

The worldwide  
**ITU dimension**  
to DTV standards  
— the impossible took a little longer!

**Внимание!**

- Данный перевод **НЕ** претендует на аутентичность и может содержать отдельные неточности.
- Оригинал этого документа находится по адресу: <http://www.ebu.ch>

Мировое

# значение ITU

в стандартизации DTV

— на невозможное ушло немного больше времени!

## Stanley Baron и David Wood

В статье описывается прогресс, совершенный ITU-R в течении 1980-х и 90-х годов, в подготовке международных стандартов для систем цифрового наземного телевидения. В ноябре 1996 г. – почти 10 лет назад – прошло последнее заседание ITU-R по этому проекту, где был согласован ряд Рекомендаций для систем цифрового вещания, заложены основы для глобального выпуска наземных вещательных служб DTV и HDTV.

В конце 1980-х были разработаны и начали использоваться стандарты для цифрового производства программ [1], но передача цифрового телевидения за пределы студии и до зрителей казалась «невозможной». Необходимые скорости передачи битов были за пределами емкости любых наземных, спутниковых и кабельных вещательных каналов. В начале 1990-х ряд событий – в том числе и работа специалистов – изменили ситуацию. К середине 1990-х уже были стандарты цифрового телевидения для всех средств передачи: спутникового, кабельного и наземного. Невозможное было достигнуто за 3-4 года.

Цифровое телевидение развивалось параллельно в нескольких частях света, но различные группы объединились под крышей Международного союза электросвязи (ITU), агентства ООН, ответственного за разработку международных соглашений и *Рекомендаций*<sup>1</sup> для проводной и беспроводной связи. В частности, они объединились в *CCIR Study Group 11*, части ITU, занимающейся телевизионным вещанием. В 1980-е и 1990-е гг. под руководством профессора Марка Кривошеева *CCIR Study Group 11* стала перекрестком мировых технологий телевидения.

*CCIR Study Group 11 (SG 11)* объединила инженеров и руководителей со всего света. Одни предлагали идеи и стимулировали других принять их. Другие усваивали знания, чтобы позволить принимать лучшие

<sup>1</sup> Технические стандарты ITU называются «Рекомендациями».

решения по национальным телевизионным службам. Это был большой котел идей технологии вещания. Это было время вдохновения для всех участников, и авторам посчастливилось там быть.



В статье<sup>2</sup> описывается эволюция стандартов цифрового наземного телевидения (DTT) в CCIR Study Group 11, вместе с эволюцией стандартов цифрового телевидения (DTV) в разных частях света. В 1991 г. делегаты SG 11 признали значительный прогресс в технологии вещания DTT. Они признали, что пора разработать Рекомендации для поддержки глобальных услуг DTV. Работа ITU проводилась (и проводится) в комитетах по определенным областям или вопросам: в вещании это было видео, модуляция, качество и т.д. Они работают внутри общих, исследовательских групп. Комитеты называются рабочими группами.

В 1991 г. председатели исследовательских и рабочих групп сформировали координационную группу из Study Group 11, работавшую под руководством замечательного председателя Study Group 11 Марка Кривошеева, возглавлявшего ее с 1974 г. «Координационная группа» Study Group 11 посвятила много времени обсуждению, как организовать исследования по вещанию DTT. Область работы, которую необходимо было охватить, включала гораздо больше, чем (это по силам –ред.) одной или даже двум рабочим командам. Многие вопросы были взаимосвязаны, а иногда чувствительны к политике. Кроме того, надо было синхронизировать графики для всех элементов, и работу надо была быстро завершить, пока мировые администрации не привязались ко множеству локальных, патентованных систем. Единственным решением было создание специальной междисциплинарной оперативной группы. Из-за срочной необходимости создания новой оперативной группы австралийская администрация по просьбе координационной группы одобрила новую инициативу и предложила принять ее по переписке. Австралийское предложение было поддержано 20 администрациями. Таким образом, Австралия является «основоположником» стандартов ITU DTT.

Обязанностью оперативной группы было определение технологии, необходимой для поддержки вещательных служб DTV.

## Начало проекта

Task Group 11/3, ее круг обязанностей, председатель и вице-председатель были утверждены голосованием государств-членов в январе 1992 г. [2]. Председателем был избран Stanley Baron (США). Вице-председателями были выбраны Terry Long (Великобритания) и Osamu Yamada (Япония).

Меры, предпринятые ITU, обеспечили минимальный период между назначением Комитета ITU и его первым заседанием, чтобы позволить государствам-членам ITU подготовить документы и назначить делегации. Поэтому первое заседание группы состоялось в Женеве 14-18 декабря 1992 г. На нем присутствовало более 115 делегатов от 43 национальных администраций и международных организаций.

Перед первым заседанием председатель предположил, что организация работы как проекта конструирования и разработки ускорит работу оперативной группы. Заметив, что стандарт MPEG обеспечивает большой набор инструментов, из которого можно выбрать поднабор, председатель предположил, что оперативная группа должна поставить себе целью разработку ряда Рекомендаций, описывающих набор инструментов, которые, в конце концов, приведут к единому набору микросхем, независимо от того, какой поднабор будет принят вещателем. Это предположение официально признавало, что стоимость для потребителя будет обратно пропорциональна объему производства. Единый набор микросхем максимизировал бы долгосрочную выгоду и для производителей, и для потребителей и способствовал внедрению и всемирному принятию DTV. Было понятно, что в Рекомендациях могут быть исключения в подсистеме модуляции,



Рис. 1  
Председатель TG 11/3, Stan Baron, открывает первое заседание в декабре 1992 г.

<sup>2</sup> В названии статьи слова “на невозможное ушло немного больше времени!” взяты из традиционной поговорки инженеров “с трудностями мы справляемся немедленно, а на невозможное уходит немного больше времени”.

