

Анна Бителева

DVB World — 2015

Конференция DVB World, ежегодно проводимая одноименным консорциумом в конце марта, в основном посвящена развитию вещательных стандартов, но так или иначе всегда затрагивает и темы смежных технологий и их сосуществования с традиционным вещанием.

Одна из таких тем — передача видео через Интернет.

OTT

Крупнейшая CDN-сеть Akamai имеет собственный аналитический центр, анализирующий не только динамику потребления трафика и его структуру, но и общие тенденции потребления услуг OTT. Руководитель отдела разработок облачных систем Akamai Уилл Лоу (Will Law) рассказал о том, какие факторы в компании считают существенными для развития OTT.

Из графиков, которыми изобилует доклад представителя Akamai, приведем один, иллюстрирующий среднюю скорость подключения к интернет-ресурсам абонентов в разных странах Европы (рис. 1). В выделенном коридоре от 500 кбит/с до 7 мбит/с лежат скорости, с которыми сегодня передается потоковое видео, включая HD. В странах Северной Европы типичные скорости доступа последние два года выше необходимых для передачи видео любого качества, кроме UHD TV. Это свидетельствует как минимум о том, что инфраструктура интернет-доставки не создает проблем для внедрения видеосервисов. Но есть еще ряд факторов, способствующих развитию OTT в ближайшем будущем.

Одним из самых важных из этих факторов в Akamai считают интеграцию в основные браузеры стандартизованных средств отображения и защиты видеоконтента MSE — Media Source Extensions и EME. Это два расширения к JavaScript. Первое позволяет управлять проигрыванием видео браузерам с поддержкой HTML-5. Второе — инструмент взаимодействия между браузером и DRM. Сегодня они интегрированы в Google Chrome, в том числе в мобильную версию, в Internet Explorer, Firefox и Safari. Интеграция стандартных инструментов исключает необходимость писать отдельные приложения для каждого абонентского устройства.

С точки зрения докладчика, положительную роль играет также появление некорпоративной стандартизированной платформы MPEG-DASH. Хотя на выставке IBC в сентябре прошлого года практически все отмечали, что разнородные механизмы, заложенных в этот стандарт, пока не позволяют реализовать его в полном объеме. А так как разные разработчики приложений закладывают в них немного разные части MPEG-DASH, то обычно они несовместимы.

Следующие два пункта «за» — это появление системы компрессии HEVC

и увеличение пропускной способности как сетей доступа, так и магистралей, в том числе за счет совершенствования магистральных технологий передачи.

Повышение надежности линий передач позволило также упростить диалог между сервером и абонентским устройством. Вместо традиционного TCP/HTTP сейчас все чаще практикуется гибридный вариант, при котором HTTP используется только на этапе установления соединения. Затем, если соединение оказывается устойчивым, происходит переход на UDP. Постоянный диалог между сервером и терминалом, характерный для HTTP, не только «съедает» ресурсы канала, но и накладывает ограничения на скорость передачи данных — она тем ниже, чем больше расстояние между сервером и абонентским терминалом. Перспективным в Akamai считают также использование мультикаста, переход к которому становится возможным при замене TCP/HTTP на UDP. К слову, через две недели после конференции Akamai объявила о покупке Octoshape, единственного известного нам разработчика решения для раздачи видео через Интернет с применением UDP-мультикаста. Для повышения надежности доставки Octoshape предлагает развертывание сети серверов, отдающих абонентам видео по пиринговой схеме — разные фрагменты видео абонент может получить от разных серверов в зависимости от текущего качества соединения. А маршрутизаторы, не поддерживающие мультикаст (таких в сети еще много), предлагается обходить с помощью технологии AMT (Automatic IP Multicast without explicit Tunnels). При ее использовании абонентское устройство генерирует запросы на обнаружение ближайшего маршрутизатора Multicast, который сможет обслужить его запросы на подключение к мультикастовой группе. И этот маршрутизатор оповещает абонентское устройство требуемый поток по технологии Unicast. Очевидно, что такое решение получается достаточно

