

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(Н И У « Б е л Г У »)

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ
СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ АСПЕКТОВ
ВНЕДРЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧЁТКОСТИ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки
11.04.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи
магистерская программа «Системы и устройства радиотехники и связи»
очной формы обучения, группы 07001636
Бажков Артём Иванович

Научный руководитель
канд. техн. наук, доцент кафедры ИТСиТ
Информационно-телекоммуникационных
систем и технологий НИУ «БелГУ»
Сидоренко И.А.

Рецензент
начальник участка систем коммутации
№2 Белгородского ГорЦТЭТ Белгород-
ского филиала ПАО "Ростелеком" отдела
эксплуатации, канд. техн. наук,
Болдышев А.В.

БЕЛГОРОД 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1.АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ СТАНДАРТА UHDTV.....	6
1.1 Аспекты существующего видео изображения и перспективы его развития.....	6
1.2 Изменения, связанные с параметрами экранов.....	9
1.3 Расстояние до экрана.....	10
1.4 Применение 4К в смартфонах.....	12
1.5 Выводы.....	13
2.ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ UHDTV.....	15
2.1 Особенности использования формата 4К.....	16
2.1.1 Несоответствие разрешений.....	16
2.1.2 Требования к частоте кадров.....	17
2.1.4 Новые требования к длине кабелей.....	20
2.2 Передача 4К видео по SDI.....	22
2.2.1 Среда транспортировки.....	22
2.2.2 Скорость транспортировки.....	24
2.2.3 Схема передачи на большие расстояния.....	25
2.2.4 Описание технических требований.....	27
2.3 Передача 4К при помощи стандарта DVB-T2.....	33
2.4 Переход от прямых трансляций HD к прямым трансляциям 4K UHD.....	36
2.5 Выводы.....	47
3. СРАВНЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В 4К И FULL HD ФОРМАТАХ.....	50
4 АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ТЕХНОЛОГИИ СТАНДАРТА UHDTV НА РЫНКЕ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ.....	57
4.1 Выводы.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	63

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....64

ВВЕДЕНИЕ

В связи с развитием информационных технологий, появляется возможность формировать и передавать изображение в более высоком качестве. Одним из направлений в этой области является увеличение чёткости изображения, о чём свидетельствует появление стандартов HD, 4K-UHD и 8K-Full UHD. В ближайшее время будет выполнен переход телевидения на качественно новый этап, от используемого стандарта разрешения в 625 строк до стандарта ультравысокой четкости 4к, в котором число строк в растре и пикселей в строке в два раза возрастает по сравнению со стандартом высокой четкости HD. Кроме того, прогресс на этом не останавливается, и уже совсем скоро, по словам производителей телевизионной техники, появятся устройства с большими параметрами разрешения – 5К, 8К. При этом если стандарт 5К можно рассматривать как маркетинговый ход производителей для провоцирования потенциального покупателя на смену «устаревшей» видеотехники стандартов SD, HD и 4К, то стандарт сверхвысокой четкости 8К изначально разрабатывался не для бытовой телевизионной техники, а как и стандарт 4К – для видеоинформационных систем коллективного пользования в местах массового пребывания людей. Необходимость и целесообразность внедрения новых стандартов четкости изображения зависит от ряда факторов: физиологической обоснованности стандартов, наличия технологии для формирования, передачи и воспроизведения изображения различных стандартов, заинтересованности операторов в формировании и предоставлении новых услуг, наличие спроса на эти новые услуги. При этом следует отметить одно существенное отличие в этих двух направлениях развития видеотехники, - это размер экрана абонентского устройства. Если в сфере телевидения ясно выражена тенденция к увеличению размера экрана

по диагонали, то в носимых устройствах размер экрана всегда мал и ограничен удобством его применения в условиях мобильности самого абонента. Однако именно это обстоятельство сегодня игнорируется производителями видеотехники, ориентированных в первую очередь на получение прибыли. Исходя из этого, представляет интерес исследование целесообразности и перспектив внедрения стандартов высокой чёткости в различных областях инфокоммуникационных технологий.

Цель магистерской работы: оценить перспективы предоставления услуги передачи изображения ультравысокой четкости в инфокоммуникационных системах.

Краткая научная задача: исследование обоснованности внедрения изображения 4К в инфокоммуникационных системах с учетом физиологических аспектов его восприятия и уровня развития технологий по его формированию, передачи и воспроизведению.

Для достижения поставленных целей необходимо выполнения следующих задач:

1. Анализ физиологической обоснованности повышения четкости изображения HD до уровня стандарта 4К и выше;
2. Экспериментальная сравнительная оценка качества телевизионного изображения стандартов HD и UHD.
3. Анализ наличия технологий и устройств для формирования, хранения и воспроизведения UHD изображений.
4. Анализ инфокоммуникационных параметров UHD изображений.
5. Анализ пропускной способности существующих систем передачи изображений к трансляции UHD изображений.

Данная выпускная квалификационная работа имеет объем 65 листа и содержит в себе 34 рисунка и 6 таблиц.

1. АНАЛИЗ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ СТАНДАРТА UHDTV

1.1 Аспекты существующего видео изображения и перспективы его развития

Воспринимаемые нами детали объектов зависят от разрешающей способности глаза, которую принято оценивать минимальным углом зрения, под которым раздельно видны две рядом расположенные детали изображения, разделенные промежутком, имеющим яркость, отличную от яркости рассматриваемых деталей. Этот угол называется углом разрешения глаза. Кроме того, чёткость воспринимаемых деталей зависит и от дистанции, на которой от нас находится наблюдаемый объект. Помимо этого, на воспринимаемую картинку влияет дискретность структуры сетчатки. Для различения двух деталей изображения необходимо, чтобы расстояние между ними в плоскости изображения было не менее диаметра рецептора. Между двумя возбужденными должен быть, по крайней мере, один невозбужденный рецептор. В желтом пятне сетчатки глаза расстояние между центрами смежных колбочек составляет около 2 мкм, следовательно, расстояние между возбужденными рецепторами должно составлять не менее 4 мкм. Если учесть геометрию глазного яблока, то можно показать, что наименьшим значением, при котором человек может различить детали, является $1/60$ градуса или минута дуги. Следует заметить, что в случае, когда расстояние между двумя точками на сетчатке меньше диаметра рецептора, эти точки все же могут быть различимы, так как интенсивность возбуждения этого рецептора меньше, чем смежных. [4]



Рисунок 1- Угловое разрешение

Также не маловажную для человеческого зрения роль играет и разрешение. На любой фотографии зачастую находится 300 пикселей на дюйм, но далеко не всегда нужна такая плотность. Как правило, с увеличением экрана подразумевается большее расстояние просмотра. Угол обзора в таком случае будет равен 50 градусам. Но на практике выходит, что такой угол не всегда практичен или возможен. Вследствие, при наличии меньшего экрана удобней быть ближе, а при большом - дальше, имея одинаковый угол обзора.[11]



Рисунок 2- Угол обзора

В стандарте по телевидению указано, что поле обзора человека составляет 40-60 градусов. Из-за того, что этот угол зрения полностью заполняется картинкой, мы получаем так называемый эффект погружения.



Рисунок 3- Поле обзора человека

Из-за неоднородностей структуры сетчатки острота зрения уменьшается по мере удаления от центра обзора.

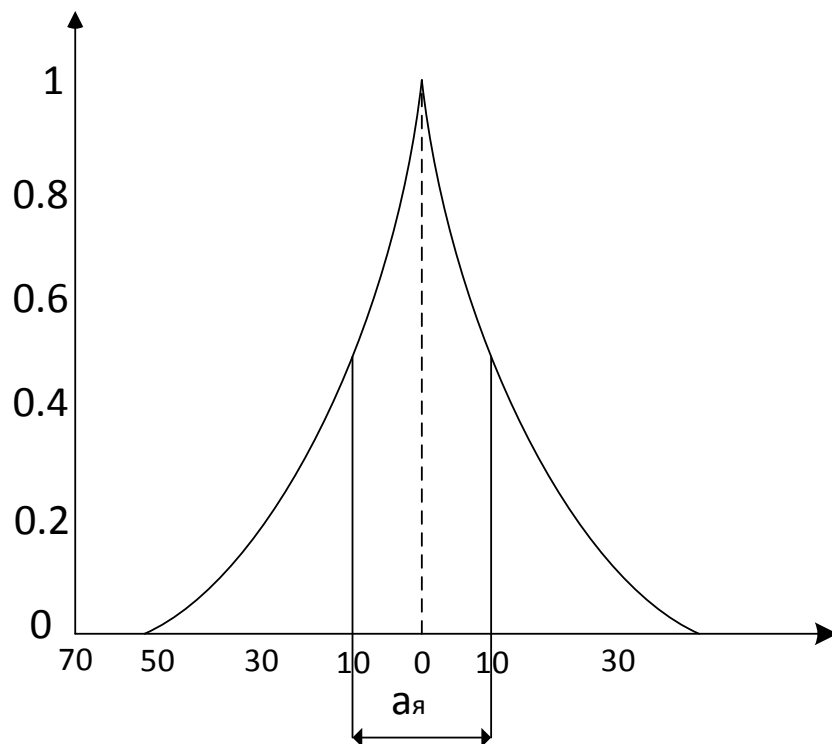


Рисунок 4- Угол ясного зрения

Хотя поле зрения глаза весьма велико, основная зрительная информация, поступающая в глаз, сосредоточена в пространственном угле ясного зрения $\alpha_{я}$ (называемым центром обзора). Приняв размеры поля ясного зрения по вертикали $\alpha_{яв} = 12^\circ$ и по горизонтали $\alpha_{яг} = 16^\circ$ и, положив разрешение глаза $\delta_{min} = 1'$, получим число регистрирующих информацию элементарных участков в поле ясного зрения

$$N_{я} = (\alpha_{яг} / \delta_{min}) (\alpha_{яв} / \delta_{min}) = (16 \cdot 60 / 1) (12 \cdot 60 / 1) = 0,7 \cdot 10^6.$$

Полученный результат определяет предельное число элементов ТВ изображения, которое может быть воспринято зрительной системой человека.

1.2 Изменения, связанные с параметрами экранов

Кроме того, не стоит отвергать возможность возникновения препятствия при использовании 4к разрешения в инфокоммуникационных системах.

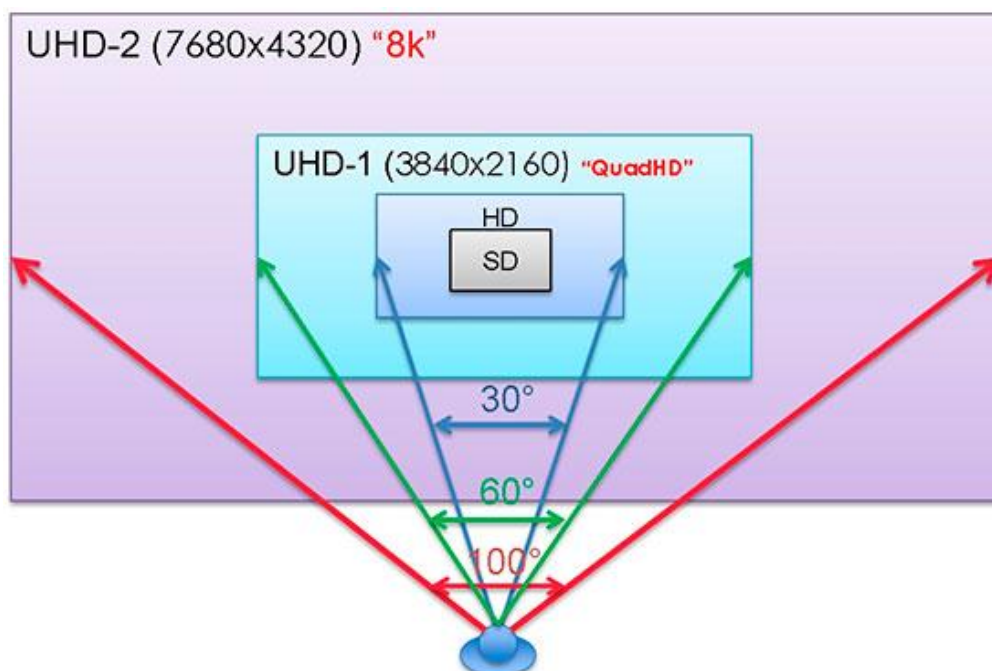


Рисунок 5- Углы обзора

Вследствие увеличения угла обзора или размеров изображения, будет увеличиваться и детализация, различимая нашим глазом. Использование стандартных углов обзора для просмотра кино в домашних условиях ведет к тому, что телевизоры с высоким разрешением не позволяют получить эффекта «погружения». Причиной этого является то, что в видео изображении будут просматриваться пиксели из-за того, что экран недостаточно большой и зритель будет занимать более близкое положение к экрану для погружения. Выходом из данной ситуации является использование разрешения 4к, которое позволяет делать картинку более четкой и максимально сглаживает пиксели для человека со среднестатистическим зрением.

