

Предисловие

Появившись более ста лет назад, телевидение стремительно развивалось, совершенствовалось и по праву заняло ведущее место в перечне оказываемых населению телекоммуникационных услуг.

Помимо традиционного наземного (эфирного) телевидения в последнее время стали широко использоваться трансляции телеканалов с искусственных спутников Земли — спутниковое телевидение (СТВ) и через гибридные волоконно-оптические и коаксиальные кабельные сети HFC (Hybrid Fiber Coax) — кабельное телевидение (КТВ). Мобильная телефония и Интернет — всемирная система объединенных компьютерных сетей, предназначенных для хранения и передачи информации, — также стали массовыми телекоммуникационными услугами. Глобальная сеть Интернет очень быстро изменила жизнь людей: сначала стали доступными новости, книги, музыкальные композиции, фильмы и спектакли, а также появилась возможность телефонных разговоров через Интернет, приема и передачи различной информации, а позднее данная возможность эволюционировала и в телевизионное (ТВ) вещание через Интернет.

Принято считать, что безраздельное властвование традиционно (линейного) ТВ вещания, при котором просмотр ведется только в реальном времени, ушло в прошлое, но можно предположить, что оно не умрет еще долго, так как такие, например, жанры, как новости и спортивные онлайн-трансляции, всегда будут востребованы телезрителями.

Однако давно уже появились альтернативные способы распространения и потребления контента, в том числе интерактивные, т. е. способные реагировать на действия пользователя. В основе современных устройств и систем лежат уже не только аппаратные, как ранее, но и программные средства. Именно программное обеспечение (ПО) сейчас определяет функционал аппаратуры, а аппаратной платформой служат стандартные вычислительные средства, проще говоря, персональные компьютеры (ПК). Все чаще, особенно среди молодежи, именно ПК, будь то ноутбук, планшет или смартфон, служит терминалом, предназначенным для просмотра и прослушивания медиапрограмм.

Благодаря таким технологическим изменениям кардинально меняется парадигма медиавещания, заключающаяся в постепенном со-

кращении объема традиционного (в том понимании, как это было раньше) телевидения. Тем более что и в части создания контента наблюдаются большие изменения, связанные, в том числе, с развитием технологий виртуальной и дополненной реальности, многоракурсной съемки и многого другого. Все это, разумеется, приводит к дальнейшему усложнению студийных комплексов создания контента.

Но, оказывается, есть и другой путь. Так, по мнению патриарха мирового телевидения М.И. Кривошеева, приближается то время, когда часть функций, ранее свойственных только профессиональному передающему оборудованию, можно будет переложить на приемные устройства [П.1]. Для воспроизведения, например, объемных изображений, обеспечения выполнения панорамирования и других подобных функций их производительности уже вполне хватает. А поскольку в основе современных приемных устройств лежат мощные вычислительные и программные средства, в них вполне можно «встроить» алгоритмы воссоздания и генерирования нужного контента вместо усложнения студийных средств.

Развитие технологий продолжается быстрыми темпами и, если до недавних пор просмотр ТВ контента через Интернет казался диковинкой, то теперь он приобретает колоссальные масштабы. Зрителей прельщает большой выбор возможностей использования контента, которые при традиционном телевидении были практически неосуществимы. Столь высокий интерес к телевещанию через Интернет объясняется целым рядом причин: во-первых, это удобство пользования, во-вторых, отсутствие рекламы или ее минимум, в-третьих, возможность скачивания нужной передачи в любое время после ее показа и, наконец, в-четвертых, стремление к освоению новых технологий.

Сейчас активно идет процесс взаимопроникновения технологий, что выражается в том числе в следующих тенденциях:

- возможность просмотра абонентами ТВ программ на экранах мобильных устройств;
- возможность просмотра на экранах ПК, подключенных к Интернету, телесюжетов как в режиме реального времени, так и в записи (кинофильмы прошлых лет, давно прошедшие спортивные передачи и концерты и др.);
- появление новых классов телевизоров (например, Smart TV), способных порой заменить ПК и обеспечивающих просмотр через Интернет сотен ТВ программ как российского происхождения, так и зарубежного.