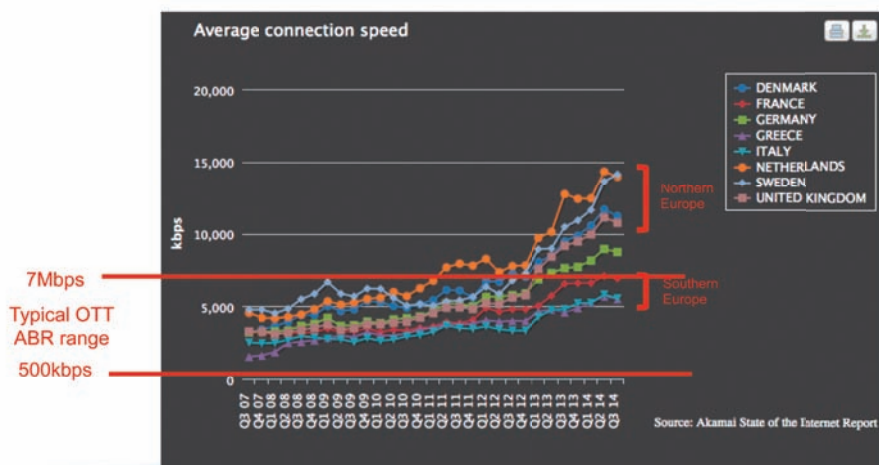


Рисунок 1. Скорость доступа к интернету в странах Европы

затратным, в отличие от классических пиринговых систем, в которых роль раздающих серверов выполняют сами абоненты.

Классическую пиринговую схему в Акамаи также считают довольно перспективной для интернет-стриминга. Она особенно хороша тем, что формируется сама собой, растет по мере необходимости и так же самостоятельно сворачивается при снижении спроса на услугу. Однако в Акамаи отмечали, что сами клиенты предпочитают форматы доставки услуг, не требующие установки у себя дополнительных плагинов.

И наконец, развитию OTT-сервисов способствует снижение стоимости хранения, что особенно важно при использовании кэширующих серверов. Стоимость хранения падает менее стремительно, чем несколько лет назад, но все-таки процесс продолжается.

А сложности развития сервисов связаны с ростом OTT-трафика, обусловленным несколькими факторами. Во-первых, тем, что многие операторы перенесли в Интернет услуги видео по требованию и отложенного просмотра. Дополнительную нагрузку даст внедрение формата UHD TV, который предположительно начнет вводиться как раз с сервисов видео по требованию. Кроме того, рост трафика в Акамаи связывают с растущей долей просмотра видео и телевидения на альтернативных экранах, за пределами гостиной. Правда, по оценкам других экспертов, она растет довольно медленно.

«Второй экран»

На форуме затрагивалась и тема «второго экрана». Как известно, при просмотре телепередач на телевизоре многие параллельно пользуются смартфонами или планшетами. И хотя просматриваемое часто никак не связано с темой телепередачи, технологии связки двух экранов продолжают развиваться.

За прошлый год в этой области появилось два новых стандарта. Во-первых, это HbbTV 2.0, а во-вторых — DVB-CSS (Companion Screens and Streams). О них рассказали в своих презентациях представители BBC и TP Vision¹. Основным дополнением, появившимся в HbbTV 2.0 по сравнению с предыдущей версией стандарта, стали механизмы обнаружения и запуска приложений HbbTV на других устройствах. Приложение на телевизоре автоматически обнаруживает и «второй экран» с установленным на нем «ответным» приложением, и наобо-

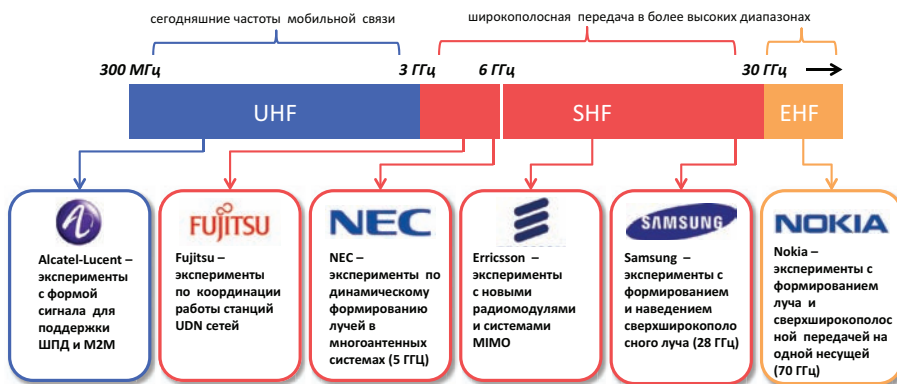


Рисунок 2. Тестирование 5G

рот. Кроме того, через приложение на одном устройстве можно запускать его «двойника» на другом. До сих пор распознавание проводилось косвенными методами, чаще всего путем идентификации меток, нанесенных на аудиоряд.

