



РЕГИОНАЛЬНОЕ СОДРУЖЕСТВО В ОБЛАСТИ СВЯЗИ

**Комиссия РСС по регулированию
использования радиочастотного спектра
и спутниковых орбит**

**Док. РГРВ/13/479
Приложение 5
к Док. РГРВ/13/486**

РГРВ

«9» сентября 2019 г.

Вклад Российской Федерации

**Рабочий документ к проекту Отчета РСС
«Исследование условий и рассмотрение вариантов внедрения
перспективных систем ТВ вещания и формирование единых
подходов стран РСС в отношении перспектив и сроков внедрения с
учетом имеющейся и предполагаемой в будущем доступности
радиочастотного спектра»**

[2019]

Оглавление

Оглавление	2
Список сокращений.....	4
Введение	5
1. Существующие виды и форматы предоставления мультимедийного контента пользователю, количественное развитие существующих услуг ТВ вещания (увеличение количества передаваемых программ)	7
Исследования рынка, проведенные в странах РСС.....	9
2. Новые виды, способы и форматы предоставления мультимедийного контента пользователю, развитие новых услуг	14
2.1 Формирование спроса на внедрение перспективных систем ТВ вещания, стандартов изображения и форматов представления видео контента	14
2.2 Линейные форматы передачи и технологии повышения качества программ.....	15
2.2.1 Передача изображений высокой четкости	15
2.2.2 Передача изображений сверхвысокой четкости	16
2.2.3 Передача изображений с расширенным динамическим диапазоном	29
2.2.4 Передача изображений с повышенной частотой кадров	31
2.2.5 Передача многоканального звука с эффектом погружения.....	33
2.2.6 Многоэкранное и сверхширокоэкранное телевидение, панорамное телевидение с широким углом обзора	33
2.2.7 Виртуальная реальность (VR).....	35
2.2.8 Дополненная реальность (AR).....	37
2.2.9 Выводы.....	41
2.3 Способы организации и форматы нелинейного вещания.....	42
2.3.1 Базовый и расширенный функционал интерактивного взаимодействия пользователя с системами мультимедийного контента.....	42
2.3.2 Методы создания и форматы представления нелинейного контента.....	42
2.3.3 Технологии нелинейной интерактивной доставки линейного телевизионного контента (OTT/IPTV)	42
2.3.4 Технологии линейной доставки нелинейного интерактивного телевизионного и мультимедийного контента (телеинформационные услуги, Webcast, OTT Broadcast)	43
2.3.5 Приемники с накоплением.....	43
2.3.6 Сравнение возможностей систем интерактивного просмотра телевизионного и мультимедийного контента, выполненных на разных концах линии передачи	44
2.4 Конвергенция линейного и нелинейного способов просмотра телевизионного и мультимедийного контента	44
2.4.1 Сильные и слабые стороны линейных и нелинейных технологий передачи и представления телевизионного и мультимедийного контента	44
2.4.2 Технологии конвергенции сетевого уровня	45
2.4.3 Технологии конвергенции прикладного уровня	47
2.4.4 Глобальная платформа вещания.....	48
3. Технологические платформы для развития телевизионного вещания.....	51
3.1 Существующие технические системы и стандарты доставки телевизионного и мультимедийного контента в наземном радиоканале	51
3.1.1 Специализированные системы цифрового телевизионного вещания в наземном радиоканале	51
3.1.2 Системы непосредственного спутникового телевизионного вещания	53
3.1.3 Подсистемы вещания в сетях подвижной и фиксированной радиосвязи	53
3.1.4 Средства доставки мультимедийного контента в сетях радиосвязи	53

3.2	Перспективные технические системы и стандарты доставки телевизионного и мультимедийного контента в наземном радиоканале	53
3.2.1	Перспективные специализированные системы цифрового телевизионного вещания	53
3.2.2	Усовершенствованные методы передачи и приема для увеличения пропускной способности каналов наземного телевизионного вещания.....	58
3.2.3	Подсистемы и расширения перспективных стандартов и систем подвижной и фиксированной радиосвязи для задач вещания	63
3.2.4	Перспективные расширения стандартов и систем радиосвязи более широкого применения.....	63
3.3	Сравнительная эффективность применения существующих и новых технических платформ доставки телевизионного и мультимедийного контента в наземном радиоканале для разных условий, с учетом экономического и социального аспекта оказываемых телевизионным вещанием услуг.....	64
4.	Перспективы развития телевизионного вещания с учетом доступности радиочастотного ресурса	64
4.1	Основные сценарии доступности радиочастотного ресурса для развития телевизионного вещания в наземном радиоканале.....	64
4.1.1	Для развития ТВ вещания доступны полосы радиочастот 174-230 и 470-790 МГц	64
4.1.2	Для развития ТВ вещания доступны полосы радиочастот 174-230 МГц, 470-694 МГц и 694-790 МГц на отдельных территориях	64
4.1.3	Для развития ТВ вещания доступны полосы радиочастот 174-230 и 470-694 МГц	64
4.1.4	Для развития ТВ вещания доступны участки полос радиочастот 174-230 и 470-694 МГц.....	64
5.	Возможности использования полос радиочастот в диапазонах 470-694/790/862 МГц для внедрения перспективных систем ТВ вещания	65
5.1	Методы повышения эффективности использования радиочастотного ресурса телевизионным вещанием для сохранения объемов услуг при использовании меньшей полосы радиочастот.....	65
5.2	Оценка требований к модернизации инфраструктуры сетей телевизионного вещания для повышения интенсивности использования радиочастотного спектра при сохранении зон охвата	65
5.3	Типовые сценарии внедрения перспективных технологий ТВ вещания в странах РСС	65
5.3.1	Сценарий 1, страны	65
5.3.2	Сценарий 2, страны	65
5.3.3	Сценарий 3, страны	65
6.	Перспективы появления и доступность новых поколений аппаратуры для производства и просмотра телевизионных программ	66
7.	Выводы и общие рекомендации для различных сценариев внедрения услуг и доступности радиочастотного спектра.....	66

Список сокращений

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

BER	Bit Error Rate (частота появления ошибочных битов)
АС	Абонентская станция
АФУ	Антенно-фидерные устройства
БС	Базовая станция
ВКР	Всемирная Конференция Радиосвязи
ГГц	Гигагерц
ДМВ	Дециметровые волны
ДНА	Диаграмма направленности антенны
КАМ	Квадратурно-амплитудная модуляция
МГц	Мегагерц
МСЭ	Международный союз электросвязи
МСЭ-R	Международный союз электросвязи, сектор радиосвязи
НЦТВ	Наземное цифровое телевизионное вещание
ОСШ	Отношение сигнал/шум
ПС	Подвижная связь
ПД	Передача данных
РР	Регламент радиосвязи
РСС	Региональное содружество связи
РЧС	Радиочастотный спектр
РЭС	Радиоэлектронное средство
СПС	Сеть подвижной связи
УВЧ	Диапазон 300 МГц-3 ГГц
ЧР	Частотный разнос
ЧТР	Частотно-территориальный разнос
ШБД	Широкополосный беспроводной доступ
ЭИИМ	Эквивалентная изотропно-излучаемая мощность
ЭМС	Электромагнитная совместимость

Введение

Тематика отчета: исследование условий и рассмотрение вариантов внедрения перспективных систем ТВ вещания и формирование единых подходов стран РСС в отношении перспектив и сроков внедрения с учетом имеющейся и предполагаемой в будущем доступности радиочастотного спектра.

В рамках данного отчета рассматриваются возможности по внедрению перспективных систем и стандартов наземного цифрового телевизионного вещания в странах РСС. Исследуются вопросы обеспечения доступности и готовности к использованию радиочастотного ресурса для внедрения перспективных систем и стандартов телевизионного вещания. Проводится анализ необходимого количества доступного радиочастотного спектра для внедрения новых технологий телевизионного вещания в рамках основных возможных сценариев внедрения, определение основных факторов, влияющих на технические характеристики перспективных систем ТВ вещания, включая потребности в радиочастотном спектре, и доступность радиочастотного спектра в полосах радиочастот 174-230 и 470-694/790 МГц.

Одной из важных тенденций последних лет является бурное развитие сетей передачи данных, как проводных, так и беспроводных. Растет популярность просмотра видеопрограмм через интерактивные сервисы в сети интернет и IPTV. В то же время, благодаря значительному прогрессу средств воспроизведения (увеличение разрешения и повышение размера дисплеев, увеличение динамического диапазона, повышение частоты кадров, внедрение многоканального звукового сопровождения и объемного звука с эффектом погружения, появление систем панорамного видео и активное начало работ по практическому применению принципов голографии и стереоскопических дисплеев), пользователи будут предъявлять все более высокие требования к качеству телевизионных и видео программ.

В настоящем отчете рассматривается внедрение целого ряда актуальных и перспективных технологий ТВ вещания, таких как телевидение высокой и ультравысокой четкости, расширенный динамический диапазон, многоканальное звуковое сопровождение и объемный звук с эффектом погружения, панорамное видео и передача стереоскопического изображения. Все эти технологии предъявляют повышенные требования к пропускной способности каналов передачи данных.

К сожалению, современная инфраструктура связи не готова обеспечить доставку видео контента перспективных систем ТВ вещания массовому потребителю и, в условиях наличия по некоторым системам, как абонентской аппаратуры, так и готовности производителей контента, является узким местом, тормозящим массовое внедрение перспективных систем ТВ вещания и новых форматов видео контента.

Диапазоны частот метровых и дециметровых волн (диапазоны ОВЧ и УВЧ) является основным частотным ресурсом для развития и внедрения НЦТВ как во всём мире, так и в странах РСС после вывода из эксплуатации передающих станций аналогового вещания.

Рынок доставки цифрового контента с использованием вещательных каналов и каналов связи охватывает растущее число технологий и способов доставки контента, является высоко конкурентным и динамично развивающимся. Основным преимуществом наземного цифрового ТВ является низкая стоимость доставки контента большим группам пользователей одновременно вместе с низким уровнем капитальных затрат на создание

инфраструктуры передающих сетей. Однако в современном мире одна только низкая стоимость доставки для потребителя не является безусловной гарантией сохранения конкурентоспособности технологии связи. Перед цифровым вещанием стоит целый ряд масштабных задач, которые требуют своего решения для повышения качества и объема предоставляемых услуг до уровня, соответствующего растущим потребностям и меняющимся ожиданиям пользователей. Решение этих задач необходимо для поддержания привлекательности и конкурентоспособности цифрового ТВ вещания и в дальнейшем.

Оценка перспектив и моделей внедрения новых технологий на сетях цифрового ТВ вещания требует анализа следующих основных факторов:

- Востребованность существующих и новых видов, способов и форматов предоставления мультимедийного контента пользователю, развитие новых услуг.
- Возможности развития, предоставляемые существующей технологической платформой.
- Наличие / перспективы появления, трудоемкость и себестоимость внедрения новых технологических платформ в ТВ вещании.
- Техничко-экономическая эффективность существующих и новых технологических платформ ТВ вещания, с учетом социального аспекта оказываемых ТВ вещанием услуг.
- Наличие ресурсов для развития: инфраструктура, доступный радиочастотный спектр, инвестиции.
- Вопросы доступности, готовности и масштабов производства новых поколений приемопередающей аппаратуры и программно-аппаратного обеспечения прикладного уровня как на стороне ТВ каналов и передающих сетей, так и на стороне конечного потребителя.

Все перспективные форматы представления контента предназначены для передачи изображения и звука с улучшенными характеристиками и имеют повышенные требования к скорости передачи информации в канале. На сегодняшний день, в условиях опережающего развития студийного и пользовательского оборудования, именно несовершенство систем связи в направлении от студии к зрителю (низкие скорости передачи информации в каналах связи и их высокая стоимость) является ограничивающим фактором на пути повышения качества передаваемых программ. Скорость передачи информации в наземном телевизионном вещании, как и в любом другом виде радиосвязи, напрямую зависит от доступной полосы радиочастот. Поэтому даже в условиях постепенного прогресса радиотехнологий и технологий сжатия информации, для развития ТВ вещания большое значение имеет наличие доступного радиочастотного спектра.

В странах РСС приняты различные решения по вопросу использования полосы частот 694-790 МГц для подвижной связи, в то время как полоса частот 790-862 МГц используется для подвижной связи во всех странах РСС.

Исследования МСЭ показали, что РЭС подвижной и радиовещательной служб не могут функционировать совместно в одних и тех же полосах частот на одних и тех же или соседних территориях из-за взаимных помех. По этой причине и в связи с особенностями лицензирования использования полос радиочастот операторами подвижной связи, в странах (или частях территории стран), где в полосе радиочастот 694-790 МГц внедряется подвижная служба, использование этой полосы частот ТВ вещанием невозможно. В этих

условиях развитие наземного цифрового ТВ вещания сталкивается с проблемой сокращения доступного радиочастотного ресурса. Является ли это сокращение критичным для внедрения новых услуг на сетях ТВ вещания, зависит от нескольких факторов, в том числе – от инфраструктуры сетей ТВ вещания.

ТВ вещание, как и любая система радиосвязи в состоянии обеспечить повышение скорости передачи информации в той же полосе радиочастот за счет увеличения плотности или повышения сложности инфраструктуры сетей радиосвязи (вещания). Таким образом, сокращение доступного радиочастотного ресурса повышает требования к инфраструктуре сетей передающих станций ТВ вещания – в общем случае для охвата той же территории потребуется большее число передающих ТВ станций, работающих с большей мощностью и/или с использованием более сложных методов передачи. Это необходимо для борьбы с возрастающим взаимным мешающим влиянием радиосигналов, возникающем при попытке передать необходимое количество информации в меньшей полосе радиочастот (например, 470-694 МГц вместо 470-790 МГц).

В данном отчете рассматривается комплекс вопросов, связанных с внедрением перспективных систем ТВ вещания в странах РСС с учетом сложившейся практики использования и загруженности спектра, наличия инфраструктуры, внедрения конкурирующих технологий передачи видео контента и актуальной покупательной способности населения в городских и сельских районах стран РСС. Задачей составления данного отчета является разработка вероятных сценариев внедрения перспективных технологий ТВ вещания и определение условий их внедрения, для содействия Администрациям стран РСС при разработке политики по внедрению перспективных технологий и использованию радиочастотного спектра.

1. Существующие виды и форматы предоставления мультимедийного контента пользователю, количественное развитие существующих услуг ТВ вещания (увеличение количества передаваемых программ)

В данном разделе приводится обобщенный анализ перспективности и востребованности дальнейшего роста количества услуг ТВ вещания (например, дальнейшее увеличение числа ТВ каналов) без их качественного развития.

Широкополосный мультимедийный видео контент, включая программы ТВ вещания, в современных сетях связи может доставляться различными способами. Цифровизация телевизионного вещания позволяет организовать передачу потоков данных большому числу пользователей одновременно с задействованием относительно небольших полос частот для одновременного обслуживания до миллионов абонентов. За счет гибкости цифровых технологий, в цифровых сетях ТВ вещания становится возможным внедрять новые форматы изображения, звука, дополнительные информационные услуги без необходимости перепроектирования или глубокой модернизации сетей. Сети цифрового вещания разных стандартов наилучшим образом приспособлены для доставки линейного мультимедийного контента. Вместе с тем, при наличии подсистемы хранения и соответствующей функциональности на приемной стороне, контент может просматриваться и нелинейно.

Наряду с обычной широковещательной доставкой ТВ программ растет популярность интерактивного просмотра линейного мультимедийного контента с использованием широкополосных сетей передачи данных - как проводных, так и беспроводных.

Большинство современных решений в области интерактивного видео строятся на основе традиционной архитектуры «клиент-сервер». При таком формате для просмотра требуются три составляющие: сервер провайдера услуг, широкополосный канал данных и терминал на приемной стороне. Проблемной стороной такой архитектуры является относительно высокая стоимость решения на абонента (каждого абонента нужно обслужить отдельно и использовать для него отдельный канал) и уязвимость к перегрузке серверов или транспортной сети.

Услуги передачи данных (контента) в сетях подвижной радиосвязи могут иметь некоторые ограничения по скорости и объемам передаваемого контента, обусловленные в первую очередь – используемым радиочастотным ресурсом, плотностью установки базовых станций, пропускной способностью каналов передачи данных опорной сети. Эти ограничения проявляются тем сильнее, чем большее число пользователей сети подвижной связи пытается одновременно получить доступ к услугам передачи данных.

В отличие от сетей передачи данных, в каналах ТВ вещания существует возможность обеспечить гарантированное качество доставки программ высокой, ультравысокой четкости и других перспективных форматов любому числу зрителей одновременно при сравнительно малых затратах на развитие сетей. Поэтому вещание (широковещательная доставка один - многим), позволяющее максимально эффективно использовать каналы связи при передаче востребованного массовым потребителям контента, сохранит свою актуальность и в долгосрочной перспективе, несмотря на активное развитие сетей ШПД. Использование гибридных решений и конвергенция с сетями ШПД способны предоставить дополнительные возможности по интерактивному отображению контента по запросу пользователя.

Однако и в сетях ТВ вещания существуют свои проблемы. Основной проблемой является дефицит полосы пропускания радиоканалов спутниковых и наземных систем связи, который заставляет операторов снижать качество передаваемых программ в пользу увеличения их количества. В наземном вещании одной из важных проблем является дефицит частотного ресурса из-за продолжения работы аналогового ТВ вещания и использования частотного спектра, выделенного ТВ вещанию, другими службами, а также возможности перераспределения спектра в пользу других служб.

В сетях подвижной связи также возможно введение режима широковещания. В этом случае сеть подвижной связи использует часть своего ресурса для передачи вещательного контента в режиме вещания (один-многим) и фактически становится сетью ТВ вещания. Однако зона охвата таким вещанием не будет существенно превосходить зону охвата 4G/5G сети, а для приема программ потребуется соответствующий терминал (планшет, смартфон или специализированная ТВ приставка).

Количество систем, стандартов и решений для передачи мультимедийного контента канального, сетевого и прикладного уровней постоянно увеличивается. Вещатели сталкиваются с необходимостью выработки стратегии внедрения новых стандартов, сбалансированного использования различных сред, систем и средств доставки как в среднесрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Аудитория телевидения, равно как и практика телепросмотра, сейчас претерпевают существенные изменения, связанные с развитием цифровых технологий, а также изменяющимися предпочтениями в телесмотрении.

Благодаря цифровизации телевидения, конвергенции платформ, многоканальности, внедрению новых телевизоров, таких как UHD/4K, а также фрагментации аудитории по

специфическим интересам в практике телепросмотра произошли следующие основные изменения:

- развитие так называемой домашней многоэкранности — увеличение числа технологических устройств, позволяющих смотреть телепрограммы;
- появление феномена нелинейного телепросмотра — возможность зрителей смотреть телепрограммы в любое удобное для них время, избегая традиционной сетки вещания;
- развитие интерактивности — увеличение не только возможности выбора, но и медиакомпетенций аудитории благодаря новым технологическим возможностям, которые позволяют ей выбирать тот телеконтент, который ей нужен.

Все эти изменения свидетельствуют о возрастающей свободе аудитории в выборе типов видеоконтента и способов его просмотра.

В связи с сокращением продаж и насыщением рынка устройствами с плоскими экранами в настоящий момент продажи телевизоров формата UHD/4K увеличились. По оценке iKS-Consulting, парк 4K телевизоров в России на конец 2016 г. составлял 649,3 тыс.

Исследования рынка, проведенные в странах РСС

Опрос населения в г. Москва (Россия)

Для выявления изменений, их влияния на телеиндустрию в целом, удовлетворенности абонентов и их потребностей, а также заинтересованности в покупке телевизоров формата UHD/4K компания iKS-Consulting провела в октябре—ноябре 2016 г. полевое исследование, целью которого было выявление особенностей потребления телевизионного и видеоконтента и оценка способности платить за услугу платного телевидения жителями Московского региона.

В данном опросе приняли участие более 1 тыс. респондентов, живущих в Московском регионе. Метод полевого опроса — интернет-панель.

Для выявления целевой аудитории первыми вопросами были: 1) сколько телевизоров находится у респондента дома и 2) сколько операторов предоставляют услугу платного телевидения. Соответственно, если респондент отвечал "ни одного телевизора" и "ни одного оператора", опрос для него заканчивался.

В итоге конечными респондентами (целевой аудиторией) оказались 972 человека, живущих в Московском регионе и имеющих один или более телевизор и провайдера.

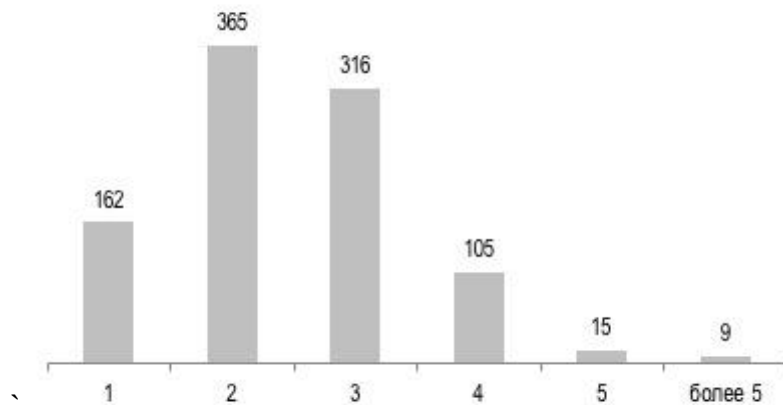
По возрастному признаку критериев не было. Были получены следующие данные¹:

- 21% — 18–28 лет;
- 29% — 29–35 лет;
- 35% — 36–48 лет;
- 15% — более 48 лет.

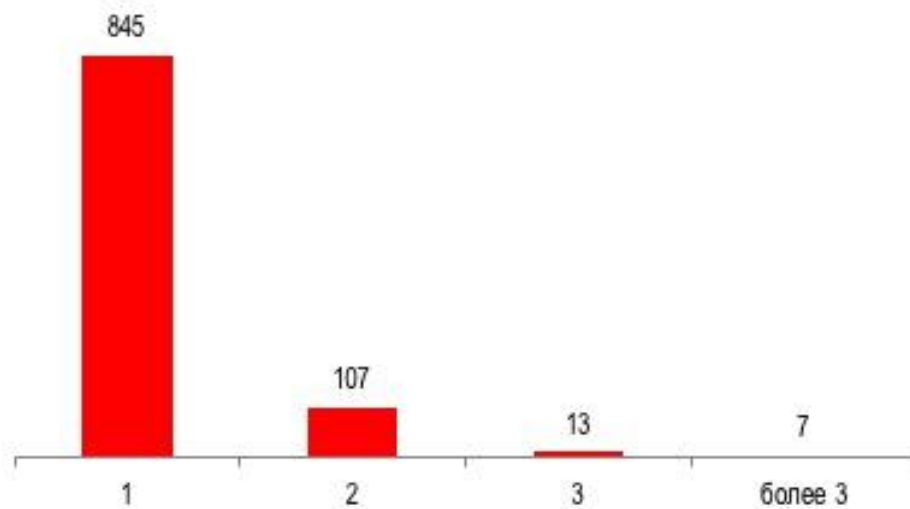
Для правильного понимания результатов опроса важно учитывать, что г. Москва является одним из наиболее экономически развитых регионов России и характеризуется относительно высокими доходами населения, высокой конкуренцией на рынке телекоммуникационных услуг, развитой сетью розничной торговли в которой широко представлены последние модели ТВ приемников ведущих мировых производителей.

¹ Источник. iKS-Consulting

Укажите, пожалуйста, сколько у вас дома телевизоров?



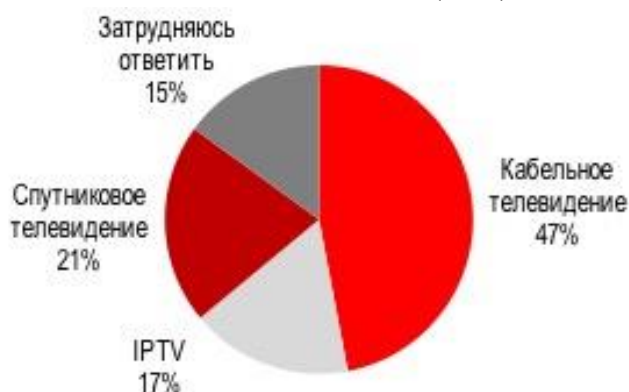
Укажите, пожалуйста, сколько провайдеров предоставляют вам услугу платного телевидения?



Источник: iKS-Consulting

Наиболее популярным провайдером стала компания Ростелеком (26% ответов), на втором месте оказался "Триколор ТВ" (16% ответов) благодаря высокому охвату населения в Московской области, на третьем месте компания МГТС (13% ответов).

Самой популярной технологией, по которой подключены респонденты к услуге платного телевидения, оказалось кабельное телевидение (47%):



Технология IPTV расположена на третьем месте по популярности, но стоит отметить, что 15% респондентов не имеют представления об используемой технологии. К примеру, в Москве очень распространенным является подключение нескольких услуг. Около 62% респондентов помимо телевидения подключены к пакету услуг оператора.

