассматриваются вопросы дифракции и рассеяния радиоволн, исправление угловых спектров локационных радиосигналов от ближайших планет, статистические характеристики освещенных участков случайной поверхности и ряд других прикладных вопросов. Описывается работа ВЧ-радиолиний в различных ионосферных и географических условиях. Изучаются вопросы многолучевости, случайных и регулярных девиаций направления прихода сигналов в масштабе Земного шара, работа приэкваториальных и северных радиолиний и ряд других вопросов.

М.: ТЕХНОСФЕРА,
2018. – 688 с.,
ISBN 978-5-94836-503-9

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; ☎ +7 495 956-3346; knigi@technosphera.ru, sales@technosphera.ru