DVB-CSS реализует синхронизацию контента, поступающего по разным сетям на разные экраны путем внесения метаданных, то есть определяет формат и порядок расстановки меток, сопровождающих видео, и сопутствующую информацию.

Отметим, что в России пока никто не проявил активного интереса к HbbTV. Возможности этого стандарта в целом и причины его сегодняшней невостребованности анализируются в материале этого номера «Интерактивное телевидение — сейчас или завтра» (стр. 12).

DVB vs 5G

Если интернет-распространение пока, скорее, дополняет передачу услуг в вещательных сетях, то LTE рассматривается вещателями как прямой конкурент, причем в первую очередь как конкурент по частотному ресурсу. Анализ технической целесообразности переноса вещательных услуг в сети LTE тоже отчасти проводится для сбора аргументов за или против дальнейшего вытеснения вещателей из верхней части ДМВ-диапазона. Результаты таких исследований неоднозначны и во многом зависят от предположений.

В связи с этим Брауншверским университетом (Германия) была предложена схема сосуществования сетей LTE и DVB-T2 с совместным использованием спектра. Она получила название Tower Overlay² и зимой этого года была протестирована в Париже.

В университете продолжают следить за развитием технологий беспроводной передачи данных, и доклад главы университета и идеолога технологии Tower Overlay профессора Ульриха Реймерса на этот раз был посвящен проекту пятого поколения мобильной связи (5G). Проект получил название IMT-2020. Аббревиатура «IMT» расшифровывается как International Mobile Telecommunication, а «2020» указывает на год, в котором предположительно должна появиться готовая технология. Пока она находится на самой ранней стадии разработки. Одна из причин задержки запуска технологии следующего поколения — неуклонный рост мобильного трафика и, главное, доли видео в этом трафике. В 2012 году видео составляло 50 % трафика, в 2014-м — 55 %, а в 2019-м прогнозируется, что видео будет занимать 75 %³ всего трафика. И если мобильные операторы хотят сохранить у себя и монетизировать растущий видеотрафик, то они должны обеспечить его качественную передачу с разумными для себя затратами. Помимо этого, предполагается дальнейшее развитие сценариев «Интернета вещей» (Internet of Things) и межмашинного взаимодействия M2M. В рамках этих сценариев предполагается использование Интернета для идентификации объектов, получения информации от разных датчиков и обмена управляющими сигналами между автоматизированными устройствами.

Разработка IMT-2020 ведется параллельно несколькими организациями (рис. 2), но основной вклад вносит Китай, в первую очередь китайская государственная компания Huawei. Кроме того, силами трех профильных министерств Китая организована группа продвижения и координации международных

¹ TPVision известен как производитель телевизоров под маркой Phillips.

² О ней можно прочитать в материале «LTE и DVB-T2 — кооперация в эфире», «Теле-Спутник» № 11, 2013 год.

³ По другому прогнозу, доля видео в мобильных сетях через 4 года составит 69 %.