1.3 Расстояние до экрана

Для рассмотрения ТВ изображения, расположенного в угле ясного зрения, наблюдатель должен находиться от экрана на определенном расстоянии, на котором изображение полностью проецируется в зону ясного зрения. Из геометрических соображений оптимальное расстояние рассматривания можно определить как $l_{\text{опт}} \approx 3h$. При меньшем расстоянии изображение не полностью проецируется в зону сетчатки с максимальной разрешающей способностью, а при большем — в эту зону попадают и посторонние объекты, окружающие экран ТВ приемника. [5]

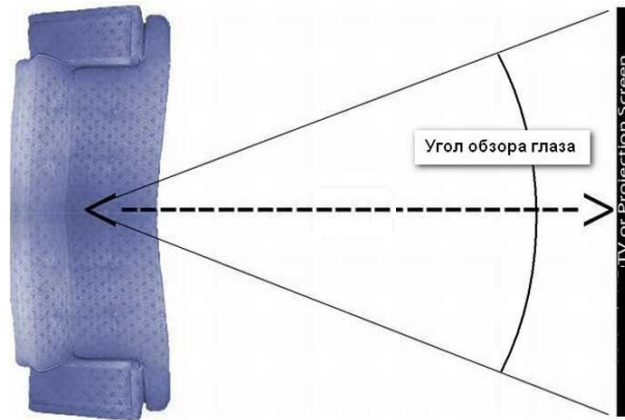


Рисунок 6- Расстояние до экрана

На 50-дюймовом UHD дисплее многие телезрители способны различать отдельные пиксели с расстояния двух и менее метров. Поэтому просмотр качественной картинки нужно производить на расстоянии не более двух метров, чтобы можно было наблюдать эффект присутствия. Но согласно другой точке зрения, если дисплей нужен для тонкой работы в таких областях, как графический дизайн, а также проектирование или видеомонтаж, то находясь и в двух метрах от 32-дюймового дисплея, достоинства повышенного разрешения будут ощутимы и на таком расстоянии.

Ниже приведена таблица диагоналей телевизоров и расстояний до них.

Таблица 1- Диагонали телевизоров и расстояний до них

		Разрешение				
		>4К	4К	1080p	720p	SD
Диагональ экрана, (16:9)	10	<0,20	0,20 .. 0,41	0,41 .. 0,58	0,58 .. 1,02	>1,02
	20	<0,41	0,41 .. 0,79	0,79 .. 1,19	1,19 .. 2,01	>2,01
	30	<0,58	0,58 .. 1,19	1,19 .. 1,78	1,78 .. 3,02	>3,02
	40	<0,79	0,79 .. 1,57	1,57 .. 2,39	2,39 .. 4,04	>4,04
	50	<0,99	0,99 .. 1,98	1,98 .. 2,97	2,97 .. 5,05	>5,05
	60	<1,19	1,19 .. 2,39	2,39 .. 3,56	3,56 .. 6,05	>6,05
	70	<1,40	1,40 .. 2,77	2,77 .. 4,17	4,17 .. 7,06	>7,06
	80	<1,57	1,57 .. 3,17	3,17 .. 4,75	4,75 .. 8,08	>8,08
	90	<1,78	1,78 .. 3,56	3,56 .. 5,36	5,36 .. 9,09	>9,09
	100	<1,98	1,98 .. 3,96	3,96 .. 5,94	5,94 .. 10,1	>10,1
	110	<2,18	2,18 .. 4,73	4,73 .. 6,53	6,53 .. 11,1	>11,1
	120	<2,39	2,39 .. 4,75	4,75 .. 7,14	7,14 .. 12,1	>12,1

1.4 Применение 4К в смартфонах

Изменения произошли не только в области телевидения, но и в области мобильных телефонов. В смартфонах также стали использовать экраны с 4К разрешением. Первым человеком, применившим данную технологию, был Стив Джобс, который считал, что при соблюдении нормальной дистанции в 20+ см, вы не сможете рассмотреть ни пикселя на Retina-экране, потому что их плотность, выше 300 ppi, с такой дистанции неразличима для человеческого глаза. То есть, чтобы не видеть пиксели на дисплее, достаточно удалить 1080p 5.5-дюймовый смартфон от лица сантиметров на 18, 5.1-дюймовый 1440p — на 15 см, а 5.5-дюймовый 4К — на 10 см.[6]

То есть уже с 10 см расстояния вы не сможете найти недостатки на экране с разрешением 4К. Но данное разрешение не нужно для обычного пользователя. Так, например, если взять смартфон с обычным 1080p разрешением и посмотреть на него с 20 см, то разницы заметно не будет. Однако, в разрешение 4К есть смысл, если будет развиваться технология

виртуальной и дополнительной реальности, для которой важна повышенная четкость и реалистичность картинки.

1.5 Выводы

Подводя итоги, можно сказать, что не всегда можно будет полностью рассмотреть детализированное изображение с большим разрешением, вследствие наложенных ограничений на человеческое зрение (небольшой центр обзора, который составляет 60 градусов, выше данного значения наступает плохая различимость пикселей) или же условий просмотра, таких как расстояние от изображения до зрителя. Оптимальное расстояние просмотра должно соответствовать $l_{\text{опт}} \approx 3d$, при меньшем расстоянии изображение не полностью проецируется в зону сетчатки с максимальной разрешающей способностью, а при большем — в эту зону попадают и посторонние объекты, окружающие экран ТВ приемника. По мимо применения 4К в телевизорах, это разрешение стали использовать на экранах смартфонов, при этом было доказано, что если взять смартфон с обычным 1080p разрешением и посмотреть на него с 20 см, то разницы между 4К и 1080p заметно не будет. Тем не менее, не нужно пренебрегать разрешением 4К и предполагать, что данное разрешение не имеет смысла. Именно потому, что увеличение количества пикселей позволяет снизить возможность различения отдельных пикселей. А также данное разрешение будет востребовано в развивающихся технологиях виртуальной и дополнительной реальности, для которой важна повышенная четкость и реалистичность картинки. Помимо этого, экраны и проекторы с разрешением 4к делают более контрастным и четким изображение и это заметно каждому человеку.

Технологии обработки изображения развиваются и стремятся представить картинку всё более чётко. На сегодняшний день уже получили разрешение

4К телевизоры, ноутбуки, планшетники и даже телефоны. Помимо этого, будут наращиваться интерактивные сервисы. Такие нововведения станут применяться и в сфере деятельности дизайнеров, художников и проектировщиков.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ UHD TV

Применение новых стандартов UHD TV является серьёзной проблемой для телекоммуникационной индустрии и изготовителей оборудования. К примеру, для обеспечения высокой производительностью вычислительных устройств, которая так необходима для работы с видео в формате 4K UHD TV, потребуется частота кадров 60к/с, что позволит обеспечить обработку 500 Мега-пикселей в секунду. При этом работа в реальном времени сразу с несколькими видео потоками UHD формата может оказаться на пределе работоспособности традиционных центральных процессоров (CPU). Это приведёт к тому, что в существующую систему потребуется встраивать центральный процессор с отдельным блоком DSP-ядра. Помимо ранее описанного способа, есть ещё два, которые считаются наиболее оправданными, такие как, использование ПЛИС или графического ускорителя (GPU). Некоторые приложения, работающие с UHD TV форматами, обладают плохой оптимизированностью и имеют большой объём. Для них в таком случае потребуется пропускная способность, которую не сможет обеспечить оперативная память DRAM и даже шины PCI Express.

Для обеспечения передачи видеосигнала в формате 4K понадобится пропускная способность до 10 Гбит/сек. Из-за этого накладываются новые параметры на существующую инфраструктуру. Для применения UHD технологии в существующих условиях, эти системы обязаны быть спроектированы с применением следующих особенностей:

- Несоответствие разрешений
- Требования к частоте кадров
- Поддержка формата различными аудио/видео интерфейсами

- Новые требования к длине кабелей

Производители 4К сегмента должны тщательным образом осуществлять тестирования оборудования, для обеспечения гарантии того, что устройства будут соответствовать всем требованиям для их интеграции в системы 4К, тем самым освобождая интеграторов от необходимости делать такие проверки самостоятельно.

2.1 Особенности использования формата 4К.

2.1.1 Несоответствие разрешений.

Существующие видеосигналы представлены в разрешении 720p, 1080i, и 1080p, которые используют стандартное соотношение сторон, равное 1.78:1 (16:9). Вследствие массового воспроизведения на большинстве дисплеев использовали именно это соотношение сторон, все было легко и просто. На протяжении нескольких лет не было необходимости осуществлять подстройку под разные соотношения сторон. Из-за появления нового разрешения 4К все поменялось, так как появились два стандарта с разными соотношениями сторон.

Новое разрешение, было принято называть UHD (3840×2160), которое превышает разрешение 1080p в четыре раза и получается посредством повышения числа горизонтальных и вертикальных пикселей от изначального разрешения 1920×1080. При этом, соответствие сторон UHD подобно тому, что и у HD видео, 16:9. Большая часть 4К дисплеев обладает разрешением 3840×2160. Помимо этого, есть ещё и другое разрешение формата 4К — 4096×2160, с соотношением сторон 19:10. Его ещё называют

4K DCI, и применяют его при производстве кинокартин и в системе кинотеатров. Таким образом, существуют дисплеи как с разрешением 4096×2160 , так и с чаще встречающимся- 3840×2160 . Почти все видео камеры и источники сигналов могут производить работу с двумя данными разрешениями. В профессиональной сфере аудио/видео раньше существовало разрешение SXGA 1280×1024 , использующее нестандартное соотношение сторон 5:4, в это же время другие имели соотношение 4:3. Данный случай сильно напоминает историю с 4К, когда нужно скрупулезно подбирать дисплеи и источники сигнала и настраивать их, чтобы не было растягиваний и обрезки изображения. [4]

2.1.2 Требования к частоте кадров

С целью осуществления передачи с разрешением 1920×1080 видеосигнала и частотой 60 кадров в секунду, необходима 4.46 Гбит/сек пропускная способность. Отсюда можно прийти к выводу, что увеличение количества пикселей в 4 раза приведёт к увеличению требования к пропускной способности. Например, HDMI может передавать информацию с пропускной способностью до 10.2 Гбит/сек. Вследствие этого, накладываются ограничения на видеопоток и им приходится передавать информацию для большинства 4К устройств с лимитом в 30 кадров в секунду или даже меньше. Но это не влияет на качество фильмов из-за того, что первоначально отснятый материал имеет частоту 24 кадра в секунду. Кроме того, есть важное отличие, которое нужно понимать, что для видео и компьютерных приложений частота кадров снижается в два раза. В результате встаёт потребность в системе, которая имеет возможность обрабатывать контент, имеющий частоту 24, 25, 30, 50 и 60 кадров в секунду.[4]

Цветовая субдискретизация - это метод кодирования изображения, который позволяет передавать видео в формате 4К с частотой 60 кадров в секунду, с пропускной способностью в 9 Гбит/сек, сжимая цветовую информацию до 4:2:0 – формат, используемый для кодирования Blu-ray. Цветовая субдискретизация обеспечивает передачу информации о яркости изображения в полном разрешении, а информация о цвете в это же время передаётся в меньшем разрешении (в этом случае 1920×1080). Из-за того, что восприятие глаза человека имеет меньшую чувствительность к цвету, чем к яркости, данный метод позволяет обеспечить восприятие видеoinформации в наилучшем виде при условии доступности полосы пропускания.

2.1.3 Поддержка формата различными аудио/видео интерфейсами

Для передачи видео контента в формате 4К используют не только HDMI. Произведём анализ других интерфейсов и частот кадров, которую они воспринимают.

Одним из первых является интерфейс DVI, который применяется в компьютерной среде и в сфере профессионального аудио/видео, а так же работает с сигналами управления, обеспечивает подключение к сети интернет. Данный стандарт DVI построен по технологии TMDS и может быть двух типов: single-link и dual-link. Single-link DVI позволяет передавать видео с разрешением 1920×1200, dual-link – с разрешением 2560×1600 (2048×2048). Single-link применяют в дисплеях с размером 23/24", иначе называемые Full HD панели, а dual-link применяется только для дисплеев, размер которых 27" для 2560×1440, 30" для 2560×1600, или квадратные дисплеи с разрешением 2048×2048.[4]

Осуществление передачи полного разрешения 4К — 3840×2160 или выше через dual-link DVI не предоставляет трудностей, но только с частотой не выше 30Hz, из-за ограниченности пропускной способности. Для single link требуемая пропускная способность составляет до 4.95 Гбит/сек (165 Mhz), и 9.9 Гбит/сек (2x 165 Mhz)— для dual link.

Помимо интерфейса DVI ,есть ещё и HDMI, который обладает более высокой частотой пикселизации и в соответствии с чем обеспечивает большую пропускную способность и глубину цвета. Данные сведения изменяются в зависимости от версии HDMI. До версии 1.2. HDMI имел схожие технические характеристики DVI версии 1.3. Более того, HDMI 1.4 превосходит характеристики dual-link DVI, хотя сам является по сути single link. А также обеспечивает возможность передачи многоканального звука. Дополнительно HDMI снабжён управляющим интерфейсом CEC (его нет в DVI). Пропускная способность HDMI 1.3/1.4 — 10.2 Гбит/сек (single link 340 Mhz).

Всё оборудование и дисплеи, выпущенные на рынок на сегодняшний день и работающие по HDMI 4К, имеют частотную ограниченность в 30Hz. Новая версия HDMI 2.0, которая обладает увеличенной пропускной способностью до 18 Гбит/сек (600 Mhz), составила конкуренцию DisplayPort, поддерживающему 4К при частоте 60 кадров в секунду. При этом существует ряд ограничений, первое из которых это ограничение длины кабелей от передатчика до приемника мультимедийного сигнала, а также высокая стоимость брендовых кабелей, доходящая до 130 000 рублей за кабель, длиной 12 метров. На сегодняшний день не существует дисплеев с компонентами, отвечающими всем требованиям. HDMI является наиболее применяемым стандартом во всем потребительском и профессиональном аудио/видео оборудовании.[13]

Ещё одним из широко используемых интерфейсов является DisplayPort, по-своему уникальный стандарт. Применяется в качестве интерфейса соединения аудио- и видеоаппаратуры, в первую очередь для соединения

компьютера с дисплеем или компьютера и систем домашнего кинотеатра, а также нашёл своё применение в графических картах персональных компьютеров. Данный вид интерфейса обладает высокой пропускной способностью, порядка 17 Гбит/сек и таким образом, в настоящий момент он является единственным подходящим интерфейсом для полноценного разрешения UHD 3840 x 2160 с частотой 60 кадров в секунду. Нужно отметить, что все инновационные графические карты с DisplayPort работают также и со всеми функциями DisplayPort 1.2, но при пропускной способности 5.3 Гбит/сек на шину, система может поддерживать только 30 кадров в секунду.[4]

Следующим интерфейсом, применяемым для передачи видеoinформации, является Thunderbolt 1.0. Основное преимущество – высокая скорость передачи данных, а также универсальность. При этом возможна организация взаимодействия с широким спектром устройств — жесткими дисками, мультимедийными девайсами. Для соединения устройств может быть задействован медный кабель длиной до 3 м или оптический — до 100 м. Этот интерфейс позволяет производить работу только с устройствами компании Apple. Помимо этого, он может быть совместим с DP 1.1 и способен выступать в качестве выхода для сигналов DisplayPort. С целью передачи формата 4K при частоте 60 кадров в секунду, требуется Thunderbolt версии 2.0 и совместимостью с DisplayPort 1.2.[4]

2.1.4 Новые требования к длине кабелей

Передача видео в формате 4K требует предоставления большой пропускной способности, даже после применения метода, необходимого для понижения частоты кадров и использования цветовой субдескрипции. Из-за этого возникли новые требования для системных интеграторов, потому

что не хватает длины витой пары (CATx STP), которая так хорошо применялась в кабелях для передачи HD видео.

