

**Организация телевизионного вещания на
основе IP технологии в новом учебном здании
Санкт-Петербургского Государственного
университета телекоммуникаций им. проф. М.А.
Бонч-Бруевича**



*Факультет РС, ТВ и МТ
Сизов А.А.*

*Санкт-Петербург
2008 г.*

Реферат

В дипломном проекте разрабатывается сеть ТВ вещания на основе IP технологии в новом учебном здании Санкт-Петербургского Государственного Университета Телекоммуникаций им. проф. Бонч-Бруевича (СПбГУТ). Дипломный проект содержит 140 страниц, из них 26 таблиц, 34 рисунков и 2 приложения.

Ключевые слова: сеть IP телевидения (IPTV), MPEG-4, Ethernet, Set Top Box (STB), головная станция, сервер Middleware, “Видео-по-запросу” (Video-on-demand), система управления, коммутатор, вещательная сеть.

Цель проекта – разработка, расчет и организация системы вещательной сети на основе IP технологии в новом здании университета (пользователями являются студенты и сотрудники СПбГУТ) для трансляции пакета эфирных программ из 18 каналов ТВ каналов, сигнала HD качества видео студии, пакетов цифровых спутниковых программ и предоставлении интерактивных услуг, таких как “Видео-по-запросу”. Сеть охватывает новое 7-ми этажное здание университета находящееся по адресу пр. Большевиков 22 корпус 1.

В качестве источников программ использованы собственные программы, формируемые видеостудией СПбГУТ, эфирные каналы, а также каналы цифрового спутникового вещания.

Сеть строится на основе высокоскоростной волоконно-оптической магистрали (транк) , с переходом на кабель типа “витая пара” на участке от коммутатора, расположенного на этаже, до источника вывода видео сигнала.

Рассмотрены вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности человека при строительстве и эксплуатации вещательной сети IP телевидения.

Проведен технико-экономический расчет и сделаны выводы об экономической целесообразности строительства сети.

Содержание

Реферат	3
Введение	9
1 Раздел. Принцип построения ТВ сетей на основе IP технологии	15
1.1 Принцип передачи видео по сети IP	15
1.2 Архитектура сети для передачи видео на основе IP технологии	16
1.3 Мультикастинг - как способ доставки видео.....	19
1.4 Архитектура мультикаст систем	23
1.5 Многоадресная рассылка и смена канала.....	27
1.6 Многоадресная рассылка в распределительной сети (PIM SSM)	29
1.7 Требования видеослужб к архитектуре сети	31
1.8 Требования к качеству обслуживания (QoS)	32
1.9 Требования к сети, для реализации услуги “видео по запросу” (Video-on-Demand (VOD)).....	33
1.10 Управление доступом к широковещательному видео	35
1.11 Сеть доступа для вещательной сети (IPTV).....	37
1.12 Технология мультиплексирования	38
1.13 Ограничение пропускной способности сети	44
1.14 Буферизация.....	46
2 Раздел. Разработка структурной схемы сети IPTV	49
2.1 Головная станция	51
2.1.1 SAT приёмники	51
2.1.2 Базовый блок головной станции. Двойной демодулятор. Кодер MPEG 2. Модульный медиа конвертор...	52
2.2 Центральная часть	53
2.3 Система защиты контента (CAS/DRM)	54
2.4 Сервер с программным обеспечением (Middleware)	54

2.4.1	Сервер управление IP трафиком и каналами	55
2.4.2	Серверы “видео по запросу”	55
2.4.3	Биллинговая система учета	56
2.5	Пользовательская часть. Абонентская приставка (STB)	56
3	Раздел. Разработка системы дистанционного управления оконечным оборудованием пользователя вещательной сети IPTV	58
3.1	Список оборудования для системы управления вещательной сети (Ip-Tv) СПбГУТ	60
3.1.1	Центральный контроллер	60
3.1.2	Контроллер управления.....	62
3.1.3	ИК-эмиттер (IR Emitter)	63
4	Раздел. Анализ и выбор оборудования.....	64
4.1	Требования к системе вещательной сети (IPTV)	64
4.1.1	Разработка требований к системе вещательной сети (IPTV) университета. Требования к структуре	65
4.1.2	Требования к надежности.....	65
4.1.3	Требования по стандартизации и унификации.....	66
4.2	Требования к защите информации от несанкционированного доступа. Выбор системы CAS/DRM...	66
4.3	Требование к аппаратно-программному комплексу. Выбор интерфейса интерактивного доступа Middleware.....	68
4.4	Система “Видео по запросу” и “виртуальный кинозал”	71
4.5	Абонентские устройства	74
4.5.1	Письмо от компании NetUp, программное обеспечение (ПО) (Middleware) которой используется в системе IPTV, о плохой совместимости ПО Middleware с абонентской приставкой D-link DIB-120HD	76
4.6	Базовый блок головной станции	81

4.6.1	Двойной демодулятор	83
4.6.2	Кодер MPEG 2	84
4.6.3	Модульный медиа конвертер MMC (RGB).....	85
4.6.4	Кодер MPEG- 4.....	88
4.6.5	Видеостример/мультиплексор DVB-IP.....	91
4.6.6	Спутниковая антенна азимутальная со стойкой.....	94
4.7	Стойка для антенн Супрал	96
4.8	Конвертор C-Band & KU-Band	96
4.9	Антенна Эфирная	98
4.10	ЖК телевизор	99
5	Раздел. Разработка схемы межэтажных и этажных разветвлений сигналов	103
5.1	Коммутационное оборудование и сеть передачи сигналов.....	103
5.2	Разработка схемы межэтажной (вертикальной) кабельной сети	105
5.3	Разработка схемы этажного разветвления сигналов ..	106
6	Раздел. Расчет элементов сети: Расчет энергетических характеристик радиолинии спутник - приемник	109
6.1	Расчет уровня сигнала	109
6.2	Расчет шумов приемной установки	110
6.3	Расчет энергетических характеристик радиолинии....	110
7	Раздел. Разработка конструкции шкафа для размещения оборудования вещательной сети IPTV	113
8	Раздел. Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности.....	115
8.1	Анализ характеристик сети IP TV.....	115
8.2	Мероприятия по технике безопасности	115
8.3	Защита от статического электричества.....	117
8.4	Защита от электромагнитного излучения.....	118

8.5	Мероприятия по эргономическому обеспечению	119
8.6	Микроклимат	120
8.7	Освещение	122
8.8	Шум	125
8.9	Мероприятие по пожарной безопасности.....	125
9	Раздел. Техничко-экономические расчеты	128
9.1	Расчет капитальных вложений.....	128
9.2	Расчет эксплуатационных расходов	134
9.3	Расчет ФОТ.....	135
9.4	Расчет Фесн	135
9.5	Расчет амортизационных отчислений	135
9.5.1	Расчет материальных и прочих затрат	136
	Список использованных источников.....	138
	Приложение 1	139
	Приложение 2	140

Введение

Телевизионное вещание является уникальным по оперативности средством массовой информации, поскольку один источник телепрограмм в считанные доли секунды обеспечивает информацией от нескольких тысяч до миллиарда телезрителей.

Самым простым способом массового распределения телепрограмм является использование для передачи сигналов открытого пространства. По целому ряду причин, таких как отсутствие: регулярного отражения от ионосферы, рефракции и ослабления энергии радиоволн в атмосферных осадках, для совместной передачи ТВ сигналов изображения и звука выбраны метровые (частоты 48...230 МГц) и дециметровые (частоты 470...862 МГц) радиоволны. Но в связи с жестким нормированием частотных полос для передачи информации об изображении и звуке телепрограммы, согласно Рекомендациям Международного Консультативного Комитета по Радио (МККР), в отведенных участках частотного диапазона 48...230 МГц удалось разместить 12, а частотного диапазона 470...862 МГц разместить 16 радиоканалов ТВ вещания.

Идея использования закрытой среды распространения (кабеля) для передачи сигналов телевидения рассматривалась разработчиками в самом начале становления вещательного телевидения как альтернатива открытому радиоканалу. Однако сложности передачи широкополосного ТВ сигнала по тем несовершенным кабельным линиям, разработка достаточно хороших телевизионных радиопередатчиков метрового диапазона, локальность телевещания при передаче единственной программы и экономические соображения предопределили выбор в пользу радиоканала, который широко используется для ТВ вещания во всех странах мира и сейчас.

Однако уже в начале 50-х годов в США начали строить первые СКТВ на основе коаксиального радиочастотного кабеля. Главным преимуществом таких систем было увеличение числа передаваемых программ с одной до

двух-трех и точная адресация их конкретному кругу абонентов. Тем не менее, основным руслом развития ТВ вещания, как в США, так и во всем мире стало использование открытого радиоканала.

По мере формирования сети распределения телепрограмм, увеличения числа передающих станций и ретрансляторов, увеличения числа передаваемых телеканалов все острее стали сказываться “теснота в эфире”, ухудшение электромагнитной обстановки, снижения качества приема радиосигнала. Особенно заметно это проявлялось в крупных городах с разнотипной гражданской и промышленной застройкой, большим количеством источников индустриальных помех, со стремительно растущим числом ТВ приемных антенн на крышах зданий. Поэтому уже в начале 50-х годов начались поиски методов коллективного приема радиотелевизионных сигналов. Первыми появились пассивные устройства коллективного приема телевидения типа “антенна на подъезд”, которые позволили сократить число приемных антенн, устанавливаемых на крышах зданий, и несколько улучшить качество принимаемого сигнала за счет усложнения конструкции общей антенны. Недостатками такого типа приема являются небольшие расстояния от передающей станции, количество абонентов невелико и количество ТВ программ, принимаемых абонентом, равно числу радиотелевизионных передатчиков, работающих в данной местности.

Увеличение числа абонентов в такой распределительной сети возможно только в результате установки специального усилителя после приемной антенны или на каком-то участке распределительной линии. Эти потребности привели к разработке специальной усилительной техники и других компонентов для приемной ТВ сети, которые стала выпускать промышленность. На их основе в 70-е годы были созданы системы коллективного приема ТВ СКПТ (сеть коллективного пользования телевидением), рассчитанные на подключение сотен абонентов, т. е. начался второй этап развития приемной сети. Одна СКПТ могла обеспечивать качественный прием телепрограмм в крупных многоквартирных домах.

Появилась возможность установки антенны в наиболее благоприятном месте для приема радиосигналов ТВ вещания, что особенно важно в местах городских застроек, имеющих зоны радиотени. Но СКПТ продолжала оставаться системой ретрансляционного типа без изменения числа и параметров передаваемых ТВ радиосигналов.

Аналогичная картина развития средств КПТ наблюдалась в 50-е и 60-е годы в США и европейских странах. Однако в США продолжалось строительство систем кабельного телевидения не ретрансляционного типа, главной целью которых являлась доставка абонентам большего числа телепрограмм от собственного центра кабельного телевидения. К началу 70-х годов там было более 2 тысяч систем кабельного телевидения с числом абонентов свыше 2,5 млн., максимальным числом передаваемых программ до 12 и полосой пропускаемых частот в кабельной линии до 200 МГц. Отдельные экспериментальные работы по кабельному телевидению велись и в других странах.

В эти десятилетия были разработаны принципы построения магистральных радиочастотных кабелей, ламповых и транзисторных широкополосных усилителей ОВЧ-диапазона, технология подготовки многопрограммного абонентского телевидения, найдены оптимальные структуры построения распределительных сетей КТВ.

Два мощных фактора - внедрение спутникового телевидения, дающее большое число телепрограмм, и полная бесперспективность получения дополнительных радиоканалов вещательного ТВ (3 - 4 ТВ канала выделено каждой европейской стране) - заставили поднять проблемы не ретрансляционного КТВ в 70-е годы на правительственный уровень. Во многих странах были созданы национальные ассоциации КТВ и приняты правительственные решения по его текущим и перспективным проблемам (Франция, 1982г.; Англия, 1985г.; ФРГ, Япония, 1972г.). Число распределяемых телевизионных и звуковых программ в сетях КТВ неуклонно приближалось ко второму десятку, полоса пропускаемых частот

магистральных усилителей расширилась до 400 МГц, длина магистральных линий увеличилась до десятка километров с соответствующим ростом числа магистральных усилителей до 50 и увеличением числа абонентов до 20 тысяч и более; появились каналы обратной связи и тенденции к созданию интерактивных СКТВ.

Начало 21 века ознаменовалось широким развитием широкополосных сетей и проникновением высокоскоростных локальных сетей, с возможностью выхода в сеть Интернет, в каждый дом. Используя протокол передачи данных IP появляется возможность передавать по одной и той же сети и данные, и телефонию и видео. Начинает реализовываться так называемая концепция сети “Triple play”. Используя всего лишь одну сеть вы получаете возможность пользоваться Интернетом, IP телефонией, смотреть спутниковое и эфирное телевидение. IP-TV – это технология, позволяющая эффективно передавать телевизионный канал по интернет-протоколу. В отличие от традиционных видов цифрового телевидения (эфирного, кабельного и спутникового) IP-TV – полностью интерактивный сервис, функционирующий в рамках мультисервисных сетей Triple Play. По сути, технология IP-TV не имеет ограничений по количеству каналов (число их может достигать от 30 до 100 и более) и качеству транслируемого контента. Все зависит лишь от пропускной способности сети и территории ее охвата. Спутниковые и обычные аналоговые ТВ-каналы также можно принимать с помощью IP-TV, если перекодировать их для просмотра в сети.

Фактически сети IP-TV – это персональные, индивидуальные сети, где каждый пользователь может выбирать контент по своему желанию.

Возможности IP-протокола позволяют предоставлять широкий пакет интерактивных и интегрированных услуг, таких, например, как:

- “Видео по запросу” - запрос и просмотр видеофильмов, ТВ-передач в любое удобное время;

- Управляемая цифровая запись видео – сохранение контента в сети или STB с целью последующего индивидуального просмотра;

- Дистанционное управление видеомagniтофоном - средства для управления сервисами с мобильного телефона, ПК и других устройств;

-“Отложенный просмотр ТВ-передач” – возможность повтора понравившихся фрагментов передачи с помощью канала, передающего контент с задержкой (обычно кратной 1 часу);

- “интерактивные сервисы” – обеспечение двустороннего канала, обратной связи между пользователем и производителем контента, а также другими пользователями в целях интерактивного взаимодействия;

- “поддержка нескольких камер” - возможность абонента “переключать” ТВ-камеры, используемые во время трансляции

Для оператора достоинства IP TV заключаются в отсутствии частотных ограничений, а следовательно и в отсутствии ограничений на количество каналов, и возможность легко добавлять новые интерактивные услуги.

В западной Европе сети IP TV получили широкое распространение, достигнув емкости порядка 8 млн абонентов и продолжают развиваться. Число западноевропейских подписчиков услуг IP-TV увеличится, согласно исследованиям Gartner, до 16,7 млн в 2016 году. В России сети IP TV достаточно недавно введены в эксплуатацию в крупных городах (Москва, Санкт-Петербург) и также продолжают расширяться и тестироваться.