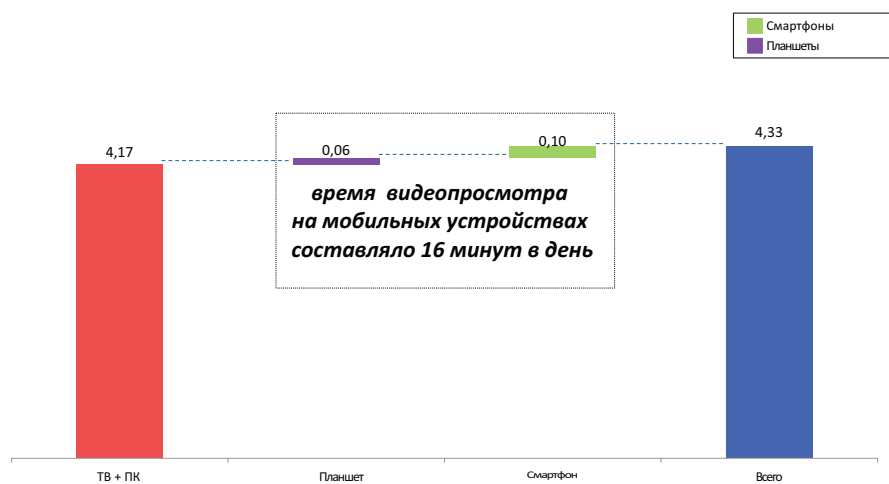


Рисунок 3. Распределение времени просмотра между разными устройствами (Великобритания, 2013)

разработок IMT-2020. Другие страны тоже обозначили свое участие в этом процессе. Помимо китайской группы, профессор Реймерс отметил форум 5G, организованный в Южной Корее, группу 2020 and Beyond японской Ассоциации радиоиндустрии и бизнеса, а также европейское содружество 5G Infrastructure Public — Private Partnership, объединяющее производителей, разработчиков, телеком-операторов и сервис-провайдеров.

Классифицировать будущий стандарт как новое поколение заставляют его существенные отличия от сегодняшних платформ. Требования к технологии довольно разноречивы, но базовые принципы уже определены.

Физический и сетевой уровни

Для сетей 5G будет характерно массовое использование антенных систем MIMO и интеллектуальных антенн с адаптивным формированием лучей. Планируются также новые варианты полнодуплексных протоколов, применение более высоких уровней модуляций и самых эффективных на сегодня схем помехозащитного кодирования.

От сегодняшних сетей они будут отличаться значительно большей плотностью базовых станций. Рассматриваются два сценария — для наружного и внутримомового покрытия. В наружных сетях прогнозируется размещение точек доступа с шагом 50 метров, а во внутримомовых потребуются точки через каждые несколько метров. И тот, и другой уровни покрытия обычно классифицируются как Ultra Dense Networks (UDN) — «сверхплотные сети».

Интенсификация трафика скажется не только на плотности размещения базовых станций, но и на архитектуре

сети. Для 5G прогнозируется распространение ячеистой архитектуры (mesh) кластеров и прямого обмена данными между устройствами, минуя точки доступа. Вырастет актуальность самоорганизующихся сетей (SON).

Еще одним следствием интенсификации трафика, по всей видимости, станет интеграция магистральных каналов и сетей доступа. Часть транспортных ресурсов каналов доступа, возможно, будет использоваться для транзита магистрального трафика, а сами транспортные каналы будут иметь многоуровневую структуру.

Частотный ресурс

Даже если предположить, что спектральная эффективность транспортных каналов IMT-2020 составит 10 бит/сек Гц, что возможно при модуляции 1024 QAM, передача полезных данных со скоростью 10 Гбит/сек потребует полосы 1 ГГц. Поэтому можно предположить, что сети 5G не будут развиваться путем вытеснения сегодняшних сетей, а займут свободные диапазоны. По всей видимости, эти диапазоны будут лежать выше 6 ГГц, так как ниже все заполнено и освободить там 1 ГГц нереально.

Профессор Реймерс предполагает, что сети 5G могут занять диапазоны 60 или 72 ГГц, что возможно при близком расположении базовых станций. Пока же тесты с будущими технологиями 5G проводятся в самых разных диапазонах. Они иллюстрируются диаграммой, взятой из выступления Саймона Фелла, директора EBU по технологиям и инновациям. Он согласен, что 5G не несет угрозы дециметровому диапазону, но предполагает, что новые сети могут потеснить спутниковых операторов в С-диапазоне.

Возможно, будет реализовано сочетание трансляций через антенны с расстройкой 120° на более низких частотах и высокочастотные узконаправленные лучи.

По оценкам профессора, эффективность использования сетей 5G для передачи линейного ТВ при большой плотности «стационарных» абонентов выглядит сомнительной. Эффективнее будет сочетать 5G с вещательной сетью по той же схеме Tower Overlay.

DVB для мобильного вещания

В стандарты DVB заложена и возможность приема в движении. Практика такого использования DVB-сетей — одна из традиционных тем форумов DVB World.