которая должна соответствовать существующим вещательным каналам 6, 7 и 8 MHz, и в особых уникальных службах, принятых региональными вещателями.

Председатель работал с командой из пяти человек, состоящей из двух вице-председателей и Thomas Ryden (Швеция), Richard Barton (Австралия) и David Wood (EBU/председатель рабочей группы 11A) по созданию *Принципов работы (Outline of Work)* [3]. В них содержалась системная модель и перечень вопросов, которые должна была рассмотреть оперативная группа при подготовке Рекомендаций. Документ также представлял набор проектов Рекомендаций для рассмотрения, проект отчета (или отчетов) для составления либо в виде приложений к Рекомендациям, предлагаемым группой, либо как отчеты для дальнейшего продолжения работы группы, либо в форме возможного учебного отчета. Принципы были выпущены в июне 1992 г. и предназначены в качестве руководства для администраций и других заинтересованных сторон, готовящих документы к первому заседанию оперативной группы в декабре 1992 г. в Женеве. Фактически, Принципы позволили группе начать работу за 6 месяцев до первого заседания. Системная модель разделила проект на области исследований, и председатель назначил *специальных докладчиков* для развития каждой области. Эти докладчики, служившие председателями подкомитетов оперативной группы, были назначены в июне 1992 г. и утверждены на первом заседании. Области исследования системной модели были следующие:

- 1) **Кодирование и компрессия источника;**
- 2) **Услуги мультимплексования и транспортировки;**
- 3) **Физический уровень**, включая параметры канального кодирования и схему модуляции, и
- 4) **Факторы планирования** (с учетом сферы передачи и приема) и стратегии реализации.

Два вице-председателя 11/3 служили и специальными докладчиками. Terry Long (Великобритания) был докладчиком по *факторам планирования*. Osamu Yamada (Япония) возглавил работу по *услугам мультимплексования и транспортировки*.

Thomas Ryden (Швеция) был назначен специальным докладчиком по *кодированию и компрессии аудио источника*. Brian Roberts (Новая Зеландия) – по *кодированию и компрессии видео источника*. В 1993 г. Thomas Ryden стал председателем другой группы, TG10/3, а Brian Roberts взял ответственность за все кодирование источника в Task Group 11/3. Опорный план сосредоточил первую работу на кодировании источника, которое было в относительно продвинутом состоянии развития, и в определении пропускной способности, необходимой для системы передачи.

Работа над *физическим уровнем* была поручена Richard Barton (Австралия). С 1993 его обязанности разделял Keith Malcolm (Австралия). Это была задача с самым длинным циклом планирования, т.к. наука в этой области была дальше всего от опробования.

David Wood (EBU/Working Party 11A) попросили изучить методы создания мировой вещательной системы цифрового телевидения и документировать минимальный набор стандартов.

Целью была разработка набора системных инструментов DTV, которые позволили бы вещателям обеспечить широкий спектр услуг в интегрированной и взаимодействующей среде и включали следующие принципы:

- **Многообразие услуг:** Не должно быть ограничений по типам визуальных, звуковых и информационных услуг (только по общей скорости передачи битов или пропускной способности системы).
- **Взаимодействие:** Не должно быть ограничений по гибкости услуг. Система DTV должна позволять полезный и экономичный обмен электронными изображениями, звуком и данными среди разных приложений и разных уровней производительности.
- **Расширяемость:** Не должно быть ограничений по возможности роста новых услуг, что обеспечивает защиту от устаревания.

## Начальные проблемы

Перед первым заседанием было общее соглашение о том, что любая новая служба цифрового телевидения должна иметь емкость для передачи широкоэкранных изображений более высокого разрешения, чем в традиционных телевизионных службах, и возможность многоканального звука.

Но наследие аналогового телевидения было еще сильно, и во многих частях света много времени и ресурсов было вложено в развитие вещательных систем с мультимплексным аналоговым компонентом (MAC

- multiplexed analogue component), которые рассматривались как «практический» способ передачи зрителям программ с качеством, доступным для цифрового производства в формате 4:2:2 и для HDTV. Системы MAC, основанные частично на аналоговой, а частично – на цифровой технологии, были реализованы в нескольких подходах для обеспечения услуг SDTV и HDTV.

### Сокращения

<b>8-VSB</b>	8-state Vestigial SideBand Частично подавленная боковая полоса с 8 состояниями	<b>ISDB</b>	Integrated Services Digital Broadcasting (Japan) Цифровое вещание с комплексными услугами (Япония) <a href="http://www.dibeg.org/">http://www.dibeg.org/</a>
<b>ACATS</b>	Advisory Committee on Advanced Television Systems (USA) Консультативный комитет по передовым системам телевидения (США)	<b>ISO</b>	International Organization for Standardization Международная организация стандартизации <a href="http://www.iso.org">http://www.iso.org</a>
<b>ATRC</b>	Advanced Television Research Consortium (USA) Консорциум по исследованиям передового телевидения (США)	<b>ITU</b>	International Telecommunication Union Международный союз электросвязи
<b>ATSC</b>	Advanced Television Systems Committee (USA) Комитет по передовым системам телевидения (США) <a href="http://www.atsc.org/">http://www.atsc.org/</a>	<b>ITU-R</b>	ITU – Radiocommunication Sector ITU – Сектор радиосвязи <a href="http://www.itu.int/ITU-R/publications/rec/index.asp">http://www.itu.int/ITU-R/publications/rec/index.asp</a>
<b>CCIR</b>	(ITU) International Radio Consultative Committee (ITU) Международный консультативный комитет по радиосвязи	<b>JTC</b>	(ISO/IEC) Joint Technical Committee (ISO/IEC) Совместный технический комитет
<b>COFDM</b>	Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex Мультиплекс с ортогональным частотным разделением и кодированием	<b>MAC</b>	Multiplexed Analogue Component Мультиплексный аналоговый компонент
<b>DCT</b>	Discrete Cosine Transform Дискретное косинусное преобразование	<b>MPEG</b>	Moving Picture Experts Group Группа киноэкспертов <a href="http://www.chiariglione.org/mpeg/">http://www.chiariglione.org/mpeg/</a>
<b>DTT</b>	Digital Terrestrial Television Цифровое наземное телевидение	<b>MUSE</b>	Multiple Sub-Nyquist sampling Encoding Кодирование с многократной субдискретизацией
<b>DTTB</b>	Digital Terrestrial Television Broadcasting Цифровое наземное телевизионное вещание	<b>NTSC</b>	National Television System Committee (USA) Национальный комитет систем телевидения (США)
<b>DTV</b>	Digital Television Цифровое телевидение	<b>PAL</b>	Phase Alternation Line Построчное изменение фазы
<b>DVB</b>	Digital Video Broadcasting Цифровое видео вещание <a href="http://www.dvb.org/">http://www.dvb.org/</a>	<b>SDTV</b>	Standard-Definition Television Телевидение стандартной четкости
<b>DVB-T</b>	DVB – Terrestrial DVB – Наземный	<b>SECAM</b>	<i>Séquentiel couleur à mémoire</i>
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission (USA) Федеральная комиссия связи (США)	<b>SMPTE</b>	Society of Motion Picture and Television Engineers (USA) Общество инженеров кино и телевидения (США) <a href="http://www.smpte.org/">http://www.smpte.org/</a>
<b>HDTV</b>	High-Definition Television Телевидение высокой четкости	<b>UHF</b>	Ultra High Frequency Ультравысокая частота
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission Международная электротехническая комиссия <a href="http://www.iec.ch/">http://www.iec.ch/</a>		