Особенно актуален вопрос телевидения в образовании. Возможность дистанционного обучения и организации семинаров с любой точкой мира. Международные межуниверситетские виртуальные конференции, общение с интересными людьми и получение любой интересующей информации – всё это в большинстве стало возможным при увеличении пропускной способности сетей и развитии технологий. Именно в последние годы IP телевидение активно развивается и предлагает всё более приемлемые параметры качества и надежности. Вещательная телевизионная сеть университета актуальна на сегодняшний день не только для распространением информационного контента среди студентов, преподавателей и сотрудников ВУЗа. В дальнейшем, возможно использовать

информационный материал университета для дистанционного образования студентов не только других городов, но и стран. Всё это возможно с помощью IP технологии. Тесное взаимодействие телевидения и сетевых технологий за последние годы сформировало много информационных ресурсов в сети Интернет. IP технологии позволяет оптимизировать скорости распространения видеопотока в канале локальной сети, а современные способы доставки видео сигнала делают услугу видео по сети вполне приятной для просмотра. Так же реализуется технология передачи в IPTV сети телевидения высокой четкости (HDTV). В данный момент одна из наиболее перспективных областей -сетевая и телекоммуникационная. Использование технологий для образовательного процесса на сегодняшний день является ключевым фактором успеха для любого образовательного учреждения. Сетевые технологии тесно переплетаются с большинством преподаваемых дисциплин в ВУЗе и уже являются неотъемлемой частью жизни многих людей. Безусловно, анализируя сферу развития телекоммуникационных и сетевых технологий, можно с уверенностью сказать о перспективности использования IP телевидения в образовании и информатизации структуры университета.

Целью данного проекта является организация телевизионного вещания на основе IP технологии в новом учебном здании СПбГУТ, с возможностью трансляции каналов цифрового спутникового и эфирного телевидения, развития информационной среды университета, формирование базы видео материалов для дистанционного обучения и предоставлению абонентам различных интерактивных образовательных услуг. Закладываемое в проект активное и пассивное оборудование сети IP TV удовлетворяет всем техническим требованиям, имеет соответствующие сертификаты и используется в сетях IP TV как за рубежом, так и в сетях IP TV России.

Проект разработан в соответствии с действующими нормами, ГОСТ-ми и правилами. Обеспечивает безопасную эксплуатацию систем при соблюдении предусмотренных проектом мероприятий.

1. Раздел. Принцип построения ТВ сетей на основе IP технологии

1.1 Принцип передачи видео по сети IP

Для того чтобы интегрировать вещательное видео с пакетной природой IP-сетей, необходимо преодолеть несколько технологических барьеров. Только тогда результат такого объединения будет работоспособным.

Первый из таких барьеров — джиттер. Файлы, содержащие видео, имеют очень большие размеры, чтобы передать по сети целый файл, может понадобиться несколько часов. Выход состоит в том, чтобы воспроизводить видео по мере загрузки пакетов. Тем не менее, из-за таких факторов, как изменение маршрутизации, перегрузка сети или сдвиг по времени, пакеты не всегда приходят с одинаковой скоростью, а порой меняется и порядок их прихода. Таким образом джиттер представляет собой изменение времени задержки между пакетами данных и выражается в неравномерной передаче видео. Стандарт DVB допускает джиттер до 50 нс (DVB-C (VHF/UHF) используется QAM: 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM или 256-QAM), но типичный сетевой джиттер может достигать 100 мс. При использовании улучшенной технологии, основанной на сложных алгоритмах управления буфером можно снизить джиттер до определенного стандартом DVB значения и добиться приемлемого качества видео. В буфере пакеты сохраняются по мере их прихода. Они собираются в буфере еще до того, как будут использоваться, поэтому можно добавить даже пакеты, пришедшие с опозданием.

Вторым барьером является потеря пакетов - обычное для сети явление, случающееся в моменты перегрузки сети. Пакеты выпадают, что выражается в появлении видимых “дыр” в видео. Для решения этой проблемы применяются алгоритмы FEC (системы прямого исправления

ошибок).

Есть еще проблема изменения порядка следования пакетов. Она имеет место потому, что пакеты посылаются разными маршрутами, которые отличаются скоростью передачи и количеством сетевых узлов. Для ее решения можно использовать технологию упорядочивания пакетов на основе RTP-инкапсуляции, гарантирующей последовательную передачу видео.

1.2 Архитектура сети для передачи видео на основе IP технологии

Для того чтобы поддерживать услуги IPTV, сети должны иметь возможность масштабироваться до миллионов пользователей, иметь достаточный ресурс полосы пропускания и обеспечивать качество обслуживания (QoS) и безопасность на всей цепочке технологического цикла. По этим и другим причинам особую важность при развертывании передачи видео по широкополосной сети приобретает интеллектуальность сети. Услуги видео в будущем будут доставляться по IP-сетям следующего поколения (IP NGN). Требования таких услуг серьезно отличаются от требований услуг высокоскоростного доступа в Интернет.

Широко практикуется разделение сети, основанной на протоколе TCP/IP, на логические сегменты, или логические подсети. Для этого каждому сегменту выделяется диапазон адресов, который задается адресом сети и сетевой маской. Логические подсети соединяются с помощью маршрутизаторов или коммутаторов 2 - 3 уровня. Существует несколько разновидностей архитектур передачи IPTV, и каждая касается четырех логических сегментов сети – ядра сети, распределения, агрегирования и доступа – по-разному приводя к решению. Главное преимущество агрегации каналов в том, что радикально повышается скорость - суммируется скорость всех используемых коммутаторов. Так же в случае отказа коммутатора трафик посылается следующему работающему коммутатору, без прерывания

сервиса. Если же коммутатор вновь начинает работать, то через него опять посылают данные. Использование в параллель несколько Ethernet-коммутаторов выглядит так. Допустим, есть два адаптера Ethernet: ent0 и ent1. Их можно объединить в псевдо-Ethernet- коммутатор ent3. Система распознает эти агрегированные коммутаторы как один. Все агрегированные коммутаторы настраиваются на один MAC-адрес, поэтому удалённые серверы обращаются с ними как с один адаптером. ent3 можно настроить на один IP адрес, как любой Ethernet коммутатор. Из-за этого программы обращаются к нему как к самому обычному коммутатору, скорость которого в два раза выше.

Сегменты сети распределения и агрегирования предъявляют уникальные требования. На эти требования можно реагировать различными способами, которые характеризуют важный выбор, например, где находится граница уровня L3 (IP), у которого желательна поддержка предотвращения отказов, и как оптимизируется полоса пропускания. L3 (Level 3)- это третий уровень в стеке протоколов, сетевой уровень модели OSI соответствует уровню IP-протокола. На этом уровне устройство может обрабатывать пакеты IP, используя информацию из полей этого протокола, например, IP-адрес источника или получателя. Таким образом, возможна маршрутизация пакетов IP. В нашем случае это реализуется коммутаторами третьего уровня.

Главное архитектурное решение лежит в положении границы уровня L3, и здесь есть важная возможность размещение уровня L3 на маршрутизаторах агрегирования. Существуют неоспоримые причины для установки места уровня L3 на уровне агрегирования между сетью провайдера и ТВ-приставкой (STB) абонента. На рис. 1.1 показано эффективное многоадресное распределение с использованием маршрутизаторов уровня L3 и L2. Уровень L3 определяет кратчайший путь к источнику. На уровне L2 выполняется репликация каждого многоадресного пакета по кольцу.

На рис. 1.2 показан пример сети с многоадресной рассылкой IP, включенной в маршрутизаторы агрегирования. Для управления многоадресным трафиком

третьего уровня маршрутизаторы задействуют широковещательные протоколы PIM-SM или PIM-SSM. IGMP- Широковещательный протокол взаимодействия групп в Интернете используемый, например, абонентскими приставками Set-Top Box для подключения или отключения многоадресных потоков (многоадресный поток - это эквивалент телевизионного канала).

Эффективная многоадресная доставка требует, чтобы протокол IGMP действовал во всей сети доступа, причем выполняться он должен как можно ближе к местонахождению предполагаемых абонентов.

Рис. 1.1 Эффективное многоадресное распределение (использование маршрутизаторов для широковещательного ТВ)

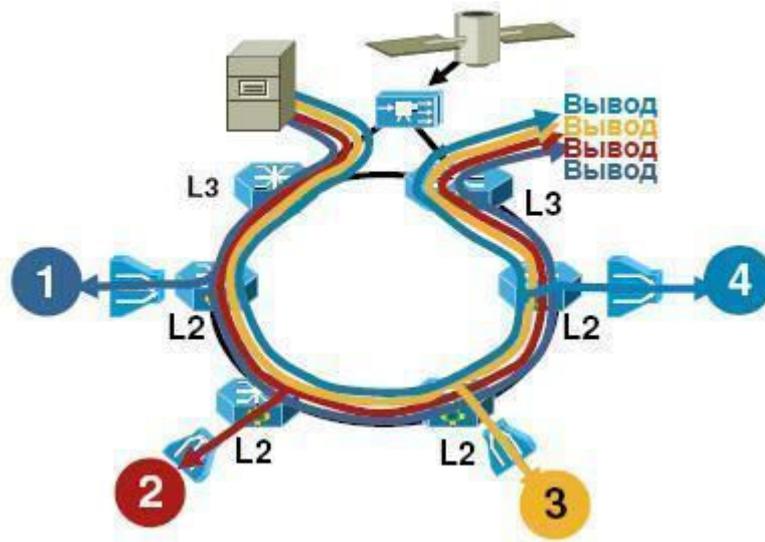
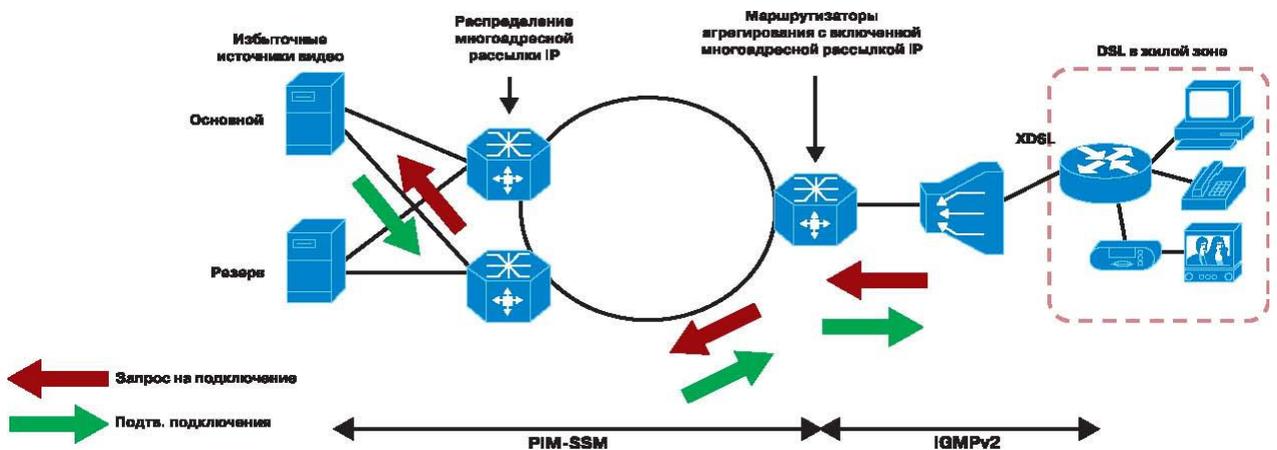


Рис. 1.2 Простая многоадресная рассылка IP в агрегированной сети



1.3 Мультикастинг - как способ доставки видео.

Мультикастинг (multicasting) - это процесс одновременной доставки видео сигнала нескольким получателям. Все получатели имеют одинаковый сигнал в одно и то же время, как и в обычном телевидении. Можно сказать, что все ТВ вещание (спутниковое, эфирное, кабельное) соответствует концепции мультикастинга. Однако термин "мультикастинг" используется в основном в контексте с IP сетями. Для более точного понимания термина мультикастинг, рассмотрим для начала процесс юникастинг (unicasting). При юникастинге каждый видеопоток предназначен только для одного получателя. Если несколько абонентов хотят смотреть одну и ту же программу (учебный фильм), то источнику сигнала необходимо создать соответствующее число юникастовых потоков от источника до каждого получателя. Говоря про юникастовое вещание в IP сетях, мы говорим о традиционном пути, по которому проходят пакеты видеопотока от источника до получателя. Источник видеопотока подготавливает каждый пакет с указанием IP адреса получателя, и пакеты проходят по сети с незначительными модификациями, заключающимися в основном в изменении поля TTL (Time To Live). Соответственно, когда один и тот же видеопоток запрашивают несколько получателей, источник должен подготовить соответствующее количество IP пакетов со своими IP адресами получателей. При увеличении количества юникастовых запросов возрастает нагрузка источника, что в конечном итоге приведет к невозможности создавать новые индивидуальные IP пакеты. Например, если мы хотим организовать вещание для 20-ти пользователей и передавать видеопоток со скоростью 2.5 Мбит/сек, то нам необходимо обеспечить сетевое соединение источника с пропускной способностью, по крайней мере, 50 Мбит/сек.. Основным преимуществом юникастового вещания является то, что абонент может посмотреть именно то, что он хочет в данный момент времени. Обычно системы юникастового вещания дополняются функциями,

обеспечивающими остановку, паузу и перемотку при просмотре. Системы юникастового вещания не требуют специального оборудования, как для мультикастовых приложений. Данные системы могут работать даже на базе Internet. К недостаткам юникастовых систем можно отнести необходимость наличия большого процессорного и сетевого ресурса на источнике видеопотоков. Также необходима достаточная полоса пропускания между источником и получателем, даже в случае, когда, например, 50 получателей, находящихся в одном здании захотят одновременно смотреть каждый свою программу - в данном случае полоса пропускания сети должна быть, по крайней мере, в 50 раз больше, чем ширина канала, необходимая для передачи одного видеопотока. Источник видеосигнала должен следить за состоянием каждого сетевого устройства, пославшего запрос на просмотр, а это тоже отнимает ресурсы. При мультикасте один видео поток могут получить одновременно все абоненты сети. Используя специальные протоколы, сеть направляет копии данного потока каждому получателю. Процесс создания копий видеопотока происходит внутри самой сети, не затрагивая ресурсы источника видеопотока. Копии видеопотока доставляются до каждого получателя, только если от него поступал соответствующий запрос. IP сети поддерживают функцию, названную бродкастинг (broadcasting - широковещательные пакеты), при котором IP пакет доставляется каждому сетевому устройству. Каждое устройство, получившее такой широковещательный пакет, должно его обработать соответствующим образом. Широковещательные пакеты не должны использоваться для организации видео вещания, не смотря на то, что пакеты небольшие, они могут "забить" все сетевые устройства сети, даже если они данным устройством не запрашивались. В тоже время большинство маршрутизаторов сетей сконфигурированы на запрет пересылки широковещательный пакетов из одной сети в другую, что также ограничивает возможность использования бродкастовых пакетов для организации видео вещания. IP мультикастинг в чистом виде подразумевает

пересылку пакетов только тем устройствам, которые выполнили соответствующий запрос, тем самым, присоединившись (joining) к мультикасту. Специальные сетевые протоколы позволяют сети организовать доставку одинаковых пакетов множеству получателей. Это достигается путем присвоения пакету специального адреса из диапазона адресов, зарезервированных под мультикастинг. Эти же протоколы позволяют новым пользователям присоединяться к выбранному мультикасту.