Еще относительно недавно на начальном этапе развития Интернета многочисленные эксперты предсказывали закат эры телевидения, так как Интернет воспринимался ими едва ли не как главная угроза ему. Ведь по мере увеличения активности пользователей во

всемирной паутине неуклонно уменьшается время, которое те проводят у телевизоров. Но сейчас, как показало время и вопреки мнению некоторых «знатоков», всеобъемлющее и всемогущее телевидение не только выстояло, но и добралось до своего зрителя через Интернет, чему, надо сказать, сам Интернет-пользователь и не воспротивился вовсе.

По данным Международного института маркетинговых и социальных исследований GfK-Russia к началу 2019 г. аудитория Интернет-пользователей в России среди населения 16+ составила 90 миллионов человек (+3 миллиона человек к предыдущему году), т. е. превысила 2/3 взрослого населения страны [П.2]. Объясняется такой рост Интернет-аудитории расширением сети до самых отдаленных мест и растущей популярностью мобильных устройств — гаджетов (рост числа пользователей, подключающихся к сети со смартфонов и с планшетов, продолжается). Социологи института также выявили предпочтения россиян и показали, что большинство пользователей смартфонов используют гаджеты для просмотра фото и видео и для прослушивания музыки. Активность включает использование поисковика/браузера, посещение социальных сетей и просмотр онлайн-видео. Однако самым популярным видеоконтентом являются новости и фильмы — пользователи смотрят их через сайты и приложения, а также через социальные сети.

Статистика показывает, что использование мобильных устройств теперь становится основным каналом распространения какого-либо контента. И сегодня можно говорить о следующих трех направлениях технической реализации проектов, предпочтительных для продвижения контента с помощью мобильных технологий:

- специализированный Web-сайт, адаптированный для просмотра и функционирования на мобильном устройстве;
- мобильное приложение, т. е. специально разработанная программа, которая работает на базе операционных систем (ОС) для мобильных устройств (платформы iOS, Android, Windows Phone) и выполняет конкретные задачи;
- мобильное приложение, включающее в себя компонент браузера. В этом случае часть мобильного приложения чаще всего используется для навигации и интеграции с ОС, а Web-компонент — для показа контента.

Надо отметить, что телеканалы во всем мире давно стали активно работать с постепенно уходящей в Интернет аудиторией. Приспосабливаясь к новой реальности, это поняли и продвинутые СМИ и также последовали за своей аудиторией в Интернет-пространство. Таким образом, Интернет стал еще одной площадкой, где телеканал, радио,

журнал или газета получили дополнительную возможность не только общаться со своей постоянной аудиторией, но и привлекать новую.

Сегодня у подавляющего большинства каналов и печатных изданий есть собственные Интернет-сайты со своим полноценным контентом, а у некоторых — и с Интернет-вещанием. А для удобства постоянных пользователей (зрителей, слушателей, читателей) создание версии сайта, оптимизированной под мобильные устройства, теперь стало просто жизненной необходимостью. Такие приложения на разных платформах уже давно создали некоторые крупные российские телеканалы, например «Первый», «Россия», НТВ, СТС, «Домашний» и др.

Повсеместное внедрение высокоскоростного широкополосного доступа (ШПД) в Интернет приводит к широкому коммерческому использованию описываемых в этой книге двух наиболее распространенных технологий, а именно IPTV и Интернет-телевидение.

В настоящее время ШПД в Интернет, обеспечивающий прием и передачу потоков данных со скоростями в десятки и даже сотни Мбит/с, стал привычной принадлежностью цивилизации. Как известно, для передачи программы телевидения обычной стандартной четкости (ТСЧ) с хорошим качеством достаточно скорости 2... 3 Мбит/с, а для передачи же программы телевидения высокой четкости (ТВЧ) — 5... 10 Мбит/с. Таким образом, пропускная способность современных широкополосных сетей Интернет с запасом обеспечивает передачу любых ТВ программ. Вследствие этого и появился такой вид ТВ вещания, как вещание через Интернет, называемое далее IPTV (Internet Protocol Television) — телевидение по протоколу Интернета.