В конце 1980-х произошло событие, оказавшее большое влияние на все формы цифрового видео и существенно повысившее эффективность цифровой видео компрессии. Это была разработка интегральных схем, способных выполнять **дискретное косинусное преобразование** (DCT) в реальном времени. Именно этот ключевой технологический компонент, более чем любой другой отдельный элемент, превратил аналоговый мир телевидения в полностью цифровой.

В 1987 г., когда консультативный комитет по передовым системам телевидения США (ACATS - Advisory Committee on Advanced Television Services) опубликовал запрос на технические предложения по системе наземного вещания следующего поколения, было предложено более двух десятков систем, большинство из которых были основаны на технологии MAC. Четыре предложения, однако, были основаны на полностью цифровой технологии. Цифровые системы использовали разные патентованные технологии ком-

прессии, кодирования и модуляции. После тестирования этих предложений стали очевидны преимущества полностью цифровой технологии, и сторонники цифровых систем были привлечены для согласования своих предложений в единое предложение цифровой системы наземного вещания HDTV, которая и отражена в документах Advanced Television Systems Committee (ATSC).

Одна из четырех цифровых систем, предложенных ATSC, была разработана Advanced Television Research Consortium (ATRC). Она была основана на стандарте MPEG-2 и использовала схему модуляции множества несущих (multi-carrier). 30 сентября 1992 г. система ATRC дала первое в Америке параллельное цифровое вещание HDTV, доказав, что цифровая система DCT на базе MPEG может поддерживать необходимые услуги. В течение недели версии телепрограмм в NTSC транслировались по 4 каналу WRC-TV в Вашингтоне, а программы HDTV одновременно передавались по каналу UHF с антенны WRC-TV и принимались на расстоянии 68 миль (около 100 км).

Европейская промышленность в конце 1990-х образовала консорциум для развития аналого-гибридно-компонентной системы спутникового и кабельного вещания HDTV, HD-MAC. Кроме того, два альянса компаний в программе Eureka и программе RACE проекта VADIS изучили использование преобразований DCT для видео компрессии, которое можно было использовать для вещания SDTV или HDTV. Скандинавские страны (Швеция, Норвегия, Дания и Финляндия) разработали систему (HD-DEVINE) на базе цифровой технологии и с технологией компрессии DCT.

Затем в 1993 г. проект DVB разработал DVB-T как цифровой контейнер для цифрового наземного вещания, SDTV и HDTV.

В начале 1980-х японцы разработали передовую систему MUSE на базе MAC, предназначенную для спутникового вещания HDTV 1125i/30. Позже в 1990-е было разработано семейство ISDB-T для цифрового вещания, уже после завершения работы Task Group 11/3.

Одно из главных преимуществ полностью цифровой технологии, как всегда понималось, было более эффективное использование спектра путем цифровой компрессии. Это позволяло предлагать услуг больше и разнообразнее. Цифровые пакетированные системы связи, используя заголовки и технологию компрессии, дают гибкость, экономию и совместимость в широком спектре средств распространения, позволяя развитие новых услуг и практическую осуществимость мириад развлекательных, образовательных, информационных и деловых услуг.