Передача видео сигнала по аналоговым системам на длинные расстояния приводит к значительному ухудшению качества воспринимаемого изображения. В свою очередь при осуществлении той же передачи по цифровым системам на большие расстояния видеоизображение может пропасть вообще. Помимо этого, появилась проблема в несопоставимости между источниками сигнала и воспринимаемыми дисплеями, из-за применения длинных кабелей. То, что определённые устройства прошли контрольную проверку с длинными кабелями, еще не означает, что все остальные устройства, которые могут применяться в данной системе, будут функционировать без проблем. На практике, протяжённость кабеля HDMI ограничена в большей полосе пропускания, которая нужна для 4K.[4]

Для устранения этих негативных эффектов, при передаче 4K-видео стали применять высокоскоростные кабели HDMI. С целью увеличения расстояния необходимо включать в работу удлинители. Стандарт HDBaseT™ позволяет осуществлять передачу несжатых видео сигналов высокого разрешения, а также поддерживает все существующие на сегодня аудио форматы. Кроме того, большую роль играет возможность удалённого управления и именно поэтому стандарт HDBaseT™ является основным для формата 4K.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что для передачи видеосигнала в формате 4K, во-первых, понадобится пропускная способность до 10 Гбит/сек. При этом на инфокоммуникационную инфраструктуру будут накладываться новые требования. Во-вторых, нужно понимать различия между уже существующими на сегодня разрешениями 720p, 1080i, и 1080p и только набирающим популярность 4K, которое превышает разрешение 1080p в четыре раза. Анализ данных разрешений поможет решить проблему с распространением новой технологии. В-третьих, следует учитывать выбор частоты кадров. Большинство представленных 4K устройств используют 30

кадров в секунду или даже меньше, но для видео и компьютерных приложений частота кадров снижается в два раза, что приводит к необходимости создания технологии имеющей возможность работать с контентом использующим разную частоту. В-четвертых, одним из не маловажных требований является выбор нужного интерфейса из большого количества представленных в индустрии (DVI, DisplayPort, Thunderbolt), которые имеют разные критерии для работы. Используя один из выше проанализированных интерфейсов, возможно произвести передачу 4к видеоинформации. Последним требованием является длина кабелей, так как передача сигнала должна осуществляться без потерь. Для того, чтобы при передаче на большое расстояние изображение не пропадало, стали применять высокоскоростные кабели HDMI. С целью увеличения расстояния применяют удлинители.[15]

2.2 Передача 4К видео по SDI

Обществом инженеров кино и телевидения SMPTE был принят новый цифровой видеоинтерфейс SDI, у которого имеется несколько версий, различающихся друг от друга форматами видео и скоростями передачи данных, берущими начало от 143 Мбит/с и кончающимися 24 Гбит/с. В данном стандарте используется канальное кодирование с модифицированным кодом без возвращения к нулю в сочетании со скремблированием. Интерфейс SDI считается самосинхронизируемым.

В течение последних лет большинство вещательных компаний и поставщиков контента стали переходить на использование SDI-инфраструктуры с целью осуществления передачи несжатых видеосигналов. В настоящее время все профессиональные вещательные компании переходят на IP протокол, так как передача сигнала на базе IP требует меньших

экономических расходов, при этом превращая формируемую инфраструктуру в гибкую и масштабируемую для обеспечения более высоких скоростей передачи данных, в связи с распространённостью технологий Ethernet в существующих телекоммуникационных решениях.[5]

Кроме того, SMPTE были разработаны интерфейсы 12G-SDI и 10 Gigabit Ethernet (SMPTE-2022-5/6) в качестве одних из основных, подходящих для осуществления передачи видео в формате 4K. Помимо этих двух интерфейсов имеются несколько студийных стандартов передачи видео по IP, к таким относятся Sony NMI, Evertz ASPEN и AIMS, с которыми работает ассоциация Video Services Forum (VSF) TR-03/04, стандартизованной обществом SMPTE. Определение необходимого интерфейса для конкретной системы зависит от требований к планируемой инфраструктуре, но в некоторых случаях понадобится поддержка обоих видов интерфейса, что приведёт к увеличению количества совместимостей системы с оборудованием других производителей и даст возможность предоставить клиентам разнородную видео сеть. Выходом из данной ситуации является разработка нового оборудования с поддержкой обоих протоколов SDI и IP, а кроме того применение программного обеспечения с возможностью выбора необходимого транспортного интерфейса.

Компания Texas Instruments выпустила первые в отрасли микросхемы LMH1218 (кабельный драйвер) и LMH1219 (кабельный эквалайзер), с возможностью работы двух протоколов с поддержкой их скоростей передачи и электрических характеристик в одном устройстве.[5]

2.2.1 Среда транспортировки

Осуществление передачи данных на высоких скоростях, с применением 12G-SDI или 10GbE IP-интерфейса, приводит к увеличению потерь передаваемых данных, при этом уменьшается предельно допустимая длина

кабеля между передатчиком и приемником сигнала. С целью корректировки и исправления вносимых потерь стали применять компоненты, восстанавливающие форму и свойства сигнала. К ним относятся эквалайзеры, реклокеры и кабельные драйверы, приводящие к увеличению длины передающего коаксиального кабеля до 100 метров.

Технология 10 Gigabit Ethernet может быть реализована двумя методами: медным и оптическим. Самым используемым является оптический кабель, позволяющий вести передачу сигнала на существенно большее расстояние, в отличие от медного. Для передачи IP-видео по витой паре, то есть при медном методе, рекомендуется использовать категории CAT 6a или CAT 7 и не забывать о том, что расстояние действия витой пары ограничивается 100 метрами.

Оптический кабель используют для передачи сигнала на большое расстояние, но подобное решение потребует больших финансовых затрат. Для этого применяют SFP+ модули, специально разработанные и поддерживающие скремблирование SDI-видео, а также отвечающие техническим требованиям технологии SFF-8431 для приложений, которые используют 10 GbE видео по IP.

Кабельный драйвер LMH1218 и кабельный эквалайзер LMH1219 имеют интегрированный реклокер, которые работают с интерфейсом 75 Ом для коаксиального кабеля и 100 Ом SFF-8431-совместимые интерфейсы для оптических модулей внутри одной микросхемы. Модуль VIDIO, собранный на базе LMH1218 и LMH1219, имеет 12G SDI (75 Ом BNC) и IP (SFP+) интерфейсы, обеспечивающие работу вплоть до 4K 60fps.[7]

2.2.2 Скорость транспортировки

На сегодняшний день 4K-контент можно передавать тремя методами через SDI-интерфейсы. Первый метод, самый трудоёмкий, подразумевает передачу

видеоданных со скоростью 3 Гбит/с по четырем коаксиальным кабелям. Второй метод, компрессирование данных 12G в один 3G-интерфейс, а третий — передача полностью несжатого видео посредством 12G-SDI-интерфейса. В случае, если необходимо работать со всеми тремя видами передачи, поддерживаемыми как 12G-SDI, так и популярный 3G-SDI, вам придётся создать целый набор устройств различного ценового диапазона. Для создания такого набора устройств и обеспечение его работоспособности необходимо большое количество времени и значительные финансовые усилия.

К примеру, используемые кабельные драйверы LMN1218 и LMN0318, а также применяемые кабельные эквалайзеры LMN1219 и LMN0324, позволяют облегчить усовершенствование линейки ваших устройств, так как обладают одинаковыми конструктивными размерами и распиновкой.[15]

2.2.3 Схема передачи на большие расстояния

Следуя вышеупомянутому, передача сигнала по линиям связи на большое расстояния приводит к его ослаблению, искажению, а также наблюдается джиттер. Сигнал, проходящий по линиям передачи всегда будет ослабляться, из-за наличия в коаксиальном кабеле паразитной индуктивности, емкости и джиттера, то есть дрожания цифрового сигнала по фазе, наблюдаемое у сигналов при высокой скорости передачи данных.

При создании, как приёмных, так и передающих схем используются специализированные компоненты, которые позволяют исправить данные искажения. При осуществлении передачи сигнала мощность его уменьшается, для устранения этого эффекта используют усилители, а искажения, вносимые во входном модуле устраняются установкой

эквалайзера, вычисленного из расчёта суммарной длины кабеля. Джиттер устраняют по средствам применения реклокера, а именно устройства, которое заново генерирует тактовую частоту цифрового сигнала и восстанавливает целостность передаваемых данных.

Применяемая микросхема LMH1219 состоит из всех вышеперечисленных корректирующих компонентов и может работать как с SDI-, так и с Ethernet-интерфейсами. На рисунке 7, можно наблюдать верхний вход, который обладает волновым сопротивлением 75 Ом и корректирующий эквалайзер. Нижний вход в свою очередь обладает волновым сопротивлением 100 Ом, необходимым для согласования с оптическим модулем, преобразующим оптические сигналы в электрические (витая пара). Мультиплексор MUX «выбирает» необходимый пользователю вход и отправляет сигнал на реклокер, где происходит его восстановление с помощью системы фазовой автоподстройки частоты (PLL). Далее восстановленный сигнал через второй мультиплексор поступает на один из кабельных драйверов с волновым сопротивлением 100 Ом.[5]

Микросхема LMH1219 работает с SDI- и Ethernet-поток со скоростями до 11,88 Гбит/с. По коаксиальному кабелю длиной 75 метров можно передавать 4K/60p (12G-SDI) потоки на скорости 11,88 Гбит/с, при длине кабеля равной 120 м — 5,94 Гбит/с (6G-SDI), и, наконец, 200-метровый кабель уверенно «осилит» 3G-SDI-поток со скоростью 2,97 Гбит/с.

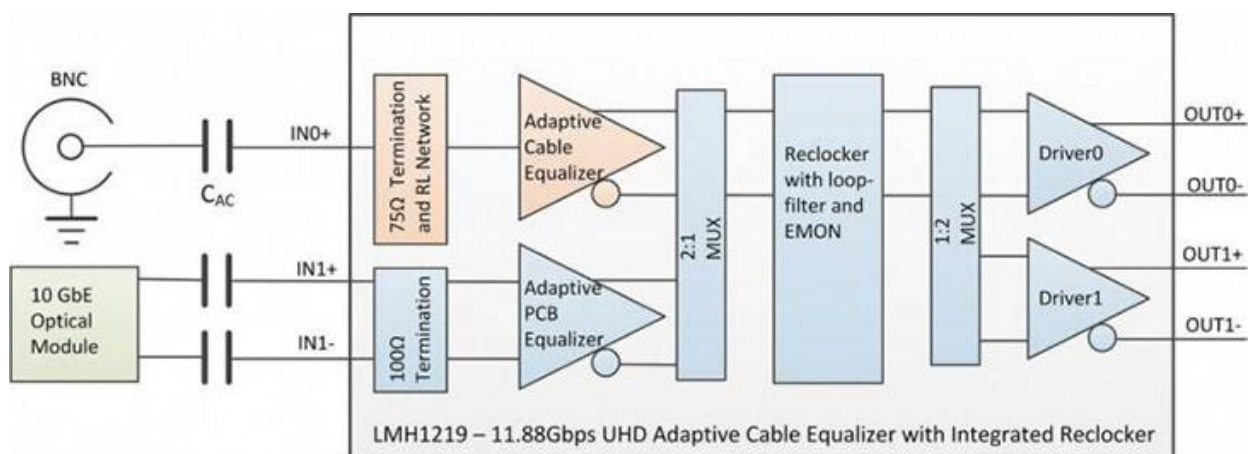


Рисунок 7 - Микросхема LMH1219

Подводя итоги, можно сказать, что передача 4к-видео может быть произведена по двум протоколам SDI и IP, SDI работает со скоростями, начинающимися от 143 Мбит/с и заканчивающимися 24 Гбит/с, но из-за распространённости технологии Ethernet, профессиональные вещательные компании производят переход на IP протокол, так как он более экономически выгоден. А также превращает формируемую инфраструктуру в более гибкую и обеспечивает масштабируемость для обеспечения более высоких скоростей передачи данных, используя при этом 12G-SDI и 10 Gigabit Ethernet IP-интерфейс. Их применение привело к увеличению потерь передаваемых данных и для уменьшения вносимых искажений стали применять компоненты, восстанавливающие форму и свойства сигнала (эквалайзеры, реклокеры и кабельные драйверы). Передача 4к контента осуществлялась с применением витой пары, при этом использовали категорию CAT 6a или CAT 7, но самым используемым является оптический кабель, позволяющий вести передачу сигнала на существенно большее расстояние, в отличие от витой пары. [17]

2.2.4 Описание технических требований

С целью передачи 4к видео контента нужно выяснить, какие требования предъявлять к телекоммуникационной отрасли и производителям оборудования.

Несжатый 4K UHD видеопоток имеет битрейт порядка 12 Гбит/с, что почти в 8 раз выше битрейта стандартного HDTV. Данному видеопотоку необходима большая пропускная способность, даже самые новые системы телевидения и беспроводной связи не могут справиться с UHD TV без совершенствования технологий сжатия.