Отметим, что в 90-е годы прошлого века распространение широкополосных сетей было весьма ограниченным. В то время каналы цифрового ТВ вещания рассматривали как перспективную среду для передачи потоков данных с большими скоростями на большие расстояния, т.е. как средство предоставления доступа к Интернету. В настоящее время ситуация изменилась. Развитие волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) и появление мобильных сетей 4-го и 5-го поколений сделало каналы связи, относящиеся к Интернету, более производительным, гибким и доступным средством не только для доступа к его традиционным сервисам, но и для ТВ вещания. Уже сейчас вещание через Интернет постепенно вытесняет КТВ, а в недалеком будущем существенно потеснит и наземное. Хотя, по-видимому, какие-то группы населения сохранят верность классическому варианту вещания с подключением телевизора к кабелю и отсутствием необходимости выполнять какие-либо операции, кроме переключения программ из predetermined набора.

Еще лет пятнадцать назад об IPTV мало кто слышал, а сегодня эта аббревиатура на устах у всех операторов, контент-провайдеров и производителей бытовой электроники. Технология IPTV — это комплекс, охватывающий целый ряд областей и использующий среду, изначально не предназначенную для передачи аудио и видео. Тем не менее некоторые особенности этой среды позволяют предоставлять на ее базе более современные варианты услуг, нежели в сетях вещания.

Главным преимуществом IPTV можно считать реализацию возможности просмотра видеоконтента с различных устройств, подключенных по сетям с ШПД. Сейчас пользователи могут смотреть видео на ПК, телевизорах Smart TV, а также на различных современных мобильных устройствах, включая смартфоны и планшеты. Среди потребительских преимуществ IPTV — высокое качество изображения и звука, возможность интерактивного взаимодействия с контентом, использование двух и более каналов звука для улучшения качества его передачи, а также наличие функционала индивидуальной доставки «видео по требованию (запросу)» VoD (Video on Demand). О секретах популярности этой технологии рассказано далее на страницах этой книги.

Что же касается Интернет-телевидения, то эта технология становится весьма популярной для доставки видеоконтента на устройства пользователей (ПК, смартфоны, планшеты и т. п.) и ее можно считать наиболее удачным симбиозом телевидения и Интернета. Только она обеспечивает истинную интерактивность телепередач, практически неограниченный объем фильмов с возможностью VoD, телепросмотр «со сдвигом во времени», персонифицированные видеосервисы и др.

Поскольку доставка контента здесь происходит «поверх» существующей сети Интернет, т. е. минуя оператора, этот способ телевещания в Интернете получил название OTT (Over the Top — «через голову» оператора). Таким образом, OTT — метод предоставления видеослужб через Интернет, при котором доставка видеосигнала происходит по сетям передачи данных без прямого контакта с оператором связи. OTT доступен любому пользователю Интернета, где бы он ни находился, в отличие от традиционных услуг IPTV, которые предоставляются, как правило, только через управляемую самим оператором сеть. Об этом тоже будет рассказано далее.

Основная цель публикации книги состоит в том, чтобы отразить текущее состояние дел в области приема ТВ контента из Интернета, отметить специфику его развития и дать некие ориентиры читателям в этом направлении. В книге рассмотрены используемые в телевидении современные цифровые технологии, основные сетевые протоколы и технологии, технические и организационные аспекты передачи ТВ

программ через телекоммуникационные сети, практические вопросы использования доступа телезрителя к ТВ контенту через Интернет и многое другое.

Авторы стремились изложить материал по возможности доступно для понимания, чтобы он пригодился не только специалистам, студентам вузов соответствующих направлений, слушателям курсов повышения квалификации и переподготовки специалистов, но и технически грамотным читателям, впервые знакомящимся с этой увлекательной сферой техники и желающим самостоятельно приобщиться к ней. Именно поэтому авторами избраны наиболее простые способы изложения довольно сложного материала без формул и длинных логических построений. Зачастую используется метод аналогий, т. е. сравнения решений телекоммуникационных задач с задачами из иных сфер. Многие упомянутые протоколы и технологии описаны упрощенно, без сведений о многообразии функций и возможных ограничениях, однако в большинстве случаев даются ссылки на литературу, где есть полное и строгое их изложение. А с целью сохранения цельности и последовательности изложения материала в книге дано описание ряда основополагающих, но уже устаревших технологий, понимание функционирования которых облегчает переход к освоению более современных технологий.