Большинство сетевых устройств (таких как маршрутизаторы) имеют возможности обработки мультикастовых пакетов, но по умолчанию в большинстве сетей данная функция заблокирована, в виду значительного увеличения нагрузки по обработке данных пакетов. Например, предположим, что на 12-ть портов маршрутизатора поступили запросы на просмотр мультикастового вещания. Эти порты должны быть соединены либо с конечным получателем, либо с другим маршрутизатором, если запросы пришли из других подсетей. Мультикасту необходимо создать 12 копий мультикастовых пакетов и послать каждую копию на свой порт, откуда поступили запросы. В тоже время, маршрутизатор должен постоянно следить за каждым портом на предмет поступления новых запросов и/или окончания просмотра на одном из портов. Данная функция поддерживается соответствующим программным обеспечением маршрутизатора. Одним из удобств мультикаста является простота процесса подключения, и отключения для абонента в любой момент времени. Данная функция целиком возложена на сетевые устройства, и от источника видеопотока не требуется никаких действий при добавлении/удалении нового получателя мультикастового потока. Рассмотрим этот процесс подробнее.

В мультикастовых системах все получатели могут смотреть одновременно один и тот же видеопоток. Вот почему, когда новый пользователь захочет смотреть этот поток, он должен присоединиться (join) к мультикастовому потоку. Источник мультикастового потока отвечает за периодическую рассылку доступности видеопотока для пользователей сети

(за это отвечают SAP пакеты). Пользователи, которые хотят присоединиться к мультикастовому потоку должны сперва получить и проанализировать SAP пакеты, в которых содержится информация как сконфигурирован выбранный мультикастовый поток, после чего пользователь может выполнить подсоединение к потоку. Когда маршрутизатор получил запрос от пользователя на присоединение к мультикасту, он должен выполнить несколько действий. Сначала маршрутизатор должен определить сформировал ли уже он нужные пакеты для другого пользователя. Если да, то ему остается только создать копию этих пакетов и послать их новому пользователю. Если же нет, то маршрутизатор должен сделать соответствующий запрос устройству, находящемуся ближе к источнику видеопотока (выше по сетевой иерархии). После получения ответа от него, маршрутизатор должен направить полученные мультикастовые пакеты получателю. В данном случае (при мультикасте) в сети присутствуют только копии одного видеопотока, что уменьшает занимаемую полосу пропускания всей сети по сравнению с юникастовыми системами.

Процесс отсоединения пользователя от мультикастового потока так же влияет на эффективность функционирования сети. В данном случае пользовательское устройство должно информировать маршрутизатор о намерении отсоединиться от мультикастового потока. Получив такой сигнал, маршрутизатор прекращает посылку данного мультикаста на соответствующий порт и в случае, если больше нет пользователей, которые принимают данный поток, маршрутизатор сообщает вышестоящему маршрутизатору, что бы тот в свою очередь также прекратил посылку мультикаст пакетов на соответствующий порт. Данный процесс очень важен, т.к. без него сеть может очень быстро заполниться никому не нужными мультикаст потоками.

Преимущества мультикаста: только одна копия видеопотока вещается в сети, что уменьшает требования к полосе пропускания, причем видеопоток могут получать многие абоненты сети; процесс создания копий пакетов

видеопотока возложен на сетевые устройства, что разгружает источник видеопотока; простота развертывания системы вещания по IP сетям; при мультикасте возможно использования видеосигнала более высокого качества за счет меньшего сжатия.

К недостаткам мультикаста можно отнести то, что в данный момент времени абоненту можно смотреть только то, что вещается источником видеосигнала, и на это процесс повлиять нельзя. Сетевое оборудование должно поддерживать мультикастинг и должно быть сконфигурировано соответствующим образом. В большинстве случаев мультикаст возможно организовать только в частных сетях. Мультикаст увеличивает нагрузку на маршрутизаторы сети. Контроль со стороны оператора за подключением к мультикасту может оказаться сложной задачей. Достаточно сложной является задача интеграции сети общего пользования и частной сети, в которой развернут мультикастинг. Некоторые файрволы (шлюзы, NAT) блокируют мультикастовые потоки.

1.4 Архитектура мультикаст систем

Мультикастинг в IP сетях основан на IGMP (Internet Group Management Protocol). Данный протокол был разработан в 80-х годах и подвергался нескольким доработкам. Наибольшее распространение получил протокол IGMP Version 2 (V2). Последней версией является V3, но она не так распространена.

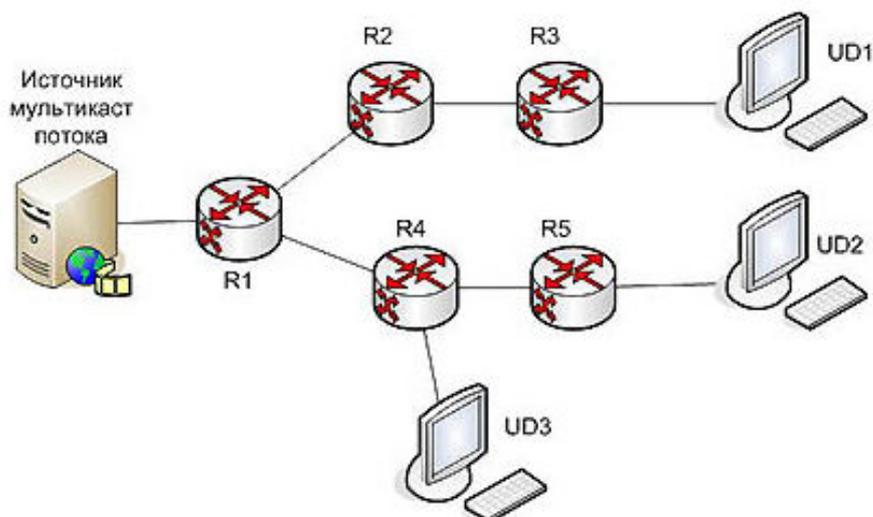
Назначением IGMP является предоставление информации для маршрутизатора о мультикастовых потоках/пакетах. Маршрутизаторы выполняют большую работу по обработке мультикастовых пакетов: пересылка и замена мультикаст пакетов для всех получателей, которым эти пакеты предназначены; правильная пересылка пакетов между портами; копирование входных мультикаст пакетов на несколько выходных портов в случае такой необходимости.

SAP (Session Announcement Protocol) используется для периодического

информирования мультикаст абонентов о программах (видео и звуковых потоках), которые присутствуют в мультикаст потоках сети. SAP напоминает телегид-сервис, присутствующий в некоторых кабельных сетях, когда в передаваемом списке присутствуют названия программ и номера их каналов. По аналогии, SAP используется для информирования о каждом мультикаст потоке, включая название программы и настройки для подключения к нему.

Возможно, наиболее важной информацией из SAP является мультикастовый адрес мультикаст потока. Получив его, абонентское устройство может сформировать требуемый запрос на подключение к выбранному мультикаст потоку. Один мультикаст источник может формировать множество мультикаст потоков, сведения о которых могут отражаться в SAP. Например, видео кодер может предлагать две версии одной программы: высокого качества и низкого качества (соответственно, первая для пользователей с быстрым подключением к сети, вторая - для пользователей с низкоскоростным подключением к сети провайдера услуг) и три звуковых потока (музыка, радио). В данном случае каждый пользователь может настроиться на поток, соответствующий возможностям сетевого соединения абонента. По умолчанию, SAP соединение происходит на групповом адресе 224.2.127.254 порт 9875. Специальное программное обеспечение на абонентских устройствах преобразует информацию, полученную из SAP, в список, удобный к просмотру пользователем. После выбора пользователем интересующей программы абонентское устройство (мультимедиа плеер) выполняет команду на подсоединение (joining) к соответствующему мультикаст потоку. "Присоединение" и "отключение" являются ключевыми понятиями в мультикаст системах. Если пользовательское устройство формирует запрос на получение мультикаст потока, то все сетевые устройства между получателем и источником должны быть переконфигурированы на доставку соответствующего мультикаст потока (см. рис 1.3).

Рис. 1.3 Архитектура мультикаст систем



Пользовательское устройство UD1 первым посылает команду "join" на просмотр доступного мультикаст потока. Маршрутизатор R3, являющийся ближайшим к UD1, определяет, что до этого момента он не получал данный мультикаст поток, поэтому он делает запрос на вышестоящий маршрутизатор R2, переправляющий в свою очередь запрос на R1. Маршрутизатор R1 начинает посылку мультикаст пакетов на R2. Тот - далее на R3, после чего пакеты попадают на UD1. Когда второй пользователь UD2 посылает запрос на получение мультикаст потока, цепочка запросов повторяется: UD2->R5->R4->R2. Т.к. R2 в этот момент времени уже пересылает нужный мультикаст поток другому получателю, то ему остается только сделать копию пакетов и направить их на R4 и далее до UD2 через R5. В следующий момент подключается третий пользователь UD3, подключенный напрямую к R4. Т.к. этому маршрутизатору не нужно инициировать новый поток, то он начинает просто копировать уже существующий.

Рассмотрим процесс отключения. Если пользователь UD1 решил прекратить просмотр, то он посылает команду "leave" (покинуть) на R3. R3 прекращает посылку мультикаст пакетов на UD1. Затем R3 должен проверить необходимость посылки данного мультикаст потока на другие

порты и, после подтверждения, что в данном потоке больше никто не нуждается, R3 посылает команду "leave" на R2. R2, в свою очередь, видя, что данный поток нужен другим получателям, просто прекращает "тиражирование" мультикаст пакетов на порт, к которому подключен R3. При этом пользователи UD2 и UD3 продолжают получать мультикаст поток.

Рассмотренный пример показал некоторую сложность процесса подключения и отключения от мультикаст потока. Это своеобразная плата за достигаемую эффективность сети. Необходимые для этого операции с IGMP могут создать значительную нагрузку на сеть, поэтому сеть, предназначенная для мультикаста, должна иметь соответствующие по производительности маршрутизаторы.

Основные особенности мультикаст потока:

1) между двумя точками сети пересылается только одна копия каждого из мультикаст потоков;

2) не имеет значения сколько получателей данного потока существует после маршрутизатора вниз по иерархии сети.

Важно отметить, что команда "leave" была введена только в версии IGMP V2. В версии 1 маршрутизатор должен был сам посылать запросы на состояние устройства, "слушающего" мультикасту. Если ответа от устройства не поступало, то маршрутизатор должен был самостоятельно прекращать передачу мультикаст пакетов. Если маршрутизатор выполнял такие запросы слишком часто, то это приводило к тому, что канал связи "забивался" такими запросами. Если бы такой метод использовался для систем "Видео по запросу по DSL": соединение с устройством могло бы быстро "заполниться" мультикаст потоком, который пользователь больше не смотрит, но при этом абонентское устройство от сети не отсоединено. В версии IGMP V2 данная проблема решается посылкой команды "leave" после прекращения просмотра данного мультикаст потока, что освобождает канал для других приложений и/или мультикаст потоков.

1.5 Многоадресная рассылка и смена канала

Существует заблуждение в том, что широковещательная IP- рассылка приводит к медленной смене канала в сети. Переход с канала на канал вызывает проблемы, потому что на телевизор передаётся всего один поток видео в каждый конкретный момент времени. Когда телезритель хочет сменить канал, он нажимает кнопку на пульте, посылая сигнал на STB, в свою очередь, посылает сигнал управления на коммутатор в сети. Коммутатор не должен после получения этого сигнала прекратить отправлять транслируемый поток, а затем начать передавать поток, соответствующий вновь выбранному каналу. Этим и обусловлена задержка по времени между моментами остановки коммутатором передачи одного канала и началом трансляции нового, выбранного зрителем.

Хотя несомненно, что остановка приёма канала многоадресной рассылки и начало приёма другого канала не являются мгновенными, многоадресная операция обычно занимает 50 мс. Причина того, что эта задержка такая низкая в том, что маршрутизатор агрегирования обычно обслуживает тысячи абонентов одновременно. Поскольку это число превышает число предлагаемых широковещательных каналов, вероятность запроса на подключение к многоадресной рассылке, идущего через весь путь к источнику близка к нулю. Кроме того, многоадресная рассылка не является главной составляющей в запаздывании смены канала. (См. табл 1).

Таблица 1

Задержка смены канала (данные приведены с учетом использования оборудования Cisco)

Факторы влияющие на задержку при смене канала	Типичная задержка
Остановка приема старого канала	50 мс

Факторы влияющие на задержку при смене канала	Типичная задержка
Задержка для остановки многоадресного потока	150 ¹ мс
Подключение к многоадресной рассылке нового канала	50 мс
Заполнение буфера для защиты от джиттера	150-200 мс
Задержка на доступ к рассылке ²	1-3 мс
Задержка I-фрейма	500 мс

Видеопоток – это последовательность изображений, которые абонентская приставка (STB) должна отображать. Изображения последовательно отображаются на STB, а затем объединяются в группы изображений (GoP), которые содержат переменное количество изображений (обычно 15). Первое изображение в группе называется I-фреймом. Основа GoP в том, что все изображения после него (I-фреймы) вычисляются с помощью информации об изменении изображения при копировании видео. Если GoP состоит из 15 изображений, то I-фрейм идет через каждые 0,5 секунд. Когда пользователь переключает канал, STB посылает запрос в сеть на изменение канала. Многоадресная рассылка IP представляет собой менее 10 % всего времени переключения канала. Существует много других факторов кроме

1 зависит от DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) — мультиплексор доступа цифровой абонентской линии

2 Задержка на доступ с подпиской применима к широковещательным каналам, зашифрованным с помощью системы доступа по подписке, которая периодически изменяет ключи расшифровки и передает обновленные ключи в видеопотоке. Абонентская приставка должна дождаться последнего набора ключей дешифрования в потоке видео перед тем, как он сможет начать выполнять декодирование. Количество времени, связанное с этими задержками, зависит от того, как часто система доступа присылает обновления информации для декодирования в видеопотоке

многоадресной рассылки IP, которые вносят свой вклад в длительность смены канала, и сетевая архитектура многоадресной рассылки вещательной сети (IPTV) на пр. Большевиков оптимизирована для минимизации вклада сети в длительность смены канала. Так как нагрузка на широковещательную сеть IPTV нового корпуса не велика (на стадии внедрения 41 абонент) длительность переключения канала не должна быть больше 50 мс.

Наличие сети, которая быстро восстанавливается при возникновении отказа, является важной частью услуги передачи видео через широкополосный канал. Конечно же бывает много различных типов отказов. Часто встречающееся заблуждение состоит в том, что если элементы сети могут защитить сеть от сбоя связи за время менее 50 мс, абоненту гарантируется хорошее качество услуги. По причине того, что вещательная сеть (IPTV) на пр. Большевиков 22 будет прокладываться отдельно (отдельно от IP-телефонии и прочих услуг), она не является конвергентной, а так же так как влияние дополнительных типов отказов элементов сети на задержку при передаче видеопотока имеет смысл в случае разделения сети на сегменты маршрутизаторами 3-го уровня и наличие альтернативных каналов у каждого из них, мы можем не учитывать дополнительные типы отказов. В случае сбоя одного из маршрутизаторов второго уровня, видеопоток, идущий через него, будет использовать другой путь (участок сети) для доставки абоненту. Услуга IPTV, будет недоступна только тому абоненту - который непосредственно подключен к отказавшему маршрутизатору. Остальные же абоненты не заметят увеличения нагрузки на сеть.