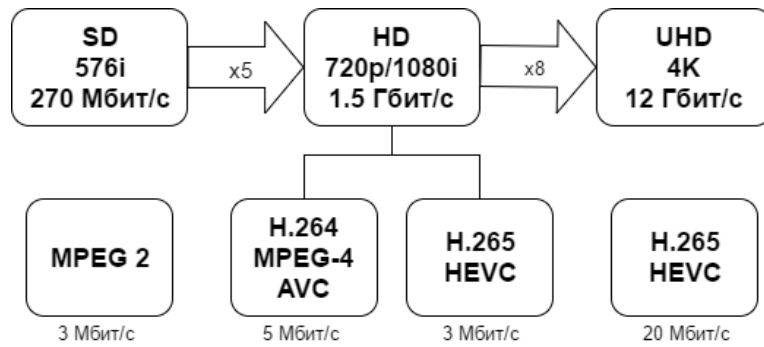


Рисунок 8 – Иллюстрация объемов трафика для различных форматов видеопотока.

Выпущенные на сегодняшний день стандарты кодирования видео не могут достаточно эффективно передавать видео контент и обеспечивать гибкость системе. Выход был найден, благодаря внедрению нового стандарта кодирования видео – H.265 HEVC (High Efficiency Video Coding). Он был разработан на основе уже использованного и имеющего широкое распространение стандарта H.264/MPEG-4 AVC, был произведен ряд улучшений, из-за чего достигнут существенный выигрыш в битрейте (до 50% и более по сравнению с H.264). В 2013 году новый стандарт H.265 был утверждён ITU-T, помимо этого были также одобрены конечные спецификации первой версии HEVC 1.0, что стало толчком к развитию и распространению различных программных продуктов с поддержкой HEVC, таких как DivX HEVC, DXVA for HEVC, OpenHEVC FFmpeg, а также первых аппаратных решений от Broadcom, Элекард, Envivio, Ericsson, Fraunhofer, Rovi / Mainconcept, Technicolor, Thomson Video Networks, Fujitsu, Haivision,, Vanguard Video и других компаний. [9]

Проанализируем отличие стандарта HEVC от H.264 AVC (Рис. 2). Для осуществления работы с видео в формате UHD, необходимо осуществлять эффективное кодирование векторов движения, для этого требуются макроблоки больших размеров (64x64). Но с другой стороны, небольшие детали также важны и иногда требуется выполнить предсказание и преобразование на небольшом участке изображения, для этого принято применять небольшие блоки размером 4x4. В предшествующих стандартах

не было реализовано наличие выбора большого диапазона размеров блоков, что приводило к неэффективности кодирования. В HEVC была применена технология, основанная на использовании древовидной структуры кодирования (дерево квадрантов). Ещё одним главным отличием HEVC считается использование большего числа режимов внутрикадрового предсказания, что приводит к улучшению предсказания движения, а кроме того использование более совершенных фильтров, приводящее к уменьшению так называемых артефактов (искажений). [9]

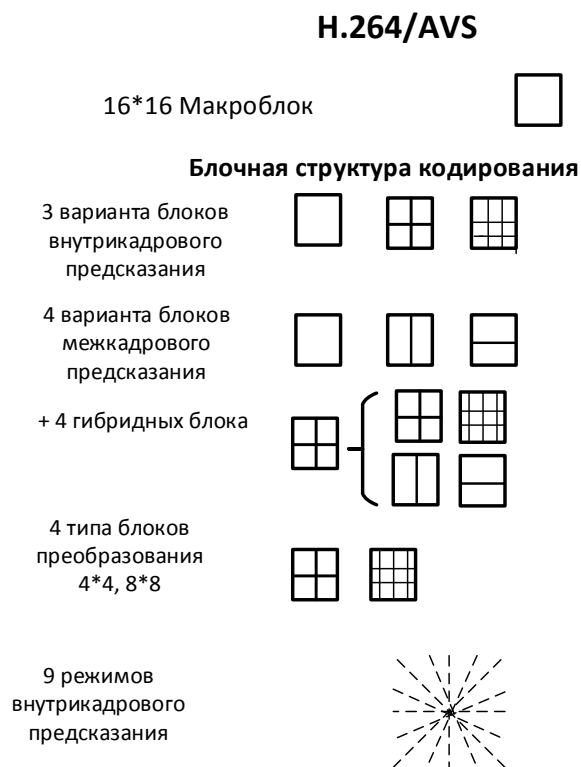


Рисунок 9 – HEVC 264.

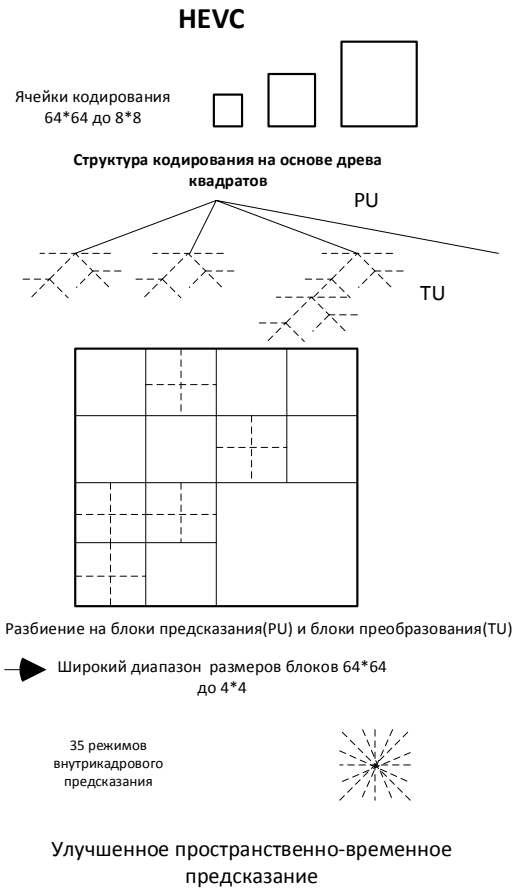


Рисунок 10 – HEVC 265.

Пришедшее изображение на первоначальном этапе разбивается на одинаковые по размеру (от 64x64 до 16x16) элементы кодового дерева (CTU), (Рис. 3). Coding tree unit (CTU) – это логический элемент, который состоит из трех блоков (CTB): блока яркостной компоненты (Luma CTB) и двух блоков цветоразностных компонент (Cb CTB, Cr CTB). Каждый CTB имеет тот же размер, что и CTU – 64x64, 32x32 или 16x16. Но из-за разных частей видео кадра, CTB может быть очень большим для правильного выбора модели предсказания (внутрикадровая или межкадровая). [9]

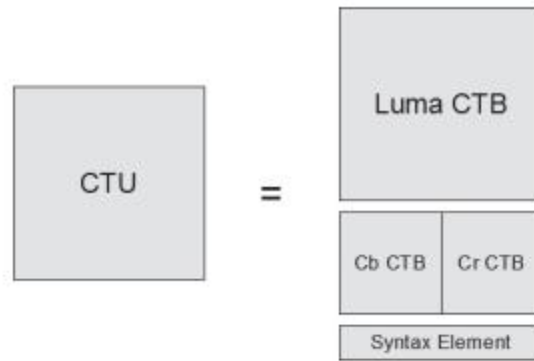


Рис. 3. Структура CTU.

Рисунок 11 – Структура CTU

По этой причине каждый СТВ разделяется на большое число блоков кодирования (СВ) и при этом каждый СВ является точкой принятия решения типа предсказания. Для примера, один СТВ разделяется на несколько 16x16 СВ, а остальные разделяются на 8x8 СВ. Применение разных блоков кодирования (СВ) позволяет эффективно выбирать тип предсказания, однако это приводит к тому, что их размеры могут быть очень большими для кодирования векторов движения. Например, наличие на видео небольших движущихся объектов. С целью поиска и необходимостью распознавания мельчайших объектов был введен блок предсказания, позволяющий каждый блок кодирования (СВ) разбить различными способами на несколько блоков предсказания (РВ). После осуществления предсказания, выполняется разностное кодирование (разница между исходным и предсказанным изображением) с применением дискретного косинусного преобразования. Но при этом, он может опять оказаться слишком большим для эффективного выполнения этой операции. Поэтому каждый СВ может быть разбит на блоки преобразования (ТВ). На Рис. 4(х) приведена обобщенная схема работы кодера HEVC . [10]

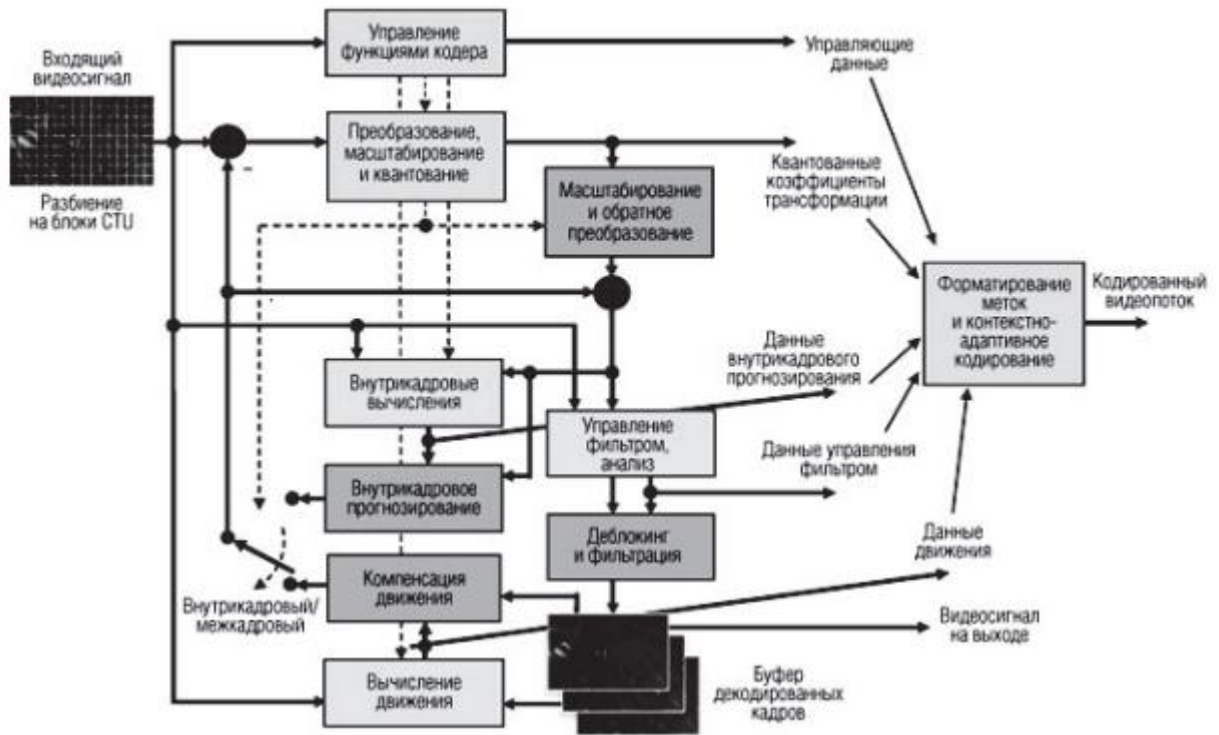


Рисунок 12 – Обобщённая структурная схема кодера HEVC

Было произведено сравнение эффективности видеокодирования (среднее снижение битрейта) с применением стандарта H.265 (HEVC) по отношению к стандарту видеокодирования предыдущего поколения (H.264, MPEG-4, H.263 и H.262). В ходе проведения эксперимента было экспериментально получено пиковое отношение сигнал - шум (PSNR) приведены в Таблице 2.

Таблица 2- Относительная эффективность стандартов кодирования при одинаковом уровне ОСШ

Стандарт кодирования	Выигрыш в битрейте			
	H.264/MPEG-4 AVC HP	MPEG-4 ASP	H.263 HLP	MPEG-2/H.262 MP
HEVC MP	35.4%	63.7%	65.1%	70.8%
H.264/ MPEG4 AVC HP	-	44.5%	46.6%	55.4%
MPEG-4 ASP	-	-	3.9%	19.7%
H.263 HLP	-	-	-	16.2%

Проанализировав данные можно сделать выводы, что кодирование видеоинформации с применением HEVC при среднем качестве (Main Profile) на 35% эффективнее кодирования по наивысшему качеству (High Profile) стандарта H.264, предназначенного для кодировки видео под формат Blu-ray. [10]

Результаты показывают, что качество изображения, сжатого с использованием H.265 (HEVC) и H.264/MPEG-4 AVC HP, обеспечивает лучшие показатели битрейта, при этом уменьшается битрейт на 51-74% в зависимости от качества видеоматериала. Данный метод с использованием субъективной оценки качества считается наиболее значимым при проведении сравнения эффективности различных стандартов сжатия, так как в полной мере отвечает многочисленному зрительскому восприятию качества видео.

2.3 Передача 4К при помощи стандарта DVB-T2

Учёные из политехнического университета, расположенного в городе Валенсия, Испания, осуществили идею о трансляции при помощи DVB-T2 сигнала в формате UHD с частотами 50 и 100 кадров в секунду.

Формат UHD, разработанный для вещания видео в разрешении 3840*2160, был впервые показан в 2014 году. При этом данный формат может поддерживать работу с частотой до 120 кадров в секунду и 22.2-канальный звук.

Исследователи из организации BBC, ITU и EBU доказали, что для телевизионных панелей, имеющих большие размеры, очень важна высокая частота кадров. Из проведённых экспериментов ими были сделаны выводы, что частот 50/60 кадров в секунду не хватает для большинства операций. Вследствие чего на телевизионных панелях появляется мерцание, размытость

и подергивание. Выход был найден благодаря использованию стандарта DVB-T2, обладающего высокой частотой кадров, тем самым обеспечив ему новизну и актуальность.