Авторы считают публикацию книги весьма своевременной, особенно в свете свершившегося в 2019 г. повсеместного перевода сетей телерадиовещания на цифровые технологии в соответствии с реализацией федеральной целевой программы «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2018 гг.».

С целью приобщения читателей к общемировой терминологии в сфере вещания в Интернете на большинстве рисунков использованы англоязычные обозначения и аббревиатуры, однако в тексте дан их перевод и приведены необходимые пояснения, а в конце книги приведен обширный список аббревиатур.

Содержательная часть книги включает семь глав.

В первой из них рассмотрены общие принципы, тенденции и перспективы развития ТВ вещания в Интернете.

Описанию основополагающих современных цифровых ТВ технологий посвящена гл. 2. В ней определяются структура и скорости передаваемых потоков, а также методы сжатия и кодирования видео- и аудиоинформации, т. е. понятия и величины, которые затем используются в последующих главах, прежде всего касающихся методов доставки ТВ контента по Интернету.

В гл. 3 приведены общие сведения о сетях и сетевых технологиях и рассмотрены различные виды, протоколы и технологии непосредственной доставки ТВ контента по Интернету.

Гл. 4 посвящена рассмотрению систем коллективного доступа к многопрограммному вещанию, в основном, распределительных сетей КТВ, так как и они зачастую используются для организации доставки ТВ контента по Интернету.

В гл. 5 приведено описание компонентов инфраструктуры, которые необходимо иметь оператору, предоставляющему услуги IPTV абоненту, а также способы организации его работы. В ней рассмотрены технические и организационные аспекты передачи и приема телевидения через Интернет: составляющие части комплексной системы IPTV, распространение ТВ контента по IP-сетям, организация работы современного Интернет-провайдера, организация сервисов ОТТ и др.

Рассмотрению истории и способов создания домашних (локальных) сетей с целью возможности просмотра Интернет-контента на домашних устройствах посвящена гл. 6.

Наконец, в гл. 7 речь идет о важности и необходимости стандартизации систем ТВ вещания в Интернете и делаются попытки рассмотрения ее истории.

Работа над книгой между членами авторского коллектива распределилась следующим образом: предисловие, гл. 1, 6 и 7 написаны А.Е. Пескиным, гл. 2 — А.В. Смирновым, гл. 4 — М.Ф. Тюхтиным, гл. 3 и 5 — А.Е. Пескиным и М.Ф. Тюхтиным совместно.

Авторы выражают глубокую признательность титульному редактору книги канд. техн. наук, доценту Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ) А.В. Балобанову за проведенную им большую работу, направленную на улучшение структуры и содержания книги, а также рецензентам: декану факультета «Радио и телевидение» МТУСИ, д-ру техн. наук, профессору А.В. Пестрякову и декану факультета вычислительной техники Рязанского государственного радиотехнического университета им. В.Ф. Уткина (РГРТУ), д-ру техн. наук, профессору Д.А. Перепелкину за полезные замечания, устранение которых способствовало улучшению книги.

1 Телевизионное вещание в Интернете

1.1. Общие принципы организации телевизионного вещания в Интернете

Понятие Интернет-вещание (Internet Broadcasting) включает в себя передачу видео- и аудиоматериалов по Интернету, в которой абоненты обмениваются друг с другом информацией и имеют доступ к устройствам коллективного пользования.

Приобретение специального спутникового или кабельного оборудования требует существенных затрат, в то время как для просмотра ТВ программ через Интернет дополнительных приспособлений не требуется. Достаточно только иметь соответствующее приемное устройство и высокоскоростной канал связи с глобальной сетью. Необходимым условием также является наличие безлимитного Интернета приемлемой скорости и стабильность соединения.