1.6 Многоадресная рассылка в распределительной сети (PIM SSM)

Так как для построения вещательной сети (IPTV) планируется использовать Коммутатор 3-го уровня Cisco WS-C3560G-24TS-E 24 порта рассмотрим каким образом осуществляется многоадресная рассылка

видеокартента с помощью протокола PIM SSM

Все маршрутизаторы Cisco и коммутаторы уровня L3 поддерживают многоадресные рассылки IP и многоадресные рассылки, не зависящие от протокола (PIM), по умолчанию. PIM – это протокол маршрутизации, который делает возможным организацию многоадресного дерева распределения, которое распространяет широкоэвещательные каналы ТВ от их источников по всей сети. Cisco предлагает многоадресную рассылку, специфичную к источнику PIM (PIM-Source Specific Multicast, SSM), которая является улучшением стандартной многоадресной рассылки Интернет (Internet Standard Multicast, ISM). Она позволяет ТВ-приставке указывать, от какого источника он хочет получать канал. PIM-SSM предоставляет многие преимущества, в том числе:

1) Оптимальное дерево распределения. Поскольку сеть имеет дерево распределения многоадресной рассылки, которое “растет” прямо от видеоисточника, видеопоток идет к ТВ-приставке по кратчайшему пути. Это особенно важно для сервис-провайдеров, имеющих большие требования к полосе пропускания видео.

2) Более совершенная система защиты. Сеть более безопасна, поскольку она не позволяет хулиганам передавать свой контент любой группе и выполняет атаку “отказ в обслуживании” (DoS) по отношению к текущим зрителям данного канала. STB могут взять IP-адрес источника каналов из электронного руководства программ (EPG) и передать его при подсоединении к многоадресной группе. Так как выбранные STB не поддерживают такую возможность из-за отсутствия поддержки протокола IGMPv3, то маршрутизаторы Cisco, такие как серия маршрутизаторов Cisco 3560, способны собирать информацию об источниках с DNS-сервера от имени STB. Это позволяет традиционным ТВ-приставкам получать преимущества PIM-SSM, не задумываясь о том, от какого источника должен идти канал.

3) Легкая установка и управление. Поскольку сети не нужно следить за

активными источниками, добавление и удаление видеосерверов (любых источников сигнала) происходят очень легко. Такая способность полезна для растущих сетей, которые должны приспособливаться к быстрому добавлению и удалению широковещательных каналов. Еще одна выгода в том, что видеосерверы или кодировщики можно легко обслуживать, удалять или заменять.

1.7 Требования видеослуг к архитектуре сети

При проектировании архитектуры IPTV полезно понимать общие требования, предъявляемые видеослугами к сети. Наиболее важное требование-это широкая полоса пропускания. Дом с подпиской на IPTV-услуги требует гораздо более широкой полосы пропускания, чем дом, имеющий лишь услуги высокоскоростного доступа в Интернет. Трафик растет так потому, что видео доставляется на ТВ-приставку абонента непрерывными, устойчивыми потоками. Качество изображения контролируется сервис-провайдером, который определяет режим кодирования. Например, стандарт сжатия MPEG2 требует около 7-8 Мбит/с. Более новый стандарт сжатия MPEG4³ требует лишь 3-4 Мбит/сек. при аналогичном качестве изображения. ТВ высокой четкости (HDTV) требует от 6 Мбит/с до 15 Мбит/с, в зависимости от степени сжатия при кодировании. Более подробные данные по требованиям к ширине канала представлены в таблице 2 на следующей странице.

Таблица 2

Требования IP-телевидения по пропускной способности канала связи до абонента

Услуги	Параметры	Пропускная способность, Мбит/с	
		MPEG 2	MPEG 4
SDTV	480i (704x480)	7 - 8	3 – 4
HDTV	720p (1280x720)	12 - 16	6 - 8
HDTV	1080i (1920x1080)	16 - 20	8 - 10
HDTV	1080p (1920x1080)	24 - 30	12 - 15
SDTV	3 канала	10,5	4,5
HDTV	1 канал	18	9
Данные Мбит/с	1 – 5	3	3
VoIP	Менее 1 Мбит/с	0,5	0,5
Гид по программам (EPG)	Менее 1 Мбит/с	0,5	0,5
Служебная информация	Менее 1 Мбит/с	0,5	0,5

1.8 Требования к качеству обслуживания (QoS)

Качество обслуживания исключительно важно при оценивании архитектуры IPTV, так как передача видео по IP очень чувствительна к потере пакетов. И хотя потеря одного или нескольких последовательных пакетов незначительно скажется на восприятии зрителем ТВ, если потеря длится более секунды, это заметно снизит качество изображения. ТВ-приставки имеют ограниченную функциональность для борьбы с потерями видеок кадров. Многие из ТВ-приставок, например, позволяют избежать видимых артефактов из-за перерыва в сети с помощью схем прямого

исправления ошибок⁴, которые скрывают отсутствующую информацию, или путем повторной передачи недостающей информации. Оба этих метода технически достаточно сложны⁵. Джиттер также является важным параметром, который следует учитывать, поскольку у STB ограничена емкость для компенсации джиттера (обычно порядка 150 мс). И хотя абсолютная задержка не столь важна при передаче видео (если она постоянна во времени), помощь в обеспечении контроля задержек от начала до конца является основным атрибутом для проекта передачи видео через IP-сеть.

Нельзя проектировать сеть таким образом, чтобы превысить возможности подписки на видеотрафик, так как превышение подписки приведет к произвольному выпадению пакетов, что скажется на работе всех услуг абонентов с нисходящим потоком. Для того чтобы избежать превышения возможностей подписки, сеть должна иметь механизмы, которые бы взаимодействовали с источниками видео и давали разрешение новым видеопотокам, только если они не вызовут перегрузку сети.

1.9 Требования к сети, для реализации услуги “видео по запросу” (Video-on-Demand (VOD))

Другим важным вопросом при оценке архитектуры IPTV являются требования широковещательного ТВ в сравнении с “видео по запросу”. Каналы широковещательного ТВ доставляются с помощью многоадресной IP-рассылки (IP Multicast), при которой используемая полоса пропускания зависит только от количества предлагаемых каналов и степени сжатия при кодировании. Например, 200 каналов программ в формате MPEG2 со

4 Как Pro-MPEG

5 Подходы с использованием таких способов в данный момент находятся в промышленной разработке.

стандартным разрешением используют полосу пропускания около 750 Мбит/с. Услуга “видео по запросу”, однако, предоставляется индивидуальным транспортным потоком для каждого пользователя. Одна тысяча абонентов “видео по запросу” со стандартным разрешением потребует полосу около 3,75 Гбит/с. Это усложняет управление полосой пропускания VoD.

Доступность полной услуги. “Видео по запросу” и широковещательное ТВ имеют радикально различные требования по доступности. Широковещательное ТВ состоит из многоадресных видеопотоков. Если в сети потеряется один источник многоадресной рассылки, это может сказаться на всех пользователях. Сеть должна быть оптимизирована для многоадресной IP-рассылки и предоставлять способы для “прозрачного” восстановления потери источника многоадресной рассылки. Внедрение географически распределенных избыточных источников многоадресной IP-рассылки является хорошим способом увеличения доступности, поскольку позволяет сети выбрать наиболее эффективный источник и предоставляет быстрое переключение при отказах от одного источника к другому. Напротив, “видео по запросу” является индивидуальной услугой для пользователя, так что потеря одного потока не столь катастрофична. Однако ненадлежащее управление потоками “видео по запросу” или недостаток должного определения очередности могут вызвать серьезные проблемы с превышением предела подписки. Например, если в сети произойдет отказ и при этом резервный путь приведет к сокращению полосы пропускания, произвольные выпадения пакетов от всех видеоисточников приведут к деградации качества для всех потребителей сервиса. Поэтому важно при рассмотрении доступности услуги использовать различные схемы QoS для “видео по запросу” и для широковещательного ТВ.

1.10 Управление доступом к широковещательному видео

Комбинация трафика, генерируемого “видео по запросу” и широковещательным видео, с легкостью может превысить максимальную пропускную способность любого соединения в сети, особенно при отказах. Если такое произойдет, пакеты из очереди видео начнут произвольно выпадать. Это отрицательно скажется на просмотре всеми абонентами, находящимися ниже по каналу связи от места возникновения проблемы. Необходимо иметь способы предотвращения возникновения таких катастрофических ситуаций. Можно планировать ресурсы сети с избытком, так чтобы она могла обслужить трафик VoD со всех возможных путей распространения. Однако на основании расчетов пиковой нагрузки, полоса, потребляемая всеми абонентами, получающими потоки “видео по запросу”, делает затраты на такой подход неприемлемыми. Но можно найти баланс между качеством предоставляемых услуг и оптимальными затратами.

Управление доступом к широковещательному видео (Broadcast Video Admission Control). Обычно сервис-провайдеры планируют предлагать 200 или более широковещательных каналов. На часто используемых исходящих соединениях Gigabit Ethernet это может означать, что широковещательные видеоканалы сами по себе потребляют 75% доступной полосы пропускания⁶. Остающаяся полоса может оказаться недостаточной для предоставления высокодоходных услуг VoD. В таком случае провайдер может выбрать уменьшение полосы пропускания, потребляемой многоадресной рассылкой (без ухудшения для пользователя), используя механизмы контроля полосы (admission control) на каналах передачи для услуги широковещания. Поскольку маршрутизатор агрегирования выполняет многоадресную рассылку IP, у него имеется способность ограничения количества каналов, одновременно посылаемых в сеть. Критерием для выполнения этого может

⁶ Принимая во внимание 200 каналов MPEG 4, кодированных при 3,75 Мбит/с (для канала 1 Гбит/с)

быть общая популярность или полоса пропускания, используемая конкретным видеоканалом (например, каналы высокой четкости в сравнении со стандартным разрешением). Это также могло бы гарантировать, что основные каналы никогда не заблокируются.

Управление доступом VoD (VoD Admission Control). “Видео по запросу” может оказаться еще более требовательным. Если услуга VoD становится популярнее, чем прогнозировалось, то канал передачи между абонентами и комплексом серверов VoD может оказаться перегруженным. Например, возьмем пиковую нагрузку, когда 20% всех ТВ-приставок одновременно просматривают видео по требованию. В этом случае центральный узел, поддерживающий 1000 тыс. абонентов (здание университета пр. Большевиков 22), потребует пиково 200 потоков, или грубо от 0,4 до 0,7 Гбит/сек. (в зависимости от используемого кодека) для поддержки стандартного разрешения. Добавим контент по запросу с высоким разрешением и получим, что потребуется еще больше полосы. Что же произойдет, когда трафик превысит расчетный ресурс, заложенный при проектировании пропускной способности сети и/или услуги VoD? Если конкретный комплекс серверов VoD не может обслужить конкретный запрос, то он может быть повторно перемаршрутизирован к другому комплексу серверов VoD, у которого имеется доступный ресурс вещания. Если достигается максимальная пропускная способность сети на группе соединений, то разрешение слишком большого количества сессий VoD может стать причиной высокого уровня потери пакетов для всех видеопотоков. Это известно как проблема 1001-го потока: разрешение еще одного потока приводит к тому, что большое количество абонентов испытывает ухудшение видео и аудиосигналов. Более того, в случае отказа сети, происходящего одновременно с окном пиковой нагрузки, возможно, что у всех пользователей получится простой. Одним из способов избежать широко распространенного простоя является использование встроенного управления доступом (Integrated Admission Control). Если видеосессия не

может быть обслужена по причине превышения подписки где-нибудь в сети или на серверах обеспечения услуги, то встроенный контроль включения возвращал бы на запрашивающую ТВ-приставку (STB) сигнал “в данный момент услуга недоступна” (“занято”). Хотя никто не любит сигнал занятости, опасность всеобщего ухудшения услуги VoD гораздо хуже. Легко представить, что приложению известно о существовании потоков, которые скоро завершатся, и оно могло бы предоставлять более информационные сообщения о занятости. Это дало бы абоненту больше выбора для запуска потока VoD с задержкой, предложения альтернативных видеослуг. В случае отказа система контроля доступа может быть настроена на сброс сначала потоков VoD.

1.11 Сеть доступа для вещательной сети (IPTV)

В последнее время в качестве технологии “последней мили” все большую популярность приобретает Ethernet, как наиболее простая и широко распространенная технология. Это становится еще более актуальным с появлением большого количества операторских сетей масштаба города (MAN), также основанных на Ethernet. Применение в качестве “последней мили” Ethernet позволяет предоставлять клиенту услуги “из конца в конец” и осуществлять простую и бесшовную интеграцию сетей клиента и оператора.

Однако, наряду с многочисленными преимуществами, применение Ethernet на уровне доступа в сеть оператора влечет за собой необходимость решения нескольких проблем, обусловленным изначальным предназначением Ethernet как технологии локальных сетей, а именно:

- 1) аутентификация клиентов и авторизованный доступ;
- 2) устойчивость против атак с подменой сетевых реквизитов;
- 3) гибкое и быстрое управление адресным планом и другими

сетевыми реквизитами;

4) получение достоверных учетных данных, позволяющих применять различные варианты биллинга для разных бизнес-моделей.

В ситуации с проектом вещательной сети (IPTV) на проекте Большевиков 22 все проблемы решаются посредством построения сети с использованием коммутаторов 3-го и второго уровней. Так же в выборе оборудования учитывается необходимость поддержки функций, необходимых для решения перечисленных проблем. Наличие сети, которая быстро восстанавливается при возникновении отказа, является важной частью услуги передачи видео через широкополосный канал. Конечно же, бывает много различных типов отказов. Часто встречающееся заблуждение состоит в том, что если элементы сети могут защитить сеть от сбоя связи за время менее 50 мс, абоненту гарантируется хорошее качество услуги. Это называется конвергентностью. Она имеет смысл в случае разделения сети на сегменты маршрутизаторами и наличия альтернативных каналов у каждого маршрутизатора.

1.12 Технология мультиплексирования

Так как в системе вещательной сети (IPTV) планируется использовать кодеры MPEG2 и MPEG4, то целесообразно рассмотреть технологию мультиплексирования видеопотоков.

Мультиплексирование (англ. Multiplexing) — уплотнение канала, т. е. передача нескольких потоков (каналов) данных с меньшей скоростью (пропускной способностью) по одному каналу, при помощи устройства под названием мультиплексор.

Зачастую в сетях вещания видео данных мультиплексирование необходимо для комбинирования нужного потока видеоданных из разных источников сигнала. Мультиплексирование необходимо по следующим

причинам:

1) Один большой поток легче доставить до потребителя и им легче управлять, чем несколькими маленькими потоками.

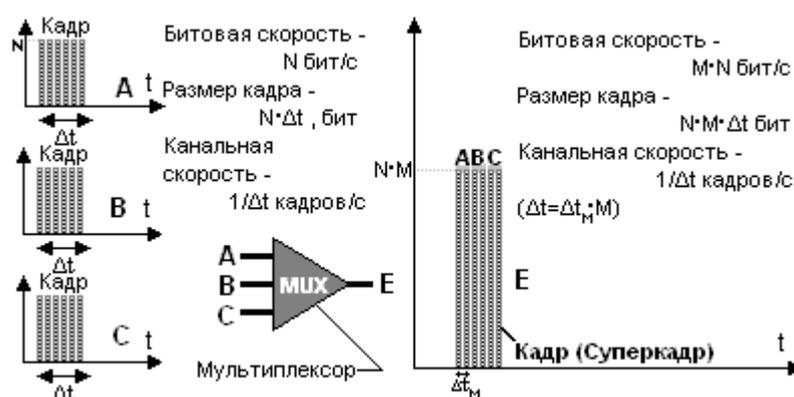
2) При объединении потоков с разными скоростями, пик скорости одного из потоков может наложиться на спад скорости другого потока, что повлечет более эффективное использование ширины пропускания транспортной среды.