Встала проблема осуществления трансляции через DVB-T2 стандарт, а точнее обеспечение высокого битрейта. В своей основе DVB-T2 обладает величиной потока до 45,5 Мбит/с и в целях экономии необходимо использовать при вещании как можно меньшую часть потока. Для обеспечения этого применяют кодек, позволяющий при помощи компрессии увеличить число одновременно вещающих каналов в эфире. Но при этом появляется проблема – принимающие устройства ограничены по производительности. К примеру, смартфоны или планшеты имеют слабую аппаратную начинку, не способную производить декомпрессию UHD TV-сигнала. В связи с этим, чтобы не предъявлять высокие требования к приёмному оборудованию стали применять временную масштабируемость.

В стандарте HEVC уже была применена временная масштабируемость с концептом подуровней, получившее название Scalable Video Coding (SVC). Данная функция стала обеспечивать работу с UHD и позволила декодировать видеопоток (100/120fps) с более низкими частотами кадров (50/60fps), тратя на это меньшее количество ресурсов. При этом для обратной совместимости используется наличие большого количества идентификаторов PID для разных временных слоев. Для подтверждения своих идей учёные из iTEAM провели трансляцию видео с разрешением 3840*2160, закодированного с помощью кодека HEVC с битрейтом 20 Мбит/с. Вещание производилось на эфирном телевидении по стандарту DVB-T2 в режиме 8МГц 16К 1/16 PP2 64QAM 2/3, который позволяет обходиться без ошибок на C/N 13.5дБ в AWGN канала.

В 2013 году, 18 ноября, на Международной выставке профессионального оборудования и технологий, Российская Телевизионная и Радиовещательная Сеть впервые в России показала технологию для эфирной трансляции телеканалов в формате 4К. РТРС осуществил тестовый показ передач,

нарезанных за неделю с «Первого канала». Компрессия осуществлялась при помощи H.265/HEVC (High Efficiency Video Codec). Данный кодек превосходил по эффективности применяемый при вещании MPEG4.

1 августа 2017 года, в день основания РТРС, была организована тестовая трансляция формата 4К с Останкинской телебашни с применением стандарта DVB-T2. Для трансляции было выбрано видео в формате UHD 3840x2160 HEVC со скоростью передачи данных 25 Мбит в секунду. При этом заявленная скорость кадров варьировалась от 23,97 до 50 кадров в секунду в связи с различием программ. При поддержке фирмы Dolby, РТРС обеспечил сигнал UHD многоканальным звуковым сопровождением в стандарте Dolby Digital Plus.

При осуществлении трансляции применялся передатчик DVB-T 8000 серии с дополнительным возбуждателем DVB-T2 производителя Rohde & Schwarz, заявленная мощность которого составляла – 300 Вт. Высота подвеса антенны составляла 415 метров. Уверенный приём сигнала был достигнут на радиусе до 30 км от Останкинской башни на 58 телевизионном канале (770 МГц). Для приема сигнала необходим телевизор с поддержкой UHD/DVB-T2/H.265.

На сегодняшний день в эфире осуществляется трансляция записи военного парада на Красной площади 9 мая 2017 года от «Первого канала», большое количество разнообразных трейлеров к фильмам, а также съемки из разных стран от компании «Централ партнершип», фирменные видеоролики компании Dolby и любительские съемки. Но РТРС не транслирует все имеющиеся у него ролики в стандарте сверхвысокой четкости, так как не все ролики имеют хорошее качество, а также с некоторыми нюансами совместимости параметров компрессии с приемниками различных производителей. В связи с новизной стандарта кодирования производители телевизионных приемников продолжают поиски оптимальных настроек своих систем.

Компания RTPC производит постоянные поиски в стремлении найти необходимые параметры для осуществления компрессии сигнала сверхвысокой четкости. Следующим этапом будет поиск необходимых параметров для подготовленных к выпуску программ, включая число звуковых каналов, расширение цветового охвата и динамического диапазона (улучшение детализации в самых светлых и темных оттенках). Данная коррекция производится при совместной работе производителей приемного оборудования.[15]

2.4 Переход от прямых трансляций HD к прямым трансляциям 4K UHD

Трансляция телевизионного сигнала в прямом эфире на сегодняшний день происходит в формате HD с применением для возможности просмотра на других устройствах компрессии MPEG-2 или MPEG-4/H.264. Однако в Европе вещание осуществляется с отличной от российского вещания кадровой частотой, составляемое в прогрессивном стандарте 720p50, специально для вещания спортивного контента, а все остальные HD-программы вещаются в чересстрочном формате 1080i50 (720p60 и 1080i60 для Северной Америки). В Европе принято, что стандарт p50 – это четко 50 кадр/с или вдвое больше, чем в стандарте 25 кадр/с, используемого для вещания чересстрочного i50. А в Америке p60 – это на практике – 59,94 кадр/с, что вдвое больше, чем 29,97 кадр/с для SD- и HD-трансляций по стандарту i60. Все существующие телевизоры и выпускаемые на рынок ТВ-приставки поддерживают как 1080p50, так и 1080p60, однако всего небольшое количество сетей распространения способны работать с этими форматами из-за высоких требований, предъявляемых к полосе пропускания, и дополнительных технических средств. Вследствие чего,

встаёт вопрос как оправдать затраты накладываемые на переход абонентов на новые приставки и на осуществление модернизации сетей. Провайдеры предполагают найти выход за счёт увеличения числа услуг в своих сетях, а также передачи контента в более лучшем качестве. Ещё одним из предложений по увеличению числа пользователей является ведение прямых трансляций 1080p50 (1080p60 для Америки), что заставит провайдеров, оказывающих эту услугу, усовершенствовать имеющуюся сеть. При осуществлении сравнения разных типов сетей прямого вещания, нужно обратить внимание на компоненты, обеспечивающие рабочий процесс от самого начала, то есть источника, до устройства воспроизведения у абонента.



Рисунок 13 - Типовой технологический процесс HD- вещания на базе MPEG-2

На основе рисунка можно сделать вывод, что сеть сбора – это транспорт живого видео- контента от источника, то есть камеры, в студию или головную станцию, где происходит обработка или кодирование видео. Данный механизм может работать двумя способами. Во-первых, с помощью камеры и средств передачи несжатого сигнала через спутниковую линию связи прямо в студию. Во-вторых, возможность частичной компрессии с применением кодера, уменьшающего необходимую ширину канала пропускания без значительного понижения качества изображения. Далее происходит транспортировка сжатого видеопотока от головной станции к пользователям приставок и телевизоров HD TV. Обращая внимание на состояние применяемой на сегодняшний день инфраструктуры, может потребоваться усовершенствование оборудования головной станции,

обновление кодеров и переход абонентов на HEVC совместимые телевизионные приставки для HD трансляций 1080p50. Данные значительные вложения будут оправдывать себя за счёт увеличения качества предлагаемых пользователям сервисов и позволят увеличить доходы определённого количества провайдеров, другие могут пропустить этот шаг и сконцентрироваться на создании и модернизации новых ТВ-сервисов 4K UHD.[18]

Первым шагом к введению в эксплуатацию нового сервиса для провайдеров кабельного ТВ является испытательный период. Он состоит из приема и передачи контента 4K. Для данного этапа операторам понадобятся системы с возможностью принимать входные живые сигналы 4K UHD, принимающиеся по каналам сбора, и оборудование. И последней задачей для провайдеров будет являться выбор необходимой для контента 4K UHD полосы пропускания. Такая полоса с кадровой частотой 25 Гц и кодированием HEVC, в сравнении с существующими ТВ-трансляциями в формате MPEG-2 HD, должна иметь в два раза больший размер. Для спорта же и высокоразрешающего видео используют втрое большую полосу с частотой до 50 Гц.

Таблица 3- Компоненты рабочего процесса 4K UHD

Компоненты на 2015 год	HD 720/1080	4K Ultra HD с HEVC
Камеры	Есть	Есть
Сеть сбора контента	Есть, каналы с компрессией	Есть, каналы с компрессией
Кодер головной станции	Есть, MPEG-2 или AVC	Кодер Elemental, 4Kp30, 10 бит
Сеть распространения	Есть, один канал 720/1080	До двух каналов по 720
Декодеры	Есть, аппаратный (приставка)	Есть, программные декодеры HEVC 4Kp30
4K Ultra HD	Есть	Есть, телевизоры 4K Ultra HD

В представленной таблице приводятся примеры основных компонентов рабочего процесса 4K UHD, имевшихся в конце 2013 года. На сегодняшний день отсутствуют какие-либо технические ограничения на испытания ТВ-вещания 4K UHD в 25p и 50p форматах, однако последний требует создание более усовершенствованных телевизоров.[19]

В 2013 году 27 октября состоялась первая в мире ТВ-трансляция эфирного 4K вещания с применением метода сжатия HEVC во время прохождения чемпионата в Осаке (Япония) (рисунок 14). Трансляция была осуществлена с применением двух камер, передающих живые сигналы 4Kp30, поступающие через входы 3G-SDI на устройство распознавания и обработки видео Elemental Live. Применяемая Elemental Live система производила уменьшение объёма видеoinформации в реальном времени с использованием HEVC декодера. Видео поток в режиме реального времени транслировался на 84" 4K-телевизор Sony через волоконно-оптическую сеть K-Opticom, трансляция велась на выставочном центре Осаки (рисунок 15). Это был первый раз, когда обычные зрители смогли насладиться высокой чёткостью прямой 4K-трансляции, благодаря использованию современного метода компрессии.



Рисунок 14 – Рабочий процесс первой прямой трансляции в формате 4Kp30



Рисунок 15 – Прямая ТВ-трансляция 4Кр30 в Осаке

Президента K-Opticom, Такао Фуджино, поразило великолепное качество картинки, транслируемое на 4К-телевизоре Sony, которое отмечалось высокой четкостью, а также стабильным и очень детализированным изображением. Кроме этого, им было отмечено, что на сегодняшний день волоконно-оптическая сеть и применяемая система Elemental могут вести вещание 4K HEVC в реальном времени уже сейчас. Одна из крупнейших компаний, Elemental, в декабре 2013 года в Лондоне для журналистов и представителей, оказывающих услугу платного ТВ, осуществили показ на весь мир прямого вещания в формате 4Кр50/60 с использованием метода сжатия HEVC (рисунок 16)



Рисунок 16 – Рабочий процесс первой прямой трансляции в формате 4Кр60

Сотрудники Elemental на выставке показали на 4К телевизоре профессиональное спортивное состязание, которое было снято с помощью камеры 4Кр60, с целью увеличения четкости, цветности и яркости воспроизводимой картинки. Применяемая система Elemental Live позволяет обрабатывать видео при помощи компрессии, что даёт возможность вести его доставку в формате 4Кр60 HEVC на вход декодера на базе компьютера, а финальную картинку выводить на 84" 4К-телевизор Planar, использующий выведение 10-разрядного цветового пространства. От того какая сцена вещается, скорость потока, выходящей из Elemental Live, может принимать значения от 14 до 25 Мбит/с, что позволяет судить о высокой эффективности компрессии в 99,8%. Система Elemental Live, универсальная система, обеспечивающая совместную работу с большим количеством кабельных, спутниковых и IP-сетей распространения контента. (таблица 4)[19]

Таблица 4– Стандарты HD-вещания в формате 16:0 и соответствующие скорости потока

Характеристики		Компрессия					
		MPEG-2		MPEG-4		Elemental HEVC	
Поток, Мбит/с	8-разрядный цвет	9,5...14	10...15	6..9	18...25	-	-
	10-разрядный цвет	-	-	-	-	10..18	<20
Формат		720p50	1080i50	1080i50	4Кр30	4Кр30	4Кр60
Разрешающая способность		1280*720	1920*1080	1920*1080	3840*2160		
Число элементов, Мп/кадр		1	1	1	8,3		
Поток без сжатия		1,125	1,5	1,5	6	6	12

В 2016 году начался стремительный рост 4К трансляций в тестовом режиме из-за того, что провайдеры и вещатели, предоставляющие платные услуги, стали оказывать более расширенный комплекс услуг. Для гарантии получения сигнала провайдерам нужно понять, каким образом они будут получать контент.

10-разрядные 4К-камеры нынешнего поколения создают на выходе большое число несжатой информации, нуждающейся в полосе для передачи порядка 12 Гбит/с. Существует несколько способов передачи видео материала от первоисточника, то есть камеры до студии для компрессирования. Одним из них является использование небольшого сжатия сигнала от камеры непосредственно, используя кодек AVC/H.264. Данный метод позволит изменить полосу пропускания до диапазона 100...200 Мбит/с, и тем самым данные можно будет транслировать по спутниковой линии связи прямо в студию, не изменяя его на приемлемом уровне. После этого полученный видеопоток можно преобразовать для дальнейших действий кодера HEVC 4К (рисунок 17). Другим методом передачи видеосигнала можно назвать применение интегрированной волоконно-оптической IP-сети для транспортировки некомпрессированного видеоконтента по IP-каналу, применяя полосу пропускания 40 Гбит/с. Такой способ является более удобным для вещания вне студии (спортивные или политические события, концерты и т.д.), но совершенно неподходящим для передачи информации о случайных событиях, таких как экстренные новости. [20]



Рисунок 17– Типовой процесс прямой трансляции 4К

Для провайдеров, которые планируют вести прямое вещание 4K UHD, первой задачей является удостовериться в том, что потребители имеют подходящий для своих телевизионных приемников 4K декодер. Такие декодеры выпускаются в двух видах, либо встроенные в сам телевизор, либо HEVC-приставку абонента. В 2014 году в январе на выставке бытовой электроники CES, происходящей в Лас-Вегасе (США), был продемонстрирован большой ассортимент телевизоров, совместимых с HEVC и приставок. Ко второй половине 2017 года производители систем типа SoC (system-on-a-chip), а также Broadcom, STMicroelectronics и Qualcomm, снабдили необходимые микроэлектронные компоненты. В этом же году была налажена продажа абонентских приставок, таких как Technicolor, Pace, Arris, работающих с HEVC 4K. Таким образом, поставщики кабельного и спутникового ТВ до конца года имели доступ к большому спектру приставок для осуществления трансляций высокоуровневого телевидения 4K UHD в тестовом режиме.