В прошлом году, правда, этот вопрос не поднимался, потому что говорить было особенно не о чем, но на этот раз нашлись поводы опять затронуть эту тему. О востребованности мобильного вещания в разных регионах рассказал в своем докладе Стив Бек, старший менеджер R&D-отдела компании Sony. Как известно, проекты мобильного вещания, запущенные в свое время в Европе и Северной Америке, были постепенно закрыты, а стандарт DVB-H признан концептуальной ошибкой. На сегодняшний день вещание DVB-H сохранилось только в нескольких африканских странах, где в 2008 году оно было запущено соответствующим подразделением африканского оператора Multichoice.

В Sony, как и в ряде других компаний, придерживаются мнения, что развертывание мобильного телевидения на базе сетей DVB-T2 сейчас было бы лишено этих недостатков. Для запуска большого вещания по технологии DVB-T2 можно использовать уже построенные сети, и, что не менее важно, со времен запусков DVB-H изменилась ситуация с абонентскими приемниками. Если 8-10 лет назад функции продаваемых на Западе телефонов определялись техническими требованиями операторов, которые закупали их для распространения среди своих абонентов, то теперь смартфоны, не говоря уж о планшетах, строятся на многофункциональных платформах, мультимедийные возможности которых определяются не операторскими требованиями.

На Западе интерес к мобильному телевидению по-прежнему невелик. На рисунке 3 приведена диаграмма распределения времени ТВ-просмотра между разными устройствами в Великобритании, из доклада Саймона Фелла.

В азиатских странах — Японии,

Китае и Южной Корее — мобильное телевидение пользуется стабильным спросом, но там вещание ведется в собственных стандартах. Тем не менее в последнее время обнаружился интерес к мобильному телевидению и в менее технологически продвинутых странах Азии: Таиланде, Индонезии и, главное, Индии, с ее более чем миллиардным населением. В Таиланде интерес к мобильному телевидению сложился уже давно. В свое время там был успешно запущен проект мобильного аналогового ТВ. В Индонезии объективной предпосылкой для интереса к мобильному телевидению являются многочасовые пробки, в которые ежедневно попадают многие городские жители. А в Индии ситуация несколько иная. Мобильные телефоны там имеет практически все население, а вот телевизоры — далеко не все. Таким образом, для многих смартфон может оказаться не «вторым», а «первым» экраном. В Sony рассматривают эти страны как потенциальный рынок для мобильных устройств с приемником DVB-T2. Выпущенный недавно чипсет-тюнер с демодулятором для мобильных устройств, SMT-EW100, ориентирован в

первую очередь на них. Внешней антенной будет служить шнур от наушников.

Отметим, что Sony — не первая компания, обратившаяся к этой рыночной нише. Siano Mobile Telecom специализируется на программных и аппаратных решениях для мобильного приема цифрового ТВ, и ее чипсеты уже интегрированы в некоторые модели смартфонов, предлагаемых на рынке Таиланда. В ближайшее время должен появиться очередной вариант чипсета, Siano SMS 4430.

ATSC3.0

Американский формат цифрового телевидения ATSC — кажется, единственный стандарт цифрового теле- или радиовещания, использующий тип модуляции 8VSB, а не QAM/OFDM. В свое время было сломано много копий по поводу этого необычного выбора. Тем не менее 8VSB сохранился и во втором поколении стандарта, ATSC2.0. Там среди прочего появился и режим мобильного вещания. Правда использовался он, кажется, только в одном проекте мобильного телевидения, развернутом в Нью-Йорке. Решающим фактором при

выборе модуляции тогда стала обратная совместимость с первым поколением.

В прошлом году началась разработка третьего поколения стандарта и для него все-таки был выбран OFDM, так как именно эта система позволяет использовать спектр максимально гибко. Она оптимальна для вещания разноплановых услуг, включая персонализированные, которые к тому же могут передаваться с разной помехоустойчивостью и иметь разный радиус покрытия.

Новый стандарт во многом похож на DVB-T2. В нем используются те же размерности FFT, опция временного уплотнения в рамках одного фрейма, аналогичная схема служебных преамбул перед информационными кадрами и тот же принцип помехоустойчивого кодирования LDPC, правда с новыми кодами и другими вариантами избыточности. В стандарт также включена хорошо известная у нас концепция PLP, причем добавлена возможность связывать до 4 PLP для передачи разных потоков, относящихся к одной услуге.