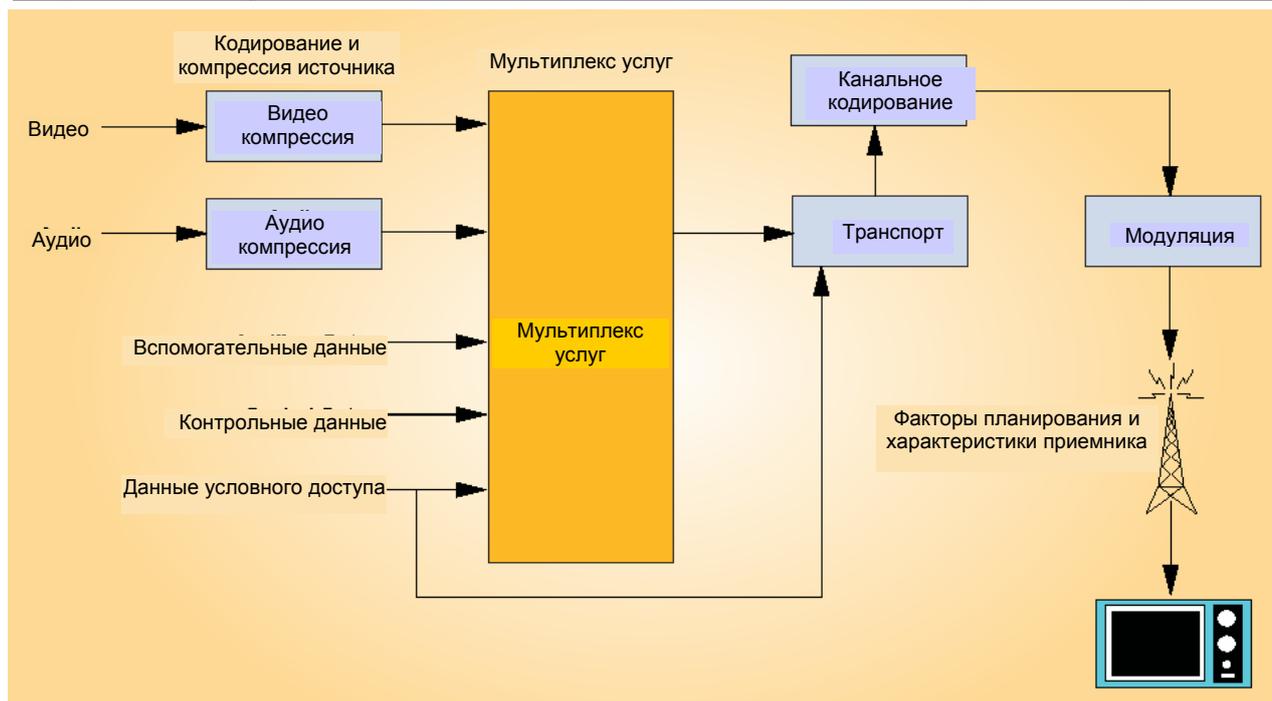
Поскольку работа оперативной группы была сфокусирована на стандартах наземного вещания, принципиальной проблемой были наземные каналы, как самые тесные из каналов доставки медиа. Полоса каналов ограничена. Каналы, выделенные для вещания телевизионных услуг, были (и остаются) ограничены полосой 6, 7 или 8 MHz, в зависимости от региона. Кроме того, каналы были (и остаются) подвержены шумам и радиопомехам.

## Система DTV

Документ «Принципы работы» (Outline of Work) включал модель системы цифрового наземного телевидения. Модель была разделена на 4 области, представляющие интерес, с подгруппами, предназначенными для разработки необходимых рекомендаций и отчетов. Каждую подгруппу возглавлял специальный докладчик. Оперативная группа использовала эту модель как основу для исследований. Четыре подсистемы системной модели были следующими (см. Рис. 2):

На Рис. 2 термин *вспомогательные данные* включает данные для управления системой, данные управления условным доступом или данные, связанные с аудио и видео службами программ, например, скрытые субтитры. *Вспомогательные данные* также могут относиться к связанным независимым службам программ, например, неподвижным изображениям или тексту, обеспечивающему дополнительную информацию, связанную с первичной услугой.

*Кодирование и компрессия источника* относится к методам кодирования, которые сокращают поток данных, созданный, когда изображения или звук представлены рядом (оцифрованных) значений выборок, и минимизируют число битов, необходимое для представления информации. Для данных изображения каждая пара значений представляет информацию яркости и цвета, содержащуюся в отдельной выборке или «пикселе» (элементе изображения). Для звуковых данных каждое значение представляет цифровую аудио выборку. Таким образом, задача кодера источника – конвертировать аудио и видео в данные и минимизировать число битов, необходимое для представления информации.



**Рис. 2**  
**Системная модель DTV**

Первая функция, выполняемая *мультиплексированием и транспортом услуг* – разделение элементарных потоков цифровых данных, полученных из кодеров источника, на пакеты информации с уникальной идентификацией каждого пакета или типа пакета и его места во времени. Затем этот модуль мультиплексирует пакеты потоков видео, аудио и вспомогательных данных в единый поток программ или служебных данных. Мультиплексор также может давать возможность комбинирования различных потоков данных программ в единый вещательный канал для одновременной передачи.

Благодаря вкладам мирового сообщества IEC/ISO JTC1 разработал своевременный стандарт MPEG-2 [4] для кодирования и мультиплексирования высококачественных сигналов видео, аудио и данных, с потенциалом для цифровых телевизионных систем. Стандарт MPEG-2 был разработан на базе DCT для телевизионных приложений, где полоса пропускания канала или объем носителей ограничены и требование эффективного транспортного механизма первостепенно.

*Физический уровень* включает канальное кодирование и схему модуляции. *Канальный кодер* берет результирующий поток битов сжатых данных и добавляет дополнительную информацию, которая может использоваться приемником для распознавания и восстановления изображений, звука и вспомогательных данных из переданного сигнала. Некоторые из дополнительных битов могут служить для восстановления данных, которые могут быть потеряны во время передачи из-за шумов в канале или других форм радиопомех. Характеристики канального кодера выбираются, чтобы поддержать схему модуляции, принятую для системы и среды, через которые данные должны транспортироваться.

*Модуляция* – механизм, посредством которого защищенный поток данных накладывается на один или более несущих сигналов для передачи. Эти системы передачи называются схемами с *одной несущей* и *со множеством несущих*, соответственно.

*Факторы планирования* включают учет характеристик средств передачи и приемной среды, а также обсуждение стратегий, подходящих для внедрения и реализации службы цифрового наземного телевидения, с учетом существующих вещательных услуг.