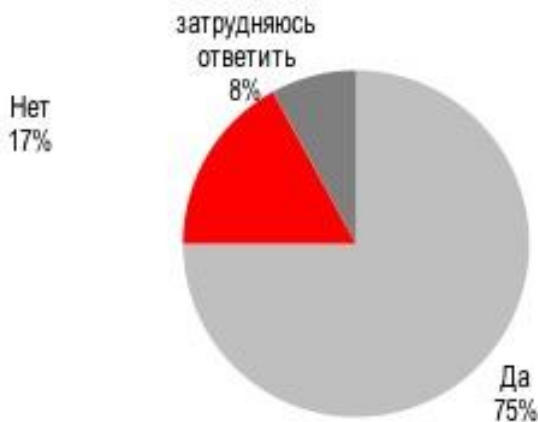
Самой распространенной дополнительной услугой оказался домашний интернет — 35%, на втором месте стоит домашний телефон — 11%.

**Какими услугами данного провайдера вы пользуетесь?
(можно было выбрать несколько услуг)**



Источник. IKS-Consulting

Данные услуги провайдер предоставляет как пакет услуг, то есть вы платите единую стоимость за несколько услуг?



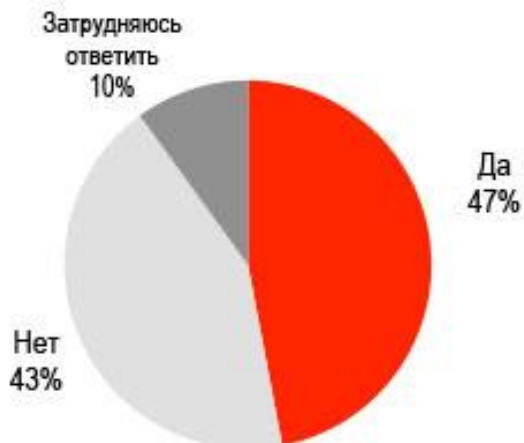
Источник. IKS-Consulting

75% респондентов ответили, что оплачивают услугу платного телевидения единовременно, то есть без разделения счета на несколько услуг. В данный пакет чаще всего включены две услуги: IPTV + ШПД, соответственно ARPU оператора по отдельной услуге ПТВ, как правило, снижается при подключении бандла (несколько услуг в одном пакете).

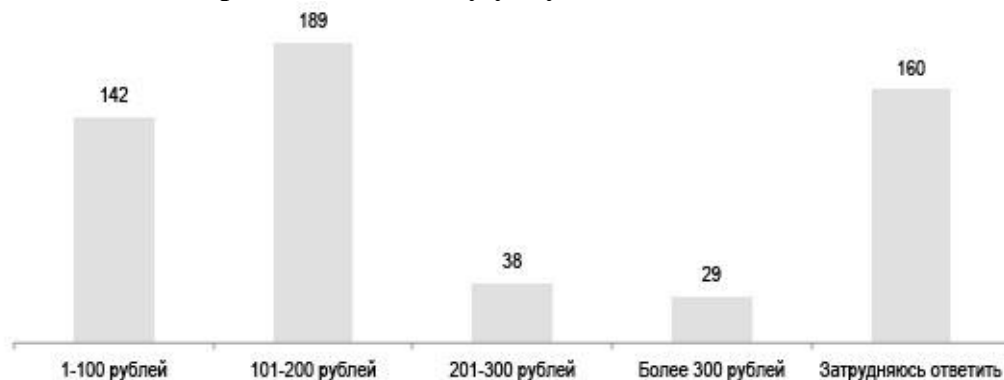
Как показывали ранее проведенные исследования², а также данный интернет-опрос, большинство респондентов считают, что услуга кабельного телевидения через антенну предоставляется им бесплатно, хотя практически все ответили, какой именно оператор подключен в их домохозяйстве с данной услугой.

² Источник. IKS-Consulting

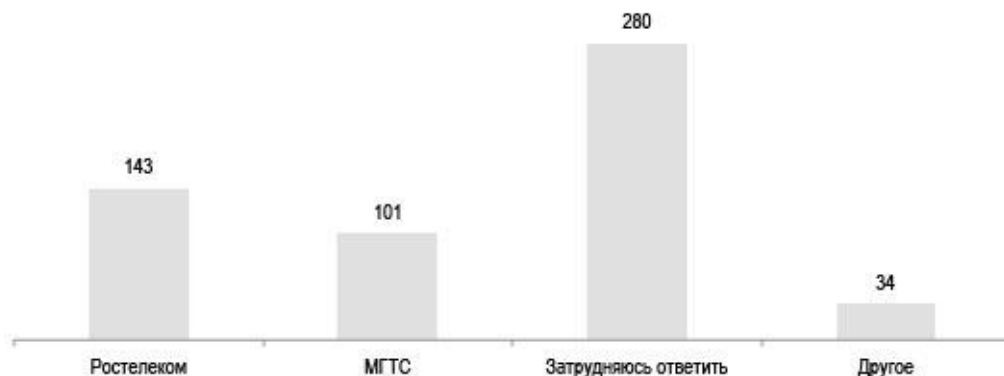
Вы оплачиваете услугу "антенна" в общем счете за квартплату?



Сколько вы тратите на оплату услуги "антенна" каждый месяц?



Укажите, пожалуйста, какой провайдер (компания) предоставляет вам данную услугу?



В ответах "Другой оператор", респонденты приводили следующие компании: "Акадо", "Мортон", "Инфокос", "Каскад", "Электрон", "Форвард ТВ", "Спиди Лайн".

Опрос населения в регионах России

Компанией iKS-Consulting в октябре 2016 г. проведен опрос, в котором приняли участие более 2 тыс. респондентов, живущих во всех федеральных округах страны в

пропорциональном соотношении населению. Опрос показал, что не все респонденты имеют представление об используемых телевизорах, их характеристиках и типах. Поэтому в данной интернет-панели, в связи с популярностью и большими ставками всех операторов на телевизоры UHD/4K, респондентам задавали следующие вопросы:

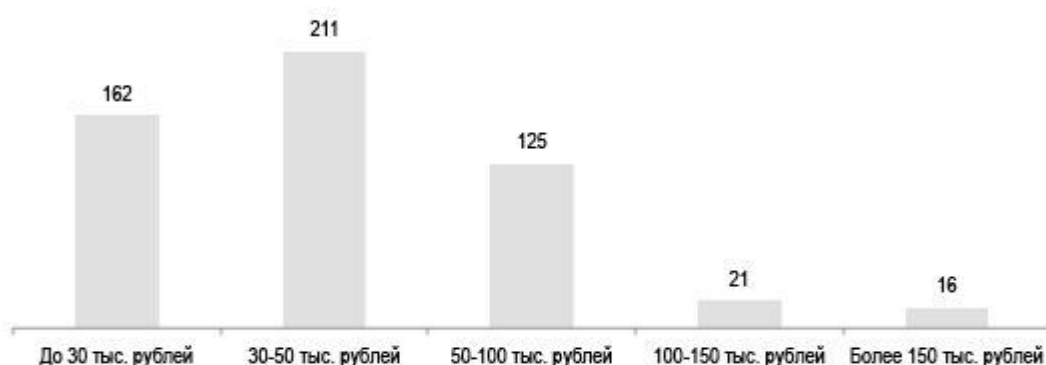
Вы когда-либо слышали о телевизорах UHD/4K?



Вы хотели бы приобрести телевизор 4K?



Сколько вы готовы потратить на телевизор 4K?



В настоящее время в связи с нестабильной экономической ситуацией в стране только 535 респондентов (55%) ответили, что готовы приобрести новый телеприемник вещания в формате UHD/4K. Наиболее популярным ответом по стоимости, затратам оказался 30–50 тыс. рублей.

45% респондентов, не готовых купить сейчас телевизор UHD/4K, в качестве причины указали неизвестность характеристик, возможностей, формата и плюсов данных телеприемников.

Как показано на графике, 56% респондентов никогда не слышали о данных телевизорах и не имеют о них представления, хотя продажи телеприемников вещания в формате UHD/4K увеличились в 2016 г. более чем на 65%. Данные показатели также говорят о потенциале роста и развития рынка таких телеприемников при активной маркетинговой стратегии производителей и операторов.

2. Новые виды, способы и форматы предоставления мультимедийного контента пользователю, развитие новых услуг

В данном разделе дается обзор перспективных технологий, видов услуг, форматов и способов передачи программ ТВ вещания и мультимедийного контента.

Для соответствия возрастающим потребностям пользователей в отношении количества и качества доступных программ, на сетях ТВ вещания начинается внедрение целого ряда перспективных форматов передачи контента, применяемых как для линейного, так и для нелинейного ТВ вещания.

К ним относятся переход к телевидению высокой и сверхвысокой четкости, передача телевизионных изображений с расширенным динамическим диапазоном, передача многоканального звука с эффектом погружения, многоэкранная передача и передача широкоформатных изображений, передача дополняющего и связанного интерактивного контента и другие.

2.1 Формирование спроса на внедрение перспективных систем ТВ вещания, стандартов изображения и форматов представления видео контента

В данном разделе дается анализ пользовательского спроса на новые форматы и потребительские свойства ТВ вещания, такие как увеличение четкости (ТВВЧ, ТВУВЧ), расширенный динамический диапазон, объемный звук, 3D и панорамное видеоизображение, отложенный просмотр, интерактивное и нелинейное вещание. Желательно также рассмотреть географические, возрастные, экономические и иные ограничения, влияющие на формирование платежеспособного спроса и спроса на предоставление бесплатных услуг.

Размеры экранов наиболее массовых моделей телевизионных приемников постепенно увеличиваются, что создает проблему более высокой заметности артефактов изображения, вызванных чрезмерной компрессией сигнала, а также недостаточного разрешения изображения форматов стандартной четкости и HD Ready (720p).

Эксперты WitsView, исследовательского подразделения аналитической компании TrendForce, прогнозируют увеличение среднего размера экранов, что приведет к росту на 7,3% общей площади выпущенных ТВ-дисплеев, говорится в исследовании. Отмечается, что производители наращивают выпуск более крупных ТВ-панелей по двум основным причинам. Во-первых, на рынке наблюдается изобилие 55-дюймовых дисплеев, и чтобы дифференцироваться, вендоры расширяют ассортимент крупноформатных дисплеев. Кроме того, из-за высоких цен на панели растет себестоимость телевизоров, поэтому ТВ-бренды стараются выпускать больше высокомаржинальных моделей премиум-уровня с 65 и 75-дюймовыми экранами.

Ожидается, что под влиянием этих факторов ТВ-панели с диагональю более 60 дюймов займут в этом году 5,2% от общего объема поставок дисплеев для телевизоров. При этом средний размер ТВ-экранов в 2017 г. увеличится на 2 дюйма и составит 45,5 дюйма.

По оценкам WitsView, в этом году будет выпущено порядка 11 млн. 65-дюймовых ТВ-панелей, что на 45% больше прошлогоднего показателя в 7,6 млн. штук. Кроме того, поставки 75-дюймовых дисплеев более чем удвоятся и достигнут 1,5 млн. штук. Также отмечается, что примерно 60% и 70% ТВ-дисплеев этих двух размеров выпустят южнокорейские вендоры Samsung Display и LG Display, а на долю тайваньских компаний придется чуть меньше 40% и 30% соответственно³.

Растет разрешение других типов дисплеев, которые потенциально могут использоваться для просмотра ТВ программ – планшетов и мобильных телефонов.

Таким образом, следует ожидать дальнейший рост спроса на предоставление ТВ программ в более высоком качестве и в форматах высокой и ультравысокой четкости.

Производители ТВ приемников, а также других видов воспроизводящих видео устройств (планшетов, смартфонов) помимо повышения разрешения изображения, делают ставку на внедрение перспективных технологий, повышающих субъективно воспринимаемое качество изображения, таких как расширенный цветовой диапазон и расширенный динамический диапазон.

В QLED телевизорах была использована технология квантовых точек, что позволило изображению достичь более высокого уровня яркости, стабильности и насыщенности цветовой гаммы. Благодаря новой структуре квантовых точек в QLED телевизорах улучшены все определяющие аспекты качества изображения: угол обзора, цветовой охват, яркость и контраст. QLED телевизор может передавать максимально естественные цвета и достигает 100% цветового охвата – самого высокого, представленного на рынке сегодня. Этот показатель подтвержден одной из крупнейших научно-технических ассоциаций Европы - Verband Deutscher Elektrotechniker (VDE).

Глубокий уровень черного цвета в QLED телевизоров и четкий контраст обеспечивают неизменно высокое качество изображения независимо от внешнего освещения комнаты. Расширенный динамический диапазон HDR 1500 с яркостью 1500 нит позволяет пользователям видеть мельчайшие детали изображения без потери или искажения цвета.

2.2 Существующие и перспективные форматы передачи и технологии повышения качества телевизионных программ

В данном разделе рассматриваются форматы представления контента, применяемые при линейной передаче телевизионных программ (классическое вещание, при котором пользователь видит только то что в данный момент передается вещательной станцией, интерактивность (помимо выбора различных программных каналов) невозможна, а необходимым условием просмотра интересующих программ является включение телевизионного приемника в соответствующий отрезок времени).

2.2.1 Передача изображений высокой и сверхвысокой четкости

В данном разделе рассматриваются технологии передачи изображений высокой четкости.

Переход к стандарту высокой четкости (ТВЧ) должен обеспечить существенное улучшение детализации телевизионного изображения по сравнению с аналоговыми и

³ Источник: DailyComm

цифровыми системами телевизионного вещания стандартной четкости, в том числе при наличии динамичного движения в кадре.

В настоящее время во многих странах изучается возможность использования перспективного формата цифрового сжатия видеосигнала H.265 (стандарт сжатия видеоизображения HEVC) для эфирного цифрового наземного вещания, который позволит обеспечить трансляцию несколько большего числа каналов ТВЧ в стандарте высокой четкости в составе одного мультиплекса чем при использовании стандарта сжатия видеосигнала H.264 (например, 5 программ вместо 4-х). Однако существуют проблемы в отношении наличия и цены приемного оборудования данного стандарта.

В странах Европы при переходе от стандартной к высокой четкости вместо устаревшего стандарта сжатия MPEG2 был внедрен стандарт сжатия H.265 (HEVC) и вещание переведено с системы DVB-T на систему DVB-T2. При этом число передаваемых программ в одном мультиплексе цифрового вещания сохранилось неизменным и составляет от 4 до 5. В ряде стран РСС используется более современный стандарт сжатия H.264 и уже внедрена система DVB-T2, следовательно, выигрыш от внедрения стандарта H.265 (HEVC) будет существенно ниже.

В отношении возможности приема программ H.265 (HEVC) населением важно отметить следующее. Нормативно-правовая база по стандарту H.265 большинству стран РСС отсутствует, выпуск телевизионных приемников и телевизионных приставок не налажен, поддержка H.265 в настоящее время реализована только в моделях иностранных телевизионных приемников сверхвысокой четкости верхнего ценового сегмента. В то же время прием сигналов телевидения высокой четкости в стандарте H.264 поддерживается большинством телевизионных приемников и телевизионных приставок системы DVB-T2.

С учетом вышесказанного, в странах РСС может быть целесообразным двухэтапный процесс внедрения телевидения высокой четкости. На первом этапе (в перспективе 6-7 лет) необходимо осуществлять трансляцию программ высокой четкости в стандарте сжатия H.264. Это позволит избежать необходимости одновременного вещания программ мультиплексов в форматах стандартной и в высокой четкости в течение длительного переходного периода, а также использовать для вещания части программ высокой четкости оборудование и радиочастотные каналы работающих мультиплексов.

На втором этапе, после того как приемники с поддержкой стандарта сжатия H.265 получают достаточное распространение, целесообразно провести внедрение стандарта сжатия H.265 (HEVC) с поддержкой расширенного динамического диапазона (HDR) и повышенной частоты кадров (HFR). Для этого потребуются включить поддержку форматов HDR и HFR в региональные и национальные стандарты, определяющие требования к передающему и приёмному телевизионному оборудованию, обеспечивающему кодирование и декодирование сигнала по стандарту H.265 (HEVC).

2.2.2 Передача изображений сверхвысокой четкости

В 2015 году Международный Союз Электросвязи (МСЭ-R) представил вторую редакцию Рекомендации BT.2020, которая впервые была опубликована в 2012 году. Стандарт изображения сверхвысокой четкости определяет перечень значений ключевых параметров телевидения Ultra HD, в том числе — допустимые разрешения изображения (сигнала), диапазон частоты кадров, значения цветности основных и дополнительных цветов, координаты точки Белого, функцию электро-оптической передачи для средств отображения, параметры цветового сжатия, глубины цвета и другое.

Пока в большинстве стран проводится внедрение формата 4К, в некоторых странах уже начался переход к формату 8К. Это касается в первую очередь Японии. В этой стране планируют снимать и транслировать в разрешении 8К соревнования Летней Олимпиады

2020, передавая картинку на совместимые дисплеи, установленные в специальных смотровых залах и даже в отдельных домах. Дисплеи 8K уже присутствуют на рынке.

Передача изображений высокой и сверхвысокой четкости требует существенного увеличения объемов информации, передаваемых в канале ТВ вещания. В настоящее время существуют различные оценки необходимой пропускной способности, что обусловлено различными условиями тестирования, содержанием изображений, используемыми технологиями сжатия и т.д. За счет применения технологий сжатия изображения требуемое увеличение пропускной способности во много раз меньше отношения количества элементов изображения (пикселей) на экране, но все же остается существенным. Как правило, передача изображений высокой четкости требует полосы пропускания в несколько раз большей, чем передача изображений стандартной четкости при аналогичном методе сжатия и потребует от 5 до 14 Мбит/с в зависимости от метода сжатия, частоты кадров, типа контента и терпимости к наличию искажений мелких деталей изображения. Передача изображений сверхвысокой четкости 4K потребует от 20 до 50 Мбит/с, в зависимости от тех же условий.

После утверждения Управляющим органом Европейского института телекоммуникационных стандартов (ETSI) DVB в качестве стандарта под номером TS 101 154 V2.3.1 – «Особенности использования кодирования видео и аудио в приложениях для вещания на базе транспортного потока MPEG-2» ETSI официально опубликовал спецификацию DVB V2.3.1 как стандарт ETSI. Этот своевременный шаг ETSI облегчит решение насущных вопросов совместимости, что в итоге позволяет вещателям и производителям бытовой электроники разработку продуктов и услуг, соответствующих требованиям 2-го этапа UHD-1. Это значит, что первые услуги, соответствующие требованиям 2-го этапа DVB UHD-1, включающие новые функции, станут доступны до конца текущего года.

В 2015 году Международный Союз Электросвязи (МСЭ-R) представил вторую редакцию Рекомендации BT.2020, которая впервые была опубликована в 2012 году. Стандарт определяет перечень значений ключевых параметров телевидения Ultra HD, в том числе — допустимые разрешения изображения (сигнала), диапазон частоты кадров, значения цветности основных и дополнительных цветов, координаты точки Белого, функцию электро-оптической передачи для средств отображения, параметры цветового сжатия, глубины цвета и другое. Данная Рекомендация принципиально не касается технологий HDR.

Характеристики изображения:

- Разрешение 3840 x 2160 (4K) или 7680 × 4320 (8K) пикселей
- 10/12-битная глубина цвета на каждый канал
- Цветовая субдискретизация 4:2:0, 4:2:2 или 4:4:4
- Прогрессивная развертка 60—120 кадров в секунду
- Широкий цветовой охват Rec. 2020 (75,8% от пространства CIE 1931)

Сравним это со старым стандартом TBBЧ-HDTV (Рекомендация МСЭ-R BT.709) (известным как нынешний Full HD):

- Разрешение 1280 x 720 (HD) или 1920 x 1080 (FHD) пикселей
- 8-битная глубина цвета на каждый канал
- Цветовая субдискретизация 4:2:0
- Прогрессивная развертка до 60 кадров в секунду
- Цветовой охват Рек. BT.709 (35,9% от пространства CIE 1931)

Новый стандарт включает различные элементы, необходимые для улучшения качества видео и аудио при передаче средствами вещания, в частности – расширенный динамический диапазон, который значительно увеличивает степень контрастности. Решения от DVB, связанные с HDR, включают в себя обе функции передачи – HLG (Hybrid Log Gamma) и PQ (Perceptual Quantizer). Кроме того, новый стандарт поддерживает функцию Высокой частоты кадров (HFR), которая обеспечивает большую

чёткость отображения движущихся объектов в сравнении с нынешними 50/60 кадров в секунду. Если говорить об аудио, то в DVB добавили поддержку новейших схем Звука нового поколения (NGA), которые позволят передавать персонализированный объёмный аудио-контент, используя объектное или сценическое кодирование.

Основное отличие первой фазы UHD от HD – добавление разрешения 3810*2160, и введение HEVC компрессии.

Во второй фазе появляется ряд дополнительных расширений. Одно из них — расширенная цветовая гамма. Если первая фаза предписывает использование той же гаммы, что и для HD вещания (BT.709), то во второй фазе вводится опция, определяемая стандартом BT.2020. С учетом добавления опций WCG и HDR во второй фазе исключен вариант 8 битного кодирования цвета и оставлен только 10 битный вариант.

Далее следует напомнить, что UHD формат допускает не только 4к, но и целый ряд более низких разрешений, в том числе стандартные HD варианты: 1080*1920 и 720*1280. И в DVB-UHD первой фазы для разрешений 1080*1920 и 1080*1440 наряду с прогрессивной разверткой допускается чересстрочная, в то время как во второй фазе для всех разрешений оставлена только прогрессивная развертка.

Во второй фазе добавлены два новых аудио формата: MPEG-H 3 D Audio и Dolby AC-4. Основная особенность новых форматов аудио заключается в возможности кастомизации аудио сопровождения. Первое направление кастомизации — выбор языка для каждого компонента аудио сопровождения, например диалогов, комментариев или рекламы. Второе направление — гибкое распределение компонентов звукового сопровождения между колонками.

До недавнего момента остро стояла проблема подготовки качественного контента для передачи в 4К. Как неоднократно отмечалось, увеличение числа пикселей само по себе не дает достаточного положительного эффекта, а иногда может привести и к отрицательному, в первую очередь из-за смазанности. Этот вопрос решается повышением скорости передачи кадров, но при этом усиливается другая проблема, появляющаяся уже на этапе увеличения разрешения — на каждый пиксель сенсора кинокамеры поступает меньше света. При увеличении разрешения каждый пиксель становится меньше и соответственно пропускает меньше света, а при увеличении скорости кадров уменьшается время выдержки, в результате света становится еще меньше, а если увеличить чувствительность сенсоров, то картинка зашумляется. Другими словами, требуется технологическое усовершенствование сенсоров.

Пока многие вещатели и зрители в разных уголках мира внедряют 4К, кое—где уже начался переход к 8К. Это касается в первую очередь Японии. В этой стране планируют снимать и транслировать в разрешении 8К соревнования Летней Олимпиады 2020, передавая картинку на совместимые дисплеи, установленные в специальных смотровых залах и даже в отдельных домах. Дисплеи 8К уже присутствуют на рынке, но пока имеют чересчур высокую стоимость для массового распространения.

Несмотря на то, что внедрение 8К вызовет увеличение спроса на широкие каналы, в настоящее время уже появляются соответствующие решения для сектора связи и даже решения для единого кабеля. В настоящее время реализованы ещё не все решения, позволяющие без проблем передавать сигнал 8К, однако к 2018-2019 году картина изменится, полагают эксперты.

На выставке CES 2017 представлена новое поколение технологии цифровой передачи видеосигнала по проводному соединению HDMI, в которой будет реализована поддержка более высоких скоростей передачи данных, динамических метаданных и улучшена передача аудио—сигнала. Скорость передачи данных вырастет с 18 до 48 гигабит в секунду благодаря использованию четырёх полос со скоростью 12 гигабит в секунду в каждой и кодированием 16/18 бит, которое снижает используемую полезную нагрузку до 38,4 гигабит в секунду. Это существенное увеличение, и его достаточно для поддержки передачи сигнала. Процессоров, поддерживающих такой протокол, пока нет, но к 2020 г. они должны быть широко доступны. HDMI 2.1 также обеспечивает поддержку

технологии DSC (Display Stream Compression, Сжатие потока отображения) – лёгкой схемы компрессии (обычно до 3:1), которая используется также в DisplayPort. Это должно позволить передавать сигнал 8K, 16—бит, 4:4:4 с частотой 60 кадров в секунду либо 8K, 16—бит, 4:2:0 с частотой 120 кадров в секунду через те же четыре дорожки.

Если пропускной способности канала по—прежнему будет мало, существует ещё один новый интерфейс, стандартизированный SMPTE и получивший название U—SDI. Это 24—ядерное многорежимное волокно, позволяющее передавать данные на максимальной скорости в 240 гигабит в секунду (при использовании системы коррекции ошибок скорость будет ниже), в кабеле максимальной длиной в 100 метров⁴.

В июле 2019 года Администрация связи Японии представила вклад в отчёт Рекомендации ВТ.2343 о результатах проведенных измерений на опытных сетях с использованием системы наземного цифрового телевидения нового поколения. Опытные сети были организованы в пределах городских агломераций Токио и Нагоя.

Технические характеристики опытных сетей приведены в Таблице 2.2.2.1. Для увеличения пропускной способности ширина полосы радиоканала была увеличена примерно на 5%, по сравнению со стандартным значением в системе ISDB-T.