Но есть и отличия. К ним, в частности, относится более высокая помехозащищенность синхросигналов

⁴ Самый помехоустойчивый режим DVB-T2 для приема сигнала требует C/N не менее 4,8 дБ.

LANC
КОРПОРАЦИЯ

• ДЕЛИТЕЛИ

РАЗЪЕМЫ

УСИЛИТЕЛИ

И ДР. КОМПОНЕНТЫ
ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

Для телевизионных кабельных сетей

IN -12 dB
OUT -12 dB
-12 dB
-12 dB
LA 4-12
4-WAY TAP
5-1000MHz

MADE IN ITALY

реклама



КОРПОРАЦИЯ ЛАНС

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
(812) 327 1347, 369 0370, 369 6360
<http://www.LANS.spb.ru>

МОСКВА
(495) 677 1904, 677 1905, 677 1906
<http://www.SPM-group.ru>

ЕКАТЕРИНБУРГ
(343) 264 8744
КРАСНОДАР
(861) 273 0101

КРАСНОЯРСК
(391) 265 7434
НИЖНИЙ НОВГОРОД
(831) 438 4399, 465 8094

НОВОСИБИРСК
(383) 265 8182
СОЧИ
(8622) 68 2443

ТОМСК
(3822) 42 5232, 22 7493
ТЮМЕНЬ
(3452) 45 5513

ЧЕЛЯБИНСК
(351) 264 2037

(они смогут приниматься при уровне C/N -10 дБ), более широкая линейка режимов передачи основного потока, допускающих прием при уровнях от -6 дБ до более чем +30 дБ⁴. В стандарт заложены варианты модуляции более высоких кратностей, вплоть до 4096 QAM, а также несимметричная форма констелляционных созвездий, которая, как обещают, даст выигрыш C/N в 1 дБ. Кроме того, в ATSC 3.0 планируется возможность связки каналов, заложенная в DVB-C2, но отсутствующая в DVB-T2. Она позволяет делить широкий поток на несколько более узких, передавать их в разных частях спектра и собирать исходный поток на приемной стороне.

Еще один механизм, введенный в ATSC 3.0, в стандартах DVB отсутствует в принципе. Речь идет об энергетическом уплотнении каналов — Layered Division Multiplexing (LDM).

Схема предусматривает передачу нескольких независимых сигналов в одном частотном канале, но с разным уровнем мощности, то есть каждый из них занимает определенный энергетический промежуток. Приемник LDM-сигнала также работает послойно: сначала декодирует самую мощную компоненту, затем исключает ее из общего сигнала и декодирует следующую. Вероятно, этот механизм введен вместо не получившей распространения иерархической модуляции (надо признать, что LDM, как минимум, более гибкий).

В состав стандарта включены различные протоколы более высоких уровней, отвечающие за администрирование сети, защиту контента и передачу различных приложений. Такой комплексный подход типичен для американских транспортных платформ. Не будем перечислять функции всех слоев, отметим только, что в стандарт включена возможность передачи UHD-видео, а также иммерсивного аудио, то есть звука, моделирующего трехмерную акустическую картину и позволяющего менять параметры определенных компонентов. И в Америке, и в Европе иммерсивный звук сейчас рассматривают как один из факторов, который может привлечь потребителей к новым телевизионным форматам.

UHD или...

В ближайшие годы ожидается распространение видео с разрешением 4K. И хотя все согласны с тем, что рано или поздно этот формат станет массовым, но когда именно и, главное, каким образом — пока не очень понятно. Как мы неоднократно писали, в сетях DVB телевидение сверхвысокой четкости планируется вводить в три этапа. С пара-

метрами первого этапа в DVB определились довольно легко, а вот утверждение параметров для второго этапа, кажется, затормозилось.

Внедрение телевидения сверхвысокой четкости сейчас находится в фазе тестирования крупными спутниковыми и DTH-операторами. Коммерческая услуга VOD запущена только в американской спутниковой сети Direct TV, причем она может быть принята только на модели Smart TV 2014 года от Samsung, поддерживающие 4K.