3) Некоторые транспортные каналы, такие как спутниковые или телекоммуникационные каналы, имеют фиксированную ширину полосы пропускания на канал. При их использовании более экономичным будет наполнение таких каналов несколькими потоками видеоданных.

По проведённому анализу рынка телевизионных приставок STB на 2008 год практически все приемные устройства (STB) работают с мультипрограммными потоками. Мультиплексирование также может добавить небольшую временную задержку относительно исходного сигнала. В настоящее время используется два типа мультиплексирования: мультиплексирование с временным разделением и статистическое мультиплексирование. Рассмотрим отдельно каждое из них.

Мультиплексирование с временным разделением (Time Division Multiplexing - TDM) - предполагает выделение фиксированного временного интервала из общей полосы пропускания для каждого из канала. Принцип прост: пакеты из каждого входного потока размещаются во временные интервалы (слоты) общего выходного потока. Каждый временной слот имеет фиксированное значение. Во многих системах несколько временных слотов могут быть объединены в зависимости от потребности. Размер временного слота не может быть изменено во время работы системы (рис 1.4 на следующей странице).

Рис. 1.4 Иллюстрация мультиплексирования с временным разделением



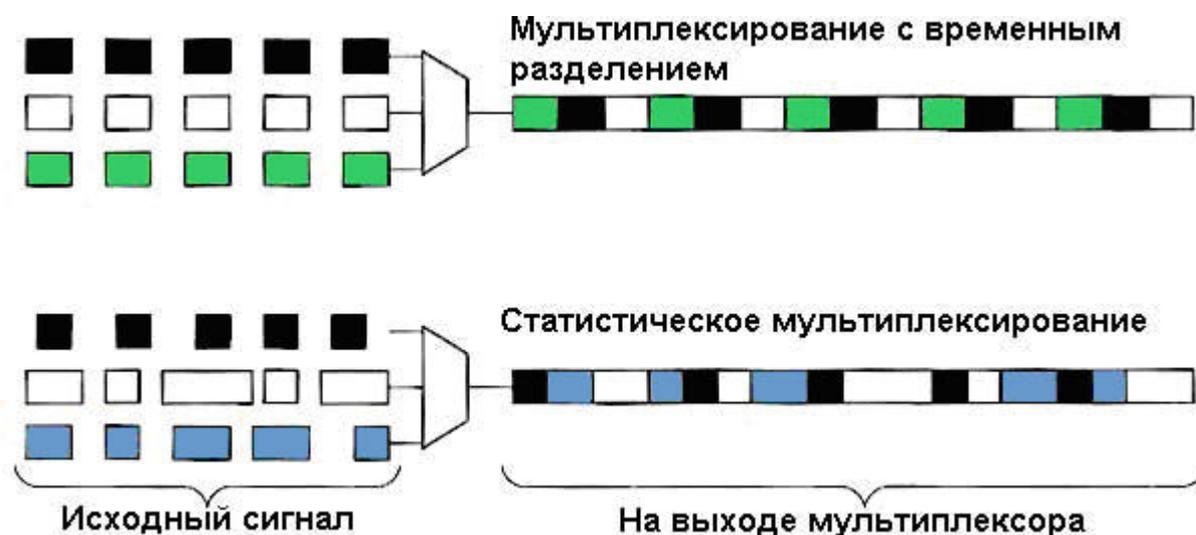
На рисунке: А, В и С — мультиплексируемые каналы с пропускной способностью (шириной) N и длительностью кадра Δt ; Е — мультиплексированный канал с той же длительностью Δt но с шириной $M \cdot N$, один кадр которого (суперкадр) несёт в себе все 3 кадра входных мультиплексируемых сигналов последовательно, каждому каналу отводится часть времени суперкадра — таймслот, длиной $\Delta t_M = \Delta t / M$.

Таким образом, канал с пропускной способностью $M \cdot N$ может пропускать M каналов с пропускной способностью N , причём при соблюдении канальной скорости (кадров в секунду) результат демультиплексирования совпадает с исходным потоком канала (А, В или С на рисунке) и по фазе, и по скорости, т.е. протекает незаметно для конечного получателя.

Статистическое мультиплексирование (Statistical) - обеспечивает выделение каждому потоку своего временного интервала размером, соответствующим скорости данного потока в данный момент времени. Потоки с более высокими скоростями обеспечиваются более "широкими" временными слотами. Многие системы могут быть сконфигурированы на минимальную и максимальную величину временного слота для каждой программы. В большинстве систем ограничение по скорости потока диктуется максимальной скоростью выходного результирующего потока.

Сравнения методов разделения можно увидеть на рисунке 1.5

Рис. 1.5 Сравнение мультиплексирования с временным разделением и статистического мультиплексирования



Мультиплексирование с временным разделением имеет преимущества, являясь простым и имеющим низкие накладные расходы. Оно широко используется в современных телекоммуникационных сетях, включая SONET/SDH. Для систем с фиксированной шириной канала данный вид мультиплексирования является наиболее эффективным. Однако, когда исходные видеоданные имеют переменные скорости или происходит переполнение полосы пропускания во время пиковых скоростей видеопотоков, будет наблюдаться потеря качества передачи. Системы с мультиплексированием на основе временного разделения имеют преимущество для задач типа "точка-точка", когда, например, необходимо обеспечить обмен видеопотоком между студией и передающим центром.

Пример: канал связи спутниковой системы имеет следующие характеристики - $SR=20.000$ Мсимв/с, $FEC=3/4$. В результате ширина канала составит примерно 28 Мбит/с:

$$20.000 \text{ MS/s} = 40.000 \text{ Мбит/с}$$

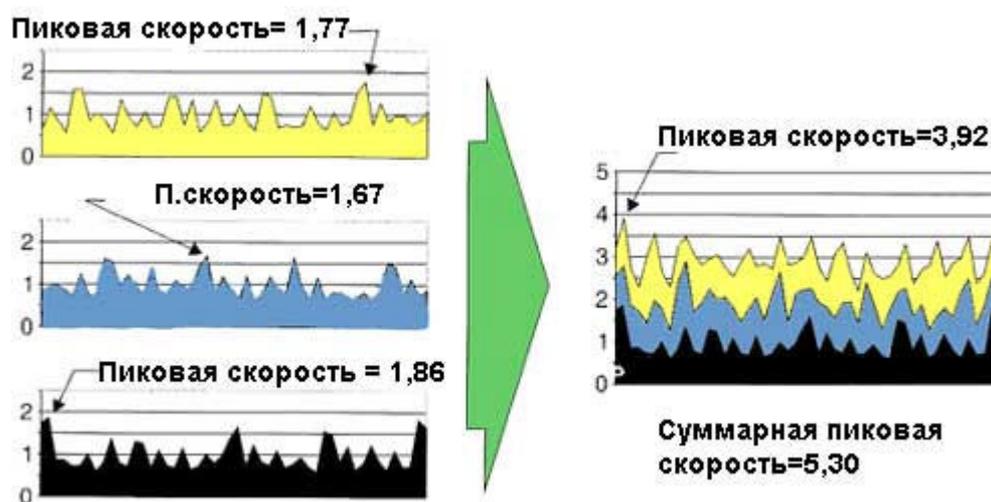
$$\text{Минус } 3/4 = 30.000 \text{ Мбит/с}$$

$$\text{Минус } 188:204 \text{ на кодирование Рида Соломона} = 27.647 \text{ Мбит/с}$$

Статистическое мультиплексирование оправдывает себя в системах с

переменными скоростями видеопотоков, когда пиковые скорости каждого из потока не накладываются друг на друга. Видеопотоки обычно имеют переменные скорости, всплески которых приходится на моменты с быстро меняющимся сюжетом/картинкой, а во время статичных сцен или сцен с небольшим движением скорость видеопотока минимальна. Преимущество статистического мультиплексирования основывается на малой вероятности того, что пики скоростей разных видеопотоков будут совпадать по времени друг с другом. Рисунок 1.6 показывает такой случай:

Рис. 1.6 Пиковая скорость в статистическом мультиплексировании.



Пиковая скорость суммарного потока получилась намного меньше суммы пиковых скоростей исходных видеопотоков. Другой ключевой функцией мультиплексора видеопотоков является корректировка меток PTS (presentation time stamp) и значений PCR (program clock reference), содержащихся в MPEG потоке. Данные поля вставляются в MPEG поток кодерами, содержащими генератор 27МГц и служащим для синхронизации декодеров. В декодере сигнал синхрогенератора восстанавливается из цифрового потока. Когда MPEG поток проходит через мультиплексор (статистический или другой) значения полей PTS и PCR должны быть пересчитаны и вставлены заново в каждый видеопоток. Причиной, по которой именно мультиплексор должен решать данную задачу, является наличие небольшой временной задержки между "перестановкой" пакета из

исходного потока в результирующий. В противном случае декодеру потребовался бы более большой входной буфер данных, влекущий увеличение стоимости приемного оборудования.

К недостаткам статистических мультиплексоров можно отнести более высокую сложность устройства по сравнению с мультиплексорами с временным разделением и что для восстановления видеопотоков на приемной стороне необходимо наличие избыточной информации в общем потоке. Напомним, что Ethernet сети по сути являются статистически мультиплексированными сетями, т.к. узлы посылающие больше информации получают в свое распоряжение большую полосу пропускания благодаря механизму CSMA/CD.

Переключение (switching) используется всякий раз, когда видео поток необходимо перенаправить из одного потока в другой, например, когда программа со спутника вставляется в местный эфирный сигнал. При использовании мультиплексоров с временным разделением данный процесс очень прост. Переключатели необходимо лишь использовать соответствующий пакет из входных видеопотоков и вставлять его вместо пакетов первичного источника видеоданных. При использовании статистических мультиплексоров задача имеет некоторое отличие: переключателю необходимо следить за всем содержимым входных потоков для поиска необходимых пакетов (напомним, что они могут появляться периодически или занимать большую часть полосы пропускания). Затем переключателю необходимо переключить данные пакеты, следя за тем, чтобы общая полоса пропускания не была переполнена, в случае, когда переключаемая программа будет иметь высокую скорость. Данная проблема решается за счет увеличения буферной памяти.

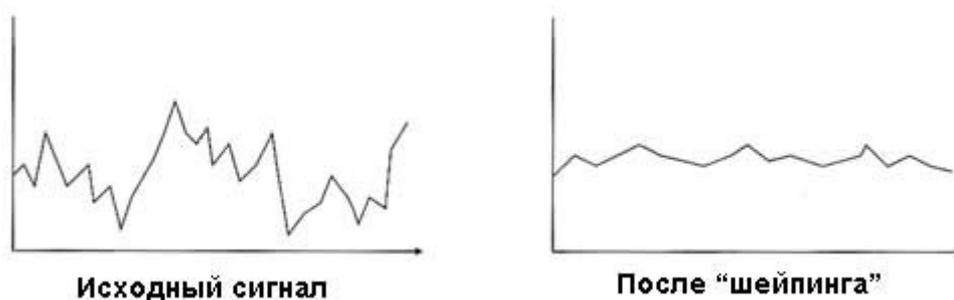
Мультиплексирование на основе временного разделения просто, но не эффективно в плане использования полосы пропускания транспортной среды для задач доставки видеоданных. Статистическое мультиплексирование в настоящее время является более эффективным для передачи видео по сети IP,

но и более дорогое в развертывании.

1.13 Ограничение пропускной способности сети

Для преобразования исходного видеопотока к виду, удобному для передачи и обработки в телекоммуникационных сетях используется "Шейпинг" видеопотока. Для шейпинга может использоваться множество методик, но в большинстве систем шейпинг сводится к уменьшению внезапных всплесков скорости видеопотока. Видеопоток, подвергнутый шейпингу содержит относительно небольшие пики скоростей (или вообще без таковых). Рисунок 1.7 объясняет суть шейпинга:

Рис. 1.7 "Шейпинг" видеопотока



В общих случаях сети функционируют более эффективно, когда видеопотоки в сети подвергнуты шейпингу. Например, если группа видеопотоков имеет среднюю скорость 20 Мбит/с и пиковую скорость 50 Мбит/с, то канал OC3⁷ или STM-1⁸ способен "пропустить" только три таких видеопотока.

С другой стороны, группа видеопотоков со средней скоростью 20 Мбит/с и пиковой 30 Мбит/с, может состоять из 5 видеопотоков в том же канале OC3/STM-1. В первом случае утилизация канала составит 40% (3 потока по 20 Мбит/с в 150 Мбит/с канале), а во втором случае уже 66% (5 потоков по 20 Мбит/с в 150 Мбит/с канале).

⁷ Используются для задания скорости уровне волоконно-оптических сетей.

⁸ Базовый уровень скорости - 155Мбит/с системы передачи SDH(Синхронной Цифровой Иерархии).

Обычные видеопотоки содержат большое количество всплесков скоростей. Например, в видеопотоке MPEG-2 фрейм I-типа требует намного больше данных, чем фрейм B-типа, даже если они оба отображают одинаковое время в видеосигнале (33 мс для NTCS и 40 мс для PAL/SECAM). Поэтому MPEG-2 кодер формирует видеопоток со всплесками вне зависимости от того, когда создается фрейм I-типа. В то же время MPEG-2 и другие системы сжатия основываются на том факте, что в видеосигнале следующий кадр приблизительно похож на предыдущий и всякий раз, когда происходит смена сцены, необходимо передать большее количество информации.

Один из вариантов шейпинга носит название "leaky bucket" (протекающее ведро), названный так за сходство с ведром с небольшим отверстием на дне, где отверстие означает выходной поток данных. Всякий раз, когда кодер подготовил пакет данных, происходит "вливание порции воды в ведро". Если данный пакет означает фрейм I-типа (смену сцены), то количество воды - большое. Если фрейм B-типа, то добавляется небольшое количество воды. Если размер отверстия достаточно велик, то ведро никогда не переполнится и выходной поток будет постоянным. Если данные поступают слишком быстро, то "ведро" переполнится, что выразится в потере данных MPEG кадра. Возникает соблазн использовать большое ведро. Но увеличение "ведра" отразится на "гладкости" видеоизображения. Данные поступают в "ведро" и дожидаются, пока они оттуда "вытекут", что означает появление задержек в видеосигнале.

В настоящее время большинство MPEG кодировщиков имеют встроенные функции шейпинга. Шейпинг увеличивает количество каналов, которое может быть передано по сети, а также делает транспортный поток более предсказуемым, что упрощает обслуживание сетей и сетевого оборудования. Однако, используя шейпинг для видеопотоков, следует быть осторожным, т.к. возможно возникновение задержек в видеопотоках.

1.14 Буферизация

Под буфером понимается выделенная память, которая используется под временное хранение информации перед каким-либо действием - передача по сети, шифрование и т.п. Буферизация широко используется в задачах по обработке видеопотоков и может иметь наибольшее влияние на производительность видеосистем.