В ходе испытаний проводились исследования иерархического режима передачи тестовых программ в формате UHD и HD в одном радиоканале с шириной полосы 5,83 МГц. Прием тестовой программы в формате UHD (4K или 8K) осуществлялся на фиксированную антенну, размещенную на крыше здания, а для сценария подвижного приема использовалась тестовая программа в формате HD (2K). Звуковой сигнал тестовой программы в формате UHD компрессировался с использованием кодера MPEG-H 3D Audio и содержал три дорожки повествования на японском, английском и французском языках. Компрессия тестовой программы в формате HD осуществлялась с помощью кодера HEVC, а стереофонические звуковые сигналы были кодированы с помощью MPEG-4 AAC.

Что касается кода коррекции ошибок, использовались внутренний код с малой плотностью проверок на четность (LDPC) и внешний BCH.

ТАБЛИЦА 2.2.2.1

Технические характеристики опытных сетей в районе Токио и Нагоя

<u>Метод модуляции</u>	<u>OFDM</u>	
<u>Ширина полосы радиоканала</u>	<u>5,83 МГц</u>	
<u>Сценарий приема</u>	<u>Фиксированный (приемная антенна на крыше здания)</u>	<u>Подвижный (антенна на крыше автомобиля)</u>
<u>Количество сегментов</u>	<u>31</u>	<u>4</u>
<u>Модуляция несущей частоты</u>	<u>1 024 NUC QAM</u>	<u>64 NUC QAM</u>
<u>Размерность FFT (количество несущих)</u>	<u>16 k (15,121)</u>	
<u>Защитный интервал (длительность защитного интервала)</u>	<u>800/16384 (126 мкс)</u>	
<u>Код коррекции ошибок</u>	<u>Внутренний: LDPC, скорость кодирования = 11/16</u> <u>Внешний: BCH</u>	<u>Внутренний: LDPC, скорость кодирования = 7/16</u> <u>Внешний: BCH</u>
<u>Пропускная способность</u>	<u>31,4 Мбит/с (SISO)</u> <u>62,8 Мбит/с (MIMO)</u>	<u>1,5 Мбит/с (SISO)</u> <u>3,0 Мбит/с (MIMO)</u>

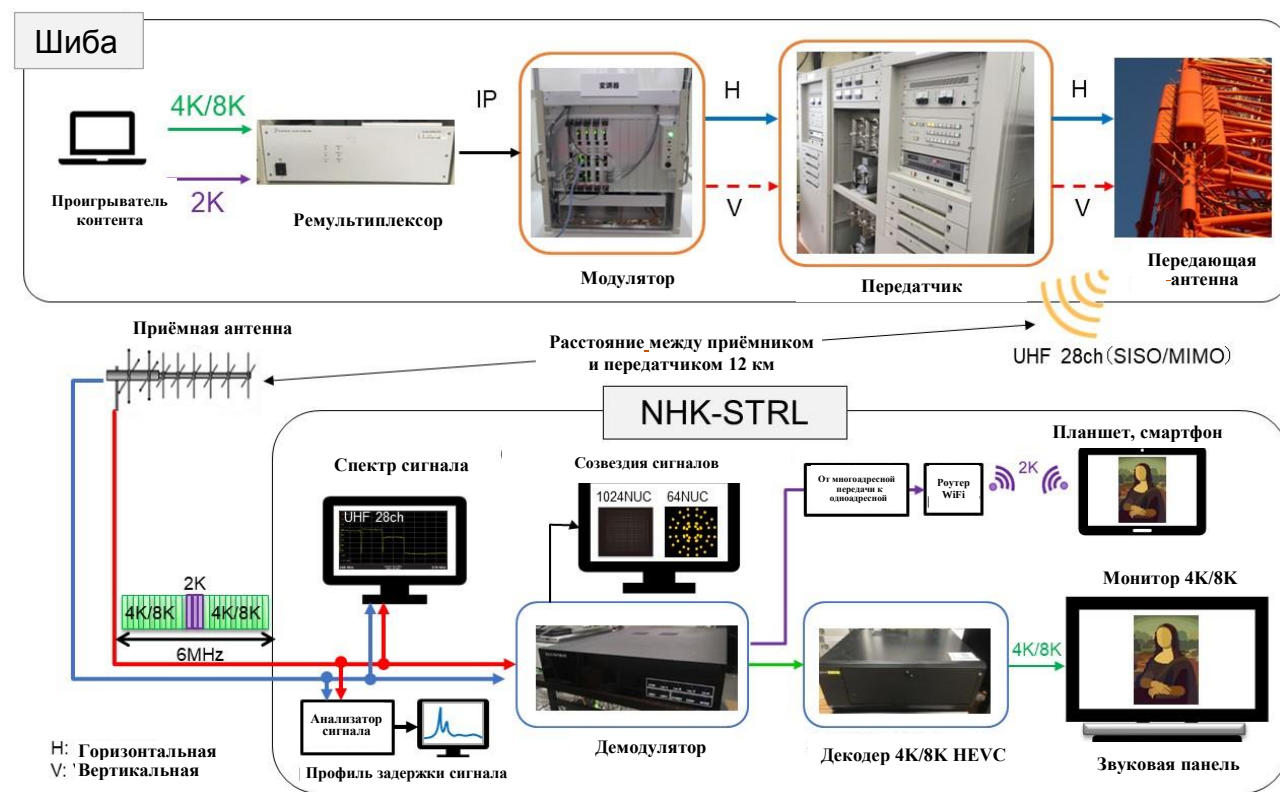
⁴ *Источник: mediasat.info*

Кодирование видео сигнала	HEVC	
Формат видео	3840 × 2160/60/P (4K) 7680 × 4320/60/P (8K)	1920 × 1080/60/P (2K)
Битовая скорость видеосигнала	SISO : 25 Мбит/с (4K) SISO : 28 Мбит/с (8K)* MIMO : 56 Мбит/с (8K)*	SISO : 1,0 Мбит/с (2K) MIMO : 1,0 Мбит/с (2K)
Кодирование звукового сигнала	MPEG-H 3D Audio LC level 4	MPEG-4 AAC
Скорость передачи звукового сигнала	768 кбит/с (22,2 канала + 3 объекта)	192 кбит/с (2 канала)

Общая схема организации передающего и приемного тракта опытной зоны в Токио изображена на Рисунке 2.2.2.1.

РИСУНОК 2.2.2.1

Схема организации передающего и приемного тракта опытной зоны в Токио



На Рисунке 2.2.2.2 отображены места размещения передающего и приёмного оборудования в опытной зоне г. Токио. Приёмное оборудование размещалось в здании NHK Science и Technology Research Laboratories (NHK-STRL), расположенном на расстоянии 12 км от передающей станции Шиба. Принимаемый сигнал декодировался с использованием декодера HEVC, изображение в формате UHD транслировалось в режиме реального времени на ЖК мониторе, поддерживающим 4K/8K. Звуковой сигнал с 22,2 аудиоканалами декодировался с использованием декодера MPEG-H 3D Audio и воспроизводился с помощью специальной звуковой панели в формате 7.1. Мобильный приём в HD качестве осуществлялся на планшете с установленным MMT проигрывателем. Трансляция осуществлялась с использованием Wi-Fi маршрутизатора. На Рисунке 2.2.2.3 отображены спектры сигналов, транслируемых с передающей станции в Шибе. На рисунках 2.2.2.4 и 2.2.2.5 приведены профиль задержки сигнала и констелляционные диаграммы соответственно. В ходе проведения измерений отраженные волны фиксировались крайне редко (см. Рисунок 2.2.2.5). Данный эксперимент показал

возможность успешного приёма тестовых программ в UHD и HD качестве на опытной сети наземного цифрового телевидения нового поколения.

РИСУНОК 2.2.2.2

Места размещения передающего и приёмного оборудования в Токио

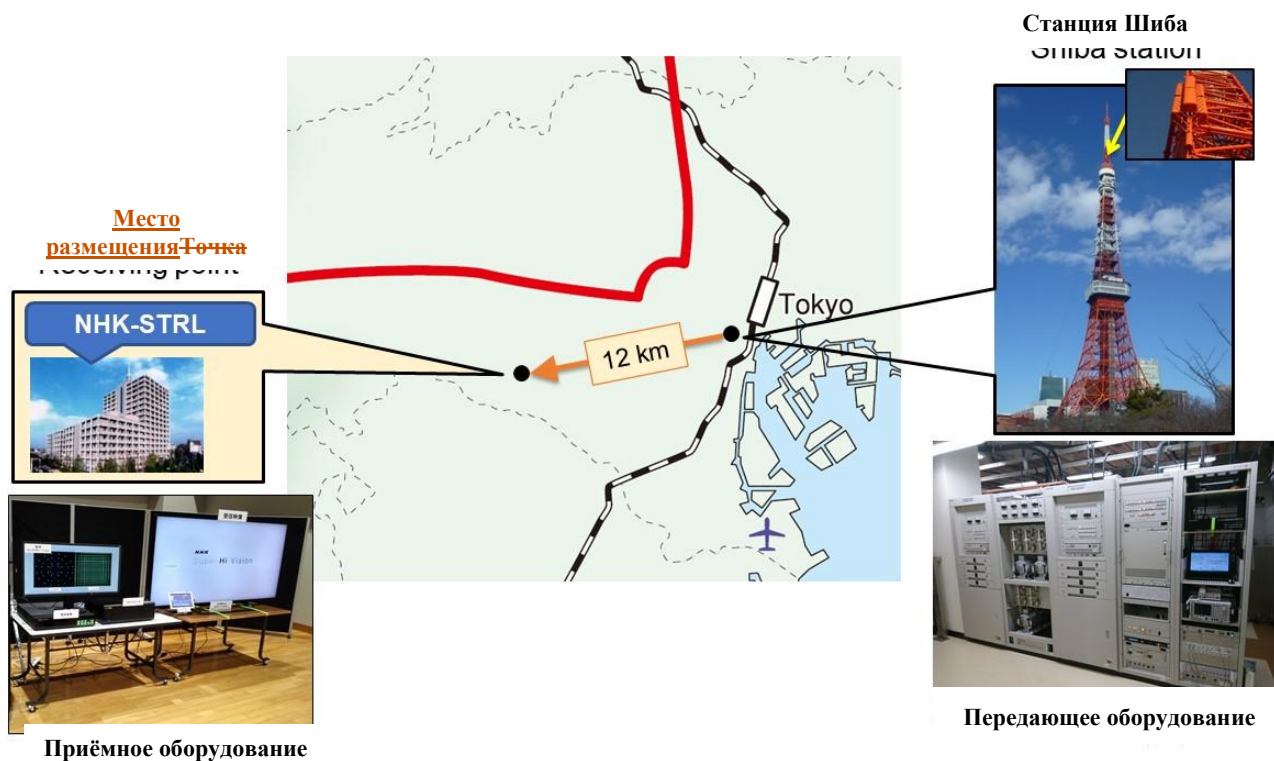
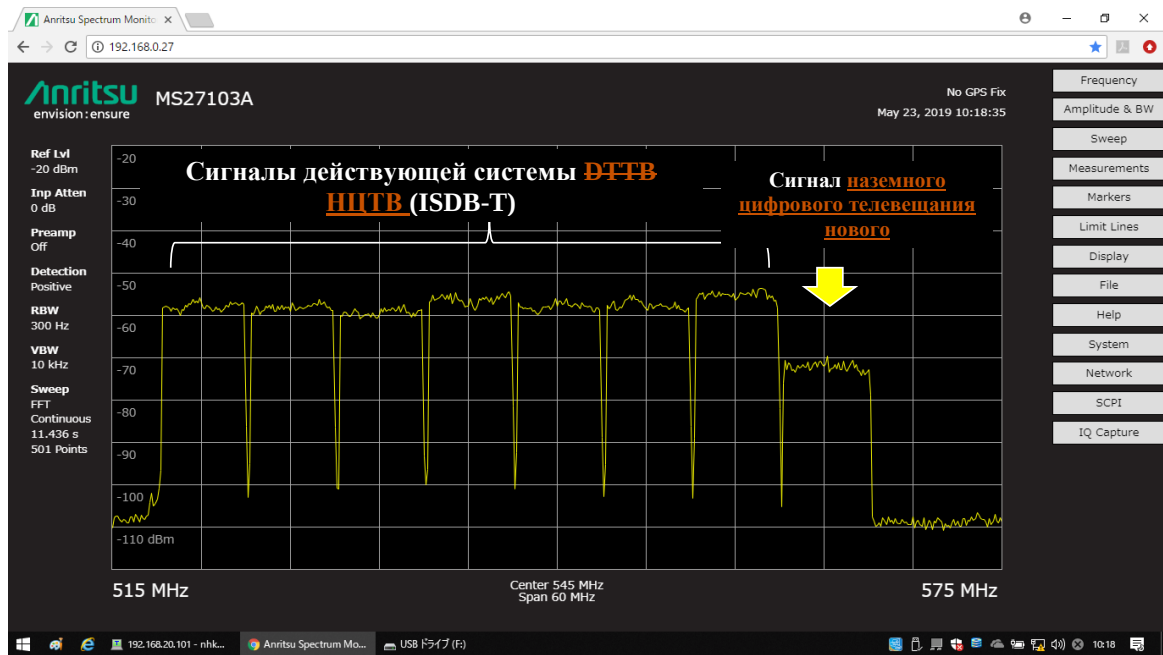


РИСУНОК 2.2.2.3

Спектр сигнала в месте приёма NHK-STRL (режим SISO)



Примечание: разница по уровню канальной мощности между сигналами действующей системы ISDB-T и системой наземного цифрового телевидения нового поколения обусловлена пониженной мощностью передатчиков тестовой сети.

РИСУНОК 2.2.2.4

Профиль задержки сигнала в месте приёма NHK-STRL (режим SISO)

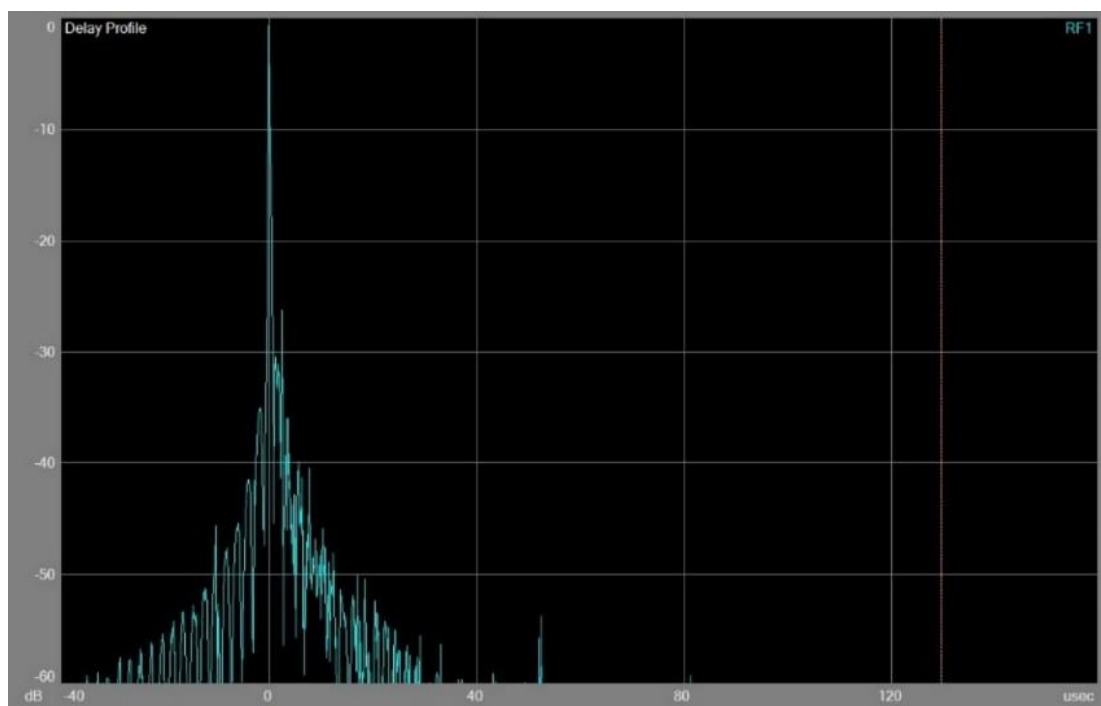
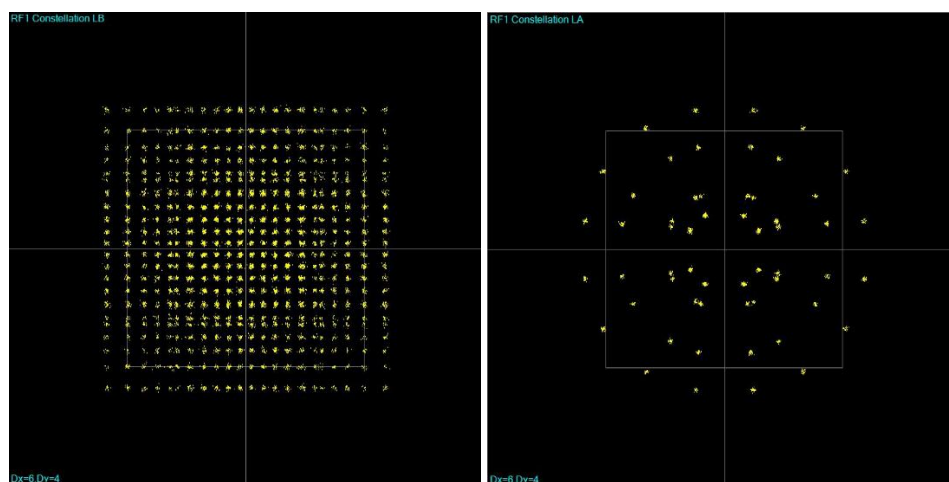


РИСУНОК 2.2.2.5

Диаграммы созвездия сигналов в месте приёма NHK-STRL (режим SISO)

(a) 1024 NUC QAM для UHDTV

(b) 64 NUC QAM для HDTV



Вторая опытная зона была развернута в районе г. Нагоя. В данной опытной зоне исследовались характеристики приема в одночастной сети (ОЧС) наземного цифрового телевидения нового поколения. Передача и прием осуществлялся с использованием систем из нескольких разнесенных антенн по технологии ММО. На Рисунке 2.2.2.6 отображены места размещения передающего и приёмного оборудования. Приёмное оборудование размещалось в здании порта г. Нагоя, расположенное почти посередине между двумя передающими станциями Хигасияма и Набета, объединенными в ОЧС.

Источник сигнала располагался на передающей станции Хигасияма. Доставка тестовых программ в UHD и HD форматах на передающую станцию Набета осуществлялась через выделенный канал с использованием IP протокола и с гарантированной пропускной способностью 200 Мбит/с. Приёмная антенна, размещенная на крыше здания порта, была ориентирована в направлении передающей станции Набета. Кроме того, мощность передатчика на станции Хигасияма была снижена на 5 дБ, чтобы смоделировать тяжелые условия приема в ОЧС. При этом измеренное отношение сигнал/помеха в месте приёма составило всего 3,2 дБ и 1,9 дБ для горизонтально и вертикально поляризованных сигналов соответственно. Так как место приема располагалось на 500 метров ближе к передающей станции Хигасияма, чем к передающей станции Набета, предполагалось, что сигнал с передающей станции Хигасияма будет поступать на вход приёмной установки на 1,6 мкс раньше. Однако, экспериментально было обнаружено, что сигналы с передающей станции Хигасияма поступали примерно на 2 мкс позже, чем сигналы с передающей станции Набета. Причиной такой задержки сигнала явилась схема компенсации обратной связи на передающей станции Хигасияма.

На Рисунках 2.2.2.6, 2.2.2.7 и 2.2.2.8 приведены примеры спектра, профилей задержки сигнала и констелляционные диаграммы (созвездия) для сигналов с горизонтальной и вертикальной поляризацией. На спектре сигнала заметны биения, вызванные помеховым влиянием со стороны передающей станции Хигасияма. Для профилей задержки. Станция Хигасияма расположена в направлении, противоположном направлению основного лепестка приемной антенны, поэтому на эхограмме наблюдалось много отраженных сигналов от передающей станции Хигасияма (см. Рисунок 2.2.2.9).

После проведения предварительных настроек состоялась демонстрация работы одночастотной сети наземного цифрового телевидения нового поколения, в ходе которой была подтверждена возможность качественного приема в UHD и HD формате в городских условиях.

РИСУНОК 2.2.2.6

Схема организации передающего и приемного тракта опытной зоны в г. Нагоя

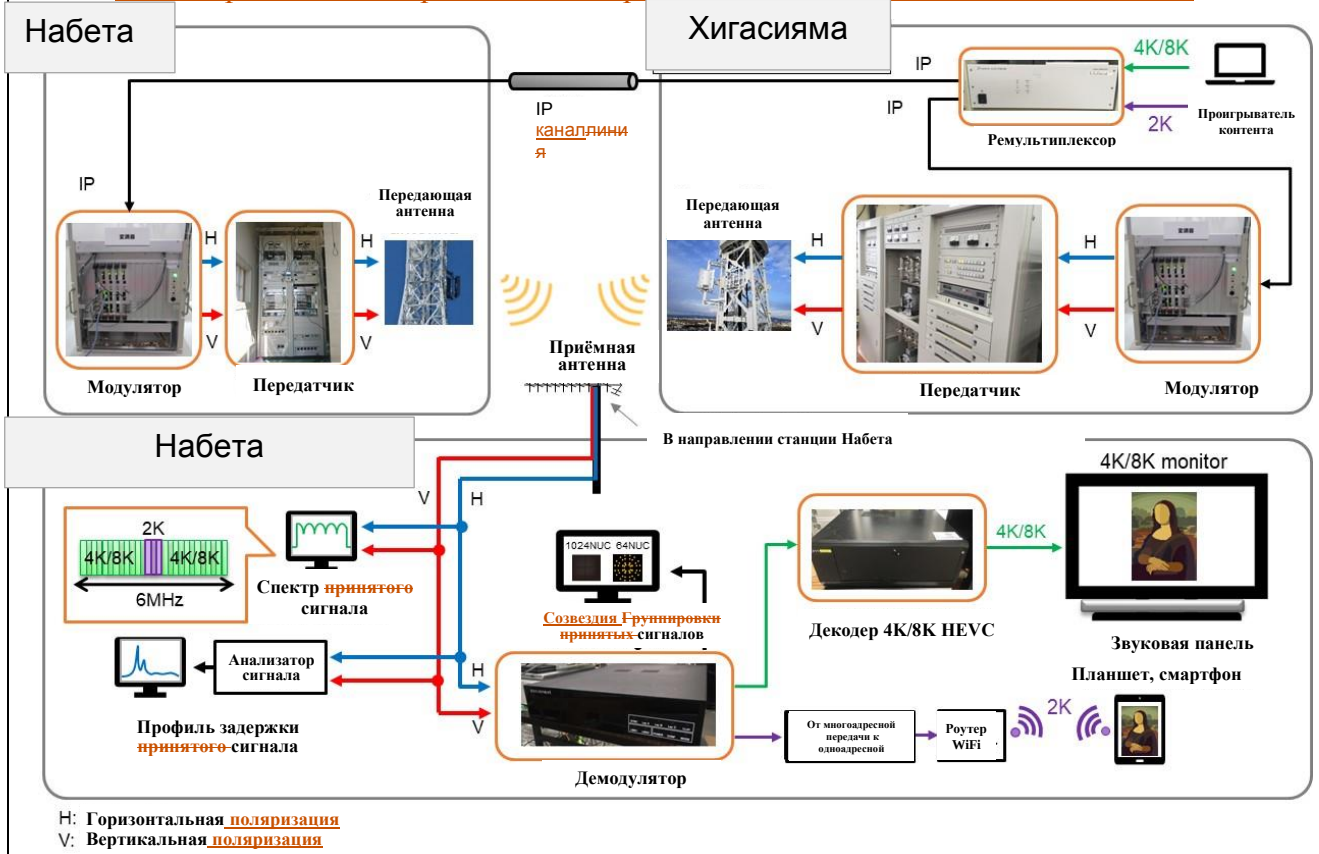


РИСУНОК 2.2.2.7

Места размещения передающего и приёмного оборудования в г. Нагоя

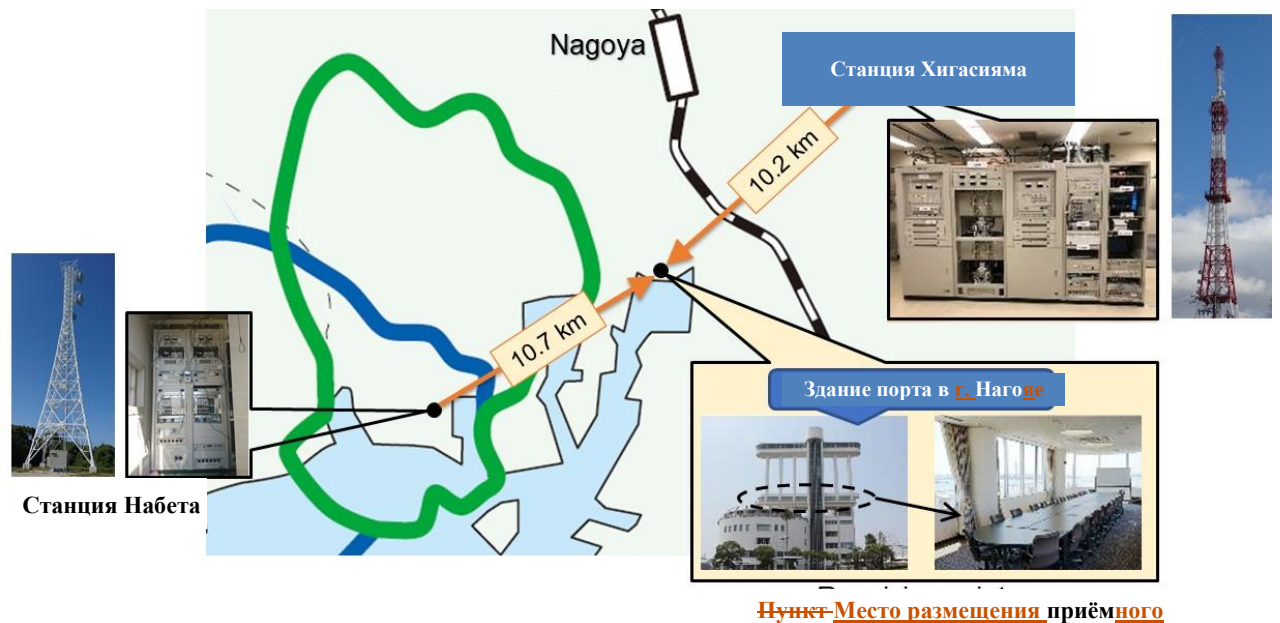


РИСУНОК 2.2.2.8

Спектр сигнала в месте приёма (режим MIMO)