Но внедрение UHD-телевидения, по мнению экспертов, скорее всего, будет тормозиться не нехваткой абонентского оборудования на рынке. Моделей телевизоров с поддержкой 4K уже достаточно много, и их стоимость за 2 года разительно упала. Как объяснил профессор Норберт Фрухауф (Norbert Fruhauf), Штутгартский университет, создание экранов 4K не требует радикальных изменений в технологии их изготовления — с этой проблемой производители столкнутся только при переходе к 8K. Нехватка контента в 4K — тоже временная проблема.

Однако пока непонятно, зачем операторам вводить 4K, за счет чего они смогут окупить дополнительные затраты, с которыми сопряжено введение UHD-услуг. А точнее, какие преимущества нового формата окажутся достаточно привлекательными для абонента, чтобы он согласился оплатить дополнительные расходы, и с чего можно начать без резкого повышения затрат?

По мнению профессора Штутгартского университета Норберта Фрухауфа, потребителя несложно убедить в преимуществах UHD в салоне электроники. Достаточно показать ему одинаковые ролики на HD- и UHD-мониторах на расстоянии 50 см. Именно так обычно и смотрят на мониторы в салонах. Но когда абонент разметит свой новый телевизор в гостиной на расстоянии 3 метров от своего кресла, то разница окажется для него практически неощутимой. То есть, по мнению профессора, UHD-телевизор потребителю продать можно, а вот подписать его на получение UHD-услуг — маловероятно. По мнению представителя Ericsson, UHD TV при определенном навыке может быть различимо и дома, но при диагонали телевизора как минимум 55 дюймов (140 см).

Анализ возможностей, заложенных в UHD-формате, сделал в своем докладе и David Wood, руководитель модуля DVB-CM-UHD TV. Наиболее значимый эффект для улучшения картинки, очевидно, даст увеличение частоты кадров. Частота кадров, заложенная в первой фазе UHD, составляет 60 кадров в секунду. Это

вдвое больше, чем принято для HD, но для динамических сюжетов в 4K ее будет недостаточно. В то же время увеличение частоты до 120 кадров/сек потребует удвоения транспортной полосы и такого же увеличения скорости цифровой обработки сигнала. Можно усовершенствовать видео и с меньшими затратами, расширив цветовую гамму и повысить динамический диапазон яркости. Эти усовершенствования вместе потребуют двух дополнительных бит для кодирования. Расширение цветовой гаммы зритель заметит, только если рядом будет та же картинка на «обычном» телевизоре, а вот расширение динамического диапазона яркости оказывается более ощутимым. Некоторые даже рассматривают возможность расширения контрастности с сохранением HD-разрешения.

Уже приняты стандарты SMTE, регламентирующие электрооптическое преобразование для расширенного диапазона яркости на дисплеях, но пока непонятно, как совместить передачу яркостных сигналов стандартного и расширенного диапазонов, избежав параллельной отправки двух потоков. Не исключено к тому же, что яркость телевизоров в некоторых странах может быть ограничена нормами экологической безопасности.

Поиски путей улучшения «зрительского опыта» (Quality Of Experience) с малыми затратами заставляют идеологов индустрии думать об аудиосопровождении. Дэвид Вуд (David Wood) провел небольшую демонстрацию, показавшую, что сбой в аудио портят впечатление от просмотра больше, чем сбой в видео. Но как усовершенствовать и без того качественный звук? Докладчик признал, что системы объемного звучания не имели ожидаемого успеха. Проблема оказалась в сложности правильного размещения 5-6 колонок, для которых чаще всего просто нет места. И ожидать массового спроса на 22-канальные аудиосистемы, заложенные в UHD-стандартах, тем более не приходится. Сегодня более перспективным многим кажется уже упомянутый иммерсивный звук, позволяющий не только моделировать объемное звучание без физического разнесения колонок, но и регулировать мощность отдельных аудиосоставляющих. Например, увеличивать громкость диалога в фильме относительно общего фона для людей с пониженным слухом.

В любом случае привлекательность для рынка возможностей новых ТВ-форматов будет проверяться практикой. Этот процесс, видимо, будет небыстрым, а UHD, возможно, будет проникать в ТВ-сети окольными путями. ■