В MPEG задачах также требуется буферизация. Она используется на кодирующей и декодирующей стороне для выполнения задач предсказания в сценах с движением, сравнивающие последующие кадры для определения какие части кадра изменились, а какие остались, как и в предыдущем. Буферизация используется так же для пересортировки кадров, что позволяет использовать фреймы B-типа. MPEG кодер, при кодировании потока, должен учитывать тот факт, что размер буфера в MPEG декодере никогда не должен переполняться.

Коррекция ошибок также требует использования буферной памяти. Обычно весь пакет должен быть соответствующим образом обработан, что бы к нему можно было добавить код, отвечающий за восстановление в случае ошибки - FEC (Forward Error Correction). Буферизация также используется и на приемной стороне. Буферная память необходима для сглаживания эффекта неравномерности поступления данных, характерных для статистического мультиплексирования и коммутации. Другой тип буфера необходим для выполнения операций с FEC. В зависимости от транспортной сети размер буфера может быть маленьким или большим.

Для одностороннего распространения видеoinформации общее значение задержки распространения сигнала может быть достаточно большим (до 5~10 сек). Такое время задержки может даже использоваться во благо. Например, в программах прямого эфира, в случае, когда участники программы затевают какую-либо ругань, режиссер может своевременно "вырезать" бракованный материал.

С другой стороны, интерактивный или двусторонний видеообмен очень чувствителен к временным задержкам. Увеличение времени задержки затрудняет процесс просмотра. Таблица 3 рекомендаций G.114 Международного союза электросвязи (International Telecommunication Union, ITU) относится к системам двустороннего видеообмена и определяет время задержки сигнала при передаче в одну сторону.

Таблица 3

Рекомендации Международного союза электросвязи по, воспринимаемым пользователем, задержкам передачи видео и звука

Задержка	Восприятие
0~140 мс	Незначительное или незаметное ухудшение по сравнению с непосредственным общением. Приемлемо для большинства участников.
140~400 мс	Заметное ухудшение. Приемлемо для использования в большинстве задач
Более 400 мс	Не приемлемо для большинства задач. Требуется перепланировка сети. Может быть использовано только в исключительных случаях

Большая буферная память на приемной стороне может решить большинство сетевых проблем. Если часть пакетов временно теряется, они могут быть вставлены в нужную позицию основного потока при повторной передаче. Если поступление пакетов в ресивер идет неравномерно, то буферная память обеспечит сглаживание потока данных для декодера. Буферная память так же является идеальным местом для обработки возможных ошибок и восстановления на основе FEC.

Большая буферная память распространена в системах IP вещания. В настоящее время такая память способна хранить до 10~20 секунд видео и звуковой информации. Во время наполнения буфера пользователю обычно

выводится информация в виде процента готовности к показу (в цифровом виде или в виде удлиняющейся полосы). Основное назначение буферной памяти - предотвращение возникновения пауз при просмотре. При "опустошении" буферной памяти картинка замирает. К сожалению, для задач реального времени, таких как видеоконференция, использование большой буферной памяти нежелательно, т.к. в этом случае увеличивается время задержки.

Преимущества буферизации:

1) Большой буфер может сгладить большинство сетевых проблем, таких как неравномерное поступление пакетов и поступление пакетов в неправильной очередности.

2) Буферизация обязательна для MPEG сжатия, для задач предсказания. Если используется фрейм В-типа, то дополнительная буферизация необходима для использования данных из предыдущих кадров.

3) Буферизация помогает решать задачи шейпинга, FEC и упорядочивание последовательности пакетов.

Недостатки буферизации:

1) Буфер добавляет временную задержку. Большой размер буферной памяти ведет к невозможности проведения видеоконференций и интерактивного вещания. Задержка распространения сигнала не должна превышать 150 мс.

2) Для задач, не требующих выполнения в реальном времени, большая временная задержка на наполнение буфера ведет к неудобствам для пользователя.

3) Буферная память увеличивает стоимость, как кодеров, так и декодеров.

2 Раздел. Разработка структурной схемы сети IPTV

Сеть IPTV разработана для нового корпуса Санкт-Петербургского Государственного университета телекоммуникаций им. Проф. Бонч-Бруевича (СПбГУТ) находящегося на пр. Большевиков 22. Приём видеоконтента осуществляется с двух спутников, антенны эфирного телевидения, видео студии СПбГУТ и сервера видеоданных (Видео по запросу-VOD) (См. схему в приложении 1)

Видео контент передается по кабелю “витая пара” (UTP CAT5e и CAT 6) стандарт Ethernet и по волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) тип оптоволокна:

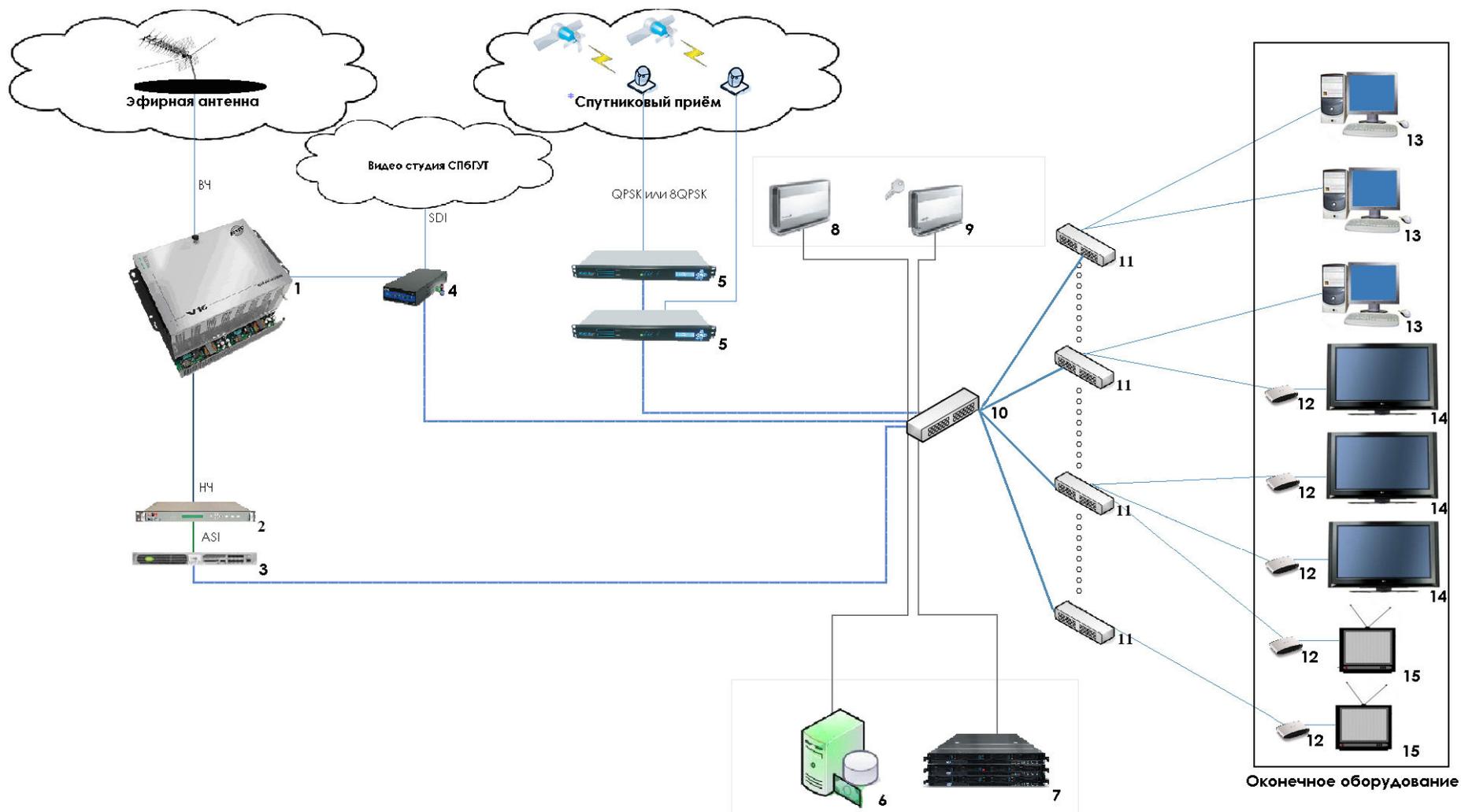
Передача данных в сетях Ethernet возможна, используя различные скоростные протоколы данных в локальной сети: Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet.

В сети IPTV используется технология Fast Ethernet с вариантом реализации по стандарту 1000Base-TX и номинальной скоростью передачи информации 1 Гбит/с и Gigabit Ethernet по стандарту 1000Base-LX и номинальной скоростью 1 Гбит/с. Так же, если сетевая карта абонента не позволяет использовать подключение по стандарту 1000Base-TX, то возможно использование 100Base-TX. . В данной сети используется топология типа “звезда”. Структура локальной сети (топология) - конфигурация сети, порядок соединения компьютеров.

Архитектуру сети IPTV можно разделить на три части: (рис 2.1 на следующей странице)

- 1) Головная станция, принимающая местный и спутниковый контент.
- 2) Центральная часть, или “операторская часть”, формирующая услуги.
- 3) Клиентская часть.

Рис 2.1 Схема организации вещательной сети (IP-TV) в учебном корпусе СПбГУТ на пр. Большевиков 22



Спецификация к схеме организации вещательной сети (IP-TV) (рис 2.1)

№	Наименование	Количество
1.	Головная станция	1
2.	Кодер MPEG-2	1
3.	Модульный медиа конвертер	1
4.	Кодер MPEG-4/H.264.	1
5.	SAT приемники ipstreamer	2
6.	Биллинговая система	1
7.	Сервер VoD/nVoD	1
	Программное обеспечение	1
8.	Middleware	1
9.	Сервер шифрования CAS/DRM	1
10.	Ethernet switch layer 3	1
11.	Ethernet switch	-
12.	Приставка IPSTB	41
13.	Компьютер	-
14.	ЖК-дисплей (Full HD)	41
15.	Телевизионный приёмник	n+n1STB

2.1 Головная станция

Головная станция является важной частью сети вещания (IPTV) и включает в себя комплекс оборудования, который позволяет прием сигнала от эфирных станций и спутников, и обеспечивает раскодирование и демультимплексирование цифровых сигналов и MPEG-кодирование аналоговых сигналов с последующим мультимплексированием подготовленных материалов в IP-поток.

В проекте IPTV Головная станция состоит из нескольких компонентов (модулей): двойной демодулятор (47-862 МГц) кодер MPEG-2, Модульный медиа конвертер.

Эфирная, и две спутниковых антенны передают полученные сигналы телевизионных станций и спутников на цифровые спутниковые приемники (ЦСП) (дескрипторы, SAT приёмники).

2.1.1 SAT приёмники

SAT приёмники и дескрипторы, в свою очередь, обеспечивают раскодирование и демультимплексирование цифровых сигналов.

Немаловажный компонент головной станции это узел цифрового кодирования, который занимается MPEG-кодированием аналоговых и цифровых сигналов и передачей материалов видеостримеру.

В нашем случае SAT приёмник выполняет функции раскодирования, демультимплексирования, кодирования в MPEG, и функции стримера. (Рис. 2.2 на следующей странице)

Рис 2.2 Упрощённая схема организации передачи видео сигнала со спутника в сеть IPTV (SAT-приёмник)



Видеостример/мультиплексор является ключевым компонентом головной станции.

Видеостример/мультиплексор обеспечивает мультиплексирование материалов, полученных от вышеперечисленных компонентов, и осуществляет IP-вещание таким образом, что каждый канал имеет свой уникальный адрес и порт IP-вещания.

2.1.2 Базовый блок головной станции. Двойной демодулятор. Кодер MPEG 2. Модульный медиа конвертор

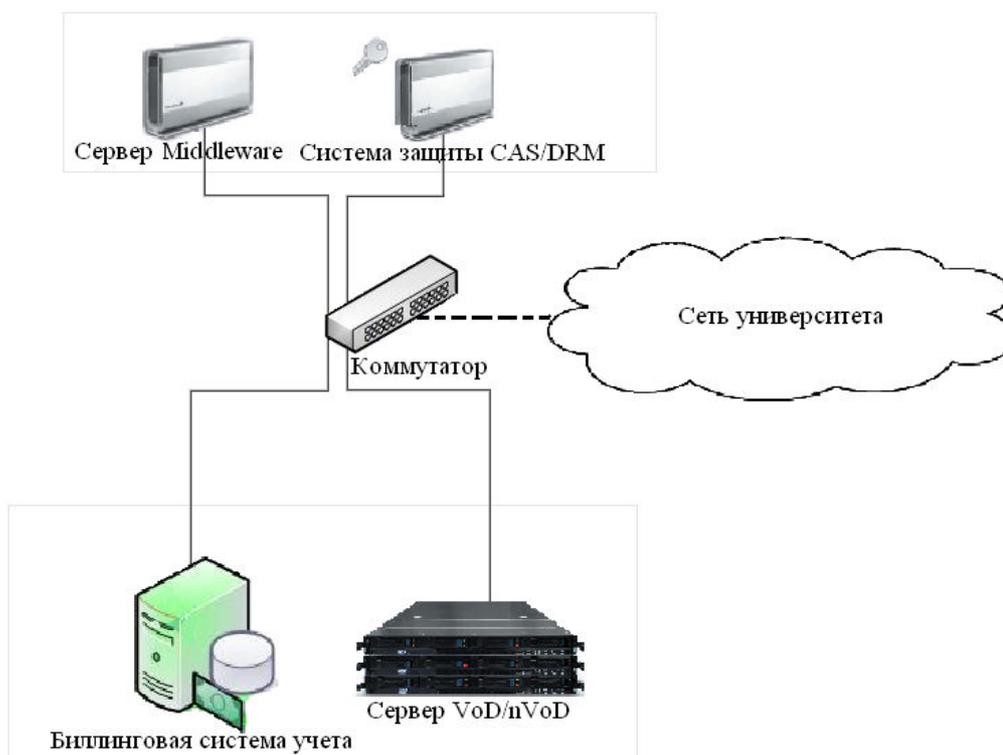
Оборудование преобразования аналогового сигнала эфирного телевидения размещается в базовый блок головной станции (до 8 модулей), большинство модулей являются сдвоенными, то есть позволяют обрабатывать 2 аналоговых канала или 2 цифровых многопрограммных потока (например, 2 QAM потока). Таким образом, один базовый блок

позволяет сформировать на выходе до 16 аналоговых радиочастотных каналов или, например, транслировать более 100 цифровых каналов в составе QAM потоков. Так как принимая эфирные каналы мы получаем высокочастотный сигнал, для преобразования его в форму IP пакетов необходимо сначала преобразовать его в низкочастотный сигнал, далее в асинхронный последовательный интерфейс (ASI) и только потом, после ASI↔GigE преобразования, передавать на коммутатор. Сигнал эфирного телевидения, преобразованный в НЧ будет преобразован в MPEG 2, после чего по интерфейсу ASI можно передать сигнал на модульный медиа конвертор для преобразования в пакеты, и дальнейшего распространения в сеть IPTV (См. рис 2.1).

2.2 Центральная часть

Центральная часть, - это совокупность аппаратно- программных комплексов, которая состоит из различных компонентов (рис 2.3)

Рис 2.3 Структурная схема центральной части сети IPTV:



2.3 Система защиты контента (CAS/DRM)

Система защиты контента от несанкционированного доступа, обеспечивающая безопасность услуг и защиту видеоматериалов от несанкционированного просмотра и цифрового копирования. В CAS/DRM видео и аудиоматериалы шифруются, при этом доступ к материалам абонентам разрешается по авторизации абонентов собственными средствами CAS/DRM или средствами других систем - middleware, биллинг. В качестве средств авторизации используются программные ключи и современные и надежные алгоритмы. Дешифрация аудио- и видеоматериалов осуществляется непосредственно на стороне абонента посредством STB.