Вещание может осуществляться как в потоковом режиме (Streaming), что является неким подобием прямой трансляции наземного (эфирного), кабельного и спутникового телевидения, так и в режиме «Видео по запросу» VoD (Video on Demand), что можно условно сравнить с просмотром записанной ранее программы. Зачастую в Интернете используется сочетание обоих этих видов вещания. Кроме этого, многие сайты используют радио и телевизионное Интернет-вещание вместе с публикацией текстовых и фотоматериалов, что является продуктом конвергенции. Многие источники называют подобные сайты Интернет-каналами, т. е. Интернет-СМИ (средствами массовой информации), которые распространяют массовую информацию посредством Интернет-вещания, используя аудиовизуальные средства.

В основе технологий Интернет-вещания лежит следующий общий принцип: станция оцифровки (в случае применения аналогового оборудования, что уже практически не встречается) либо кодирующее устройство (цифровое оборудование) осуществляет захват, т. е. ввод видео и звуковых сигналов, а затем кодирует их в медиапоток с заданными параметрами. Затем сформированные цифровые потоки передаются на сервер, ретранслирующий их пользователям Интернета.

Аппаратуру для кодирования видео и звука в потоковые форматы можно разделить на две группы. Первая из них, которую условно можно назвать программным кодером, захватывает, например, видео с помощью Web-камеры, подключаемой к передающей части сетевого комплекса. Дальнейшая «упаковка» видеоданных выполняется программным путем, после чего сформированный поток отправляется на сервер.

Вторая группа предполагает наличие специальных устройств, использующих программно-аппаратное кодирование видео и звука. Подобные системы имеют гораздо более широкие возможности по сравнению с первой группой. Важной особенностью таких кодеров является возможность формирования нескольких информационных потоков видеоданных с различным соотношением сторон и разрешением воспроизводимых изображений. Таким образом готовится потоковый контент, рассчитанный как на высокоскоростные каналы связи, так и на каналы с малой пропускной способностью.

Существует два режима потоковой передачи видео- и аудиоданных в Интернете: одноадресная передача — Unicast и многоадресная передача — Multicast.

В режиме Unicast вещательный сервер формирует для каждого клиента отдельный поток видео- и аудиоданных, а его оборудование периодически отправляет на сервер подтверждение о доставке пакетов данных. Таким образом, требуемые мощность сервера и полоса пропускания канала связи прямо пропорциональны числу клиентов в сети, и сервер может обслужить ограниченное число пользователей. Поэтому такая передача данных используется в основном в упомянутых системах VoD — системах индивидуальной доставки абоненту ТВ программ и фильмов по цифровой кабельной, спутниковой или эфирной ТВ сети с мультимедиа сервера в различных мультимедиа контейнерах (например, MPEG, AVI, FLV, MKV). Фильм можно в любое время заказать из каталога, при этом часто поддерживаются дополнительные функции: перемотка, пауза, закладки.

Важнейшая особенность Интернет-вещания в режиме Multicast — это наличие многоадресной (мультикастинговой, отсюда и название) передачи видеоконтента. В отсутствие этой опции при прямой трансляции каждый пользователь получает свою картинку отдельно, что быстро переполняет магистральные каналы, подобно тому, как коммутируемый выход в Интернет ранее перегружал телефонные сети. Мультикастинговая же рассылка предполагает передачу единого потока видеоданных на тех участках маршрута, которые совпадают для нескольких пользователей. В тех точках, где происходит разветвление маршрута, пакеты дублируются. Внедрение принципа мультикастинговой рассылки позволяет перейти от оплаты по трафику к абонент-

ской или повременной оплате, что является неотъемлемой принадлежностью Интернет-вещания.

В режиме Multicast сервер генерирует единый поток данных, к которому могут подключаться по сети различные группы (локальные сети) клиентов. В данном случае мощность сервера и полоса пропускания канала не зависят от числа клиентов. Для реализации этого режима мультиплексирование потока данных (уплотнение канала, т. е. передача нескольких потоков данных с меньшей пропускной способностью по одному каналу) производится не на сервере у источника данных, а специальными коммутаторами — роутерами (Router) в точках разветвления сети.