## Сводка рекомендаций оперативной группы

Task Group 11/3 завершила работу в ноябре 1996 г. и выпустила ряд рекомендаций и отчетов, определивших систему цифрового наземного телевидения. Работа Task Group 11/3 во многом была основана на работе и философии стандарта MPEG-2. Этот стандарт обеспечивает набор инструментов, из которо-

го можно выбрать поднабор. Аналогичен был и подход к работе над рекомендациями DTV. Ряд рекомендаций, выпущенных Task Group 11/3, определяет набор инструментов, который можно использовать для обеспечения услуг DTV.

В октябре 1994 г. Stan Baron [5] и David Wood [6] разработали Рекомендацию [7], давшую основу для соглашения по минимальному набору стандартов для системы цифрового наземного телевидения. Два поднабора из этого инструментария были подробно описаны в Рекомендациях DTV: **System A** (ATSC) и **System B** (DVB). Различия между двумя поднаборами были минимизированы и гармонизированы относительно видео и аудио кодирования и транспортных уровней, чтобы не было конфликтов, и были возможны единые декодеры "plug-and-play". Ограничив синтаксис, допустимый в рекомендованном ITU инструментарии, Task Group 11/3 помогла развитию менее сложного недорогого бытового прибора для использования во всем мире.

Перечень международных рекомендаций и отчетов, выпущенных оперативной группой, приводится в *Приложении А*.

## **Видео кодирование**

За первый год работы оперативной группы был достигнут консенсус в принятии MPEG-2 как механизма кодирования видео источников для вещательных приложений [8].

Был сделан выбор профилей и уровней видео кодирования MPEG. Из 20 было предложено два. Число включенных профилей и уровней влияет на сложность и, следовательно, стоимость бытового прибора (приемника) и стоимость поставки программного контента на международный рынок. Эти два профиля/уровня были:

- **Main Profile at Main Level** (MP@ML), который определяет бытовой прибор только для стандартных услуг цифрового телевидения;
- **Main Profile at High Level** (MP@HL), который предусматривает бытовой прибор, способный декодировать и услуги HDTV, и DTV стандартной четкости.

Набор инструментов подсистемы видео DTV определен в ITU-R BT.1208 и позволяет производителям контента выдавать программы в традиционном, широкоэкранном и HDTV формате.

Task Group 11/3 рекомендовала поставить акцент на системах с использованием MP@HL, гарантируя потребителям среду "plug-and-play". Рекомендация BT.1208 гласит:

***“Для того, чтобы телевизионный приемник мог декодировать все телевизионные услуги, он должен иметь функции высшего профиля и высшего уровня, предлагаемые для этих услуг. Это ведет к выбору Main Profile at the High Level как точки соответствия в стандарте MPEG-2.” [9].***

До последнего заседания в Task Group 11/3 рассматривались четыре уровня, но на этом заседании было достигнуто соглашение об исключении двух профилей/уровней : Main Profile at 1440 (MP@14) и Spatially Scalable Profile at 1440 Level (SP@14).

Профиль/уровень MP@14 был предназначен для чересстрочных 1080-строчных HDTV услуг, использовавших всего 1440 выборок на строку. Однако из-за требования обратной совместимости стандартов MPEG профиль/уровень MP@HL, описанный в стандарте DTV, может обеспечивать такие услуги.

Профиль Spatially Scalable (SP@14) рассматривался для обеспечения услуг с пространственным и временным масштабированием, где сигнал SDTV при необходимости транслируется вместе с «дозаправочным» сигналом для обеспечения услуг HDTV. После исследования, проведенного Европейским вещательным союзом (EBU), этот профиль был исключен, т.к. услуги с пространственным и временным масштабированием оказались неэффективными для наземного вещания.

Приемники, способные декодировать весь набор инструментов, определены в ITU-R BT.1208. Это ответило на запрос Всемирного вещательного союза о системе, которую можно обеспечить в одном универсальном бытовом приборе.

## **Аудио кодирование**

Выбор системы кодирования аудио источников был спорным. Первоначально было два кандидата, система MPEG-1/2 Level 2 (MUSICAM) и система Dolby AC-3, которые могли обеспечить три уровня звуковых

характеристик (моно, стерео или объемный звук). MUSICAM был частью спецификации MPEG-2 и широко использовался. AC-3 был более новой разработкой и, возможно, более эффективной системой. DVD позволяли обе системы.

После изучения работы систем MUSICAM и AC-3 председатель оперативной группы заключил, что декодеры для этих систем можно рассматривать как коллекцию «ресурсов» (арифметических модулей и памяти) под управлением одного или более набора команд. Для обеспечения нужной услуги можно выбрать соответствующий набор команд. Поскольку ресурсы, необходимые для реализации двух систем, очень похожи, двойной декодер не требует создания двух отдельных декодеров, а может быть реализован с использованием одной коллекции ресурсов с 6 постоянными наборами команд. После обсуждения этой архитектуры с производителями аудио оборудования было заключено, что для потребителя (помимо лицензионной платы) стоимость приобретения цифрового телеприемника с двойным декодером будет менее чем на 0.25% выше стоимости приемника с декодером одной системы. После дискуссии оперативная группа утвердила Рекомендацию MUSICAM и AC-3, защитив, таким образом, нынешние закодированные аудио программы.

Набор инструментов подсистемы аудио DTV определен в ITU-R BS.1196 [10] и позволяет производителям контента выбирать между инструментами компрессии и кодирования MPEG и AC-3. Одиночные декодеры, способные декодировать весь набор инструментов для звука в кодировке MPEG и AC-3 согласно ITU-R BS.1196, широко используются, и микросхемы выпускаются множеством производителей.

### **Транспортный уровень**

За второй год работы оперативной группы был достигнут консенсус о принятии поднабора стандарта MPEG-2 для механизма мультиплексирования и транспорта услуг. Работа по полному определению модифицированного транспорта и мультиплекса услуг заняла еще два года.

MPEG-2 требовал небольших дополнений для возможности использования в среде вещания. Для упрощения принятия этих изменений комитетом MPEG его председатель Dr Leonardo Chiariglione был приглашен участвовать в заседаниях оперативной группы. Dr Chiariglione понял, зачем нужны изменения, требуемые оперативной группой, и провел работу в комитете MPEG для включения нужных дополнений.