2.4 Сервер с программным обеспечением (Middleware)

Следующий компонент является самым основным компонентом в архитектуре сети IPTV. Это аппаратно-программный комплекс Middleware, который обеспечивает управление всеми компонентами решения IPTV, обрабатывает запросы от абонентских приставок, обеспечивает взаимодействие с системами. Middleware позволяет осуществлять: авторизацию абонента, формирование EPG, формирование интерфейса и инструментов управления, взаимодействие с системами CAS, VoD, головной станцией, STB-устройствами взаимодействие с биллинговыми системами и системами поддержки бизнеса оператора связи (OSS/BSS/CRM).

Открытость архитектуры Middleware позволяет оперативно масштабировать компоненты решения и расширять спектр услуг. Программируемый абонентский интерфейс позволяет в полной мере учитывать потребности университета и пользователей системы IPTV.

2.4.1 Сервер управление IP трафиком и каналами

Для рационального использования компонентов сети университета и для предоставления QOS услуг в дальнейшем большему количеству абонентов сети IPTV необходимо качественно распределить видеосерверы.

Нужно, чтобы были обеспечены следующие два условия:

- 1) минимальная загрузка сетевой инфраструктуры.
- 2) Равномерное распределение нагрузки на видеосерверы.

Для обеспечения этих условий используется система распределения контента, управление IP трафиком и каналами. Функция системы заключается в том, чтобы определять, на каком сервере с минимальной загрузкой и в максимальной близости к абоненту находятся требуемые данные, и разрешает абоненту получить их с выбранного сервера. Если на минимально загруженном, но максимально приближенном к абоненту сервере требуемого контента не обнаружено, то запрос будет переадресован на другой, схожий по условиям сервер.

2.4.2 Серверы “видео по запросу”

В систему IPTV будут входить как обычные эфирные и спутниковые каналы, так и каналы расширенного телевидения с интерактивным контентом и “видео по запросу” VOD предоставляет возможность просмотра заказанных программ в определенное время, позволяет заказать познавательные и учебные фильмы с пульта управления и включает основные функции видеоманитона: пуск, паузу и перемотку.

В режиме nVoD (“почти видео по запросу”, Near-Video-on-Demand) абонент может просматривать фильмы через регулярные временные интервалы, например через каждые 15 мин.

Видеосервер представляет собой дисковый массив большой емкости с

установленным программным обеспечением. Программное обеспечение реализует multicast – трансляцию видеоматериалов для услуги nVoD и unicast – трансляцию при предоставлении услуги VoD. Видеосервер позволяет осуществлять перехват и запись multicast-потоков, то есть поддерживать услугу PRV.

2.4.3 Биллинговая система учета

Биллинг - это автоматизированная система учета предоставленных услуг, их тарификации и выставления счетов для оплаты. Компьютерные сети передачи данных и Интернет оперируют объемом доставленной информации. Современный биллинг – это подсистема операторского класса, производящая:

- учет и структурирование трафика;
- установление однозначного соответствия каждого вида трафика с услугой, его порождающей;
- формирование абонентского счета, отображающего объем потребленных услуг в единицах измерения и денежном выражении, в соответствии с тарифным планом и клиентским профилем. В случае сети IPTV университета данная система необходима для подсчета трафика и определения статистики просмотров видео контента.

2.5 Пользовательская часть. Абонентская приставка (STB)

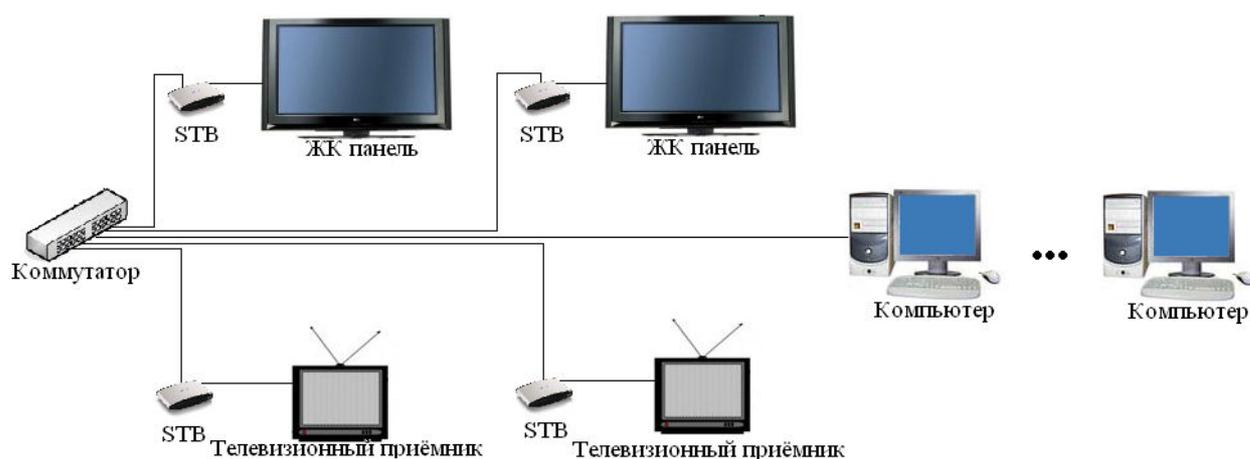
В клиентскую часть (см. рис 2.4 на следующей странице), как правило, входит абонентская приставка .

Абонентская приставка является связующим звеном между системами формирования и доставки аудио- и видеоматериалов и телевизором абонента. В здании университета к каждой ЖК-панели устанавливаются абонентская

приставка - IP Set-Top-Box, имеющие интерфейс Ethernet для подключения к широкополосной сети, аналоговые, компонентные или цифровые выходы (в том числе HDTV) для подключения к телевизору, плазменной панели, проектору, аналоговые и SPDIF аудиовыходы, USB-порты для внешних устройств (например, USB IP-телефон, веб-камера, кардридер, устройства хранения данных). Инфракрасный пульт ДУ позволяет управлять STB и телевизором, опционально возможно использовать беспроводную клавиатуру. Так же в здании университета предусматривается система управления ЖК-панелями и STB, которые будут размещаться в коридорах и других общественных местах (Подробнее в главе 3). Главной необходимой задачей STB является прием и декодирование потока. STB-устройство представляет собой мини-компьютер с операционной системой и WEB-браузером.

Обмен командами управления и медиаматериалами осуществляется через сетевой интерфейс.

Рис. 2.4 Структурная схема абонентской части (оконечное оборудование) сети IPTV:



3 Раздел. Разработка системы дистанционного управления оконечным оборудованием пользователя вещательной сети IPTV

Управление активным оборудованием абонентской части вещательной сети IPTV необходимо для автоматизации системы на тех участках, которые ориентированы на общественный просмотр. Так как система IPTV не предусматривает круглосуточную работу ЖК-телевизоров, возникает необходимость дистанционного (автоматического) выключения оконечного оборудования. Данная функция может быть реализована с помощью установки таймера автоматического включения и выключения, опция которого присутствует на всех ЖК-телевизорах. Но кроме включения/выключения необходимо дистанционно управлять рядом других опций активного оборудования, входящего в абонентскую часть IPTV.

Разработанная система дистанционного управления может расширяться, что в дальнейшем позволит управлять большим количеством устройств.

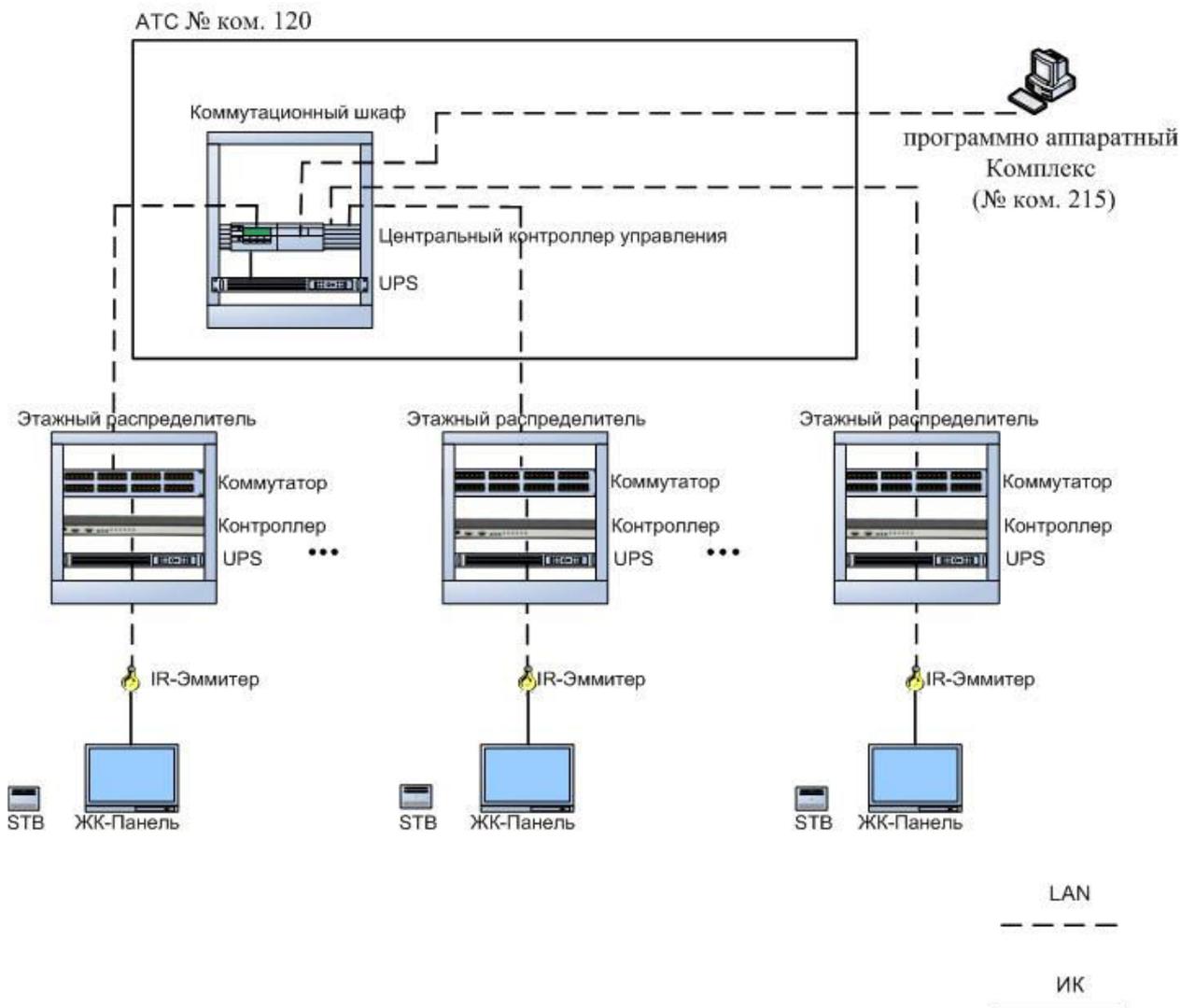
Требования к возможностям дистанционного управления на этапе разработки :

- 1) включение и выключение устройств;
- 2) работа с меню настроек устройств;
- 3) выбор на ЖК панелях входов, с которых подается сигнал; управление работой приставки STB;
- 4) выбор каналов на спутниковых ресиверах, регулировка уровня выходной громкости сигналов;
- 5) управление видео и аудиопотоками (сигнал из видеостудии, сервера “видео по запросу”);
- 6) Управление подачей видео и аудио потока на все устройства одновременно и на каждое устройство в отдельности.

Проанализировав данные требования, подобрано оборудование и разработана схема взаимодействия в здании СПбГУТ (рис. 3.1 на следующей

странице).

Рис 3.1 Схема системы управления вещательной сетью (IP-TV) СПбГУТ



Управление осуществляется с программно аппаратного комплекса на базе ПК (ПК) (№ ком. 215)

Центральный контроллер управления располагается в стойке 19'' (№ ком. 120)

Центральный контроллер управления и контроллеры управления имеют источники бесперебойного питания

Контроллеры управления через LAN располагаются в коммутационных центрах этажного распределителя (коммутационный шкаф см. приложение 3).

Программное обеспечение и меню управления оператора в базовом варианте представляет набор скриптов (сценариев, которые автоматизирует некоторую задачу), поэтому для возможности контроля и управления всей системой вещательной сети университета необходимо осуществить разработку (конфигурирование) программного обеспечения под задачи вещательной сети IPTV СПбГУТ.

Управление приставкой STB так же осуществляется с помощью IR-эмиттера. (Для ЖК панели отдельный эмиттер)

3.1 Список оборудования для системы управления вещательной сети (Ip-Tv) СПбГУТ

3.1.1 Центральный контроллер

Основной элемент для построения системы управления – это центральный контроллер Palantir PLTR-PRO/4R. К нему подключаются другие контроллеры управления.

Центральный контроллер 1700 серии. Базовый блок для построения динамической системы управления. рассчитан на одновременную работу с независимыми каналами, количеством до 4 (RS232 x 4, 2 LAN) Исполнение для встраивания в стойку 19 (Табл. 5 на следующей странице)

Центральный контроллер PLTR-PRO/4R (рис 3.2 на следующей странице) разработан для автоматизации различных динамических систем. ОС Linux и Web-сервер с поддержкой сценариев на языке PHP делают использование контроллера удобным и высокоэффективным. Возможность сохранения на контроллере приложений Flash Macromedia позволяет получать доступ к управлению с любых графических интерфейсов. Основной сферой применения контроллера Palantir PLTR-PRO/4R является построение централизованных систем управления.

Рис 3.2 Центральный контроллер Palantir PLTR-PRO/4R



Таблица 5

Технические характеристики

Характеристики	PLTR-PRO/4R
Операционная система	Linux
IP-адресация	2 статических (1-изменяемый)
Встроенный Web-сервер	Поддержка PHP-скриптов
Полнофункциональный FTP	сервер Поддержка длинных имен
Доступ к контроллеру	Многоуровневый с паролями
Конструкция	Установка в рэковую стойку
Размеры	483мм * 246мм * 44мм (1 unit)
Процессор	VIA C3/EDEN
Энергонезависимая память	512 Мб
Оперативная память	128 Мб
Разъемы	RJ45 Ethernet 2, DB9 RS-232 Serial 4, DC Power Jack 1
Источник питания	Внешний 12В AC-DC адаптер/блок питания

3.1.2 Контроллер управления

Контроллер удаленного управления (Ethernet - адаптер) Palantir PLTR-LIR-IP/12 (рис. 3.3 Лист 62) позволяет интегрировать управление локальными устройствами с центральными контроллерами через Ethernet. Имея большое количество одновременно необходимых портов и входов, контроллер Palantir PLTR-LIR-IP/12 предоставляет легкий путь для управления различными устройствами, уменьшая время и сложность инсталляций. Контроллер обеспечивает удаленное управление устройствами, поддерживающими протокол RS-232. Контроллер удаленного доступа Palantir PLTR-LIR-IP/12 предназначен для управления оборудованием по инфракрасному каналу (ИК) (табл. 6).