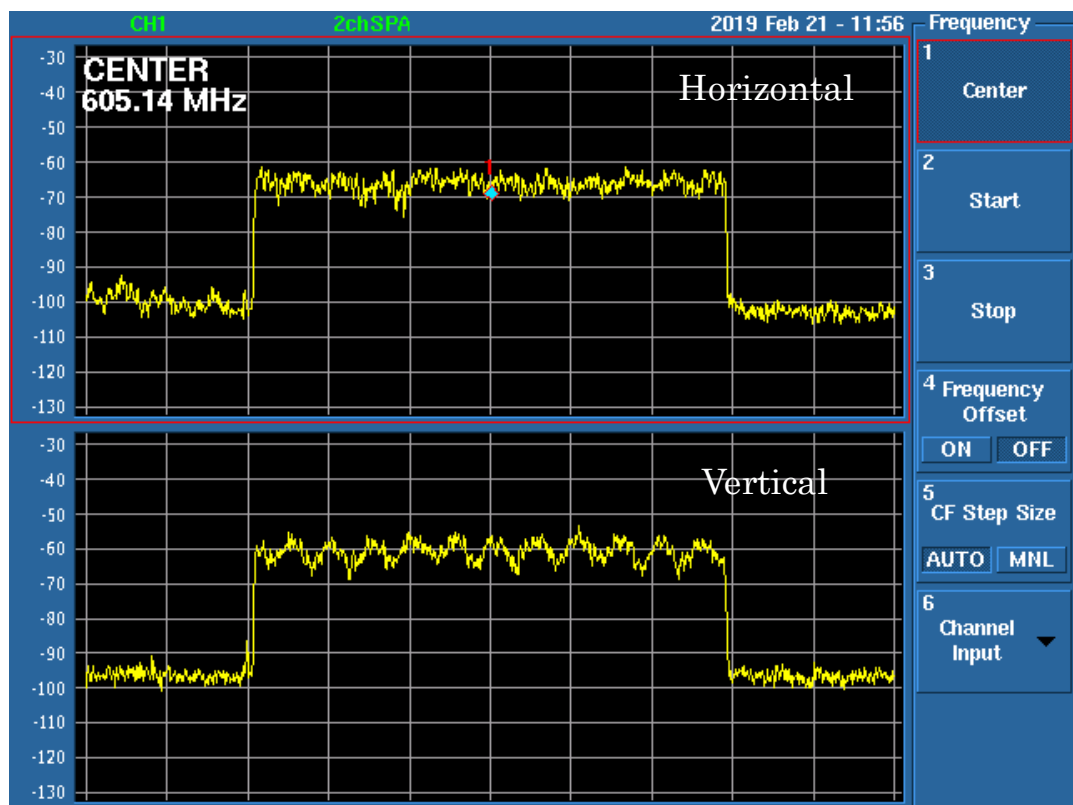


РИСУНОК 2.2.2.9

Профиль задержки сигнала в месте приёма (режим MIMO)

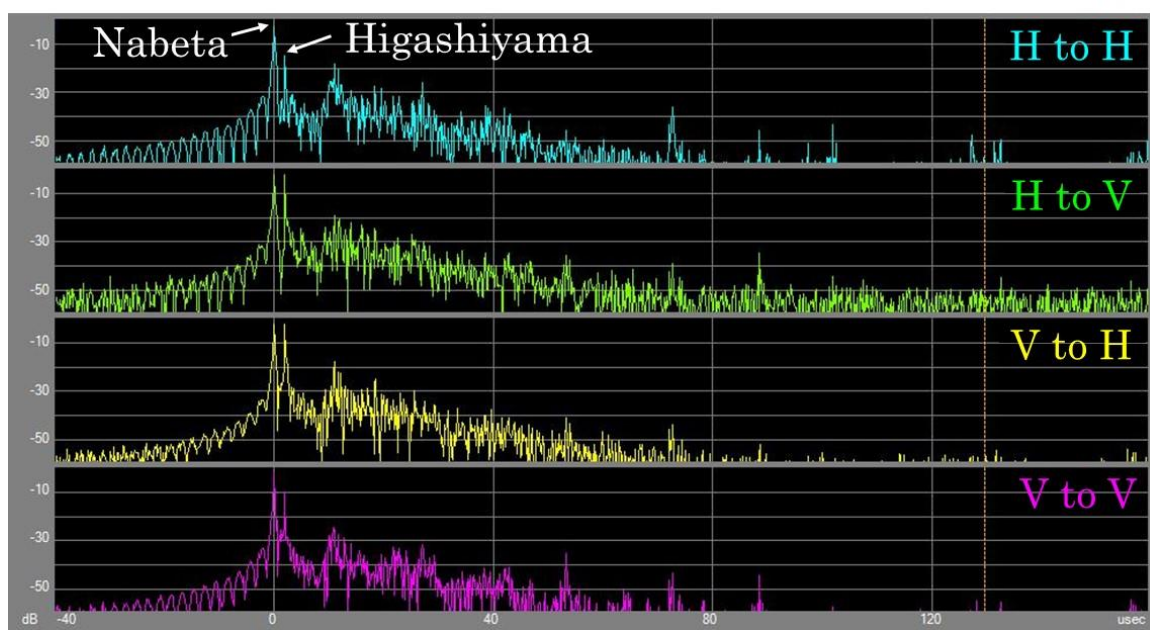
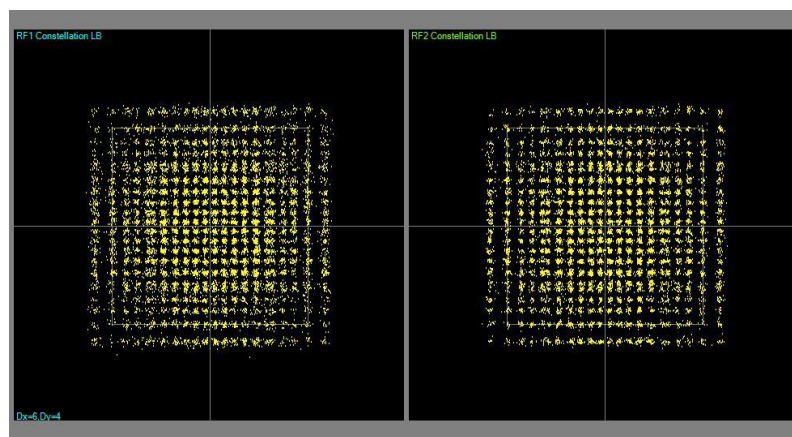


РИСУНОК 2.2.2.10

Конstellационные диаграммы сигналов в месте приёма (режим MIMO)

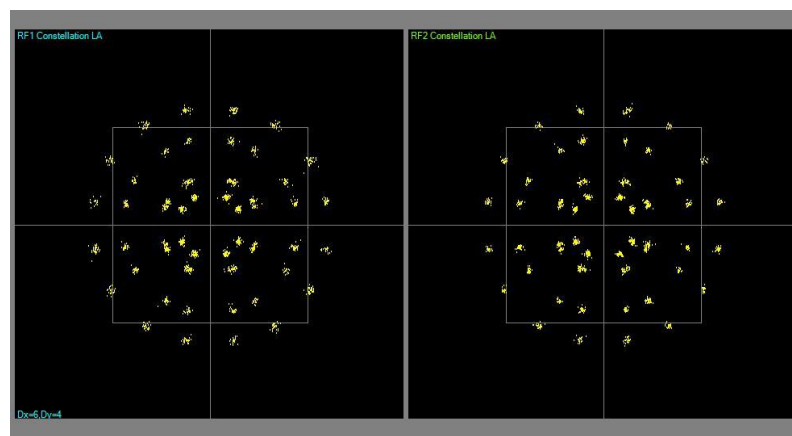
(a) 1024 NUC QAM для UHDTV (гор. поляризация)

(b) 1024 NUC QAM для UHDTV (верт. поляризация)



(c) 64 NUC QAM для HDTV (гор. поляризация)

(d) 64 NUC QAM для HDTV (верт. поляризация)



Оценка прироста качества изображения

Целесообразность улучшения различных параметров видео в сильной мере зависит от того насколько они позволят улучшить впечатление от картинки. Серия⁵ тестов на эту тему провел немецкий Институт Вещательных технологий (IRT) вместе с партнерами.

Первый тест был признан выявить влияние разрешения изображения на субъективное восприятие картинки. В тесте участвовали видео с разрешением 720p, 1080i, 1080p и UHD-1, и оценивались они на двух разных расстояниях от экрана — 1,5 Н и 3,8Н, где Н - высота экрана.

Как и ожидалось, одно лишь повышение разрешения до 4К дало незначительный субъективный выигрыш в качестве – в среднем он составил около 0,5 балла по 5 бальной системе, причем при просмотре на расстоянии 3,8Н=2,7 м выигрыш был меньше, чем на расстоянии 1,5Н. Кроме того, выигрыш в основном наблюдался на статических картинках, в то время как при динамических сюжетах UHD изображения оказывалось смазанным.

Что касается влияния перехода к расширенной цветовой гамме, регламентированной стандартом BT.2020, то его пока проверить невозможно из-за отсутствия мониторов с ее поддержкой. В полном объеме эта гамма сегодня реализуется только некоторыми лазерными проекторами, непригодными для домашнего использования.

Коммерческие рекомендации по Аудио следующего поколения были предоставлены Коммерческой модульной группой по аудиовизуальному кодированию (CM-AVC), а коммерческие рекомендации по 2-му этапу UHD-1 видео были предоставлены Коммерческой модульной группой при UHDTV⁵.

По всему миру продолжается рост продаж моделей ТВ приемников и дисплеев с поддержкой UHD. В 2017 г. КНР останется крупнейшим рынком сбыта телевизоров со сверхвысоким разрешением 4К (UHD), прогнозируют аналитики IHS Market. Ожидается, что в Китай поступит 42% всех 4К-телевизоров, выпущенных в этом году в мире. В 2016 г. поставки 4К TV в КНР превысили 25 млн. штук. Предполагается, что в 2020 г. этот показатель почти удвоится и достигнет 44 млн. штук. Для сравнения, Западная Европа и Северная Америка смогут продемонстрировать такой результат лишь совместными усилиями.

"Китай движется по иной траектории, нежели остальной мир, когда речь идет о 4К-телевизорах, - комментирует данные П. Грей, главный аналитик IHS Market. - В КНР уже тяжело купить телевизор с большим экраном без поддержки 4К. Японские ТВ-производители тоже активно переходят на 4К-модели. особенно на своем домашнем рынке, однако поставки 4К TV в Японии сдерживаются из-за того, что потребители отдают предпочтение меньшим по размеру экранам, которые слишком малы для поддержки 4К".

В прошлом году в Западную Европу поступило более 8 млн. 4К TV, а в 2020 г. поставки возрастут до 19 млн. При этом Северная Америка более чем удвоит отгрузки, увеличив показатели с 11,7 млн. в 2016 г. до 25,9 млн. в 2020 г., говорится в исследовании.

Между тем, на смену 4К идет новый стандарт, с еще более высоким разрешением - 8К. Специалисты считают, что КНР будет доминировать и по поставкам 8К-телевизоров, благодаря более доступным ценам на них, которые предложат местные производители⁶.

⁵ Источник: mediasat.info

⁶ Источник: DailyComm

Старший аналитик отдела маркетинга и бизнеса в SES P. Топхэм указывает на то, что в настоящее время в Европе насчитывается примерно 17,3 млн. UHD-экранов (по состоянию на конец 2016 г. такие экраны имелись у 6,6% домохозяйств), при этом годом ранее таких экранов было 12,1 млн.

Более свежие данные⁷ о поставках UHD-телевизоров, собранные исследовательской командой IHS Market, указывают на то, что только лишь на один рынок Западной Европы в 2017 году будет поставлено примерно 11,8 млн. UHD-телевизоров, и примерно 32% из них будут иметь диагональ 50" и выше. На рынок Восточной Европы, согласно прогнозам IHS, будет поставлено ещё 3,88 млн. таких изделий. Даже на рынки стран Ближнего Востока и Африки, где UHD пока редкость, по прогнозам будет поставлено 2,2 млн. таких телевизоров.

Китай представляет собой особый рынок для UHD экранов, где значительная, если не большая, часть поставок приходится на продукцию местных компаний, по прогнозам сможет «проглотить» 33,3 млн. телевизоров. На долю Северной Америки придётся 17,6 млн. поставленных UHD телевизоров (более 48% из которых будут иметь диагональ 50" и выше).

Расширенные прогнозы от агентства IHS на период до 2020 г. ещё более впечатляют:

- Западная Европа — 18.8 млн.
- Восточная Европа — 6.4 млн.
- Ближний Восток и Африка — 5.2 млн.
- Китай — 44.48 млн.
- Северная Америка — 25.9 млн.
- Латинская Америка — 7.76 млн.
- Япония — 3.9 млн.

В IHS заявляют, что, согласно их прогнозам, в период с 2015 по 2020 гг. количество домохозяйств, имеющих в своём распоряжении 4K телевизор, вырастет с 28 млн. до 335 млн.

По итогам обобщения опыта тестирования или внедрения ТВУВЧ у региональных кабельных операторов ТВ вещания России в 2016 году, получится следующее:

— из-за проблем с декодированием в ТВ приемниках (в том числе первых моделей, номинально поддерживающих стандарт ТВУВЧ при воспроизведении клипов с флэш-носителей) смотреть Ultra HD могут пока единицы абонентов (при этом следует учитывать, что ожидания абонентов по возможности просмотра возрастают год от года в связи с обновлением парка ТВ и STB);

— пока есть единицы доступных легальных каналов-предложений в формате 4K;

— технически принят легальный канал со спутника, с доставкой проблем нет, хотя недешево;

— нет проблем с конвертацией его в сети КТВ и IPTV;

— цена канала высока (40 руб./абонент), выручит только а-ля карт;

— пока что это нишевая технология, как ранее объемное ТВ в формате 3D⁸.

⁷ Источник: *mediasat.info*

⁸ Источник: *cableman.ru*

2.2.3 Передача изображений с расширенным динамическим диапазоном

Расширение динамического диапазона яркости существенно улучшает субъективно воспринимаемое качество изображения если на изображении присутствуют участки с различным уровнем освещенности. Например, при съемах залитого светом футбольного стадиона и одновременно находящихся в тени трибун обычной телевизионной системой, детали на стадионе потеряют часть цветовой информации, вплоть до перехода на черно-белое изображение, а трибуны могут превратиться в неразличимую темную массу. В то же время, цвета одежды игроков и болельщиков играют в восприятии матча не последнюю роль.

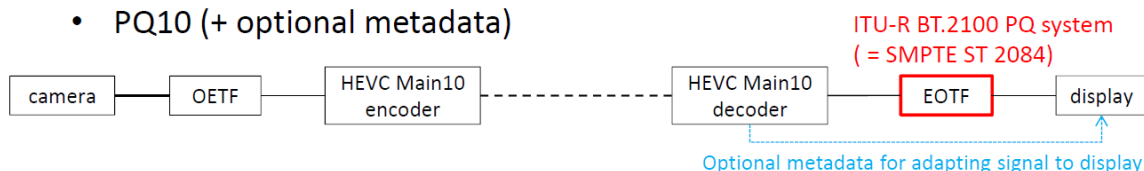
МСЭ-R принял несколько Рекомендаций, стандартизирующих передачу видеосигналов с расширенным динамическим диапазоном. Объединив разработки партнеров в области стандартизации HDR, таких как SMPTE, Dolby, Philips, Technicolor и ведущих вещателей – BBC, NGK и ARIB, МСЭ-R разработал Рекомендацию BT.2100-0, которая развивает и функционально завершает Рекомендацию BT.2020 в свете развития технологий HDR. В Рекомендации BT.2100 указаны два способа работы с HDR-контентом. Первый используется в привычных десятибитных HDR10 и Dolby Vision — это, по сути, функция передачи SMPTE ST.2084, основа которой — «нейрофизиологическая» кривая PQ (Perceptual Quantization), привязанная к абсолютному значению яркости контента на мастер-дисплее. Второй основан на функции передачи HLG (Hybrid Log-Gamma) и совместимости с SDR-дисплеями, телевизорами и проекторами. Также BT.2100 учитывает простой метод преобразования PQ в HLG, в зависимости от сочетания звеньев цепи «создание контента — реализация и доставка — потребительский дисплей».

Один из основных плюсов стандарта — то, что он утвердил ранее описанную технологию HLG, а поскольку ITU имеет высокий авторитет среди разработчиков контента и производителей оборудования, последние с высокой вероятностью приступят к внедрению HLG на всех этапах доставки HDR-видео — от создания до потребления зрителем. Поскольку HLG позволяет в одном сигнале закодировать как SDR, так и HDR изображение, вполне возможно, что SDR-телевизоры получат возможность отображать HDR-контент с помощью технологии HLG после обновления ПО, а не игнорировать РВК-информацию, как сейчас. Также стоит отметить, что ITU включила в список разрешений стандарта Full HD, и HDR-видео будет не только в UHD телевидении.

Глубина цвета составит 10 или 12 бит, однако неизвестно, о каком цветовом пространстве идет речь. Как новый стандарт повлияет на разработчиков экранов, и что они смогут в итоге предложить, пока неизвестно. По крайней мере Рекомендация ITU-R BT.2100 HDR-TV вносит коррективы в параметры яркости.

Стандартизированы два HDR формата. Первый, PQ 10 (Perceptual Quantizer) предусматривает корректировку изображения редактором на эталонном экране, которое, по сути, результат оптико-электронного преобразования. Поэтому регламентируется только кривая обратного, электро-оптического преобразования, реализуемая в приемниках.

- PQ10 (+ optional metadata)



- HLG10



Передача видео в PQ 10 может сопровождаться метаданными, описывающими характеристики эталонного дисплея — основные цвета, уровень белого, динамический диапазон яркости. Способ передачи этих метаданных определяется стандартом SMPTE ST2084. Некоторые компании, в первую очередь Dolby, предлагают свои версии PQ, реализованные за счет расширенных объемов метаданных, благо есть возможность передавать их в транспортном потоке.

Второй формат, HLG 10, предназначен для живых трансляций и не предполагает обработку снятого видео. Для него задана кривая оптико-электронного преобразования и предполагается однозначное воспроизведение на экране телевизоров. Этот стандарт задуман как обратно совместимый с SDR экранами.

В то же время непонятно, как HLG 10 будет отображаться SDR моделями с HDMI 2. 0, выпущенными в 2015-16 годах. Дополнительную неясности вносит то, что оба HDR формата рассчитаны на работу с цветовой гаммой BT. 2020, которую сегодня не поддерживает ни один монитор. Заметим, что даже усеченные гаммы начали нормировать только в 2016 году. Пока не очень понятно, в какой мере телевизоры прошлого и позапрошлого года можно перепрограммировать на совместимость с HLG 10 — как в результате будет выглядеть картинка. Если окажется что основная масса этих телевизоров может воспроизводить картинку без искажений, то это сделает траты на создание и покупку UHD более оправданным для оператора.

Институтом IRT (Германия) была проведена серия тестов для сравнения двух стандартизированных вариантов HDR, PQ 10 и HLG 10, а также сравнения SDR и HLG 10 в стандартном диапазоне яркости. Измерения проводились для потоков, компрессированных в HEVC с четырьмя разными скоростями: 2,5, 5, 10 и 20 Мбит/сек. Форматы PQ 10 HLG 10 при динамическом диапазоне с максимальной яркостью 1000 нит показали практически неотличимые результаты. Это показалось странным и видимо разочаровало членов DVB, рассчитывавших, что более трудоемкий и несовместимый вниз формат PQ10 даст заметно лучшее качество изображения.

В рамках второго теста сравнивались стандартный SDR сигнал в диапазоне яркости до 100 нит и HLG 10 в том же диапазоне. Они, как и ожидалось, показали одинаковое качество.

На сегодня многие крупнейшие производители, в том числе — Samsung, LG и Sony, уже заявили, что все новые 4К-телевизоры будут поддерживать HDR. В то же время вещатели пока не торопятся поставлять контент в HDR-качестве из-за разности стандартов: HDR10 сейчас является базовым промышленным стандартом, однако Dolby Vision предлагает более широкий функционал для улучшения качества картинки. Amazon и Samsung объявили о разработке стандарта HDR10+ - версии HDR10, которая будет поддерживать динамическое отображение тонов. Однако, новому стандарту пока не хватает широкой промышленной поддержки.

Ожидается, что поставки телевизоров с поддержкой HDR будут расти в ближайшие годы на 41% в год и достигнут 245 млн. единиц в 2022 г., прогнозирует аналитическое агентство ABI Research. При этом все 4К-телевизоры будут поддерживать HDR. Аналитики также отмечают, что к 2020 г. на рынок выйдут телевизоры с разрешением 8К, однако, в небольшом количестве, и продаваться они будут в основном в Японии и Южной Корее. Аналитики ожидают, что в 2020-е годы доминировать на рынке все же будут 4К-телевизоры с поддержкой HDR⁹.

При использовании этих стандартов передача дополнительных разрядов цветности в сигналах изображения означает требование дополнительной пропускной способности в каналах вещания. Кроме того, принятые стандарты HDR HLG, HDR10, HDR10+ не обеспечивают обратной совместимости. Таким образом, может возникнуть необходимость одновременной передачи программ в нескольких форматах, включая передачу программ со стандартным динамическим диапазоном для воспроизведения на приемниках, не поддерживающих HDR и 10-битный расширенный цветовой диапазон.

2.2.4 Передача изображений с повышенной частотой кадров

Еще одна введенная опция в стандарте 2016 года — увеличенная скорость передачи кадров -HFR. Если в первой фазе максимально допустимая скорость передачи кадров составляет 50/60 Гц, то во второй фазе она — 100/120 Гц. Новый стандарт позволяет создателям современного контента варьировать разрешение Full HD, UHD 4K и UHD 8K, а также частоту кадров: 24, 25, 30, 50, 60, 100 и 120 кадров в секунду. Это те же значения, что предусматривал BT.2020-2, но, по опыту наблюдения за развитием, следующие версии BT.2100 превзойдут эти ограничения. Впервые определены параметры минимальной и максимальной яркости для черного цвета: $\leq 0,005$ кд/м² и $\geq 1,000$ кд/м² соответственно. Ранее этих значений не существовало.

До недавнего момента остро стояла проблема подготовки качественного контента для передачи в 4К. Как неоднократно отмечалось, увеличение числа пикселей само по себе не дает достаточного положительного эффекта, а иногда может привести и к отрицательному, в первую очередь из-за смазанности. Этот вопрос решается повышением скорости передачи кадров, но при этом усиливается другая проблема, появляющаяся уже на этапе увеличения разрешения — на каждый пиксель сенсора кинокамеры поступает меньше света. При увеличении разрешения каждый пиксель становится меньше и соответственно пропускает меньше света, а при увеличении скорости кадров уменьшается время выдержки, в результате света становится еще меньше, а если увеличить чувствительность сенсоров, то картинка зашумляется. Другими словами, происходит технологическое усовершенствование сенсоров в камерах. В настоящее время уже имеются значительные успехи в этом направлении.

Многие модели бытовых ТВ приемников уже поддерживают высокую частоту кадров, в основном за счет искусственного создания промежуточных кадров методом математической интерполяции. В то же время проблему потери детализации движущихся изображений методом интерполяции в приемнике полностью решить невозможно — необходимая информация была безвозвратно утрачена в процессе формирования и компрессии ТВ сигнала на стороне вещателя или даже еще раньше, при обработке изображения у производителя контента. Значительный вклад в потерю детализации движущихся изображений вносят используемые методы сжатия видеосигнала, поскольку как правило компрессоры сигналов изображения работают в реальном времени и из экономических соображений должны обеспечить довольно ограниченный битрейт — фиксированный либо динамический с относительно небольшими вариациями.