Мультиплекс и транспорт услуг, обеспечивающий основу для системы DTV – это ограниченный поднабор из инструментария стандарта MPEG-2, определенный в Рекомендации ITU-R BT.1300 [11]. Рекомендация BT.1300 предусматривала разработку единого декодера на транспортном уровне, который мог преобразовывать уровень услуг мультиплекса и транспортный уровень, а также извлекать потоки аудио, видео и вспомогательных данных для любой системы, соответствующей набору рекомендаций DTV. Это создало среду “plug-and-play” для потребителя без необходимости особого кодирующего поднабора.

Распределение идентификации пакетов согласно System A и System B ITU-R DTTB было гармонизировано во избежание вероятности ошибок декодера. Системы, соответствующие поднабору транспорта MPEG-2, определенному в BT.1300, включая распределение тегов дескриптора и таблицу идентификаторов, позволяют развитие отдельных устройств, способных декодировать весь набор инструментов, определенный в BT.1300. Развитие таких декодеров стало возможно благодаря решениям, принятым на последнем заседании Task Group 11/3.

Существование единых декодеров, способных декодировать весь набор инструментов, определенный в Rec. 1299, соответствовал, опять-таки, запросу Всемирного вещательного союза о наборе вещательных систем, которые удовлетворяли бы требованиям регионального вещания, но могли быть обеспечены одним универсальным бытовым прибором “plug-and-play”.

### **Физический уровень**

Одним из главных препятствий к соглашению по стандарту системы модуляции было отсутствие единообразия в использовании вещательного спектра по всему миру. Страны, принявшие систему NTSC, разработали планы спектра с полосой каналов 6-MHz. Страны, принявшие системы PAL и SECAM, разработали планы спектра с полосой каналов от 6 MHz до 8 MHz. Поэтому максимальная пропускная способность систем варьируется географически (при одинаковых предположениях о защите от ошибок в каждом случае).

Кроме того, нужно учитывать и другие отличия в инфраструктуре. Иногда национальные вещатели производят и распространяют на национальном уровне программы местным поставщикам услуг, но позво-

ляют вставку рекламы и местных программ. В другом случае вещатели передают уникальную услугу на региональном или национальном уровне. В такой среде вещатели производят и распространяют программы, передаваемые на национальном или региональном уровне без местной модификации.

Этим вещателям нужна система, позволяющая использование одной частоты для множества передатчиков, и невосприимчивая к отражениям.

Рекомендации относительно физического уровня DTV (канального кодирования и схемы модуляции) определены в Рекомендации ITU-R BT.1306, где рассматривается нынешнее распределение каналов 6, 7 и 8 MHz и необходимость учета различной среды и факторов планирования. Можно считать, что этот набор рекомендаций и отчетов обеспечивает решение единой совместимой системы для DTV в практических физических рамках сегодняшней мировой среды распределения каналов.

Рекомендация BT.1306 предусматривала 8-VSB, метод модуляции с одной несущей, и COFDM, метод модуляции со множеством несущих. COFDM оказался менее восприимчивым к многолучевой интерференции и это упрощает одночастотные сети. 8-VSB оказался чуть более эффективным по битам (передавал больше битов на MHz) и требовал меньше мощности для приема на стационарную антенну при низкой многолучевой интерференции. Разница в методе модуляции весьма зависит от местных факторов планирования, которые зависят от полосы пропускания каналов в различных частях света и от местных условий окружающей среды.

### **Мультипрограммная способность и взаимодействие с другими медиа**

Применение технологии цифровой компрессии к телевизионным сигналам позволяет многопрограммную передачу в существующих каналах. Цифровые телевизионные системы с компрессией дают перспективу значительного повышения качества услуг, заметно улучшая использование спектра по сравнению с аналоговыми методами передачи. Технологию компрессии MPEG-2 можно использовать для передачи трех или более каналов телепрограмм в спектре, отведенном сейчас одному аналоговому каналу. Поставщики телевизионных услуг могут выбрать передачу множества телепрограмм с цифровой компрессией вместо одной программы традиционной, повышенной или высокой четкости. Эти телесигналы с цифровой компрессией могут сопровождаться цифровым высококачественным звуком, кодированной информацией условного доступа и каналами вспомогательных данных. Task Group 11/3 уделила особое внимание созданию цифровой архитектуры, способной обеспечивать телевизионные услуги высокой (HDTV) и традиционной (SDTV) четкости в среде наземного вещания и взаимодействующей с кабельной передачей, спутниковым вещанием и записью медиа.

Могут существовать различные схемы модуляции для кабельной, спутниковой передачи или записи медиа для оптимизации использования этих каналов. Общий транспортный поток, используемый как транспортный «контейнер», производит универсальный поток данных после демодуляции в бытовом приемнике или воспроизводящем устройстве и упрощает взаимодействие сигнала в различных средствах передачи. Существование общего потока данных уменьшает сложность бытового приемника.

### **HDTV**

На последнем заседании оперативной группы в 1996 г. несколько государств проявили интерес к 1080-строчной системе как основе международного соглашения по стандарту HDTV для обмена программ.

Производителям контента, особенно с глобальных рынков, явно выгодны общие стандарты. Стандарты HDTV, предлагавшиеся в 1980-х гг. – 1152-строчный чересстрочный/50 Hz (Европа) и 1035-строчный чересстрочный/60 Hz (Япония/США) – были близки и могли сочетаться в формате 1080i. Преимущества 720-строчного прогрессивного/60 стандарта SMPTE еще не доказаны. Лишь чересстрочный стандарт с 1080 строками – в версиях 50 Hz и 60 Hz – дал перспективу для международного соглашения<sup>3</sup> [12]. Параметры 1080-строчной системы были документированы в Рекомендации ITU-R BT.709, Part II [13]. Она была подготовлена в начале 1990-х CCIR Working Party 11A под руководством David Wood<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> На практике это означало чересстрочную систему 1080, т.к. система 1080p не входила в спецификацию кодирования MPEG-2 с частотой кадров 50 Hz и 60 Hz.