Исходя из используемой технологии транспортировки сигнала и полосы пропускания, дальнейшие действия по проведению тестирования сервисов ТВ-вещания 4K могут видоизменяться. Провайдеры должны обратить внимание на особенности распространения сигнала в своей компании. Для некоторых операторов процесс расширения пропускной способности станет трудоёмким и потребует значительных капиталовложений. Кроме того, станет необходимым налаживание процесса распределения одной полосы пропускания между двумя и более каналами для достижения большей

эффективности применения уже имеющейся пропускной способности. Для многих провайдеров и первый, и второй шаг станет неизбежным. [11]

Что касается производителей спутникового ТВ, то им для проведения тестовых операций вещания 4К понадобится дополнительный транспондер. К примеру, в Северной Америке, такой транспондер имеет способность производить трансляцию в общей сложности девяти программ 4Кр30.

Если же говорить о контенте, который освещает спортивные мероприятия, то есть 4Кр60, то передатчик позволяет в одно и то же время обеспечивать трансляцию шести программ. Помимо этого, существует возможность одновременной передачи контентов 4Кр30 и 4Кр60 или же программ 4К и HD, используя один транспондер. Ещё одним способом вещания является добавление программ 4К на уже использующиеся передатчики. Применяемые также кодеры и мультиплексор должны без проблем работать друг с другом и быть совместимыми между собой, так как именно в этом случае эффективность канала связи будет максимальной. Зачастую способ, который подразумевает добавление программ 4К, приводит к обязательному удалению или перемещению уже имеющейся программы для освобождения памяти для нового канала 4К. Поэтому чаще всего при возможности добавляют новый передатчик для новых сервисов и стараются не подвергать риску уже используемые сервисы.

Также операторы кабельного ТВ пользуются самым лёгким способом запуска прямого вещания 4К UHD и добавляют новый модулятор QAM, который способен транслировать до четырех программ контента 4Кр30 или до трех 4Кр60. Кроме того, передавать две и более программы 4Кр30 и 4Кр60 можно и используя один модулятор.

Помимо этого, провайдеры кабельного телевидения имеют в своем распоряжении DOCSIS 3.1, которая даёт возможность объединять в группы два и более модулятора QAM в одну систему. Мультиплексор, который способен производить операции с двух или трехкратной полосой пропускания, позволяет передавать большее число каналов в сравнении с

существующими самостоятельно модуляторами. Данное преимущество достигается с помощью увеличения эффективности при совместной передаче нескольких программ в одном статистически мультиплексированном пуле.[14]

Во многих странах сеть распространения может быть основана на базе радиорелейной линии или других беспроводных технологий. Операторы предоставляют платное ТВ, используя стандарты DVB-T и DVB-T2. Такой физический канал, как DVB-T, как правило, использует полосу пропускания от 18 до 24 Мбит/с. Что касается емкости, то у DVB-T она недостаточно большая и её хватает лишь на одну или несколько программ 4К. Тогда как DVB-T2 присуща емкость, которую можно сравнить с 256 QAM в проводных сетях. Такая емкость дает возможность использования различных вариантов статистического мультиплексирования.

Подводя итоги, можно сделать вывод, что поставщики телевизоров на сегодняшний день нацелены больше всего на выпуск на рынок телевизионных панелей высокого качества с большим размером экрана и продажу его потребителям за небольшие деньги. Надеюсь в связи с этим на то, что пользователи захотят перейти на 4К телевизоры. Использовать контент 4К на начальном этапе возможно будет при помощи сервиса «видео по запросу», однако, конкуренцию будут составлять поставщики платного ТВ, которые смогут организовать прямое вещание высококачественного контента 4К, что приведёт к получению высоких доходов. Осуществление трансляции вещания 4К приведёт к значительному увеличению публики и привлечению рекламных агентств, заинтересованных в сотрудничестве, что будет оказывать преимущество перед другими лидерами на рынке оказываемых услуг. Прямая ТВ-трансляция будет возможна при обеспечении всеми необходимыми компонентами для съемки, для сжатия и передачи видео. На проведение прямых ТВ-трансляций 4К оказывают ограничения такие параметры как: необходимость в обновлении вещательных ТВ-камер от используемых HD формат до 4К, а также нужно произвести

усовершенствование технического оборудования до уровня, позволяющего вести трансляцию 4К (4Кр60, 10 бит). Вторым же параметром является появление на рынке телекоммуникаций 4К ресиверов с невысокой ценой, а также встраивание декодеров в 4К панели. Стоимость телевизоров 4К постоянно уменьшается, что приводит к тому, что среднестатистические покупатели могут позволить купить себе такой телевизор. Из-за чего, провайдеры предоставляющие услугу HD-вещания, стараются переходить на предоставление сервиса по вещанию контента 4К. Кроме того, на выставке, проходившей в 2015 году, компания Elemental осуществила показ полного процесса для прямого вещания 4К, применяя технологию Elemental Live для работы с видео, в основе которой лежал HEVC – первый в мире кодер 4К, обеспечивающий работу в режиме реального времени. Всё остальное оборудование, необходимое для осуществления показа прямых трансляций 4K UHD. Однако такой параметр как цена на приставки и телевизоры 4К, может остановить распространение данного вещания. [16]

Таблица 5 – Готовность к запуску вещания 4Кр30 и 4Кр60 во второй половине 2015 года

Компоненты рабочего процесса	Сервис 4Кр30	Сервис 4Кр30
Камера	Есть	Есть
Средства обработка	Есть	Есть
Сеть сбора	Есть	Есть
10-разрядный кодер и статистический мультиплексор HEVC	Есть(Elemental)	Есть(Elemental)
Сеть распространения	Есть	Есть
Приставка HEVC	Есть	Есть
Телевизор 4K Ultra HD	Есть	Есть

В таблица 5 продемонстрированы необходимые компоненты для вещания 4K Ultra HD во второй половине 2015 года. Исходя из этого, становится понятно, что непосредственное развитие новых сервисов вещания 4K Ultra HD состоялось к концу 2015 года.

2.5 Выводы

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что для передачи видеосигнала в формате 4K, во-первых, понадобится пропускная способность до 10 Гбит/сек. Во-вторых, нужно понимать различия между уже существующими на сегодня разрешениями 720p, 1080i, и 1080p и только набирающим популярность 4K, которое превышает разрешение 1080p в четыре раза. В-третьих, следует учитывать выбор частоты кадров. Большинство представленных 4K устройств используют 30 кадров в секунду или даже меньше, но для видео и компьютерных приложений частота кадров снижается в два раза, что приводит к необходимости создания технологии имеющей возможность работать с контентом использующим разную частоту. В-четвертых, одним из не маловажных требований является выбор нужного интерфейса из большого количества представленных в индустрии (DVI, DisplayPort, Thunderbolt), которые имеют разные критерии для работы. Используя один из выше проанализированных интерфейсов, возможно произвести передачу 4k видеоинформации. Последним требованием является длина кабелей, так как передача сигнала должна осуществляться без потерь. Для того, чтобы при передаче на большое расстояние изображение не пропадало, стали применять высокоскоростные кабели HDMI

Кодирование видеоинформации с применением HEVC при среднем качестве (Main Profile) на 35% эффективнее кодирования по наивысшему качеству (High Profile) стандарта H.264, предназначенного для кодировки видео под формат Blu-ray.

Результаты показывают, что качество изображения, сжатого с использованием H.265 (HEVC) и H.264/MPEG-4 AVC HP, обеспечивает лучшие показатели битрейта, при этом уменьшается битрейт на 51-74% в зависимости от качества видеоматериала. Данный метод с использованием субъективной оценки качества считается наиболее значимым при проведении сравнения эффективности различных стандартов сжатия, так как в полной мере отвечает многочисленному зрительскому восприятию качества видео.

Передача 4к-видео может быть произведена по двум протоколам SDI и IP, SDI работает со скоростями, начинающимися от 143 Мбит/с и заканчивающимися 24 Гбит/с, но из-за распространённости технологии Ethernet, профессиональные вещательные компании производят переход на IP протокол, так как он более экономически выгоден. А также превращает формируемую инфраструктуру в более гибкую и обеспечивает масштабируемость для обеспечения более высоких скоростей передачи данных, используя при этом 12G-SDI и 10 Gigabit Ethernet IP-интерфейс.

Поставщики телевизоров на сегодняшний день нацелены больше всего на выпуск на рынок телевизионных панелей высокого качества с большим размером экрана и продажу его потребителям за небольшие деньги. Надеюсь в связи с этим на то, что пользователи захотят перейти на 4К телевизоры. Использовать контент 4К на начальном этапе возможно будет при помощи сервиса «видео по запросу», однако, конкуренцию будут составлять поставщики платного ТВ, которые смогут организовать прямое вещание высококачественного контента 4К, что приведёт к получению высоких доходов. На проведение прямых ТВ-трансляций 4К оказывают ограничения такие параметры как: необходимость в обновлении вещательных ТВ-камер

от используемых HD формат до 4K, а также нужно произвести усовершенствование технического оборудования до уровня, позволяющего вести трансляцию 4K (4Kp60, 10 бит). Вторым же параметром является появление на рынке телекоммуникаций 4K ресиверов с невысокой ценой, а также встраивание декодеров в 4K панели.

3. СРАВНЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ В 4К И FULL HD ФОРМАТАХ.

Чем меньше дистанция до экрана телевизора или чем больше размер экрана, тем заметнее достоинства телевизоров с 4К-разрешением. К такому заключению можно прийти исходя из того, что изображение каждого цифрового дисплея формируется из конкретного числа пикселей. К примеру, если взять изображение на HD-телеэкране с разрешением 1080p, то она будет складываться примерно из двух миллионов пикселей. Размер экрана в таком случае ни на что не влияет, именно поэтому, и 46-дюймовый, и 70-дюймовый дисплей с данным разрешением видео составляет одинаковую по количеству пикселей картинку. Но стоит отметить, что при 46-дюймовом экране точки, из которых формируется изображение, будут иметь меньший размер, а изображение будет выглядеть четче. Разделив 2 млн. пикселей на площадь поверхности экрана, можно увидеть, что для телевизора с диагональю 46 дюймов на 1 квадратный дюйм будет приходиться около 2700 пикселей, а с диагональю в 70 дюймов – 1780 пикселей.

Таким образом, можно сделать вывод, что при увеличении размеров экрана, будет увеличиваться и размер пикселя, а это приведёт к тому, что его проще будет рассмотреть даже на определённом расстоянии. Если просматривать картинку на очень большом экране с низким разрешением, то может сложиться впечатление, что картинка состоит из частичек мозаики. Для того чтобы избавиться от этого впечатления, на больших экранах нужно использовать разрешение Ultra HD или 4K . В данном виде разрешения пиксель имеет минимальный размер из-за того, что количество точек на изображение составляет 8 294 400, а отсюда следует, что она становится ультра четкой.

Расстояние, на котором человек может рассмотреть разницу воспроизводимого изображения, зависит от размера экрана и его разрешения. Для под-

тверждения этого мы провели эксперимент, суть которого заключается в сравнении изображения в 4K и Full HD форматах, рассматриваемое с точки зрения обычного человека с разных расстояний просмотра.

Было взято три телевизора формата 4K и Full HD с разными диагоналями. Опросив большое количество людей, было проведено сравнение качества изображения - видят ли они разницу между двумя почти одинаковыми изображениями. Результаты представлены в таблицах.



Рисунок 18 - Телевизор Full HD с диагональю 45 дюймов, на расстоянии 2 м.