При передаче по способу Multicast для сервера безразлично, принимаются ли данные одним или миллионом приемных устройств. Он однократно передает пакеты данных, а сеть распределяет и мультиплексирует их. Подобно классическому вещанию при реализации режима Multicast можно принимать только ограниченное число программ и нельзя получить требуемую информацию индивидуально в желаемое время. Технология многоадресной передачи данных широко применяется для новостного вещания, в дистанционном обучении, в корпоративных сетях и структурах государственного управления.

Передача мультимедийного потока данных способом Multicast создает систему связи, схожую со схемой традиционного ТВ вещания. По сравнению с последним передача через Интернет значительно увеличивает радиус вещания. Для российского сегмента Интернета, где пока еще ощущается дефицит высокоскоростных соединений сетевых узлов, сдерживающий широкое использование вещательных технологий, применение режима Multicast особенно актуально.

Приемниками потокового видео и аудио в Интернете могут быть обычные ПК, гибридные устройства, объединяющие ПК и телевизоры, а также сами телевизоры, оборудованные специальными узлами или приставками. Такие абонентские приставки, имеющие обозначение STB (Set Top Box) (подробнее см. гл. 6), обеспечивают непосредственное подключение телевизоров к Интернету без использования ПК и осуществляют согласование параметров отображения Интернет-страниц с параметрами ТВ разложения. Одновременно приставки STB могут выполнять функции базовых устройств приема цифровых программ спутникового, кабельного и наземного ТВ вещания.

Одной из важнейших проблем, требующих решения при организации потокового вещания в Интернете, является предоставление пользователям каналов связи с необходимой пропускной способностью. Наиболее перспективно для этой цели в настоящее время использование стандарта сжатия MPEG-4 (AVC/H.264) (см. гл. 2), обеспечи-

вающего высокое разрешение при тех же скоростях. Применяемые ранее для этой цели узкополосные телефонные сети общего пользования (ТфОП, ТСОП) сейчас практически не используются.

Известен целый ряд наиболее привлекательных вариантов высокоскоростного подключения абонентов к Интернету. Прежде всего это использование современных волоконно-оптических линий связи и мобильного Интернета стандарта 4G (а в перспективе и 5G), позволяющего осуществлять передачу данных со скоростью, превышающей 100 Мбит/с, подвижным (высокомобильным) устройствам и 1 Гбит/с — стационарным абонентам.

Кроме того, могут быть использованы распределительные сети систем КТВ, обеспечивающие скорость цифрового потока до 10 Мбит/с, а также весьма малые спутниковые наземные станции с маленькой антенной типа VSAT (Very Small Aperture Terminal), предназначенные для приема сигналов со связанных спутников, а также коллективных и индивидуальных установок систем спутникового непосредственного ТВ вещания, создающих возможность принимать сигналы из Интернета со скоростью до 5 Мбит/с.

Ранее для этих целей использовались ныне устаревшие асимметричные цифровые абонентские телефонные линии ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) и наземные сети многоканального ТВ вещания MMDS (Multichannel Multipoint Distribution System).

Существует два основных типа доставки аудиовизуальной информации:

- потоковое видео;
- прогрессивный формат доставки.

Первый тип используется в основном для доставки видео в рамках прямых трансляций или в эфирно-кабельном телевидении. Оно предполагает постоянный поток видеоданных от сервера видеотрансляции. Если скорость такого потока (битрейт) не превышает доступную ширину канала в используемой сети, то полученное изображение не будет отличаться от того, что передает сервер трансляции. Если же пропускной способности сети не достаточно, то картинка будет временами пропадать или вообще не отображаться. Используется также вариант с пониженным разрешением транслируемого видео.

В условиях ограниченности скорости подключения используется прогрессивный формат доставки данных. Он предполагает выделение внутри исходного видеофайла небольших по объему независимых фрагментов, которые могут воспроизводиться на приемной стороне по мере их передачи, не дожидаясь пока будет скачан весь файл. При узком канале используемой сети показ происходит отрывками, со значительными перерывами между ними. Если же канал широкий, то показ будет идти не только непрерывно, но и файл будет скачан в