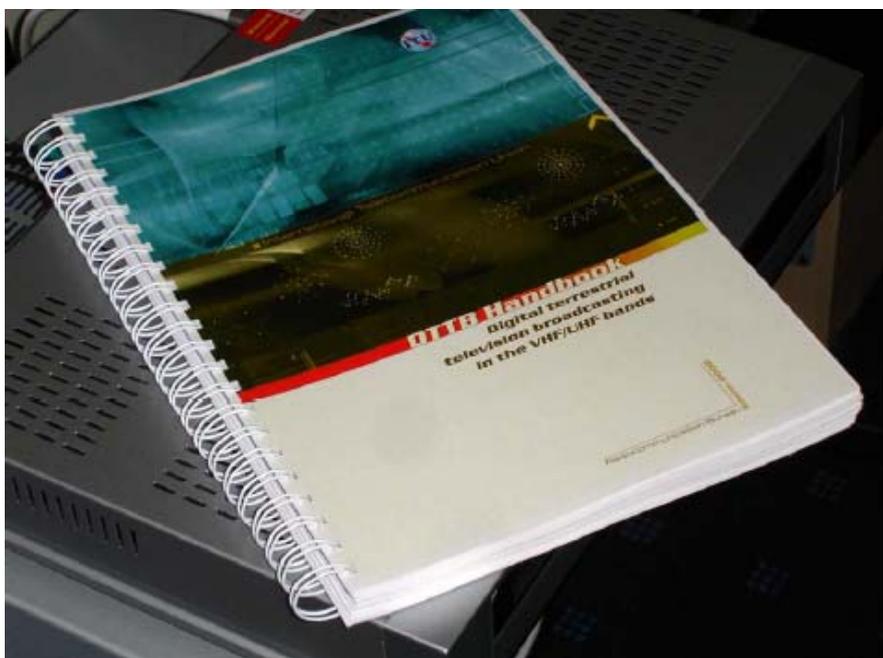
<sup>4</sup> В то время единственной технологией для домашних дисплеев была ЭЛТ, для которой вполне подходила чересстрочная развертка 1080.

## Задание выполнено

Последнее заседание Task Group 11/3 состоялось в Сиднее, Австралия, в ноябре 1996. На нем были завершены международные соглашения, определяющие полную систему цифрового вещания. Учитывая австралийскую инициативу, создавшую оперативную группу, было целесообразно провести последнее заседание в Сиднее.

Группа выпустила ряд Рекомендаций, которые вышли за рамки услуг цифрового наземного телевидения. Там предлагалась возможность создания цифровой магистрали в дома зрителей, позволявшей целый спектр цифровых услуг. Эти рекомендации можно использовать для передачи услуги HDTV с объемным звуком и поддерживающими данными, или множества услуг SDTV, или сделать тракт передачи данных для загрузки текста, неподвижных изображений и другой информации.

На последнем заседании оперативная группа также предусмотрела продолжение работы, поручив рабочим группам ITU особые предложения для будущей поддержки. Оперативная группа признала, что технические стандарты никогда не «заканчиваются» и ее работу следует считать началом эволюционного процесса.



**Рис. 3**  
**Справочник ITU по цифровому наземному телевидению, один из важных плодов работы TG 11/3**

Концепция системы DTV как набора совместимых модулей была доказана тем фактом, что одни администрации приняли ряд параметров System A (ATSC), а другие – System B (DVB). Третьи, например, Австралия, приняли оба.

За десять лет после окончания работы Task Group 11/3 в 1996 г. произошло многое. DTV есть во всем мире, хотя в развивающихся странах его становление шло медленнее, чем мы думали десять лет назад. Сейчас есть новые и более эффективные схемы компрессии и плоские панели HDTV с прогрессивной разверткой. Развитие стандартов действительно никогда не кончается.

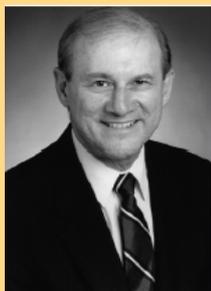
Из работы TG 11/3 вырисовалось многое. Сами стандарты широко используются и соблюдаются, и сейчас универсально применяется концепция стандартов как инструментария, из которого можно выводить «профили». Идея единых приемников с мировым рынком опережает свое время, но остается ценным долгосрочным замыслом, и мы, шаг за шагом, к нему идем. Случись оно раньше, это могло ускорить рост DTV в развивающемся мире.

## Официальное уведомление

Технология, описанная в статье, представляет работу, сделанную в сотнях лабораторий и нескольких консорциумах всего мира и ставшую общедоступной в работе европейского цифрового видео вещания (DVB), североамериканского проекта передовых телевизионных услуг, различных проектов, организованных японской ассоциацией технологии вещания (BTA), международной организацией по стандартизации (ISO) и международной электротехнической комиссией (IEC), группой киноэкспертов (MPEG), комитетом передовых телевизионных систем (ATSC), Европейским вещательным союзом (EBU), Международным союзом электросвязи (ITU) и обществом инженеров кино и телевидения (SMPTE), среди прочих. Эта статья – дань их индивидуальной и коллективной работе.

Авторы хотят выразить глубокую благодарность следующим лицам из ITU за личный вклад в работу Task Group 11-3: Mr Pekka Tarjanne, (тогда) генеральный секретарь; Dr Richard Kirby, (тогда) директор ITU-R; персонал ITU-R в Женеве, Швейцария, и, в частности, старшие советники, Mr Richard Nickelson и Dr Giuliano Rossi; и секретариат, Mrs Renata Zecha.