⁹ Источник: telesputnik.ru

Переход от 50 Гц к 100 Гц дает значительный выигрыш, более заметный, чем при увеличении разрешения от HD до 4K. Менее значительный, но также заметный выигрыш наблюдался при переходе от 100 Гц к 200 Гц. Были также проведены сравнительные тесты качества картинки после включения на мониторе интерполяции с компенсацией движения. В этом режиме увеличение частоты кадров также давало улучшение качества картинки, причем она была лучше при меньшей выдержке затвора.

Передача изображений с повышенной частотой кадров с телестудии позволит предоставить реалистичное живое изображение для динамичных движущихся сцен без потери детализации. Платой за это будет некоторое повышение требуемой пропускной способности в канале. Влияние увеличения частоты кадров на битовую скорость меняется в зависимости от динамики и других характеристик картинки. Для спортивного контента в формате высокой четкости (HD) добавка составляет до 20%.

Для реализации HFR, как и для HDR, предусмотрено два варианта. Если не требуется совместимость с приемниками первой фазы, то количество кадров просто будет просто удваиваться. Если же совместимость нужна, то дополнительным кадрам будут назначаться специальные идентификаторы, которые позволят приемникам первой фазы отбрасывать дополнительные кадры.

В отдельной серии тестов, проведенных немецким институтом IRT, исследовалась зависимость качества картинки от скорости передачи кадров и выдержки затвора кинокамеры. Тестировалось видео с разрешением 1080p, компрессированное в HEVC. Результаты сравнения при отсутствии интерполяции на мониторе показаны на графике.

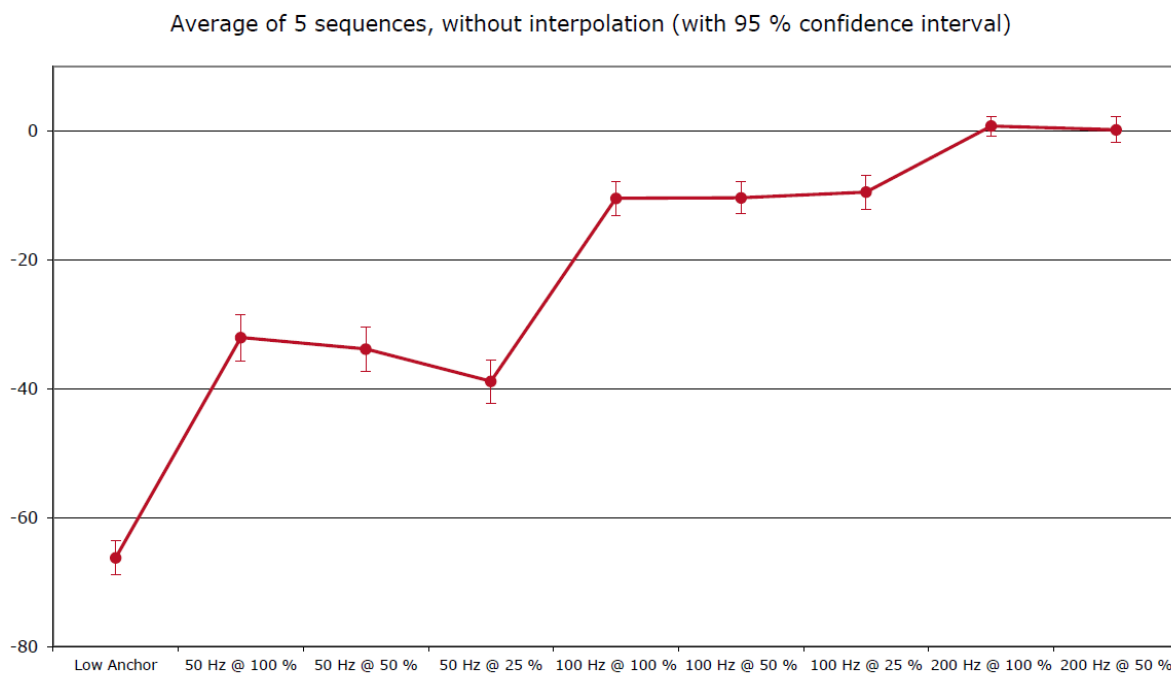


Рис. 2.2.1. Влияние HFR на субъективно воспринимаемое качество изображения

Как можно видеть на рис. 2.2.1, переход от 50 Гц к 100 Гц дает значительный выигрыш, более заметный, чем при увеличении разрешения от HD до 4K. Менее значительный, но также заметный выигрыш наблюдался при переходе от 100 Гц к 200 Гц. Были также проведены сравнительные тесты качества картинки после включения на мониторе интерполяции с компенсацией движения. В этом режиме увеличение частоты кадров также давало улучшение качества картинки, причем она была лучше при меньшей выдержке затвора.

Одновременно отслеживалось влияние увеличения частоты кадров на битовую скорость. Она сильно колебалась в зависимости от динамики и других характеристик картинки, но для спортивного контента добавка составила до 20%.

Можно предположить, что для 4K улучшение картинки с увеличением частоты кадров окажется еще более ощутимым, чем для 1080p. Но тесты с UHD пока только начались, и увеличение частоты кадров при таком разрешении практически не увеличивает скорость компрессированного в HEVC потока. Однако это не исключает проблем студийной работы с некомпрессированным HFR сигналом.

Согласно результатам исследований японской компании NHK относительно требований к сигналу 8K, мерцание экрана исключается при f_p более 80 Гц, а отсутствие, с одной стороны, смазанности, а с другой — стробирования достигается при f_{ps} более 100 Гц и выдержке — менее 1/320 с.

2.2.5 Передача многоканального звука с эффектом погружения

В данном разделе рассматриваются технологии передачи многоканального звука с эффектом погружения.

Качественно аудио имеет не только собственную ценность, но также способно субъективно улучшить впечатление от ТВ картинки. Это было доказано опытом, который в BSkyB поставили еще во время внедрения HD. Оказалось, что качественный стереозвук позволяет субъективно компенсировать ухудшение картинки. Тем не менее, в варианты с множеством колонок на полу и под потолком в эпоху сверхтонких телевизоров с настенным креплением и ухода от проводов выглядят малопривлекательно. Решить эту проблему призваны последние разработки в области создания объемного звука с эффектом погружения при помощи небольших по размеру звуковых колонок, расположенных рядом с телевизором. По мере распространения, такие устройства существенно повысят востребованность передач многоканального звукового сопровождения.

2.2.6 Многоэкранное и сверхширокоэкранное телевидение, панорамное телевидение с широким углом обзора

В данном разделе рассматриваются технологии передачи многоэкранных ТВ программ и расширенных широкоэкранных (сверхширокоэкранных) изображений, обеспечивающих панорамный обзор с эффектом присутствия.

В отличие от виртуальной реальности (см. ниже) панорамное телевидение предполагает использование сверхширокоэкранных дисплеев или групп дисплеев. Наиболее простой пример такой системы — многоэкранная система из трех расположенных рядом экранов. В настоящее время на рынке присутствует много моделей ТВ экранов с тонкими рамками вокруг ЖК/OLED панели, выпускаются также телевизоры и мониторы с изогнутыми дисплеями. Объединяя несколько таких экранов в один большой экран, при достаточно больших размерах экранов по сравнению с расстоянием до них, а также соответствующем разрешении изображения, за счет задействования периферического зрения достигается эффект присутствия.

Системы сверхширокоэкранного телевидения могут быть построены как на базе новых, так и на базе существующих стандартов. Например, необходимый эффект может быть достигнут посредством синхронного воспроизведения каждым из телевизионных приемников соответствующего программного канала в мультиплексе наземного, кабельного или спутникового телевизионного вещания. Для этого необходимо передавать несколько синхронизированных видеопотоков, каждый для своего дисплея. При этом в силу особенностей восприятия качество изображения на периферийных дисплеях может быть немного ниже, чем на основном (основных). Для воспроизведения в такой системе потребуется соответствующее количество обычных приемников и дисплеев. К примеру, сигнал для мультиэкранной системы до 3-х дисплеев полноценного качества ТВВЧ может быть передан в составе одного цифрового мультиплекса DVB-T2.

На рис. 2.1 приведен пример мультиэкранной установки на основе телевизионных панелей изогнутой формы. Ввиду снижения стоимости дисплеев мультиэкранные установки становятся потенциально доступны все более широкому кругу зрителей. В частности, цена подобной приведенным на рис. 2.1 телевизионной панели с диагональю более 1.2 метра уже составляет менее 500 долларов.

Рисунок 2.1 – Многоэкранная телевизионная установка.



Отдельные компании также выводят на рынок дисплеи с широким углом обзора, большим размером экрана и высоким соотношением сторон (24:9 и выше), но такие модели все еще относятся к самому верхнему ценовому сегменту.

На сегодняшний день для сверхширокоэкранных систем существует только два источника контента:

- Компьютерные игры и средства отображения компьютерной графики.
- Приложения и контент виртуальной реальности (VR).

Поэтому можно говорить о существовании пока не освоенной рыночной ниши для подобных систем вещания.

Уже в настоящее время сверхширокий угол охвата изображения (от 180 до 360 градусов) применяется при создании видеоконтента для виртуальной реальности (VR). Таким образом, уже в настоящее время необходимый набор технических средств для сверхширокоэкранного вещания представлен доступными для использования серийно выпускаемыми образцами оборудования, включая оборудование для массового рынка.

Многоэкранное или сверхширокоэкранное панорамное ТВ может сочетаться с технологиями VR и AR (см. ниже).

2.2.7 Виртуальная реальность (VR)

Контент виртуальной реальности предполагает передачу большого объема графической информации, необходимого для формирования устройством отображения трехмерной сцены или двухмерной сферической панорамы, окружающей зрителя и создающей эффект присутствия. Виртуальная реальность как правило дополняется определенными формами интерактивности, позволяющей пользователю определять содержание воспроизводимого контента. В простейшем случае такая интерактивность позволяет пользователю свободно перемещаться в новые точки присутствия, становясь свидетелем различных событий или наблюдая одно и то же событие с разных положений. Подобные формы интерактивности предполагают формирование в буфере приемника значительного объема информации, отображением которой пользователь может управлять интерактивно. Альтернативой является непрерывный двусторонний обмен данными между устройством воспроизведения и сервером провайдера услуг, однако такой подход невозможен в чисто вещательных сетях и имеет недостаток в виде систематических задержек выполнения команд интерактивного воспроизведения, что может раздражать пользователей.

В ряде стран проводятся эксперименты по производству и представлению контента виртуальной реальности (VR) для поддержки изучения передовых систем иммерсивного аудиовизуального оборудования (AIAV), для которых в МСЭ-R принят новый Вопрос изучения и назначен докладчик. Также проводятся исследования исследуется обратная связь с аудиторией и производителями, которая может быть полезна при детальном обсуждении вариантов реализации подобных систем.

В Японии проводятся эксперименты по производству и представлению контента виртуальной реальности (VR) для поддержки изучения передовых систем иммерсивного аудиовизуального оборудования (AIAV), для которых в МСЭ-R принят новый Вопрос изучения и назначен докладчик. Также исследуется обратная связь с аудиторией и производителями, которая может быть полезна при детальном обсуждении вариантов реализации подобных систем.

NHK разрабатывает ряд проектов по VR и AR, включая «NHK VR NEWS», «Panorama Tour», «Театр 8K VR», «Расширенное телевидение» и другие в сотрудничестве с существующими телевизионными программами и событиями.

Системы съемки, доступные в настоящее время в NHK, включают Theta S от Ricoh, Samsung Gear 360, Kodak SP360 4K и Canon EOS Kiss. Камеры иногда устанавливаются на стабилизатор с угловыми датчиками для записи направлений камеры. Содержимое VR распространяется на веб-сайте NHK.

Ссылки на примеры:

- NHK VR News: <http://www.nhk.or.jp/d-navi/vr/>
- Документ 72 часа: <http://www.nhk.or.jp/d-navi/vr/72h/>
- Спорт VR: <https://pid.nhk.or.jp/event/nsipo/detail/event19.html>
- Точка зрения спортсменов на Параолимпийских играх в Рио: <http://www.nhk.or.jp/sg-project/seed2/pa-2016/vr/>

В 2016 году другая компания – NTV - дважды проводила испытания по распределению контента VR в сервисах потокового интернет-вещания. Этот контент был захвачен сферической камерой на 360 градусов и загружен на потоковый сервер в формате сферического изображения. Контент был предоставлен для просмотра в формате прямоугольного изображения с обрезкой для смартфонов и дисплеев с головным

дисплеем (HMD). Этот контент нацелен на привлечение внимания к последующим вещательным телевизионным программам.

Технические характеристики:

- Формат изображения: равносторонний
- Соотношение сторон изображения: 2: 1
- Количество пикселей (по горизонтали и вертикали): $1,920 \times 960$
- Соотношение сторон пикселя: 1: 1 (квадратные пиксели)
- Частота кадров (Гц): 60 / 1,001
- Режим сканирования: чересстрочный

Телевизионная компания TV Asahi проводит фестивали и предоставляет зрителям VR аттракционы. Эти достопримечательности связаны с телевизионными программами, включая как элементы живого действия, так и компьютерную графику.

Используются две камеры GoPro в комбинации для создания изображений 360°, и для их представления используются HMD, такие как Oculus Rift DK2 и Samsung Gear VR. Элементы компьютерной графики разрабатываются с помощью игрового движка Unity 5.0.

Помимо фильмов, телевидение Asahi также предоставляет другие эксперименты, которые оказывают огромное влияние на пользователей с помощью датчиков движения, таких как Leap Motion, воздуходувки и вибрационные устройства.

Fuji TV предоставила VR-контент на VOD в качестве одного из своих интернет-сервисов «FOD VR» в ноябре 2016 года. Содержимое VR загружается с помощью специального приложения, и пользователям предоставляется 360-градусный просмотр. Направление обзора следует за движением пользователя с помощью датчика при использовании смартфона или HMD.

Технические характеристики:

- Формат панорамы: равноугольный ($360^\circ \times 180^\circ$)
- Пиксели (по горизонтали и вертикали): $4\,000 \times 2\,000$ макс.
- Частота кадров: 30-60 кадров в секунду
- Системы видеозаписи: Samsung Gear 360, Kodak SP360 4K и шесть камер GoPro.

Ссылка на пример: [Http://www.fujitv.co.jp/fujivr/](http://www.fujitv.co.jp/fujivr/)

В ходе тестов получены следующие отзывы производителей и пользователей:

- Появляется ощущение присутствия (эффект погружения), хорошо что есть возможность самостоятельно выбирать, в каком направлении вы хотите смотреть. Тем не менее, высказывались пожелания о более высоком качестве и разрешении изображения. Кроме того, есть вопросы для дальнейшего рассмотрения, такие как болезнь движения (укачивание) или побочные эффекты воздействия на зрителей, включая детей.
- Производство: с точки зрения уменьшения болезненности движения и улучшения погружения необходимо учитывать, как осуществляется само производство, включая размещение и разрешение камеры. Поскольку для HMDs становится необходимым установить возрастной предел, необходимо разработать такой иммерсивный контент, которым смогут наслаждаться даже дети. В производстве важным элементом является расстояние между камерами и захваченными объектами, поэтому для эффективного видеопроизводства будут необходимы

некоторое накопление опыта и применение новых идей. В настоящее время, поскольку для производства таких программ используются сверхширокоугольные объективы, необходимо подходящее разрешение для изменения углов, например, при масштабировании.

- Аппаратных ресурсов современных приемников недостаточно для расчета и отображения видеороликов 360 ° VR. Используемые процессоры и память должны быть значительно улучшены. Какой уровень спецификаций необходим, зависит от контента, но новое поколение приемников совершенно необходимо для того чтобы сделать возможным на практике разделение монитора и обрабатываемых деталей изображения для дальнейшего расширения области просмотра и повышения качества.

Компания Vimeo запустила на своей платформе поддержку видео с углом обзора в 360°. Пользователи мобильных устройств смогут вращать и наклонять изображения на экране, водя пальцем по дисплею, а те, кто привык смотреть видео на экране настольного компьютера, смогут делать то же самое, используя клавиши со стрелочками.

Видео с углом обзора в 360° можно будет также просматривать в автономном режиме, нажав на дисплее мобильного устройства на эллипс, размещённый рядом с видео, и выбрав затем опцию «Сделать доступным для автономного просмотра».

Тем же, кто использует устройства на Android и iOS, следует кликнуть в мобильном плеере по иконке с изображением трубки, либо отсканировать QR-код.

Видео с углом обзора в 360° на Vimeo предлагает следующие возможности:

- Загрузка на платформу в формате до 8K.
- 4K-плеер.
- Перекодирование в два прохода.
- Моноскопическая и стереоскопическая поддержка.
- Скачивание HD-файлов.
- Настройка углов и степеней наклона.
- Встроенные опции 360° беджей и компасов.

В декабре 2015 г. видеосервис Vimeo реализовал поддержку 4K-видео¹⁰.

Необходимо отметить, что в области внедрения VR ярко проявляется традиционная болезнь новых стихийно развивающихся сервисов – отсутствие качественной стандартизации интерфейсов, форматов представления данных и форматов обмена программ. Каждая компания стремится создать изолированный рынок за счет закрытых форматов и запрета на распространение контента третьими лицами. В конечном итоге это приводит высокой трудоемкости разработки и поддержки программных и аппаратных решений VR, низкой совместимости и многочисленным неудобствам и ограничениям для пользователей контента. Массового распространения форматов VR следует ожидать только тогда, когда выработается некий консенсус в области подходов к распространению и обмену программ, будет осуществлена стандартизация основных технологических элементов в цепи производства, обмена и доставки программ VR потребителям и рынок станет более открытым и динамичным.

2.2.8 Дополненная реальность (AR)

В рамках поддержки изучения передовых систем иммерсивного аудиовизуального оборудования (AIAV) в некоторых странах также проводятся эксперименты по

¹⁰ Источник: mediasat.info

производству и представлению контента дополненной реальности (AR). Термин «дополненная реальность» отражает особенную форму взаимодействия для визуализации интерактивного контента. Эта форма взаимодействия заключается в определении местоположения и направления взгляда пользователя с высокой точностью и использовании этих данных для формирования «наложенных» на окружающую действительность изображений. Отображение наложенных изображений осуществляется с использованием мобильных дисплеев, способных определять свое положение в пространстве (смартфонов, планшетов) или носимых пользователем 3D-очков.

Примером подобной системы является система смешанной реальности «Augmented TV» (Япония). Зритель может видеть объекты и персонажи в ТВ программе, выходящие за пределы экрана телевизора, если держит планшет и просматривает планшет у телевизора. 2D-изображение в телевизоре и 3D-изображение на планшете синхронизируются, а точка обзора рассчитывается на основе захваченного планшетом изображения ТВ экрана и данных угловых датчиков в планшете.

Приложения дополненной реальности требуют передачи дополнительной информации, включающей информацию о пространственной привязке контента дополненной реальности, сам контент, дополнительные данные для правильного отображения контента. В случае приведенного выше примера с передачей изображения, выходящего за пределы ТВ экрана, требуется передавать дополнительное изображение, которое по размеру и качеству может быть сопоставимо с основным изображением либо даже превосходить его. В случае реализации данной системы средствами сети ТВ вещания, в составе вещательного мультиплекса или в отдельном канале должно передаваться дополнительное расширенное изображение с привязкой к системе координат. Возможности по передаче такого изображения будут ограничиваться возможностями студии и доступными резервами полосы пропускания телевизионного канала. Из-за неразвитости общедоступных программных средств для разработки инновационных услуг в экосистеме ЦТВ, первые примеры подобных технологий реализованы на базе IP сетей и поэтому не позволяют судить от необходимой дополнительной скорости передачи информации в вещательном канале. Кроме того, задействование IP технологий и двусторонней связи в архитектуре «клиент-сервер» создает характерные проблемы с производительностью при большом числе активных абонентов и может обеспечить массовое внедрение такого рода услуг только в районах с развитой инфраструктурой сверхширокополосных сетей связи, то есть главным образом в крупных городах экономически развитых стран.

Если внедрение новых видов и форматов услуг ТВ вещания будет зависеть от проникновения сверхширокополосных сетей связи, то во многих странах это повысит конечную стоимость и существенно ограничит область распространения такого рода услуг. Во многих районах по ряду причин развитие сверхширокополосных сетей связи идет медленно и неравномерно, они охватывают не все населенные пункты, а лишь отдельные «ключевые» места с точки зрения наличия платежеспособного спроса. Оптоволоконные сети в пригородах и на селе развиваются медленно и часто стихийно, с избирательным покрытием отдельных «островков». Мобильные сети пятого поколения пока еще в стадии планирования, перспективы и сроки их массового проникновения (за исключением крупных городов и развитых экономических центров) сложно оценить.

Существует не так много практических применений, оправдывающих (с точки зрения рентабельности сделанных инвестиций) строительство в пригородной, сельской или малонаселенной местности сверхширокополосных сетей - как проводных, так и мобильных. По этим причинам привязка к развитию сверхширокополосных сетей будет задерживать внедрение новых услуг и форматов ТВ вещания в таких районах на неопределенные сроки. Это никак не будет способствовать преодолению цифрового разрыва, а будет еще больше углублять его. Таким образом, разработка решений, обеспечивающих внедрение новых технологий передачи контента с использованием главным образом инфраструктуры вещательных сетей и не предъявляющих сложных

требований к сетям передачи данных в месте размещения пользователя контента представляется важной практической задачей.

Японская телекомпания NHK разработала систему смешанной реальности под названием «Augmented TV». Зритель может видеть объекты и персонажи в ТВ программе, выходящие за пределы экрана телевизора, если держит планшет и просматривает планшет у телевизора. 2D-изображение в телевизоре и 3D-изображение на планшете синхронизируются, а точка обзора рассчитывается на основе захваченного планшетом изображения ТВ экрана и данных угловых датчиков в планшете. Ссылка на пример: <http://www.nhk.or.jp/strl/augmented-tv/en/>

Телекомпания NTV разработала два приложения дополненной реальности для смартфонов в период с 2011 по 2013 год. Эти приложения предоставляли в режиме реального времени изображения знаменитостей или трехмерные символы CG, наложенные на изображения, снятые с помощью смартфонов.

Технические характеристики:

- Формат изображения: 16: 9
- Количество пикселей (по горизонтали и вертикали): 1,440 × 1080
- Частота кадров (Гц): 60 / 1,001
- Режим сканирования: чересстрочный
- Формат презентации
- Формат изображения: 2: 3
- Количество пикселей (по горизонтали и вертикали): 320 × 480
- Частота кадров (Гц): 15
- Режим сканирования: прогрессивный
- Формат файла: PNG
- Формат производства 3D CG
- Полигоны: 7 000 - 10 000

Телекомпания TV Asahi проводит разработки дисплеев MR (Mixed Reality) с размещением на голове. В настоящее время разрабатываются приложения, использующие Microsoft HoloLens, с целью изучения возможностей применения добавления информации в просмотр телевизионных программ.

Общемировой объем расходов на продукты и услуги в области виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) вырастет с \$11,4 млрд. в 2017 г. до \$215 млрд. в 2021 г. Среднегодовой темп роста будет на уровне 113,2%, прогнозирует исследовательская компания IDC.

США станет регионом с самыми крупными расходами на VR/AR: по информации IDC, в 2017 г. страна потратит на продукты и услуги в этой области \$3,2 млрд. Далее в этом списке следуют Азиатско-Тихоокеанский регион (кроме Японии; \$3 млрд.) и Западная Европа (\$2 млрд.). В период с 2016 по 2021 гг. страной с самым быстрым ростом расходов на VR/AR названа Канада (среднегодовой темп составит 145,2%), высокие темпы будут фиксироваться Центральной и Восточной (133,5%), а также Западной Европе (121,2%).

Крупнейшим сегментом расходов на VR/AR в 2017 г. во всех регионах окажется потребительский. В США и Западной Европе следующие за ним крупнейшие сегменты по расходам – дискретное и процессное производства, в Азиатско-Тихоокеанском регионе – розничная торговля и образование.

В 2017 г. самые масштабные инвестиции в VR/AR ожидаются в области розничной торговли (\$442 млн.), затем идет сборочное производство и безопасность (\$362 млн.), следом – обучение технологическому процессу (\$309 млн.). К 2021 г., по прогнозу IDC, наиболее масштабными отраслевыми сценариями использования VR/AR станет техобслуживание (\$5,2 млрд.), государственная инфраструктура (\$3,6 млрд.) и розничная торговля (\$3,2 млрд.).¹¹

Для рынка систем дополненной реальности характерны те же детские болезни, что и для рынка VR – прежде всего, отсутствие стандартизации и отработанных механизмов обмена контентом. Ситуация усугубляется тем, что приложения наложенной реальности по определению работают на стыке нескольких видов услуг – электронной картографии, распознавания изображений, социальных сетей, определяемых пользователем данных и так далее. Поскольку по многим из перечисленных услуг рынки все еще находятся в стадии формирования и ситуация со стандартизацией средств обмена и доступностью технологий и контента является также проблематичной, разработка качественных применений наложенной реальности является сложной задачей и потребует значительных инвестиций и времени.

2.2.9 Дополнительные мультимедийные услуги в том же транспортном потоке

В дополнение к телевизионным программам мультиплексированный сигнал НЦТВ может содержать дополнительную мультимедийную полезную нагрузку, такую как звуковое вещание. Дополнительные мультимедийные данные могут быть включены в выделенный программный поток (на физическом уровне это означает передачу в выделенные временные интервалы, как, например, использование потока физического уровня PLP в системе DVB-T2). Для этого выделенного потока могут использоваться специфические параметры модуляции и кодирования сигнала, позволяющие к примеру, повысить помехоустойчивость и обеспечить портативный и мобильный прием.