Рисунок 19 - Телевизор Full HD с диагональю 45 дюймов, на расстоянии 3 м



Рисунок 20 - Телевизор Full HD с диагональю 45 дюймов, на расстоянии 4 м



Рисунок 21 - Телевизор UHD с диагональю 45 дюймов, на расстоянии 2 м

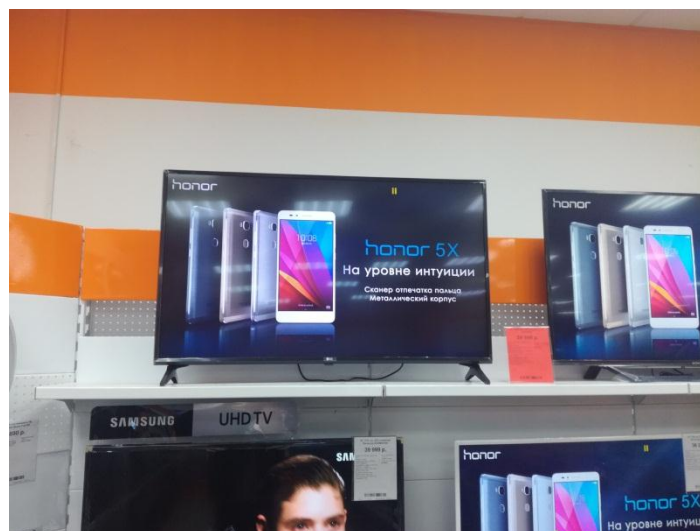


Рисунок 22- Телевизор UHD с диагональю 45 дюймов, на расстоянии 3 м

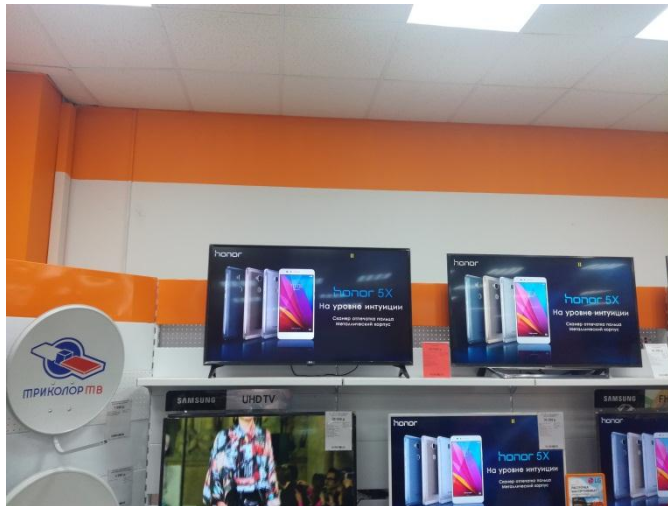


Рисунок 23- Телевизор UHD с диагональю 45 дюймов, на расстоянии 4 м



Рисунок 24- Телевизор Full HD с диагональю 55 дюймов, на расстоянии 2 м



Рисунок 25- Телевизор Full HD с диагональю 55 дюймов, на расстоянии 3 м

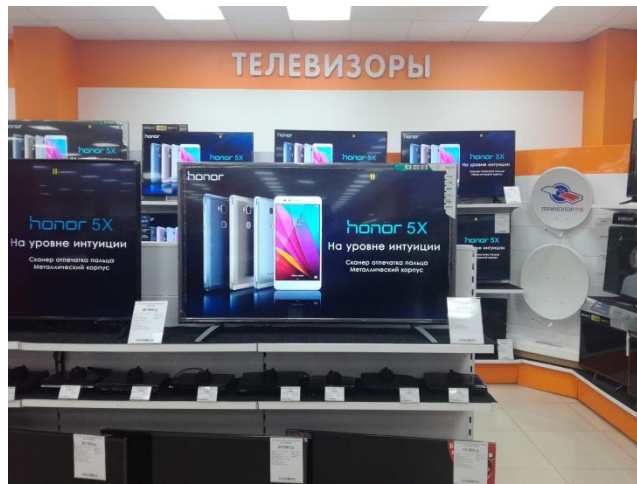


Рисунок 26- Телевизор Full HD с диагональю 55 дюймов, на расстоянии 4 м

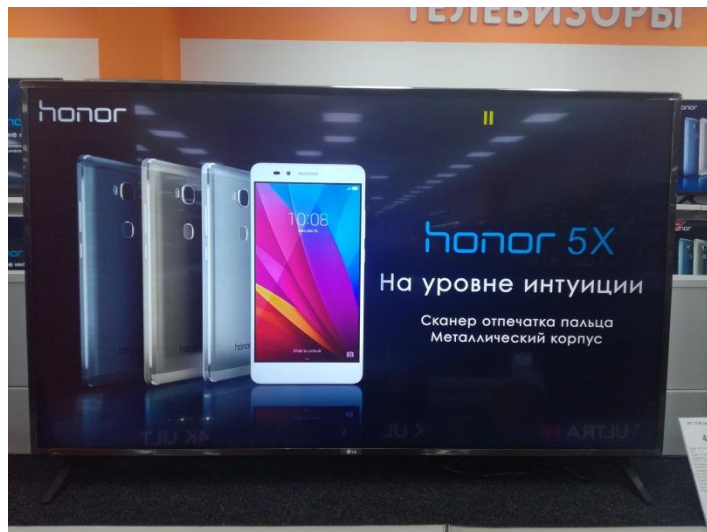


Рисунок 27- Телевизор UHD с диагональю 55 дюймов, на расстоянии 2 м

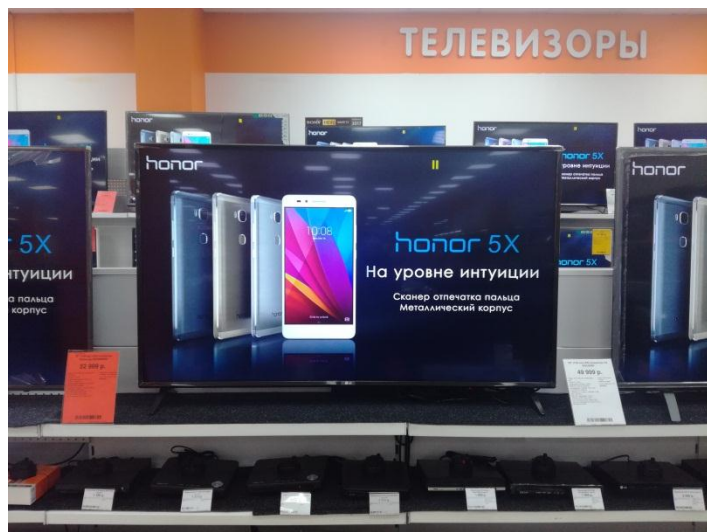


Рисунок 28- Телевизор UHD с диагональю 55 дюймов, на расстоянии 3 м

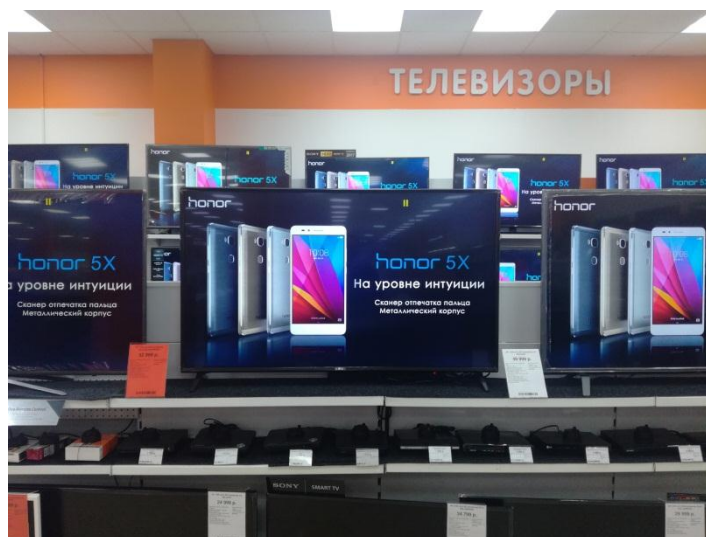


Рисунок 29- Телевизор UHD с диагональю 55 дюймов, на расстоянии 4 м

Таблица 6 - Сравнение качества изображения

Диагональ телевизора	Цена на телевизор		Расстояние просмотра					
			4м		3м		2м	
	4К	1080p	4К(2160p) / 1080p		4К(2160p) / 1080p		4К(2160p) / 1080p	
			С точки зрения покупателя	С точки зрения угла ясного зрения	С точки зрения покупателя	С точки зрения угла ясного зрения	С точки зрения покупателя	С точки зрения угла ясного зрения
38 дюймов (96,52 см)	35000	20000	Разница не ощутима	2,89	Разница не ощутима	2,89	Разница не ощутима	2,89
45 дюймов (114,3 см)	48000	30000	Разница не ощутима	3,42	Разница ощутима	3,42	Разница не ощутима	3,42
55 дюймов (139,7 см)	59000	40000	Разница не ощутима	4,19	Разница ощутима	4,19	Разница не ощутима	4,19

Первый эксперимент, с телевизором диагональю 38 дюймов, показал, что ни один из наблюдателей, просматриваемых два телевизора с расстояния 2,3,4 метра, не увидел разницы.

Второй эксперимент с телевизором диагональю 45 дюймов показал, что с расстояния 2 м разницу заметили 80% наблюдателей (20% не увидели раз-

ницы из-за не идеального зрения), с 3 и 4 метров ни один из наблюдателей, просматриваемых два телевизора, разницы не увидел.

Третий эксперимент с телевизором диагональю 55 дюймов показал, что с расстояния 4 и 3 м разницу заметили 100% наблюдателей, с 2 метров разницы между двумя изображениями заметно не было.

По проделанному эксперименту был построен график, демонстрирующий, как зависит диагональ телевизора от расстояния просмотра.

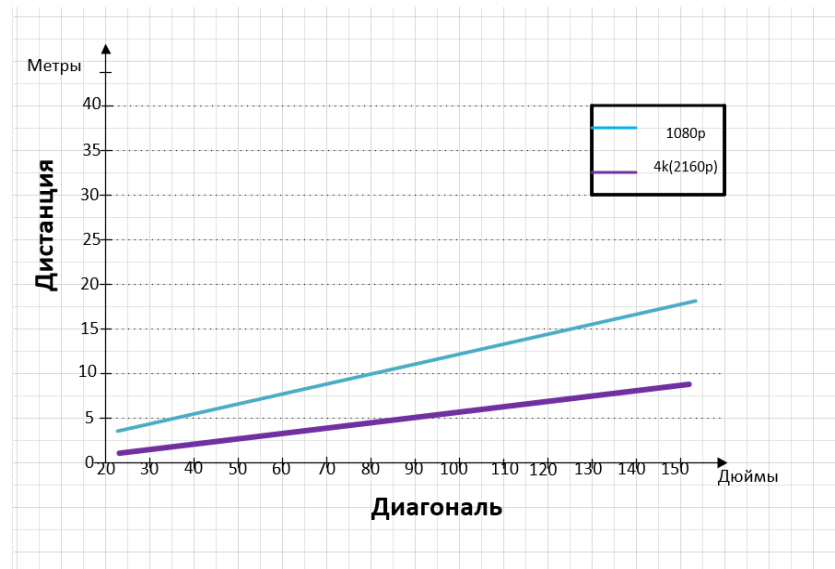


Рисунок 30-График зависимости диагонали телевизора от расстояния просмотра

Из проведённого исследования можно сказать, что наблюдатели, которые смотрели телевизор с диагональю 45 дюймов с расстоянии 3 м разницу заметили, а на 55 дюймов на расстоянии 2 метров разница не заметна, с расстояния 3 и 4 м разницу заметили 100% наблюдателей, разницы между изображениями в 4K и Full HD формате, не заметили. Именно поэтому нет смысла приобретать технику для просмотра Ultra HD по более высокой цене в сравнении с Full HD, так как для обычного пользователя разница в качестве изображения ощутима не будет.

4 АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ ТЕХНОЛОГИИ СТАНДАРТА UHDTV НА РЫНКЕ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ.

Рынок платного Российского телевидения в 2017 году продолжает расти. Также как и год назад главными операторами предоставления TV считаются «Ростелеком» и «Триколор». Эти операторы используют привлечение новых клиентов, благодаря предоставлению большего количества услуг и подбирая удобные пакеты опций под каждого абонента. Давайте рассмотрим какие технологии развиваются сегодня и какие перспективы им присущи.

В следующие два или три года именно HD-каналы будут основным фактором роста всего рынка, а также главным основанием для переключения клиентов на цифровое ТВ. К примеру, телевизионная компания «Триколор» объединила HD-каналы в один общий пакет «Единый», предоставив акцию, суть которой заключается в том, что компания собирается производить обмен старых приёмников на новые с поддержкой телевидения высокой четкости. В свою очередь телекомпания «Ростелеком» также не отстаёт от компании «Триколор», благодаря увеличению базы абонентов, подключенных по технологии IPTV, которая гарантирует получение приставки для просмотра HD-каналов. Но есть ещё и другие операторы, которые пытаются не отбиваться от лидеров и также стремительно развивают именно телевидение высокой четкости.[19]



Рисунок 31- HD телевидение

Статисты посчитали, что рост HD телевидения стремительно продолжится и на свою максимальную скорость выйдет уже в 2018 году, вследствие перехода всех абонентов, использующих спутниковое ТВ. После наступит замедление, так как не все абоненты захотят перейти на цифровое вещание, оставшиеся зрители продолжают смотреть «старый добрый SD». Ниже приведен прогноз количества абонентов HD-каналов на период до 2020 года.

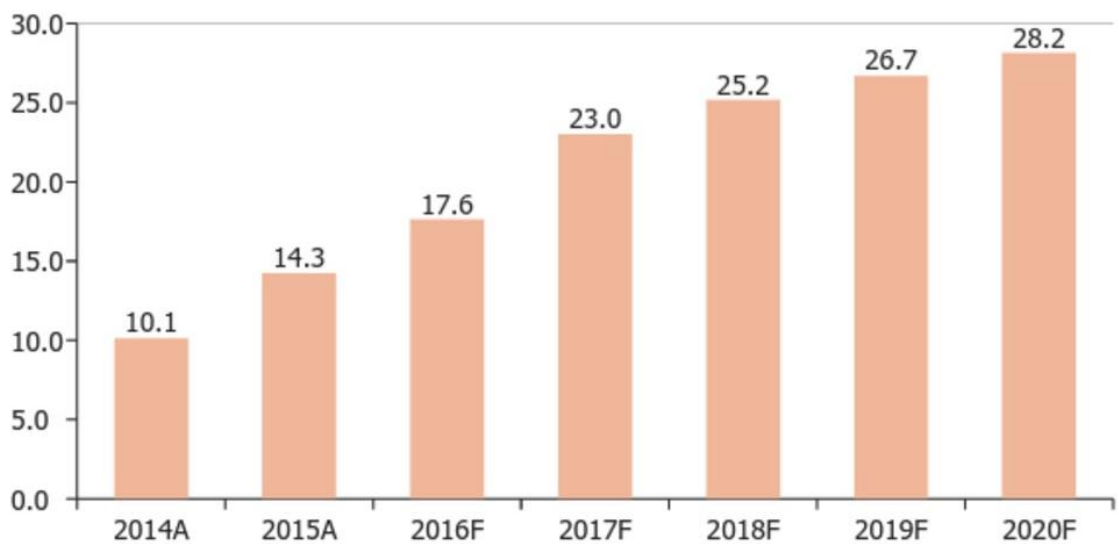


Рисунок 32- Прогноз абонентской базы HD-каналов на период до 2020 года

Самой востребованной услугой на сегодняшний день на рынке является видео по запросу. В 2016 году компанией J'son & Partners, был посчитан доход сетей платного ТВ от предоставления услуг VOD/PPV (Video on Demand / Pay per View), который составил в среднем 950000 рублей в месяц. Самые мощные операторы, оказывающие как наземную, так и спутниковую ТВ трансляцию, динамично развивают собственные VOD.[20]

«Ростелеком» предоставляет видеосервисы, которые стали применяться как на мобильных устройствах, так и на ПК, Smart TV и STB. Основное преимущество для пользователей в том, что видео, просмотренное из библиотеки, не нужно отдельно оплачивать. Оператор МТС сосредоточился на предоставлении МТС ТВ, в свою очередь «Билайн» предлагает услугу «Видеопрокат» на Smart TV и IPTV-приставках, а Megafon.TV оказывает услуги, как на Smart TV, так и на планшете, но в основном на смартфоне и ПК.