Большая часть текста этой статьи изначально сопровождала заключительный отчет ITU Task Group 11/3 по цифровому наземному телевидению. Многие вкладчики в работу Task Group 11/3 рецензировали оригинальный проект, и их работа принята с благодарностью, особенно – Richard Barton (Австралия), Louis Libin (США), Brian Roberts (Новая Зеландия) и Craig Todd (США).



**Stanley Baron** получил степени BSEE и MSEE в Нью-Йоркском университете и более 40 лет участвовал в проектировании и развитии цифровых телевизионных систем, начиная с 1962 г. Был изобретателем первого коммерчески доступного цифрового генератора графических изображений для телевидения. В 1980 г. описал структуру цифровой дискретизации и интерфейс оборудования для телевидения, совместимый с вещательными стандартами 50 и 60 Hz. Его предложение стало основой международных стандартов для компонентного цифрового телевидения 4:2:2.

Mr Baron ушел на пенсию в конце 1998 г. как исполнительный директор по телевизионным технологиям National Broadcasting Company (NBC) в Нью-Йорке, где отвечал за исследования, оценку и реализацию новой телевизионной технологии.

Был председателем Комитета передовых телевизионных систем, Технологического комитета, (ATSC-T3), по поручению FCC отвечал за документацию стандарта цифровых передовых телевизионных систем и был избран государством-членом председателем оперативной группы ITU/R-TG11/3, ответственной за развитие международных соглашений по цифровому наземному телевидению.

Stan Baron – бывший президент Общества инженеров кино и телевидения (SMPTE). Также два срока был вице-президентом SMPTE Engineering, отвечая за контроль около 100 проектов и около 600 профессионалов, участвовавших в разработке американских и международных технических стандартов. Был избран членом Royal Television Society (Великобритания), SMPTE, IEEE и BKSTS (Великобритания).

**David Wood** – глава отдела новых технологий в штаб-квартире EBU в Женеве. Окончил факультет электроники в университете Саутгемптона, Великобритания, и Национальную академию связи им. Попова в Одессе. Работал в BBC и бывшей IBA в Великобритании, до того как поступил в EBU.

В EBU Mr Wood работает с группой цифровой стратегии Административного совета и рядом других групп, занимающихся HDTV и новыми медиа.



## Ссылки

- [1] S. Baron and D. Wood: **Rec. 601 — the origins of the 4:2:2 DTV standard**  
EBU Technical Review No. 305, October 2005  
[http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev\\_304-rec601\\_wood.pdf](http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_304-rec601_wood.pdf)
- [2] ITU-R Question 121/11: **Digital Terrestrial Television Broadcasting.**
- [3] CCIR Document 11-3/2: **Outline of Work for Task Group 11/3, Digital Terrestrial Television Broadcasting.** ITU-R, 30 June 1992.
- [4] IEC/ISO 13818: **Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, (MPEG-2).**
- [5] ITU-R Document 11-3/TEMP/1: **Chairman's Opening Remarks, October 1994.**

- [6] ITU-R Document 11-3/19: **Recommendation for Main Elements of a Common Digital Terrestrial Television ITU-R Standard.** ITU-R, 14 September 1994.
- [7] ITU-R Recommendation BT.1298: **The Basic Elements of a World-Wide Family of Systems for Digital Terrestrial Television Broadcasting.** ITU-R, October 1997.
- [8] Chairman, ITU-R Task Group 11/3: **Report of the Second Meeting of ITU-R Task Group 11/3 Geneva, 13-19 October 1993.** ITU-R, 5 January 1994, p. 40.
- [9] ITU-R Document 11/1013: **Revision of Recommendation BT.1208: Video Coding for Digital Terrestrial Television Broadcasting.** ITU-R, 12 June 1997.
- [10] ITU-R Recommendation BT.1196: **Audio Coding for Digital Terrestrial Television Broadcasting** ITU-R, 1995.
- [11] ITU-R Recommendation BT.1300: **Service Multiplex, Transport, and Identification Methods for Digital Terrestrial Television Broadcasting.** ITU-R, October 1997.
- [12] ITU-R Doc. 11-3/78: **Report on the Third and Final Meeting of Task Group 11/3.** ITU-R, 1 Dec. 1996.
- [13] ITU-R Recommendation BT.709-3: **Parameter Values for the HDTV Standards for Production and International Programme Exchange – Part II, HDTV Systems with Square Pixel Common Image Format.** ITU-R, October 1997.

*Продолжение следует ...*

## Приложение А: Отчеты и рекомендации Task Group 11/3

Область интереса	Документ
<b>Система:</b>	
<i>Digital Terrestrial Television Broadcasting in the VHF/UHF Bands (2002)</i>	Справочник
<i>Rec: The Basic Elements of a Worldwide Family of Common Systems for Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BT.1299
<b>Видео кодирование и компрессия:</b>	
<i>Rec: Video Coding for Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BT.1208
<b>Аудио кодирование и компрессия:</b>	
<i>Rec: Audio Coding for Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BS.1196
<b>Мультиплексирование и транспорт услуг:</b>	
<i>Rec: Service Multiplex Methods for Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BT.1209
<i>Rec: Service Multiplex, Transport, and Identification Methods for Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BT.1300
<i>Rec: Data Services in Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BT.1301
<i>Rec: Data Access Methods for Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BT.1207
<b>Физический уровень:</b>	
<i>Rec: Error Correction, Data Framing, Modulation and Emission Methods in Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BT.1306
<i>Rec: Spectrum Shaping Limits for Digital Terrestrial Television Broadcasting</i>	ITU-R BT.1206
<i>Rec: Planning Criteria for Digital Terrestrial Television Broadcasting Services in the VHF/UHF Bands</i>	ITU-R BT.1368
<i>Report: Guidelines and Techniques for the Evaluation of Digital Terrestrial Television Broadcasting Systems</i>	ITU-R BT.2035