Во многих странах уже развернуты крупные сети НЦТВ, обеспечивающие покрытие для значительной части территории и соответствующего населения. Это делает полезным использование этого покрытия также для передачи программ звукового и мультимедийного вещания. Когда передача звуковых и мультимедийных программ производится в составе существующих мультиплексов цифрового телевизионного вещания и с тех же передатчиков, это помогает снизить стоимость передачи и облегчить быстрое внедрение цифрового и мультимедийного радиовещания. В то же время сети НЦТВ планировались для фиксированного приема, при этом решалась задача уменьшения количества занятого радиочастотного спектра. Соответственно, обычно на сетях НЦТВ используется модуляция 64-QAM и 256-QAM. Для дополнительных звуковых и мультимедийных программ необходимо кодирование и модуляция с большей помехоустойчивостью, чтобы обеспечить мобильное и портативное покрытие.

Пример возможной конфигурации мультисервисного мультиплекса НЦТВ, внедренного в Российской Федерации, приведен в таблице 2.1. В этом примере использована архитектура организации транспортного потока с использованием разделенных потоков физического уровня (multi-PLP) в системе DVB-T2.

¹¹Источник: *telesputnik.ru*

Таблица 2.1

PLP	ТВ каналы	Звуковые канала
“0”	8	2
“1”	1	1
“2”	1	

В этом примере мультиплекс НЦТВ включает в себя 3 набора телевизионных программ в различных потоках PLP, а также три звуковые радиопрограммы, которые в настоящее время могут приниматься только телевизионным приемником (TV или STB). Специфика распределения программ по потокам PLP определяется в основном технологическими причинами, связанными с оптимизацией врезки регионального контента. И для НЦТВ, и для звуковых программ используется один и тот же режим модуляции/кодирования.

Другой пример приведен в таблице 2.2.

Таблица 2.2

PLP	Модуляция	ТВ каналы	Звуковые канала
“0”	64-QAM	8	-
“1”	64-QAM	2	-
“2”	16-QAM	-	3

В этом примере существует четкое разделение между телевизионными и звуковыми / мультимедийными программами. Телевизионные программы передаются с использованием потока PLP с режимом модуляции 64-QAM, а звуковые / мультимедийные программы – в составе потока PLP с модуляцией 16-QAM и более помехозащищенным кодированием. Такой подход помогает обеспечить портативный прием с использованием относительно простого портативного приемника.

Представляет определенный интерес разработка устройства, способного выделять звуковые радиопрограммы из мультиплекса DVB –T2 для осуществления приема на радиоприемных устройствах различного назначения (стационарных, мобильных, портативных) без использования телевизионного приёмника. В настоящее время в России ведется разработка приемника цифрового звукового радиовещания в составе мультиплексов НЦТВ. Приемник будет представлять собой самостоятельное устройство, оснащенное необходимыми элементами управления и динамиком для воспроизведения звуковых программ. Предполагается, что стоимость такого устройства будет приемлемой для населения и не превысит стоимость бюджетной ТВ приставки.

Организация звукового и мультимедийного вещания в составе мультиплексов НЦТВ позволит не только повысить эффективность использования спектра, но и обеспечить удовлетворение потребности местного, регионального и национального радиовещания в части зоны обслуживания и мультиплексирования наземного цифрового вещания стандарта DVB –T2.

2.2.10 Выводы

Внедрение перспективных технологий и форматов передачи аудиовизуального контента в сетях телевизионного вещания практически во всех случаях требует выделения дополнительной пропускной способности. Объем дополнительной пропускной способности может составлять от единиц до десятков процентов, а в случае с такими технологиями как UHD TV, расширенная и наложенная реальность – 100 и более процентов по отношению к пропускной способности основного канала.

Современные сети ТВ вещания и их частотные планы в большинстве случаев создавались для передачи линейных ТВ изображений в формате стандартной или высокой четкости. В них не были предусмотрены резервы пропускной способности для

организации дополнительных и перспективных услуг. В то же время существующие национальные и международные частотные планы для сетей ТВ вещания не предусматривают возможности для значительного увеличения пропускной способности сетей ТВ вещания способом задействования дополнительных радиочастотных каналов. Ситуация дополнительно осложняется необходимостью одновременной работы передатчиков предыдущих и новых стандартов (например – ТВ стандартной четкости H.264 и ТВ высокой четкости H.265) в течение переходного периода (Simulcast), который может продолжаться многие годы.

Для обеспечения конкурентоспособности наземного телевизионного вещания в условиях быстро развивающегося рынка услуг связи необходимо как качественное, так и количественное увеличение предоставляемых услуг. Поэтому актуально изучение перспективных методов обеспечения дополнительной емкости канала передачи в сетях наземного телевизионного вещания, как средствами инновационных методов частотного планирования сетей ТВ вещания, так и посредством использования новых методов передачи информации в каналах ТВ вещания.

2.3 Способы организации и форматы нелинейного вещания

2.3.1 Базовый и расширенный функционал интерактивного взаимодействия пользователя с системами мультимедийного контента

В данном разделе рассматриваются принципиально разные уровни взаимодействия пользователя и мультимедийного контента. Базовый функционал подразумевает средства интерактивного взаимодействия с отдельными статичными мультимедийными объектами (например, сохраненными WEB-страницами или записями ТВ-программ) – выбор мультимедийных объектов для просмотра, перемотку/пролистывание, паузу и т.д. Расширенный функционал подразумевает интерактивность, требующую создания интерактивных форм контента. Примерами таких форм являются типичная информационная служба во всемирной паутине (WEB), накапливающая информацию и по запросу пользователя формирующая для него индивидуальный контент, или «интеллектуальная» ТВ программа, которая динамически формируется и адаптируется к запросам конкретного пользователя вроде «это пропустить» или «расскажите об этом подробнее пожалуйста» с учетом его уровня знаний и профиля интересов.

2.3.2 Методы создания и форматы представления нелинейного контента

В данном разделе рассматриваются предпочтения и ожидания пользователей, возможности индустрии, практически используемые методы и технологии создания (формирования) нелинейного и интерактивного контента.

2.3.3 Технологии нелинейной интерактивной доставки линейного телевизионного контента (OTT/IPTV)

В данном разделе рассматриваются технологии, используемые для организации доставки линейного (телевизионного) контента в сетях связи, предназначенных для передачи информации на основе стека протоколов TCP-IP, с точки зрения применения в сетях подвижной и фиксированной радиосвязи.

2.3.4 Технологии линейной доставки нелинейного интерактивного телевизионного и мультимедийного контента (телеинформационные услуги, Webcast, OTT Broadcast)

В данном разделе рассматриваются возможности и технологии доставки нелинейных форм телевизионного и мультимедийного контента в сетях вещания, с точки зрения использования наземных радиоканалов, и интерфейсы, необходимые пользователю для использования данного контента.

Во многих странах сети цифрового наземного телевизионного вещания уже охватывают значительную часть территории. За счет большого размера зон обслуживания передающих станций прием сигналов цифрового вещания может обеспечиваться даже в удаленных районах, в которых инфраструктура наземных сетей связи не развита или даже полностью отсутствует. В настоящее время процент охвата территории сетями мобильной широкополосной связи во многих странах все еще невелик и развитие сетей мобильной широкополосной связи в удаленных районах идет медленно (в основном по экономическим причинам). Системы передачи дополнительной информации в каналах ТВ вещания будут наиболее полезны в случае, если требуется оперативная массовая рассылка сообщений пользователям на большой территории, без привязки к наличию и качества работы сетей операторов подвижной связи в конкретной местности.

Может рассматриваться ряд полезных дополнительных применений, связанных с передачей данных в нисходящем канале для специализированных пользователей. Примерами такой передачи могут быть передача погодной информации, данных о трафике, данных о движении общественного транспорта для отображения на остановочных пунктах, специальной информации для городских социальных и технических служб, включая данные M2M, специальная информация для служб охраны правопорядка, передача предупреждающих сообщений для систем звукового или визуального оповещения населения и т.д.

В системах телеинформационных услуг прием может осуществляться фиксированными, мобильными или портативными приемниками, имеющими средства для воспроизведения полученного контента. В вещательном канале выделяется отдельный поток данных (в системе DVB-T2 это может быть отдельный PLP с более помехоустойчивым режимом передачи), в составе которого передается дополнительная информация. Поскольку может использоваться режим широковещательной передачи, одно и то же сообщение может быть доставлено множеству получателей одновременно. Преимуществом использования нисходящего радиовещательного канала также является отсутствие необходимости регистрации в сети операторов связи всех устройств-реципиентов данных, низкая стоимость услуг, отсутствие перегрузки сети при рассылке сообщений большому количеству пользователей и низкие энергозатраты (требуется только прием сигнала). Последнее особенно важно при отсутствии сетей электропитания на объекте воспроизведения телеинформации, поскольку энергопитание таких объектов может осуществляться от маломощных источников, например, аккумуляторов и солнечных батарей.

2.3.5 Приемники с накоплением

Дополнительным уровнем оптимизации использования каналов передачи является использование приемников с накоплением информации. Такой приемник постоянно осуществляет прием и сохранение информации из радиовещательного канала на

внутреннем носителе, даже когда с точки зрения пользователя он «выключен», то есть находится в режиме энергосбережения. При включении приемника пользователь может просматривать как текущий передаваемый контент, так и весь переданный ранее (через интерактивное меню). Такой подход позволяет более эффективно использовать канал передачи, так как отсутствует привязка ко времени передачи программ (к примеру, популярные программы можно передавать даже в ночные часы). Также исчезает необходимость непрерывной повторной передачи повторяющихся сюжетов (например, рекламных блоков и блоков новостей). Современные носители данных имеют достаточный объем чтобы хранить большое количество ТВ программ и другого контента. Для дополнительной оптимизации использования места на накопителе может использоваться система классификации приоритетности хранения контента с учетом актуальности, популярности контента и личных предпочтений пользователя.

Приемники с накоплением не требуют каких-либо изменений в частотном планировании или работе сетей ТВ вещания. В то же время для эффективной работы системы оптимизации хранения контента желательно наличие в составе вещательного потока расширенной системы метаданных, позволяющих эффективно классифицировать как программы, так и отдельные сюжеты внутри, например, новостных программ по тематике, актуальности, популярности. В частности, свежие сюжеты - например, новости по какой-то теме, должны заменять в устройстве хранения устаревшие сюжеты, посвященные той же тематике. Ввиду высокой важности создания для такого приемника качественного программного обеспечения (устройство должно быстро и устойчиво работать многие годы и не требовать для своего обслуживания каких-либо действий пользователя) было бы целесообразно объединить усилия по разработке для такого приемника открытой программной платформы, которая для подтверждения своей устойчивости должна пройти самое широкое тестирование.

Использование приемников с накоплением позволит обеспечить эквивалент многопрограммного вещания даже в условиях дефицита радиочастотного спектра, одновременно решая задачу обеспечения интерактивности для пользователя в отношении отображения телевизионного и мультимедийного контента.

2.3.6 Сравнение возможностей систем интерактивного просмотра телевизионного и мультимедийного контента, выполненных на разных концах линии передачи

В данном разделе рассматривается сравнение систем нелинейного просмотра телевизионного и мультимедийного контента, расположенных на разных концах линии передачи контента (на стороне пользователя, на стороне поставщика услуг, в промежуточных точках).

2.4 Конвергенция линейного и нелинейного способов просмотра телевизионного и мультимедийного контента

В данном разделе рассматриваются вопросы конвергенции линейного и нелинейного способов просмотра телевизионного и мультимедийного контента

2.4.1 Сильные и слабые стороны линейных и нелинейных технологий передачи и представления телевизионного и мультимедийного контента

В данном разделе рассматриваются сильные и слабые стороны линейных и нелинейных технологий передачи и представления телевизионного и мультимедийного

контента с точки зрения возможностей, доступности и необходимых ресурсов радиочастотного спектра

2.4.2 Технологии конвергенции сетевого уровня

В данном разделе рассматриваются технологии конвергенции линейных и нелинейных (интерактивных) форм просмотра телевизионного и мультимедийного контента, требующие использования модифицированных или специальных протоколов на канальном, транспортном или сетевом уровнях систем связи согласно семиуровневой модели взаимодействия открытых систем OSI/ISO. Внедрение технологий конвергенции на этих уровнях потребует существенной переработки существующих стандартов и протоколов сетей вещания и сетей связи.

1.1.1.1 Всемирный вещательный роуминг

«Всемирный вещательный роуминг» определяется как прием ТВ, мультимедийных услуг и радиослужб в мире в совокупности с использованием различных средств передачи, таких как наземный и спутниковый радиоканалы. Рекомендация МСЭ-R BT.2072-0 «Основные функциональные возможности потребительских приемников для международного широковещательного роуминга» была утверждена в феврале 2015 года. В ней определяются основные функциональные возможности потребительских приемников для международного широковещательного роуминга.

Не секрет, что крупные игроки информационного и телекоммуникационного рынка все активнее развивают различные направления деятельности, основанные на сборе данных о пользователях и слежении за ними. В последних документах ИК 6 МСЭ-R для поддержки услуг мобильного роуминга по всему миру в системах цифрового наземного телевизионного вещания (НЦТВ) предлагается механизм унифицированной идентификации пользователей (ID) среди операторов НЦТВ и пользовательского мобильного терминала. Несколько новых функций, включая сертификацию идентификаторов пользователей и управление мобильностью, устанавливаются совместно между операторами домашних и роуминговых пунктов назначения.

Стремительно растущее требование к доступу высококачественных услуг вещания «в любом месте и в любое время» стало одной из основных проблем, с которыми сталкиваются сетевые операторы НЦТВ. По мере роста спроса на мобильность возможность подключения мобильных терминалов для свободного передвижения по географическим границам международной сети НЦТВ стала важным двигателем развития бизнеса. Сеть НЦТВ следующего поколения будет предоставлять существенно более широкий и расширенный спектр услуг, включая глобальную конвергенцию, функциональную совместимость и управление мобильностью. В частности, для поддержки глобального роуминга сеть НЦТВ требует интеграции и взаимодействия процессов управления мобильностью во всемирной беспроводной телекоммуникационной инфраструктуре. Во-первых, личная мобильность пользовательского терминала должна позволить пользователю получать доступ к телевизионным услугам с использованием их личных профилей, и эта функция не зависит от типа терминала и местоположения посещения в различных сетях НЦТВ. Эта возможность вместе с поддержкой доступа к нескольким сетям (проводные и беспроводные сети Интернет) является мощной комбинацией для предоставления персонализированных услуг интерактивного телевидения для мобильных терминалов. Во-вторых, во время роуминга связь между пользовательским терминалом и операторами НЦТВ должна быть безопасной и надежной, чтобы предотвратить незаконную подделку информации профиля пользователя.

По сравнению с услугой роуминга в сети мобильной связи услуга роуминга в сети НЦТВ имеет следующие особенности.

Термин «бесшовный доступ» - это ключевое слово для мобильного роуминга, а интероперабельность между различными сетями наиболее важна для бесперебойного роуминга. Однако цель радиовещательного роуминга сосредоточена на эффективном управлении мобильностью и гибких стратегиях доступа пользовательских терминалов среди глобальных операторов широкополосного вещания. Доступ в сети НЦТВ сталкивается с большими трудностями при обновлении информации учетной записи пользователя, такой как ее местоположение в роуминге, регистрация и необходимая идентификация ID и т. д.

Терминальная мобильность применяется к способности мобильной сети находить мобильный терминал, маршрутизировать входящие или исходящие вызовы независимо от своего местоположения в роуминге и поддерживать непрерывные соединения, пока мобильный терминал перемещается в различных сетях. Но нет необходимости, чтобы вещательная сеть удовлетворяла столь строгому требованию в режиме реального времени в роуминге.

Роуминг мобильной связи обычно предполагает сложный многопользовательский процесс связи и имеет определенное приложение. Модель для сценария широкополосного роуминга не является сложной и не предполагает связи между различными пользовательскими терминалами. Мобильная сеть включает в себя большие объемы передачи данных восходящей линии связи от терминала к базовой станции. И все же, передача данных в широкополосной сети ориентирована на направление линии вниз, а направление восходящей линии предназначено только для передачи сообщений, включая аутентификацию пользователя и настраиваемое программирование, которое может использовать любую доступную систему связи, такую как мобильные телефоны, доступ в Интернет и факсимильные аппараты, например. Кроме того, должны также учитываться некоторые особые сценарии, которые не позволяют установить связь по восходящей линии связи между мобильным терминалом и оператором НЦТВ.

Для поддержки глобального вещательного роуминга, во-первых, операторам НЦТВ следует создать единый механизм аутентификации, управление мобильностью терминала и стратегию безопасности. Учитывая, что всемирная сеть НЦТВ организована в различных областях, одним из важнейших требований для сетей следующего поколения является управление мобильностью пользовательских терминалов. Управление мобильностью может предоставить пользователям возможность доступа к их персональным телевизионным услугам, независимо от типа терминала или местоположения роуминга.

Предлагается, чтобы каждый мобильный терминал должен был иметь уникальный идентификатор, который может быть определен операторами НЦТВ по всему миру. Он аналогичен идентификатору мобильного телефона, такому как IMSI (международный идентификационный номер мобильного абонента), доступный для аутентификации, регистрации и биллинга мобильных терминалов между различными операторами НЦТВ. Идентификатор терминала состоит из трех частей:

- Код страны (CC).
- Сетевой код (NC).
- Идентификационный номер терминала (TIN).

Эта модель взаимодействия предполагает следующую структуру: сети НЦТВ во всем мире эксплуатируются различными операторами, а коммутационный центр, отвечающий за конкретную географическую зону, называется Мобильным центром коммутации (MSC).

Управление мобильностью осуществляется на основе двух баз данных местоположения, называемых Home Location Register (HLR) и Visitor Location Register (VLR) соответственно.

- HLR представляет собой иерархическую базу данных, содержащую постоянную информацию для каждого локального пользовательского терминала и отвечающую за хранение учетной записи пользователя, местоположения и настраиваемого программирования пользователя и т. д.

- VLR представляет собой дополнительную динамическую базу данных для каждого оператора, содержащую информацию учетной записи временного роуминга для конкретной области. Когда терминал посещения / роуминга входит в эту область или покидает ее, VLR создает или удаляет свою соответствующую учетную информацию и обновляет информацию о местоположении пользователя в зоне покрытия в реальном времени.

- MSC отвечает за связь с HLR, VLR и MSC другого оператора, чтобы завершить роуминг, отвечая на запросы роуминга и бизнес-биллинга и т. д.

Асимметричная криптография может защитить данные, эффективно предотвратить идентификационную информацию пользователей, так и операторов из подделывают незаконно. Каждый оператор DTTB и мобильный терминал имеют один открытый ключ и один закрытый ключ. Подробно, когда оператор А отправляет сообщение оператору В, А может зашифровать сообщение, используя открытый ключ В, чтобы гарантировать, что он может быть расшифрован только В. Тем временем, А может зашифровать сообщение, используя его закрытый ключ, поэтому В может дешифровать данные, используя открытый ключ А, и убедиться, что сообщение отправлено А.

Таким образом, в настоящее время рассматривается описанная выше структура широковещательного роуминга, основанная на унифицированном механизме аутентификации терминала среди всемирных сетей НЦТВ. Несколько новых функциональных возможностей, включая сертификацию пользователя, управление мобильностью терминала и стратегию безопасности, устанавливаются совместно между операторами домашних и роуминговых пунктов назначения для эффективной поддержки широковещательного роуминга. Телевизионные вещатели высказывают опасения, что принудительное внедрение данного принципа ограничит возможности ТВ вещания в части оказания услуг по модели «свободного просмотра», которая предусматривает возможность просмотра неограниченным кругом пользователей без необходимости какой-либо идентификации.

2.4.3 Технологии конвергенции прикладного уровня

В данном разделе рассматриваются технологии конвергенции линейных и нелинейных (интерактивных) форм просмотра телевизионного и мультимедийного контента, которые могут быть реализованы на уровне представлений или прикладном уровне систем связи согласно модели взаимодействия открытых систем OSI/ISO. Внедрение технологий конвергенции на этих уровнях не потребует переработки существующих стандартов и протоколов сетей вещания и сетей связи.

В настоящее время уже существуют некоторые гибридные решения, сочетающие доставку контента как, широковещательными, так и широкополосными сетями (например, HbbTV). Для реализации интерактивного режима работы терминала должно использоваться специализированное встроенное программное обеспечение, например DVB-MHP или MHEG-5.

Перспективным сценарием развития сетей доставки телевизионного контента в будущем может быть разработка и создание гибридных сетей, которые сочетали бы в себе функциональность и широкополосных, и широковещательных сетей. При таком сценарии развития, платформа наземного вещания может быть интегрирована с технологиями мобильного широкополосного доступа. В этой области требуются дальнейшие интенсивные технические исследования, а также разработка соответствующих нормативных документов и урегулирование экономических вопросов.

Абонентское оборудование в перспективе должно стать конвергентным, многостандартным с поддержкой телевидения высокой и сверхвысокой четкости, трехмерного телевидения, включая воспроизведение с помощью шлемов виртуальной

реальности, и иных механизмов, обеспечивающих воздействие на обоняние, а возможно, и с передачей тактильных ощущений.

Одним из типичных существующих в настоящее время примеров технологий, обеспечивающих конвергенцию на высоких уровнях модели ISO, является технология гибридного распределения HBB (Hybryd Broadcast / Broadband). При гибридном распределении по технологии HBB (Hybryd Broadcast / Broadband) контент доставляется на приемник сразу по двум сетям - вещательной (Broadcast) и широкополосной (Broadband). Широковещательные и широкополосные технологии могут использоваться в дополнении друг к другу, совмещая, таким образом, преимущества обеих платформ, чтобы обеспечить пользователей возможностью доступа ко всему разнообразию сервисов. Широковещательные сети оптимизированы для доставки широкой аудитории вещательного контента (например, линейных ТВ каналов), тогда как широкополосные сети лучше всего подходят для интерактивных услуг, услуг по требованию и нишевых мультимедийных служб.

2.4.4 Глобальная платформа вещания

Концептуальная блок-схема глобальной платформы показана на рисунке 2.4.1.

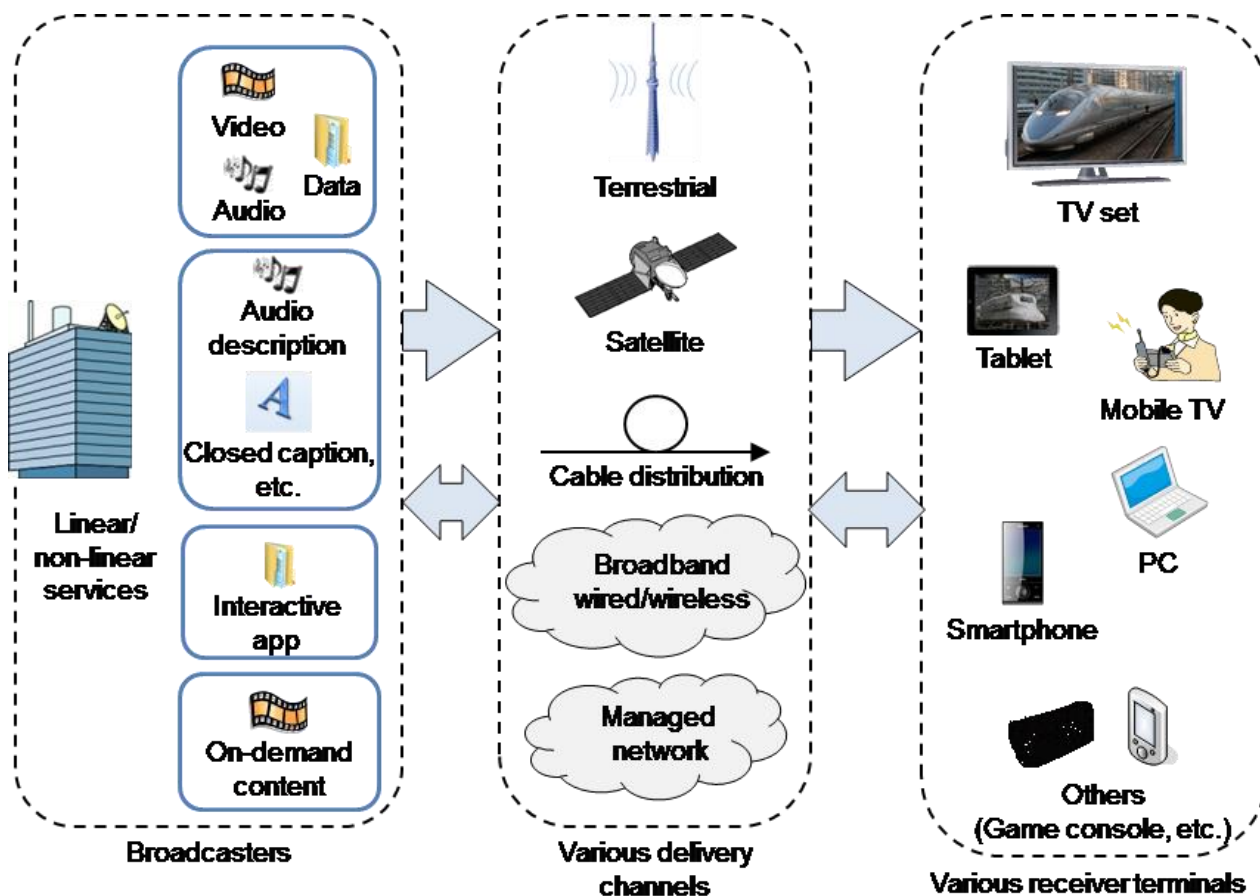


Рис. 2.4.1. Концептуальная блок-схема глобальной платформы вещания

Как показано в левой части рис. 2.4.1, вещательные компании производят широкий спектр контента и услуг не только как традиционное линейное радио и телевизионное программирование, но и как контент смещенный во времени, услуги по требованию, гибридный контент и услуги передачи данных.