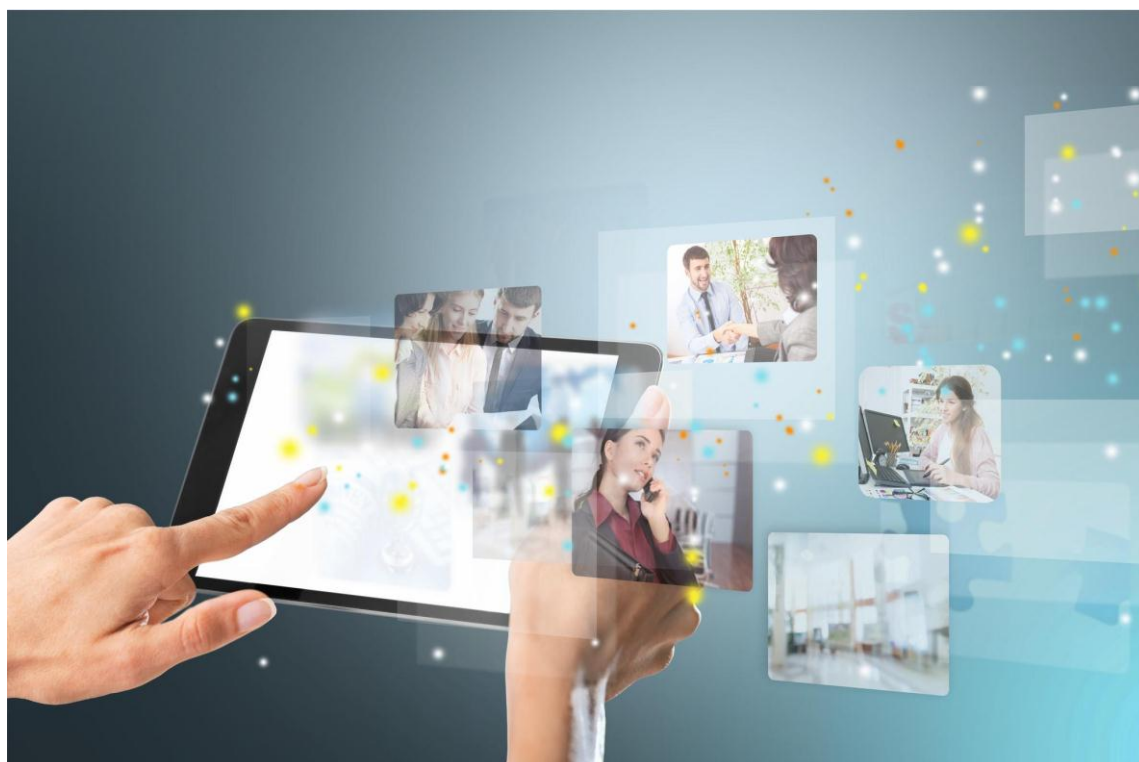


Рисунок 33- Распространение видеосервиса

Также нужно сказать и про операторов среднего и малого размера, они осуществляют сотрудничество с онлайн-кинотеатрами. В этом случае, самая

затратная и дорогая часть вложений, то есть приобретение контента, уже решена. Данный метод работы предлагает пользователю нужный ему контент из широкой библиотеки. Таким образом, услуга работает по схеме разделения доходов (Revenue Share).

Телевизионное коммерческое вещание в 4K формате впервые в 2015 году запустила компания «Триколор». На сегодняшний день транслируется пакет UHD программ, состоящих из трех каналов, абонентская плата за него составляет 1200 рублей в год. Выход на рынок UHD TV привёл к тому, что продажи сетевого оборудования и производительных серверов выросли, так как мощность операторов, запустивших такой сервис, поднялась в разы. Это привело к тому, что киностудии способны снимать и передавать фильмы с еще более высоким качеством картинки и звука.

Был проведён анализ, из которого следует, что 400 моделей телевизоров с возможностью воспроизведения Ultra HD формата представлены на сегодняшний день на российском рынке. Из них большую половину делят две южнокорейские компании: Samsung и LG. После них с большим отрывом идут Sony, Philips и Panasonic. Но ведется активное рекламирование моделей новых, прежде всего китайских, брендов. [20]

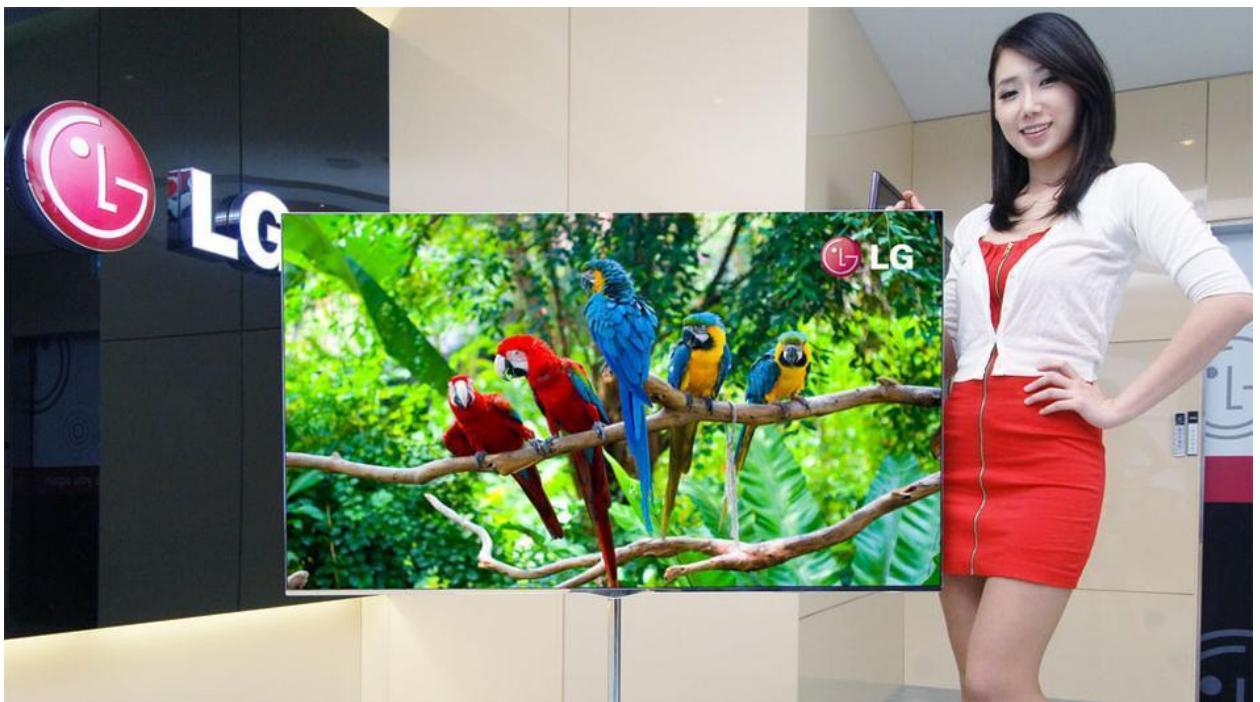


Рисунок 34 – Телевизоры с поддержкой UHD формата

В 2017 году компания Samsung продала на российском рынке больше полумиллиона телевизоров с поддержкой UHD формата, что составило примерно 10% от всего количества проданных телевизоров компанией. Успех таких продаж увеличивается, благодаря постоянному усовершенствованию технологии телевизоров. В 2016 году Samsung представил на рынке совершенно новый продукт — телевизор SUHD, обладающий самой идеальной технологией цветопередачи и построенный на основе изогнутого экрана. Улучшение качества добились с помощью использования процесса ремастеринга изображения, то есть процесса обработки фонограмм, имеющего цель улучшения его субъективного восприятия при воспроизведении на звуковоспроизводящих устройствах, обладающих различающимися параметрами. В результате применения процесса ремастеринга изображения SUHD Re-mastering Engine и технологии Nano Crystal, новые телевизоры Samsung SUHD TV будут обеспечивать наблюдение очень насыщенной, яркой и четкой картинки с высокой точностью цветопередачи — в 64 раза больше, если сравнивать их с обычными телевизорами. Применение изогнутого экран позволит зрителю наблюдать эффект присутствия.[21]

4.1 Выводы

Главными операторами предоставления TV считаются «Ростелеком» и «Триколор». Эти операторы используют привлечение новых клиентов, благодаря предоставлению большего количества услуг и подбирая удобные пакеты опций под каждого абонента. «Ростелеком» предоставляет видеосервисы, которые стали применяться как на мобильных устройствах, так и на ПК, Smart TV и STB. Самой востребованной услугой на сегодняшний день на рынке является-видео по запросу. В 2016 году компанией J'son & Partners, был посчитан доход сетей платного ТВ от предоставления услуг VOD/PPV

(Video on Demand / Pay per View), который составил в среднем 950000 рублей в месяц. В 2017 году компания Samsung продала на российском рынке больше полумиллиона телевизоров с поддержкой UHD формата, что составило примерно 10% от всего количества проданных телевизоров компанией. Успех таких продаж увеличивается, благодаря постоянному усовершенствованию технологии телевизоров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе были исследованы методы и особенности формирования и кодирования сигналов для передачи изображения сверхвысокой чёткости. Кроме того, проведен анализ системы 4К с выявлением возможностей и преимуществ. А также рассмотрены методы доставки видеоконтента через интернет сеть, кабельную сеть, спутниковую сеть и по средствам эфирного вещания.

Описаны базовые концепции телевидения с углублением в цифровую компрессию видеосигнала на основе применяемого повсеместно лицензируемого стандарта сжатия видео и его сравнение с форматом видео сжатия с применением более эффективного алгоритма.

Исследование показало, что разрешение 4К превосходит физиологические возможности органа зрения человека воспринимать изображение, именно поэтому нет смысла приобретать технику для просмотра Ultra HD по более высокой цене в сравнении с Full HD.

Технологии обработки изображения развиваются и стремятся представить картинку всё более чётко. На сегодняшний день уже получили разрешение 4К телевизоры, ноутбуки, планшеты и даже телефоны. Такие нововведения станут применяться и в сфере деятельности дизайнеров, художников и проектировщиков.

Таким образом, поставленная в ВКР цель достигнута, все задачи решены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Быков Р.Е., Сигалов В.М., Эйссенгардт Г.А. [Текст] // Телевидение, 2016-№10. С 61-66.
2. В игру вступают технологии 4К. Ежегодный аналитический обзор Технологии и средства связи. [Текст] - 2013. - №3. С 11-15.
3. Вилкова Н.Н. 75 лет электронному телевидению в России.[Текст] Электросвязь. - 2013. -№12. - С.11-14.
4. ГОСТ 53533-2009. Цифровое телевидение высокой четкости. Общие требования. [Текст] Стандартиформ. - М., 2010.
5. Крюгер, А., Шапоров, В. Ubiquity tv: теперь телевизор можно смотреть по-другому . Т-Comm: Теле- коммуникации и транспорт. [Текст] 2011. Т. 5. № 1. С. 44-46.
6. К транспортировке 4К-контента готовы? [Текст] / Прокопенко К. // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – октябрь 2016. – С. 58 – 60.
7. Кириллов В.И., Ткаченко А.П. // Телевидение и передача изображение [Текст], 2009- С. 156-157.
8. Каринен Х. Сети UMTS. Архитектура, мобильность, сервисы [Текст] . – М.: Техносфера, 2009, С. 28 – 29
- 9.Зубарев Ю.Б., Кривошеев М.И., Красносельский И.Н. // Цифровое телевизионное вещание [Текст] . 2010– № 11. С. 586-600.
10. Самойлов В.Ф., Хромой Б.П. //Основы цветного телевидения [Текст], 2012-№ 7. С. 95-96.
11. Смирнов А.В. //Основы цифрового телевиденья [Текст], 2013-№4. С 141-153.
12. Телевидение в России в 2015 году. Состояние, тенденции и перспективы развития. Отраслевой доклад [Текст] / Под ред. Е. Л. Вартановой, В. П. Коломийца. – Москва: Федеральное агентство по печати и массовым коммуникациям, 2016 – с. 95.

13. Несколько слов об UHD-вещании в России [Текст] / Д. Колесов // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – сентябрь 2016. – С. 18 – 20.
14. 4К: дороги, которыми России еще только предстоит пройти [Текст] / Бедрань В. // Телеспутник. Журнал о цифровом телевидении. – сентябрь 2016. – С. 22 – 24.
15. Локшин Б.А. // Телевизионное вещание. От студии к телезрителю [Текст], 2010 – № 4. С. 66-68.
16. Филипп Казаков. h264. Год спустя. Кодирование видео в MPEG-4 AVC. Часть первая [Текст]// - Журнал «Компьютерра-онлайн» —2006, С. 38 – 45
17. Статья «Акселератор вещания» ООО "Телекритика" [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://www.broadcast.telekritika.ua> (Дата обращения: 16.10.2017)
18. Особенности при работе с форматом 4К [Электронный ресурс] // Официальный блог компании IMS, Interactive Multimedia Solutions/ Режим доступа – <http://blog.imsolution.ru/2015/01/28/особенности-при-работе-с-форматом-4k/> (Дата обращения 25.04.18).
19. Статья «Netflix Testing Ultra HD 4K Video Streams» [Электронный ресурс].Режим доступа – <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2426728,00.asp> (Дата обращения: 26.11.2017).