Аудитория имеет в своем распоряжении все более широкий спектр устройств. Типичные пользовательские устройства показаны в правой рамке на Рисунке 2.4.1. Телевизионные приемники для потребительского использования имеют все большие и

большие возможности, это, в свою очередь, подпитывает ожидания пользователей по повышению качества изображения и расширению спектра услуг.

Для доступа к медиа-сервисам все чаще используются персональные компьютеры, смартфоны и планшеты. Эти устройства используются либо как второй экран в дополнение к основному телевизору, либо как вторичный приемник или даже как основное мультимедийное устройство, в частности для использования вне дома.

Таким образом, аудитория имеет широкий выбор контента и услуг, как линейных, так и по требованию, которые становятся все более доступными в любое время и в любом месте, и все чаще ожидает с технической точки зрения возможность смотреть линейные и нелинейный широковещательный контент в любое время, в любом месте и на любом аудиовизуальном устройстве, как стационарном, так и в движении.

Эта тенденция полностью признается и поддерживается - по мере возможности - сегодняшними вещателями, которые, естественно, стремятся предоставлять свой спектр контента и услуг всем заинтересованным пользователям на устройстве по своему выбору и в их предпочитаемой среде. Именно по этой причине 6-я Исследовательская комиссия МСЭ-R изучает глобальную платформу, которая является платформой доставки, которая облегчает распространение широковещательных услуг конечным пользователям с помощью различных приемных устройств в многочисленных средах приема, реализуемых с использованием как широковещательной, так и неведательной передачи (например, широкополосных технологий).

Как показано в центральной рамке на рисунке 1, для этого требуется использование нескольких различных средств распространения, включая традиционные платформы вещания, такие как наземные, кабельные и спутниковые, а также широкополосные сети, как стационарные, так и мобильные.

Различные варианты индивидуального использования рассматриваются с точки зрения их значимости для вещателей. В действительности разные варианты использования сосуществуют и сильно зависят от их контекста. Были сделаны следующие предположения:

- Линейный просмотр является основным способом просмотра телевизионного контента, и в настоящее время нет никаких указаний на то, что это изменится в обозримом будущем.
- Объемы сдвинутого по времени просмотра и просмотра по требованию будут продолжать расти, но это не приведет к значительному снижению общего объема линейного просмотра.
- Миграция телевизионных услуг с SDTV на HDTV будет продолжаться. Будет также предложено больше контента, в частности, с введением новых услуг HDTV.
- Ultra-HDTV будет представлен и может стать основным форматом в среднесрочной и долгосрочной перспективе на всех телевизионных платформах.
- Портативные и мобильные устройства все чаще будут использоваться для доступа к медиасервисам. Тем не менее, большая часть просмотра телевидения будет происходить на большом экране.
- Основная часть телевизионного просмотра, как линейного, так и нелинейного, будут продолжать происходить в домашних условиях. Использование в переходных средах будет возрастать.

- Инновационные медиа-услуги охватывают активное участие аудитории, в частности, через социальные сети, такие как Facebook, Twitter и т. д.
- Гибридные вещательные службы становятся обычным явлением, основанным на широковещательных платформах и фиксированной широкополосной инфраструктуре. В будущем они могут также использовать беспроводную широкополосную связь.

Первоначальные идеи, рассматриваемые МСЭ-R заключаются в том, что глобальная платформа представляет собой платформу доставки, которая облегчает распространение широковещательных программ конечным пользователям с различными принимающими устройствами в нескольких средах приема, реализуемых с использованием как вещательных, так и технологий широкополосного доступа.

Общие выводы соответствующего отчета МСЭ-R заключаются в следующем:

- Радиовещателям требуется новая многофункциональная глобальная платформа для вещательной службы, чтобы интегрировать современные и перспективные средства и средства для создания, доставки и представления контента вещания с максимально возможным качеством посредством наземного, спутникового и кабельного ТВ-вещания, а также мультимедийное вещание в других сетях. Новая глобальная платформа для вещательной службы должна быть разработана с учетом современных требований к цифровому радиовещанию, которые радикально отличаются от традиционных.
- Потребителям требуется новая глобальная платформа для вещательной службы, чтобы облегчить доступ к желаемому контенту в наиболее удобной форме в любое время и в любом месте, на стационарных или мобильных приемниках.

В настоящее время исследования по данному вопросу проводятся в следующих областях:

- Как различные существующие сети (например, широковещательные и широкополосные) могли бы использоваться для доставки контента, который вещатели хотят предоставить конечным пользователям?
- Какой протокол подходит для доставки контента, который вещатели хотят сделать доступным через существующие и будущие сети вещания?
- Какой метод кодирования и протокол доставки подходят для улучшения работы конечных пользователей (например, для улучшения разрешения изображения, частоты кадров и т. д. или добавления другого субтитра, другого языка и пр.), при использовании сети?
- Какие дополнительные элементы (например, серверы и маршрутизаторы) необходимо установить, чтобы эффективно доставлять широковещательные услуги конечным пользователям через существующие сети?
- Какие меры следует использовать для «адаптации» программ вещания к различным сетям доставки и приемным терминалам, используемым в качестве приемников широковещательной передачи?
- Какие средства защиты контента требуются для доставки вещательных услуг через различные сети, отличные от широковещательного канала?

3. Технологические платформы для развития телевизионного вещания

В данном разделе рассматриваются существующие и будущие технологические платформы для развития телевизионного вещания и средств доставки телевизионного и мультимедийного контента¹².

3.1 Существующие технические системы и стандарты доставки телевизионного и мультимедийного контента в наземном радиоканале

В данном разделе рассматриваются существующие системы.

3.1.1 Специализированные системы цифрового телевизионного вещания в наземном радиоканале

В данном разделе рассматриваются специализированные системы цифрового вещания, такие как DVB-T/T2, DVB-T2Light и другие.

Телеинформационные системы с использованием вещательного канала передачи

Под телеинформационными системами понимаются любые применения, работающие с использованием однонаправленного или двунаправленного канала передачи информации (линия вниз или линия вниз и линия вверх).

Телеинформационная система на основе НЦТВ решает задачу широковещательной передачи информации определенному кругу приемных устройств посредством использования однонаправленного канала связи в мультиплексах эфирного вещания DVB-T2.

Данная система может быть полезна для организации систем оповещения, информационных табло, динамически перенастраиваемых дорожных указателей и т.п.

Примерами применений, не требующих обратного канала (линии вверх), являются

- информационные табло;
- речевые информаторы и средства оповещения;
- устройства управления либо резервный канал устройств управления для обеспечения надежности;
- устройства интернета вещей;
- дополнительный канал передачи данных для устройств интернета вещей на линии вниз для доставки слишком больших для узкополосных сетей интернета вещей массивов данных, например - обновлений ПО;
- промышленные сети;
- адресная рассылка сообщений населению;
- оказание государственных услуг, связанных с уведомлением либо информированием населения.

Для многих применений передача данных на линии вверх может быть отложенной, то есть осуществляться при наличии технической возможности (например, при перемещении абонента в пределы зоны охвата сети ШПД в населенном пункте). Примером таких применений являются услуги, не требующие незамедлительной реакции абонента при получении сообщения, в частности доставка различных уведомлений, связанных с оказанием почтовых, банковских или государственных услуг.

¹² Технологическая платформа – совокупность взаимосвязанных стандартов и требований, обуславливающих совместимость в рамках экосистемы технических средств, связанных с определенными технологиями

Системы передачи дополнительной информации в каналах ТВ вещания будут наиболее полезны в случае, если требуется оперативная массовая рассылка сообщений пользователям на большой территории, без привязки к наличию и качества работы сетей операторов подвижной связи в конкретной местности. Такие системы имеют следующие важные особенности:

- не требуется дополнительных затрат на строительство и эксплуатацию существующей сети;
- широкоэмитательная рассылка сообщений (один-многим) значительно экономит трафик и снижает загрузку такой сети;
- устройства могут работать только в режиме приема сигналов, не осуществляя передачи (экономия энергии);
- не нужно регистрировать каждого абонента в сети, количество устройств не ограничено;
- устройства можно подключать к имеющимся в домохозяйствах антенным системам приема телевизионного сигнала, что снижает затраты на их установку и обслуживание.

Совокупность указанных преимуществ свидетельствует перспективности такой технологии.

В настоящий момент на территории многих стран построены и эксплуатируются сети цифрового наземного телевизионного вещания, охватывающие своим сигналом большую часть населения.

В Российской Федерации были проведены опытные работы по созданию системы передачи данных в каналах мультимплексов цифрового телевизионного вещания. Для создания прототипа системы адресного информирования неограниченного круга лиц через однонаправленный канал связи, базирующийся на технологии эфирного вещания DVB-T2 был собран стенд, состоящий из 3х серийно выпускающихся телевизионных приемников стандарта DVB-T2, поддерживающих различные версии спецификации HBB-TV.

На передатчик телевизионного сигнала DVB-T2 в свободном от передачи телевизионных программ PLP был подан транспортный поток, содержащий карусель IPDC, в которой находилась, и передавалась с заданной периодичностью информация, представляющая собой набор данных в виде HTML страниц, файлов описания стилей CSS и скриптов JS.

Каждый из телевизионных приемников, получив информацию из карусели IPDC, в соответствии со сценарием, описанным в скрипте JS отображал адресную информацию, выбор которой осуществлялся командами скрипта JS на основании информации о наборе идентификаторов каждого из телевизионных приемников (версия п.о. HBB платформы телевизора, идентификатора устройства, идентификатора производителя телевизора).

Вышеописанный метод, позволивший организовать адресное отображение информации имеет следующие достоинства:

- Использование стандартного серийно выпускающегося приемного оборудования и протоколов.
- Минимальное время развертывания системы

и следующие недостатки:

- Высокие накладные расходы на передачу информации
- Отсутствие надежного механизма идентификации абонентских устройств
- Отсутствие решения по информационной безопасности

Высокие накладные расходы на передачу информации могут быть снижены следующими способами:

1. Разработка массовых приемных тюнеров DVB-T2, поддерживающих native TS внутри PLP.

2. Разработка стандарта для передачи данных через FEF
3. Разработка массовых приемных тюнеров DVB-T2, поддерживающих извлечение данных из FEF
4. Стандартизация «легкого» протокола передачи информации (наборов сообщений) базирующегося на шаблонах и методах многократного использования данных.

Также необходимо проработать механизм идентификации источника сообщений, шифрования и обеспечения целостности данных. Такой механизм предполагается реализовать на базе открытого ключа или иных технологий, имеющих низкие требования к аппаратному обеспечению абонентского устройства.

3.1.2 Системы непосредственного спутникового телевизионного вещания

В данный раздел предлагается включить материал по службам непосредственного спутникового телевизионного вещания, охвату населения, применяемым и перспективным стандартам и форматам программ.

3.1.3 Подсистемы вещания в сетях подвижной и фиксированной радиосвязи

В данном разделе рассматривается LTE-Broadcast.

3.1.4 Средства доставки мультимедийного контента в сетях радиосвязи

В данном разделе рассматриваются все средства доставки контента, основанные на использовании IP-протокола в сетях беспроводного ШПД.

3.2 Перспективные технические системы и стандарты доставки телевизионного и мультимедийного контента в наземном радиоканале

3.2.1 Перспективные специализированные системы цифрового телевизионного вещания

В данном разделе рассматриваются перспективные системы, создаваемые для задач наземного телевизионного вещания, такие как DVB последующих поколений.

3.2.1.1 Непрерывные одночастотные сети

Непрерывная одночастотная сеть – это сеть большой протяженности, использующая синхронизированные (синхронная сеть) или не синхронизированные (несинхронная либо смешанная сеть) передающие станции цифрового ТВ вещания для охвата больших территорий на одной частоте. Расстояния между передающими станциями таких сетей значительно превышают предельное расстояние, эквивалентное максимально допустимой задержке для соблюдения защитного интервала при установленном режиме работы. При недостатке радиочастотного спектра для запуска мультиплексов цифрового вещания такой подход в теории позволяет обеспечить протяженные зоны обслуживания при максимально эффективном использовании радиочастотного ресурса, однако при использовании таких сетей имеются сложности.

Проблемой является то, что не каждая топология передающих сетей подходит для применения такого подхода. Зоны внутрисистемной интерференции возникают при превышении относительной задержки между сигналами сопоставимых уровней определенной величины. В протяженных одночастотных сетях большой площади зоны

внутрисистемной интерференции часто не могут быть полностью устранены, а могут быть лишь локализованы в определенных местах. При настройке сети и тщательном подборе параметров передатчиков можно спланировать сеть таким образом, что зоны одночастотной интерференции будут находиться в ненаселенных районах или ограничиваться из-за ослабления сигналов естественными препятствиями на местности.

В то же время в большинстве случаев сети цифрового вещания создавались на основе существующих мощных радиопередающих центров. Таким образом, топология сети цифрового вещания при планировании не может быть произвольно спроектирована или изменена и возможности ее дальнейшей настройки также ограничены.

Сложной задачей является также организация доставки с использованием протяженных одночастотных сетей локально-детерминированного контента (например, местных программ или местных вставок в общенациональные программы). На периферии зон обслуживания несинхронных станций помехи со стороны соседней станции будут оказываться приему всех программ мультимплекса, даже если неидентичный контент передается всего на одной программе.

Возможным решением является создание двух смешанных сетей на двух различных каналах, передающих одинаковый контент. Сети имеют близкую топологию, но не идентичные параметры передающих станций и планируются таким образом, чтобы зоны внутрисетевой интерференции располагались в разных местах. Коэффициент использования частотного спектра в этом случае достаточно высок и составляет $1/2$. Преимуществом является отсутствие необходимости строительства новых объектов вещания в проблемных районах. Недостатком такого подхода является высокая стоимость доставки сигнала (фактически, это полное или частичное дублирование количества передатчиков на передающих центрах).

Другим возможным решением является использование направленных приемных антенн с улучшенным экранированием боковых и задних лепестков, а также антенных систем с активным подавлением помех. Проблемой является организация производства подобных антенн, так как оценок объемов рынка для них в настоящее время не существует. Организация производства таких антенн и установка их населением потребует специальных организационно-технических мероприятий.

Непрерывные одночастотные сети позволяют повысить эффективность использования спектра, но при их внедрении возникает ряд проблем. В отношении одночастотных сетей большой протяженности требуются исследования по вопросам:

- Сбор статистики и национального опыта по устойчивости абонентских приёмников различных систем цифрового ТВ вещания к внутрисетевой интерференции и сигналам с высокой задержкой;
- Сбор статистики и национального опыта по влиянию параметров избирательности по направлению приемных антенн на снижение помех в одночастотных сетях;
- Обобщение национального опыта в области использования одночастотных сетей большой протяженности на основе станций высокой, низкой и средней мощности;
- Обобщение национального опыта в области передачи локально-детерминированного контента (местных программ и вставок) в одночастотных сетях большой протяженности на основе станций высокой, низкой и средней мощности;
- Уточнение защитных отношений для внутрисетевых помех сигналов синхронных и несинхронных станций.

3.2.1.2 WiB — эфирное вещание с расширенной полосой частот

Пропускная способность каналов связи стандарта DVB-T2 близка к теоретическому пределу Шеннона, определяющего верхнюю границу скорости передачи данных, теоретически достижимую в канале с гауссовским шумом при заданной мощности сигнала. Мощность сигналов DVB-T2 превышает теоретический предел всего на 0,7 -1,2 дБ. Поэтому распространено мнение о том, что эволюционно совершенствовать эту технологию далее практического смысла не имеет. Компания Terascom вместе с партнерами решила подойти к вопросу принципиально по-другому. Предложенная технология получила название WiB, что расшифровывается как Wide Band¹³. Впервые она была представлена на конференции IBC 2016, более детальное знакомство специалистов с данной технологией прошло в конференции DVB World 2017.

Переход с DVB-T/T2 на WiB предположительно позволит повысить эффективность использования спектра на 37-60% и одновременно существенно снизить мощность передатчиков.

Основное отличие новой технологии заключается в том, что она предполагает трансляцию сигналов, не ограниченных одним РЧ каналом, а занимающих весь ДМВ диапазон. Как отмечают ее разработчики, формат DVB-T2 обеспечивает свою высокую эффективность во многом за счет использования высоких уровней QAM модуляции. Но это приводит к двум негативным последствиям.

Во-первых, к применению высокоомощных передатчиков, так как тот же Шеннон выявил экспоненциальную зависимость необходимой мощности сигнала от скорости передачи данных по каналу заданной ширины.

Во-вторых, применение модуляций высокого уровня делает сигнал чувствительным к интерференции, а это снижает коэффициент использования спектра. Для сетей DVB –T2 он обычно составляет 1/4 – 1/7. Другими словами, на каждой трансляционной вышке используется только одна частота из четырех или одна из семи.

В рамках технологии WiB предлагается поднять коэффициент использования спектра до единицы - то есть, транслировать на всех доступных частотах, включая межканальные промежутки шириной 0.2-0.4 МГц. Что же касается структуры сигнала, то ее предлагается заимствовать у DVB-T2.

Принципиально важным является также то, что WiB-передатчики с пересекающимися зонами покрытия и работающие на одних и тех же частотах могут передавать разные по содержанию сигналы.

Разумеется, это требует использования режимов вещания с высокой помехоустойчивостью. Максимальная помехоустойчивость достигается при модуляции QPSK и относительной скорости помехоустойчивого кодирования $\frac{1}{2}$. Уровень C/N, требуемый для приема такого сигнала составляет около 1 дБ. А эффективность использования спектра в этом режиме составляет 1 бит/сек*Гц. В полосе 224 Гц это обеспечит примерно такую же скорость передачи данных как 5 каналов со скоростью 40 Мбит/сек или 6 со скоростью 33 Мбит/сек. Первый вариант типичен для многочастотной сети (MFN), а второй — для одночастотной (SFN). Но моделирование показало, что на практике, видимо, будут возможны режимы с эффективностью использования спектра от 1,37 до 1.6 бит/сек*Гц. Кроме того, переход к режимам с повышенной помехоустойчивостью, возможно, позволит исключить защитный интервал. Прогнозируется, что в среднем пропускная способность при переходе на WiB может повыситься в полтора раза.

Прием WiB сигнала

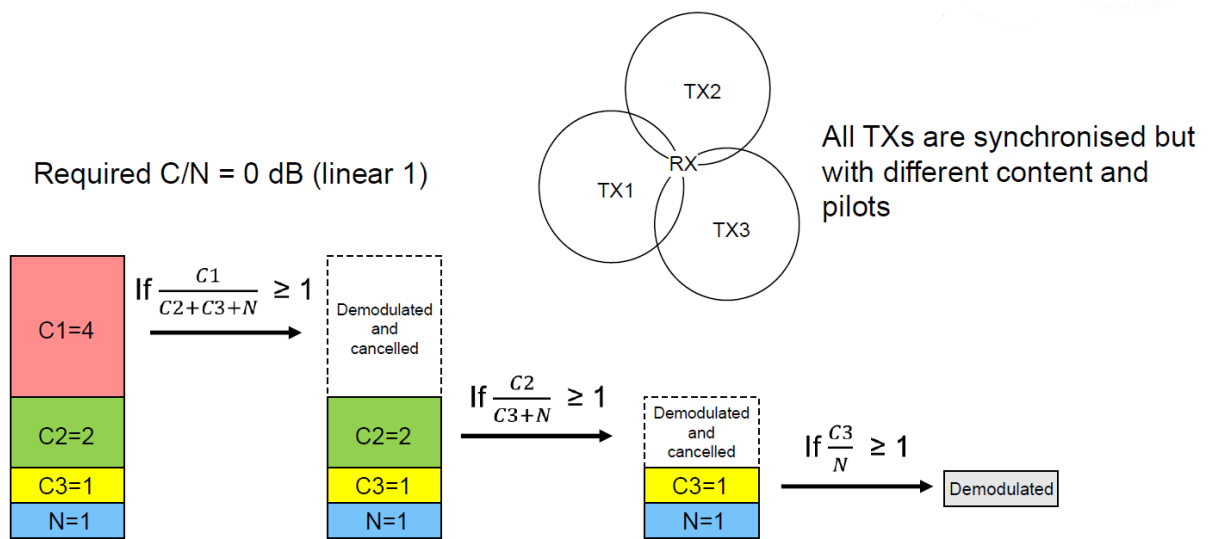
Для приема такого сигнала предлагается три механизма.

Первый – уже упомянутое применение режимов с высокой помехоустойчивостью.

¹³ Источник: media-sputnik.net

Второй — использование на приемной стороне фазированных антенных решеток или других антенн с управляемой диаграммой направленности.

Третий — исключение интерференции по схеме демультиплексирования многоуровневого сигнала: Layer Division Multiplexing-based Interference Cancellation (LDM-IC). Принцип этого механизма показан на рисунке 3.2.1.



Antenna beamforming may be independently optimised for each cancellation step!

Рис. 2.1. Демультиплексирование многоуровневого сигнала

В приведенном примере в точке Rx требуется принять сигнал C_3 от передатчика Tx_3 , который оказывается слабее двух других, присутствующих в этой точке. Если для C_1 , самого мощного из трех сигналов, справедливо неравенство: $C_1 \geq C_2 + C_3 + N$, то при использовании достаточно помехоустойчивого режима сигнал может быть демодулирован и восстановлен. Затем сигнал, принятый от передатчика T_1 можно опять промодулировать и вычесть из суммарного сигнала, поступившего на вход тюнера. Выполнение упомянутого неравенства можно обеспечить при использовании фазированных антенных решеток. На следующем этапе таким же образом вычитается сигнал C_2 . Опять же, это возможно при выполнении неравенства $C_2 \geq C_3 + N$. И, наконец, если $C_3 \geq N$, то можно будет демодулировать и требуемый сигнал.

Этот механизм выглядит очень сложным, но, по словам разработчиков, если передаваемые сигналы синхронизированы с той же четкостью, что и в SFN сетях, то сложность подобной демодуляции оказывается умеренной. Необходимо только, чтобы в каждом из принимаемых сигналов присутствовали пилот сигналы ортогональные остальным сигналам, поступающим в приемный тракт.

Что же касается полосы пропускания тюнера, то предполагается, что оптимальным выбором будет 32 МГц, то есть, 4 нынешних частотных канала. А всю полосу (до 224 МГц) можно будет охватить либо скачкообразной перестройкой частоты, либо увеличением частоты отсчетов и реализацией скачкообразной перестройки частоты уже после демодуляции.

Кроме того, перед началом демодуляции для всех входящих сигналов должна быть выполнена оценка канала с помощью пилот сигналов. В приведенном выше примере необходима оценка трех каналов. Учитывая количество операций, которые потребуются выполнять WiB-приемнику предполагается, что длительность OFDM импульса должна быть такой, как в режиме 32K для полосы 8 МГц. А для полосы 32 МГц, соответственно, потребуется FFT матрица размером 128K.

Сложность помехоустойчивого декодирования сама по себе будет такой же как в DVB-T2, но опять же его может понадобиться выполнить для нескольких или каждого поступившего сигнала, то есть, в несколько раз быстрее.

Все перечисленное позволяет предложить сильное усложнение и удорожание приемника и всей приемной системы в целом. В то же время разработчики предсказывают, что в 2020-х годах WiB-ресивер уже не будет восприниматься как чересчур сложный. По крайней мере, если останется в силе закон Мура, по которому число транзисторов в микросхемах удваивается каждые полтора года.

Преимущества WiB

Вся экономия от внедрения WiB ожидается на передающей стороне.

Во-первых, использование QPSK модуляции резко снизит требуемую мощность передатчиков. Мощность выходного сигнала широкополосного передатчика, покрывающего весь ДМВ диапазон, окажется вдвое ниже мощности сегодняшних канальных передатчиков при той же зоне покрытия. Исчезнет необходимость в сумматорах, которые занимают сегодня целый комнаты, не говоря уж о том, что при суммировании теряется половина энергии (около 3 дБ). Кроме того, значительно уменьшатся затраты на охлаждение.

Суммарное потребление энергии при переходе на WiB, по оценкам разработчиков, может снизиться более, чем на 90%, значительно упростится эксплуатация оборудования, исчезнет необходимость частотного планирования.

Предполагается также, что внедрение WiB позволит решить конфликт по поводу деления спектра между вещателями и сотовыми операторами. Переход на эту технологию позволит им работать на одних и тех же частотах. Правда, каким образом предлагается выделять полезный сигнал средствами мобильного телефона осталось не очень понятным. Видимо, предполагается, что он должен быть мощнее вещательного.

WiB и статистическое мультиплексирование

В формате DVB-T2 сервисы могут статистически мультиплексироваться группами для последующей передачи в разных PLP, которые тоже могут иметь переменную скорость. При использовании WiB LDM-IC скорости передачи PLP должны быть фиксированы. В противном случае PLP от разных передатчиков, переносящих разные данные, не будут совпадать по скорости и нарушится синхронизация. Поэтому предлагается рассмотреть вариант, при котором VBR сервисы динамически распределяются по разным PLP, но сами PLP имеют фиксированную скорость.

Сценарии внедрения

Прогнозируются два возможных сценария внедрения WiB.

Первый предполагает выделение определенной полосы в ДМВ диапазоне для запуска услуг в этом формате.

Второй – запуск WiB на частотах, не занятых DVB-T/T2, в том числе смежные каналы. В этом случае на первом этапе не потребуются высвобождать спектр, но придется искать компромиссные параметры, которые позволят WiB и DVB-T/T2 сосуществовать на соседних каналах. Трансляции в WiB придется запускать с ослабленной мощностью, а каналы DVB-T/T2 — возможно переводить на более помехоустойчивые режимы. В перспективе предлагается полностью заместить DVB-T/T2 новой технологией.

Разработчики также предлагают ряд расширений новой технологии, в частности WiB-MIMO и WiB-LDM. WiB-MIMO позволит использовать спектр повторно — добавляя сигналы в противоположной поляризации. WiB-LDM — предполагает послонное уплотнение сигнала.

3.2.1.3 Влияние технологии вещания с расширенной полосой частот на потребности ТВ вещания в радиочастотном спектре

Как уже отмечалось выше, технология WiB обеспечивает повышение эффективности использования радиочастотного спектра. Необходимым условием для этого является доступность для ТВ вещания полос радиочастотного спектра значительной ширины (100 и более МГц). На сегодняшний день отсутствует информация о том, предполагается ли возможность фрагментации используемого радиочастотного спектра (frequency aggregation) в рамках этой и других подобных технологий. При отсутствии

такой возможности внедрение сверхширокополосного вещания может быть затруднено в странах, в которых радиочастотный спектр ТВ вещания находится в совместном использовании с РЭС других первичных служб.

Дать более-менее точную оценку выигрыша от использования WiB как в отношении повышения эффективности использования РЧС, так и в отношении снижения мощности передающих станций в настоящее время затруднительно, поскольку не опубликованы спецификации и необходимые для такой оценки технические характеристики системы, не проведены натурные испытания. Кроме того, о перспективах внедрения WiB на сетях телерадиовещания в обозримом будущем говорить пока преждевременно, так как в настоящее время еще не отработаны схемотехнические решения ни для телевизионных приемных антенных систем с фазированной антенной решеткой / ММО, ни для массового изготовления такого типа приемников. Параметры частотного планирования для рода систем будут в значительной мере зависеть от фактически достижимых параметров приемников, и здесь скорее всего следует ожидать постепенного улучшения параметров таких приемников от первого к последующим поколениям, а также высокой стоимости первых вариантов таких приемников из-за сложности программных и схемотехнических решений.

С учетом сказанного, следует ожидать что практический эффект по повышению эффективности использования спектра ТВ вещанием от внедрения такого рода систем даже при благоприятном сценарии развития (успешное массовое внедрение WiB) может быть получен не ранее чем в перспективе 15-20 лет.

3.2.1.4 Комбинированный подход

Наиболее эффективным может оказаться применение смешанного подхода на основе методов, описанных в 2.1 и 2.2, когда тот или иной метод повышения эффективности радиочастотного спектра выбирается с учетом условий на местности и возможностей, обусловленных сложившейся топологией передающих сетей в данном районе, а также доступностью радиочастотных каналов.

Может быть рассмотрено исследование методом вычислительного моделирования, которое позволит определить условия оптимального выбора той или иной технологии планирования сетей цифрового вещания для конкретной ситуации.

3.2.2 Усовершенствованные методы передачи и приема для увеличения пропускной способности каналов наземного телевизионного вещания

В отличие от усовершенствованных технологий частотного планирования сетей ЦТВ, усовершенствованные методы передачи и приема сигналов могут обеспечить прирост пропускной способности каналов наземного телевизионного вещания без необходимости пересмотра частотных планов или с незначительным их изменением. В то же время использование усовершенствованных методов передачи и приема в большинстве случаев подразумевает необходимость применения новых моделей передающего и приемного оборудования и, возможно, разработки новых стандартов. В рамках данного отчета нецелесообразно рассматривать вопрос разработки новых систем ТВ вещания «с нуля», который является достаточно сложным. Целесообразно рассмотреть возможности и перспективные методы передачи и приема сигналов цифрового ТВ вещания, которые могут быть использованы новыми системами цифрового вещания или реализованы без необходимости разработки новых систем.

3.2.2.1 Разделение каналов с использованием поляризации сигнала

В передающих сетях ТВ вещания для приема на фиксированные антенны чаще всего используется постоянная горизонтальная либо вертикальная поляризация. Значительный интерес представляет возможность совместного использования

вертикально и горизонтально поляризованных волн для передачи различной информации в одном радиочастотном канале.

В соответствии с Рекомендацией МСЭ-R ВТ.419 поляризационная развязка в диапазоне УВЧ может меняться от 9 дБ (90% местоположений) до 22 дБ (10% местоположений). При планировании аналогового ТВ вещания предлагалось использовать в качестве репрезентативной величину 15 дБ. Исследования были проведены для рассмотрения сигналов, принимаемых с разных передающих станций и при приеме сигналов от одной и той же передающей станции вариации поляризационной развязки в антенных системах на местности могут быть несколько меньше.

В Рекомендации отмечается, что в диапазоне УВЧ применение горизонтальной поляризации дает преимущества из-за лучшей направленности, достигаемой в приемных антеннах; это уменьшает воздействие отраженных сигналов, особенно в городских районах. Но для систем цифрового вещания благодаря наличию защитного интервала воздействие отраженных сигналов в городских районах при приеме на фиксированные антенны в большинстве случаев не оказывает заметного влияния.

Для построения системы цифрового ТВ вещания с увеличенной пропускной способностью необходимо обеспечить выполнение отношения сигнал/помеха за счет поляризационной развязки, которую обеспечивает приемная антенная система.

Примером антенной системы с улучшенной поляризационной развязкой может служить антенная система с активным подавлением мешающего сигнала, в которой в качестве второй антенны выступает антенна с противоположной поляризацией.

В антенной системе из двух антенн каждая из двух антенн принимает и полезный сигнал (своей поляризации) и мешающий (противоположной поляризации) с уровнем, меньшим на A_p дБ, где A_p – величина развязки по поляризации одиночной антенны. Если после предварительного усиления вычесть сигнал антенны В с уровнем, ослабленным на A_p дБ, из сигнала, принятого от антенны А, можно обеспечить улучшенное подавление сигнала с другой поляризацией, теоретически оно может достигать величины $2 A_p$. Таким образом, если A_p равно 15 дБ, итоговое подавление A_p' может достигать 30 дБ. На практике подавление будет меньше, но требуемая величина С/І (которая для большинства применяемых режимов DVB-T2 составляет не более 20 дБ), может быть обеспечена. Перекрестное соединение выходов антенн с подключением к двум разным приемникам или ко входу одного приемника через конвертор частоты для одной из антенн позволит одновременно принимать сигналы с вертикальной и горизонтальной поляризацией в одном канале.

Получается простой и не требующий разработки и стандартизации новых систем передачи метод повышения пропускной способности канала ТВ вещания, теоретически до 2х раз.

Для обеспечения обратной совместимости с существующими приемными антеннами ТВ вещания может быть рассмотрена несимметричная схема мультиплексирования сигналов с различной поляризацией. К примеру, дополнительный сигнал с вертикальной поляризацией может быть ослаблен по уровню относительно сигнала с горизонтальной поляризацией на 7-8 дБ, что позволит обеспечить защиту приема сигнала с горизонтальной поляризацией на существующие антенны. Защита сигнала с вертикальной поляризацией будет обеспечиваться за счет использования помехозащищенного режима модуляции, например, 16 QAM или QPSK. Такой подход не обеспечит меньшее увеличение пропускной способности, он может использоваться для переходного периода и позволяет обеспечить дополнительную пропускную способность для внедрения новых услуг без сокращения количества или качества уже передаваемых ТВ программ при отсутствии свободного радиочастотного ресурса для организации вещания на новых радиочастотных каналах.

Для оценки перспектив практической реализации поляризационного разделения требуется исследование:

- Реализуемые технические параметры антенных систем с улучшенной поляризационной развязкой;
- Достижимые в реальных условиях фиксированного и мобильного приема параметры поляризационной развязки антенн различных типов, включая антенные системы с улучшенной поляризационной развязкой;
- Методы снижения вероятности случайной корреляции сигналов вертикальной и горизонтальной компонент, необходимость их применения.

3.2.2.2 Перспективы применения методов DIDO/MIMO в наземном цифровом ТВ вещании

В системах фиксированной и подвижной радиосвязи широко применяется метод распределенной пространственной передачи и приема сигналов. Основное различие между методами DIDO и MIMO состоит в том, что MIMO (Multiple Input Multiple Output) рассматривает распределенные массивы антенн на одной станции связи, а DIDO (Distributed Input Distributed Output) – скоординированную работу нескольких удаленных друг от друга станций радиосвязи как распределенного массива антенн.

В случае ТВ вещания в полосах УВЧ, MIMO предполагает использование антенных массивов достаточно больших линейных размеров или даже нескольких отдельно стоящих антенных мачт. В противном случае дальность работы пространственного разделения сигналов приемником будет небольшой (только поблизости от передающей станции) и такая система ТВ вещания не имеет особого смысла. Кроме того, работа MIMO на открытых пространствах (прямая видимость от места передачи к месту приема) как правило имеет низкую эффективность. В ряде стран проводятся исследования по применению принципов MISO/MIMO в ТВ вещании, выигрыш достигается при передаче сигналов на небольшие расстояния.

В случае применения DIDO обязательным элементом системы является центр обработки данных, соединенный с отдельными станциями радиосвязи скоростными каналами передачи данных с минимальной задержкой. Именно передача и математическая обработка сигналов в реальном времени представляет наиболее сложный компонент такой системы радиосвязи.

В ТВ вещании приемник находится только у абонента и сигналы передающих станций могут быть сформированы таким образом, чтобы вся математическая обработка для их разделения производилась приемником автономно, а требования к сети передающих станций, по сравнению с сетями двусторонней радиосвязи, существенно упрощаются. Приемник в случае ТВ вещания представляет из себя распределенную сеть антенных элементов, которые в случае фиксированного приема могут быть установлены в разных точках крыши или даже на разных зданиях (схематически такой антенный массив из вертикальных элементов изображен на рис. 3.1).

На основании анализа сигналов с различных антенн с учетом их задержек, приемник сможет разделить и восстановить несколько полезных сигналов, приходящих с разных направлений и передаваемых на одной частоте. Результатом будет многократное (в несколько раз) повышение эффективности использования радиочастотного спектра.

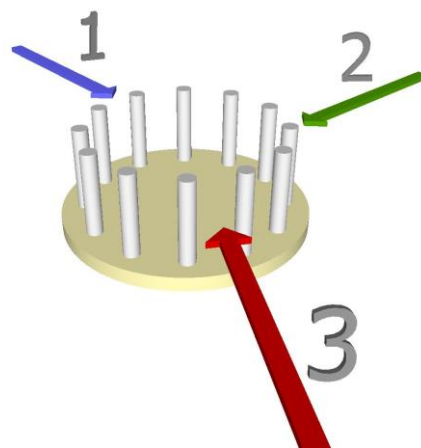


Рис. 2.2. Распределенный приемный антенный массив

для пространственного разделения сигналов с нескольких направлений

Существенной проблемой для приема сигналов распределенной сети DIDO будут являться расположения приемников, находящиеся поблизости от передающих станций. В этих расположениях сигналы близких передающих станций будут полностью заглушать сигналы удаленных из-за значительного различия по уровню. Возможным решением данной проблемы является комбинированное использование MIMO/DIDO, при котором MIMO будет обеспечивать прием нескольких сигналов вблизи передающих станций, а DIDO – в удаленных от них расположениях.

Методы разделения сигналов и технологии работы подобных сетей еще не разработаны и требуют исследования.

3.2.2.3 Разделение каналов с использованием орбитального углового момента (ОАМ)

У электромагнитной волны, помимо частоты, амплитуды, фазы и (в некоторых случаях) поляризации есть ещё одна характеристика — орбитальный угловой момент (ОАМ). Он определяется, если не равен нулю, специфичной формой волнового фронта, закрученного вдоль оси распространения радиоволны. Регулируя этот параметр, в пространстве состояний ОАМ можно создавать, теоретически бесконечное число каналов, работающих на одной и той же частоте и проводить их разделение в приемнике. На практике число каналов не будет столь велико за счет технических ограничений. Разработка антенн для реализации данного физического принципа является достаточно сложной задачей. В научных лабораториях проведен ряд экспериментов, подтверждающих возможность создания и последующего разделения таких сигналов приемником. Однако работы еще находятся на стадии лабораторных исследований.

Для использования в телевизионном вещании должна быть решена сложная задача создания для ОАМ ненаправленных антенн или антенн с широкой диаграммой направленности. Кроме того, передача сигналов с вращающимся волновым фронтом эффективна только для открытых трасс распространения сигнала, что в ТВ вещании встречается далеко не всегда. На закрытых и полужакрытых трассах эффекты деполяризации сильно снижают эффективность разделения сигналов с ОАМ. Еще одной проблемой является то, что размеры антенных массивов для частот диапазона УВЧ могут быть достаточно большими. В настоящее время лабораторные эксперименты проводятся на частотах от 2-х ГГц и выше, чаще всего в диапазоне миллиметровых волн.

Наибольший практический интерес представляет сочетание методов разделения по ОАМ и пространственного разделения (MIMO). Ряд исследований показывает, что совместное использование ОАМ позволяет добиться увеличения дальности работы MIMO на десятки процентов. Вместе с тем с учетом типичных размеров зон вещания ТВ станций диапазона УВЧ предельная дальность, на которой обеспечивается эффективная работа

ОАМ/ММО в типичной конфигурации антенной системы (до 10 км) все еще является недостаточной.

Значительное количество нерешенных проблем с конструкцией антенных систем и практической реализацией разделения каналов на основе ОАМ не позволяет рассматривать данный метод как перспективный для реализации в ТВ вещании в ближайшем будущем. Возможно, антенные системы для ОАМ для вещания в диапазоне УВЧ будут созданы, но решение этой задачи может потребовать значительного времени.

3.2.2.4 Многоуровневая модуляция цифрового сигнала

Уплотнение радиочастотного канала телевизионного вещания на физическом уровне может достигаться за счет использования многоуровневой модуляции. Многоуровневая иерархическая технология передачи - это метод передачи, который объединяет несколько потоков данных с разными битрейтами и требуемыми отношениями С/Ш в одном физическом канале. Эта технология может адаптировать или же дополнительно увеличивать пропускную способность для сочетания нескольких типов приема, таких как мобильный и фиксированный прием. В рамках многоуровневой модели передачи в наземном цифровом вещании рассматриваются три технологии - мультиплексирование с частотным разделением (FDM), мультиплексирование с временным разделением (TDM) и мультиплексирование с разделением по уровню сигнала (LDM). Мультиплексирование с частотным разделением включает различные пакеты частот (группы поднесущих OFDM), предназначенные для различных служб или типов приема. На рисунке 2.3 показана структура сигнала FDM. Мультиплексирование TDM аналогичным образом делит не блоки частот, а временные слоты, а мультиплексирование LDM распределяет уровни мощности сигналов для каждого потока данных. На рисунке 2.4 показана структура TDM, а на рисунке 2.5 показана структура LDM. Обратите внимание, что LDM может применяться как с FDM, так и с TDM. На рисунке 2.5 показан случай базового LDM, в котором вся полоса частот и длительность за все время мультиплексируются с LDM.

Краткое описание FDM, TDM и LDM приведено в таблице 2.1. Оптимальная технология иерархической передачи отличается в зависимости от требований пользователя и вариантов использования.

Рисунок 2.3 - Организация частотного разделения канала (FDM)

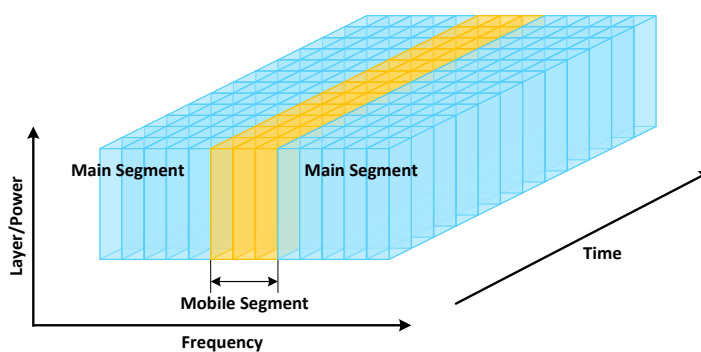


Рисунок 2.4 - Организация временного разделения канала (TDM)

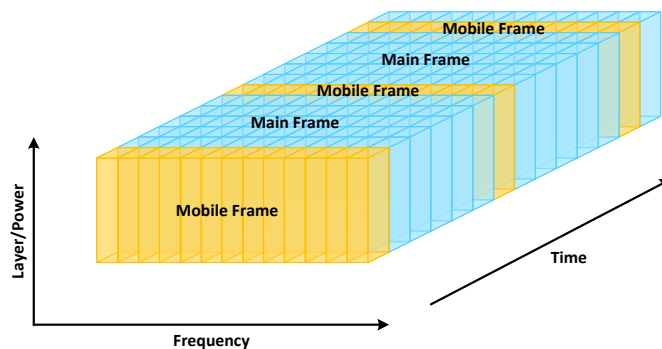


Рисунок 2.5 - Организация разделения канала по уровню (LDM)

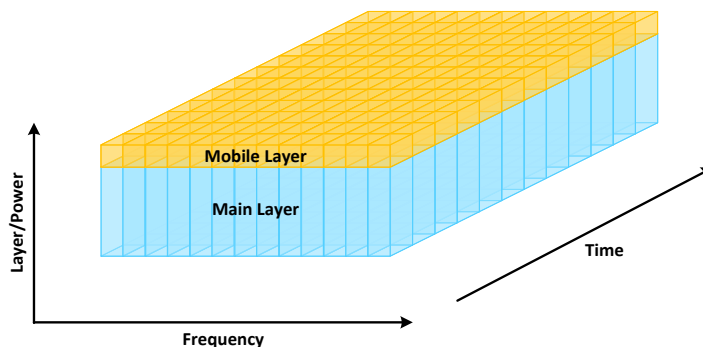


Таблица 2.1 – Общий обзор технологий многоуровневой модуляции

Item	FDM	TDM	LDM
Определение	Разделяет частотные слоты для иерархической передачи	Разделяет временные слоты для иерархической передачи	Разделяет уровни мощности для иерархической передачи
Преимущества	Можно применять упрощенный приемник, который использует меньший размер БПФ, с узкополосным частотным фильтром, который пропускает только нужный сигнал.	В приемнике, избирательном по времени можно снизить потребление энергии, отключая питание приемника во время отсутствия нужного сигнала.	В зависимости от параметров передачи для мобильного и основного уровней, можно улучшить производительность по сравнению с FDM или TDM.

3.2.3 Подсистемы и расширения перспективных стандартов и систем подвижной и фиксированной радиосвязи для задач вещания

В данном разделе рассматриваются стандартизованные к настоящему времени подсистемы и расширения перспективных стандартов и систем подвижной и фиксированной радиосвязи, которые могут применяться для задач вещания

3.2.4 Перспективные расширения стандартов и систем радиосвязи более широкого применения

В данном разделе рассматриваются перспективное развитие средств доставки контента, основанные на использовании IP-протокола в сетях беспроводного ШПД.

3.3 Сравнительная эффективность применения существующих и новых технических платформ доставки телевизионного и мультимедийного контента в наземном радиоканале для разных условий, с учетом экономического и социального аспекта оказываемых телевизионным вещанием услуг

В данном разделе рассматривается сравнительная эффективность применения существующих и новых технических платформ доставки телевизионного и мультимедийного контента в наземном радиоканале для разных условий, с учетом экономического и социального аспекта оказываемых телевизионным вещанием услуг

4. Перспективы развития телевизионного вещания с учетом доступности радиочастотного ресурса

В данном разделе рассматриваются перспективы развития телевизионного вещания с учетом доступности радиочастотного ресурса

4.1 Основные сценарии доступности радиочастотного ресурса для развития телевизионного вещания в наземном радиоканале

В данном разделе рассматриваются вероятные сценарии доступности радиочастотного спектра для развития наземного ТВ вещания, приводится ориентировочная оценка достижимого объема и качества услуг ТВ вещания для каждого из сценариев, на основе технических характеристик имеющихся и перспективных систем ТВ вещания.

4.1.1 Для развития ТВ вещания доступны полосы радиочастот 174-230 и 470-790 МГц

В данном разделе рассматривается сценарий, при котором доступны полосы радиочастот 174-230 и 470-790 МГц.

4.1.2 Для развития ТВ вещания доступны полосы радиочастот 174-230 МГц, 470-694 МГц и 694-790 МГц на отдельных территориях

В данном разделе рассматривается сценарий, при котором доступны полосы радиочастот 174-230 МГц, 470-694 МГц и 694-790 МГц на отдельных территориях.

4.1.3 Для развития ТВ вещания доступны полосы радиочастот 174-230 и 470-694 МГц

В данном разделе рассматривается сценарий, при котором доступны полосы радиочастот 174-230 и 470-694 МГц.

4.1.4 Для развития ТВ вещания доступны участки полос радиочастот 174-230 и 470-694 МГц

В данном разделе рассматривается сценарий, при котором доступны участки полос радиочастот 174-230 и 470-694 МГц.

5. Возможности использования полос радиочастот в диапазонах 470-694/790/862 МГц для внедрения перспективных систем ТВ вещания

В данном разделе приводится общий анализ наличия минимальных условий для внедрения перспективных технологий ТВ вещания в странах РСС согласно различным сценариям, с учетом доступности радиочастотного спектра, вопросов обеспечения ЭМС, требований к инфраструктуре сетей связи и вещания, технической готовности оборудования, востребованности у населения и других аспектов. Приводятся рекомендации по мерам для обеспечения возможности внедрения новых технологий ТВ вещания.

5.1 Методы повышения эффективности использования радиочастотного ресурса телевизионным вещанием для сохранения объемов услуг при использовании меньшей полосы радиочастот

В данном разделе рассматриваются методы повышения интенсивности использования радиочастотного спектра сетями наземного ТВ вещания за счет применения новых технологий или строительства сетей с более высоким уровнем взаимных помех.

5.2 Оценка требований к модернизации инфраструктуры сетей телевизионного вещания для повышения интенсивности использования радиочастотного спектра при сохранении зон охвата

В данном разделе рассматриваются практические аспекты модернизации сетей телевизионного вещания для повышения интенсивности использования радиочастотного спектра с учетом особенностей стран РСС, дается ориентировочная оценка необходимых инвестиций в инфраструктуру сетей ТВ вещания для реализации соответствующих мероприятий, проводится сопоставление возрастающих уровней капитальных и операционных затрат с возможностями используемых в странах РСС моделей финансирования работы как коммерческого, так и некоммерческого наземного ТВ вещания.

5.3 Типовые сценарии внедрения перспективных технологий ТВ вещания в странах РСС

В данном разделе рассматриваются условия и возможности для внедрения перспективных технологий ТВ вещания в странах РСС согласно различным типовым сценариям

5.3.1 Сценарий 1, страны

5.3.2 Сценарий 2, страны

5.3.3 Сценарий 3, страны

6. Перспективы появления и доступность новых поколений аппаратуры для производства и просмотра телевизионных программ

В данном разделе рассматриваются вопросы производства приемной аппаратуры, аппаратуры для производства, передачи, приема и просмотра программ и мультимедийного контента с использованием существующих и перспективных систем доставки телевизионного и мультимедийного контента.

7. Выводы и общие рекомендации для различных сценариев внедрения услуг и доступности радиочастотного спектра

В данном разделе приводятся выводы и общие рекомендации для различных вариантов внедрения новых услуг в ТВ вещании, использования перспективных радиотехнологий и сценариев доступности радиочастотного спектра.

Литература:

1. Региональное Соглашение по планированию цифровой наземной радиовещательной службы в Районе 1 (частях Района 1, расположенных к западу от меридиана 170° в.д. и к северу от параллели 40° ю.ш., за исключением территории Монголии) и в Исламской Республике Иран в полосах частот 174-230 МГц и 470-862 МГц (Женева, 2006).
2. Заключительные акты Всемирной конференции радиосвязи 2012 года (ВКР-12), МСЭ, Женева, 2012 г.
3. Заключительные акты Всемирной конференции радиосвязи 2015 года (ВКР-15), МСЭ, Женева, 2016 г.
4. ОТЧЕТ Рабочей группы по радиовещанию при комиссии по управлению РЧС и спутниковыми орбитами РСС «Концепция дальнейшего развития цифрового телерадиовещания после 2015 года с учетом интересов стран участников РСС»