Таблица 6

Технические характеристики и особенности

Характеристика и возможности	Palantir PLTR-LIR-IP/12
Управление устройствами (ИК)	Телевизоры, видеомagneитофоны, CD DVD плееры; бытовые кондиционеры.
Управление оборудованием, которое поддерживает управление с помощью замыкания и размыкания "сухих" контактов (кнопочное управление)	Видеопроекторы, усилители звукового сигнала, моторизированные шторы, жалюзи и экраны. Аппаратура, для которой параметры управляющего сигнала не превышают 24Вольта/0,5Ампера.
Можно производить анализ состояния внешних устройств	Датчики, охранные системы
Вид монтажа	Установка на горизонтальной плоскости либо Установка в рэковую стойку

Характеристика и возможности	Palantir PLTR-LIR-IP/12
Разъемы	DC Power Jack 1, RJ45 Ethernet, DB9 RS-232, Serial 2 Relay 3, IR Mini Jack 6
Тип источника питания	Внешний адаптер/блок питания 12V DC@500mA.

Рис 3.3. Контроллер управления через LAN. Порты RS-232 - 2 шт. IR - 6 шт, LAN - 1 шт (RJ45)



3.1.3 ИК-эмиттер (IR Emitter)

Palantir IR Emitter - ИК-эмиттер (эмиттер инфракрасного излучения) - представляет собой заключенный в корпус черного цвета диод инфракрасного излучения (рис. 3.4). В отличие от обычных эмиттеров Palantir IR Emitter излучает в добавление к ИК излучению и видимый свет красного спектра, что позволяет контролировать передачу ИК-команд на управляемое оборудование.

У производителя оборудования выяснено, что расстояние, на котором сигнал от контроллера управления до диода инфракрасного излучения будет иметь недопустимый коэффициент затухания равен 50 м. В случае превышения данного расстояния или невозможности обеспечить управление устройством из-за затухания ИК-сигнала используется контроллер управления Palantir PLTR-LIR-IP/5 настольного исполнения, который крепится за фальш потолок над ЖК-телевизором.

Рис. 3.4 Внешний вид ИК-эмиттера.



4 Раздел. Анализ и выбор оборудования

4.1 Требования к системе вещательной сети (IPTV)

Выбор оборудования аппаратной и программной части является наиболее важной задачей для построения вещательной сети IPTV.

Предполагается, что в здании уже проложен оптоволоконный многомодовый кабель.

Существует ряд требований к программной и аппаратной части системы вещательной сети (IPTV):

- 1) Поддержка международных и российских стандартов в области цифрового телевидения и телекоммуникационных технологий;
- 2) Поддержка качества предоставляемых услуг (QOS) (качество изображения и звука, стабильность работы, и пр.);
- 3) Легкая модернизация платформы и расширение функциональных возможностей;
- 4) Постоянная поддержка программной и аппаратной части для интеграции новых услуг и обеспечения сети IPTV;
- 5) Высокая надежность программно-аппаратной части в целом и отдельных модулей в целом;
- 6) Управляемость, быстрое восстановление и замена модулей после сбоев.

4.1.1 Разработка требований к системе вещательной сети (IPTV) университета. Требования к структуре

Для систематизации построения, система вещания по протоколу IP должна быть разделена на подсистемы или модули. Разбиение на модули призвано разделить и изолировать отдельные участки системы, структурировать построение, упростить формирование требований к отдельным частям системы.

Система вещания по протоколу IP должна делиться на функциональные модули:

- 1) стримеры прямого потокового вещания;
- 2) серверы Video on Demand – видео по запросу;
- 3) приемные устройства (STB);
- 4) устройства отображения;
- 5) пост дежурных операторов вещания (управление системой IPTV);
- 6) управляющее программное обеспечение;
- 7) Приёмная часть эфирного телевидения;
- 8) Приёмная часть спутникового телевидения;
- 9) Видео студия СПбГУТ

Так же должно быть проработано взаимодействие между указанными модулями.

4.1.2 Требования к надежности

Оборудование системы вещания по протоколу IP должно иметь механизмы или подсистемы для информирования обслуживающего персонала о неисправности.

Подсистема питания должна обеспечивать бесперебойное питание стримеров и серверов VoD, а так же серверов с управляющим ПО, при пропадании напряжения в питающей сети 220 В, не менее 10 минут.

4.1.3 Требования по стандартизации и унификации

Применяемое оборудование, используемые протоколы должны соответствовать российским и/или международным стандартам.

Активное сетевое оборудование, серверы и оборудование системы бесперебойного питания должны размещаться в коммуникационных шкафах типоразмера 19 дюймов.

4.2 Требования к защите информации от несанкционированного доступа. Выбор системы CAS/DRM

Система вещания по протоколу IP должна предусматривать систему защиты контента от несанкционированного просмотра. Защита контента может обеспечиваться либо установкой дополнительного оборудования, либо модификацией программного обеспечения. В системе должна быть предусмотрена возможность подключения как карточной, так и безкарточной системы условного доступа/защиты контента. Безкарточная система подразумевает возможность установки ключа для расшифровки контента STB-приставкой.

От несанкционированного доступа должны быть защищены управляющие интерфейсы оборудования, конфигурационная информация, данные удаленного мониторинга, образы программного обеспечения сетевого оборудования.

Требования, предъявляемые к системе CAS/DRM:

Высокая надежность;

Система защиты контента должна работать в сетях различного типа (IP, Ethernet);

Необходимо шифрование различных потоков и услуг (ТВ,nVoD, VOD, радио);

Сертификация системы для использования на территории РФ;

Поддержка стандартов сжатия ТВ сигнала MPEG-2 (ISO 13818), MPEG-4 (H.264, ISO 14496-10).

На рынке представлены такие системы CAS, как VCAS компании Verimatrix, VideoGuard компании NDS, Aladin CAS компании Nagravision, CAS компании NETUP и других фирм.

Проанализировав возможности перечисленных выше систем CAS и руководствуясь требованиями необходимой функциональности системы CAS/DRM было принято решения выбрать CAS компании NETUP

Система условного доступа компании NETUP состоит из двух частей - серверной и клиентской (рис. 4.1). Клиентская часть загружается в STB и осуществляет дешифрование потоков. Параллельно ведется процесс обновления ключей с серверной части. Реализована поддержка приставок от различных производителей, по необходимости возможна адаптация интерфейса абонента к другим типам STB. Код модуля написан на языке C с использованием оптимизированных алгоритмов. Код компилируется и работает под платформами x86, PowerPC и др. В случае использования в IP STB операционной системы Linux, модуль загружается в режиме ядра (kernel module) и осуществляет перехват пакетов содержащих зашифрованный контент и их дешифрование.

Рис 4.1 Компоненты системы условного доступа



Компоненты системы условного доступа:

- 1) Модуль ядра Linux на сервере системы сокрытия
- 2) Модуль ядра Linux абонентском устройстве STB
- 3) Клиент-серверное приложение для обмена ключами. Серверная часть запускается на сервере, клиентская часть - на абонентском устройстве STB

4.3 Требование к аппаратно-программному комплексу. Выбор интерфейса интерактивного доступа Middleware

Middleware предоставляет интерфейс пользователю, обеспечивает управление всеми компонентами решения IPTV.

Требования к системе Middleware:

- Использование международных и российских стандартов;
- Возможность работы на сетях доступа различных типов (IP/Ethernet, IP/ADSL, HFC);
- Простота интеграции с STB;
- Открытость платформы и легкая интеграция приложений третьих фирм;

- Поддержка русского языка (Unicode);
- Легкое и экономичное масштабирование и модернизация системы (увеличения клиентской базы, расширения объемов услуг);
- Высокая надежность.

На рынке представлены такие системы Middleware как Orca компании Orca Interactive, Myrio компании Myrio Corp, Microsoft TV, IP Edition компании Microsoft, ITV Manager компании Tandberg, iVision компании Netris и других фирм.

Учитывая данные требования для реализации заданной сети IPTV в данном проекте была выбрана система NetUp российской компании. (система клиентского самообслуживания, лицензия до 5 000 абонентов) (В случае передачи только на компьютер скачивается бесплатный VLC плеер).

Система NetUp Middleware -это важная часть системы IPTV так как с её графическим интерфейсом приходится взаимодействовать пользователю услуг интерактивного телевидения. Мультиязычная оболочка базовой конфигурации поддерживает русский, английский, немецкий и французский языки. Осуществляется поддержка широкого спектра клиентских приставок (STB), а архитектура продукта позволяет вводить дополнительные услуги без выведения программного обеспечения из эксплуатации. Система оптимизирована под просмотр на клиентских STB с браузерами Abt Fresko, Firefox, Opera. Благодаря использованию широко распространённых средств по форматированию web-страниц, имеется возможность быстро и качественно производить изменения в интерфейсе, с которым работает пользователь.

Интерфейс Middleware NetUp предлагает пользователю управление следующими услугами:

- 1) Просмотр сеансов виртуального кинозала (nVoD);
- 2) Сдвиг вещания по времени для телеканалов (Time shifted TV);
- 3) Просмотр телепередач по запросу (TV Demand);
- 4) Программа телепередач (ERG);

- 5) Персональный видеоманитфон (PVR);
- 6) “Пауза”и “перемотка” при просмотре телеканалов;
- 7) Просмотр телеканалов;
- 8) Заказ фильмов из каталога (VoD).

Middleware NetUp содержит:

- 1) CMS систему управления пользовательскими и административными порталами и интерфейсами;
- 2) административный портал и интерфейс управления услугами, порталами;
- 3) пользовательские интерфейсы, адаптированные для STB и ТВ приемников;
- 4) EPG (интерактивная телепрограмма);
- 5) VoD портал (БД контента по запросу);
- 6) nVoD – “виртуальный кинозал” (EPG с информацией по сетке вещания nVoD контента, запрос и голосования для добавление контента в расписание вещания);
- 7) “коллективный просмотр” (Голосования по добавлению контента в расписание вещания nVoD);
- 8) Личный кабинет – управление услугами,, статистика, разграничения доступа, выбор визуальных “темы”;
- 9) Портал погоды;
- 10) помощь - портал технической поддержки пользователей, видео курсы обучения работы с системой и пультом ДУ, вопросы и ответы, заявка технической поддержки;
- 11) возможность Администраторами гибко изменять и создавать разделы, порталы, управлять политиками доступа;
- 12) модуль аналитики и статистики.

Реализованы функции поиска по названию и описанию. Предусмотрен предварительный ознакомительный просмотр трейлеров. Описание фильмов может автоматически обновляться из Интернета.

Также немаловажно является совместимость системы. Middleware совместима со следующими устройствами:

- Поточковые устройства (IP Streamer-входит в SAT приемник). Middleware NetUp совместима с любыми устройствами, поддерживающим IP Multicasting (MPEG-2 и MPEG-4).
- Абонентские устройства (IP Set Top Box). Middleware NetUp обеспечивает стабильную работу с абонентской приставкой STB Amino Aminet 130H (Ссылка на раздел о выборе STB).
- Сервера VoD. Так как выбранная система VoD так же предоставляется компанией NetUp - Middleware прекрасно функционирует и не требует адаптации к работе с другими VoD серверами.
- Система защиты контента (CAS/DRM) так же производится компанией NetUp, поэтому при выборе данной системы мы получаем прекрасную совместимость с Middleware NetUp, исключаем необходимость адаптации CAS/DRM и получаем необходимый уровень защиты контента и системы в целом от несанкционированного доступа.

4.4 Система “Видео по запросу” и “виртуальный кинозал”

Система “Видео-по-запросу” - отдаёт или записывает по требованию (запрос пользователя, программированное событие) видеоматериалы.

Основные требования к системе “Видео-по-запросу” следующие:

- 1) Поддержка стандартов сжатия ТВ сигнала MPEG-2 (ISO 13818), MPEG-4 (H.264, ISO 14496-10);
- 2) Поддержка видеоизображения в стандартном разрешении кадра (SD) и телевидения высокой четкости (HD);
- 3) Поддержка работы на различных типах сетей доступа (IP/Ethernet, IP/aDSL, HFC/Sat),- так как в перспективе может возникнуть необходимость передавать видео контент другим операторам IPTV;

- 4) Поддержка централизованной и распределенной архитектуры;
- 5) Поддержка unicast (передача информации одному абоненту) и multicast(передача информации множеству абонентов) потоков;
- 6) Поддержка стандартов сжатия аудиосигнала: MPEG-1 Layer I,II; AC-3; AAC (ISO-14496-3);
- 7) Наличие системы управления контентом (управление правами);
- 8) Наличие системы анализа загрузки сети и балансировки нагрузки;
- 9) Ориентированность и полная совместимость с системой Middleware;
- 10) Высокая надежность всех модулей системы;
- 11)Наличие модуля мониторинга и быстрого восстановления после сбоев.

На рынке представлены системы VoD таких фирм, как Concurrent, SeaChange, C-Cor (N-Cube), Kasenna, BitBand и других фирм.

Учитывая данные требования для реализации заданной вещательной сети IPTV в данном проекте была выбрана система VoD производимая фирмой NetUp.

Основные характеристики и возможности системы VoD (NetUp) представлены ниже.

Сервер для предоставления услуг “Видео по запросу” и “Виртуального кинозала”,поддерживает до ста одновременных сессий при потоке 4 Мб/с на одно устройство.

Как правило, количество пользователей, одновременно пользующихся услугой “Видео по запросу” при пиковой нагрузке составляет 10% от общего числа, поэтому один сервер способен обслужить до 1000 пользователей при стандартной компрессии видеотрафика.

Поддерживаются режимы вещания Unicast и Multicast

Сервер комплектуется четырьмя жесткими дисками SATA II с возможностью “горячей замены”, размером по 750 Гб каждый. 3 ТБ контента (100 сессий) - это более 700 фильмов стандартного разрешения (DVD).

Фильмы хранятся в формате MPEG-2 program stream.

Уровень компрессии может быть изменён в большую либо меньшую сторону в зависимости от мощности абонентской приставки. Контент так же можно хранить и вещать в формате H.264 (MPEG-4), что особенно актуально для передачи видео высокого разрешения (HD). Текстовые описания для контента (отображаемые в интерфейсе пользователя Middleware) могут автоматически обновляться с информационной базы данных в сети Интернет. Осуществляется поддержка широкого спектра клиентских приставок (STB), а архитектура продукта позволяет вводить дополнительные услуги без выведения программного обеспечения из эксплуатации. Система оптимизирована под просмотр на клиентских STB с браузерами Abt Fresko, Firefox, Opera Программное обеспечение сервера позволяет дополнительные системы хранения информации (Data Storage). Контент можно загружать с использованием протоколов smb,ftp.

Так же, в комплект поставки входит модуль для перекодирования DVD дисков в необходимый формат. Система сама определяет содержимое DVD-диска, формат аудио и видео потоков и производит сохранение в нужном формате на жестком диске. Данная функция доступна в режиме командной строки, что в свою очередь позволяет автоматизировать процесс обработки DVD-дисков.

Сервер выполнен в 1U-корпусе для монтирования в стойку (рис. 4.2). Имеется возможность объединять VoD-сервера в кластер, что позволяет достигать практически любой производительности и строить распределённые сети.

Сервисы Time-Shifted TV (просмотр телевидения со сдвигом во времени). Personal Video Recorder (персональный видеомаягнитофон). TV on Demand (просмотр прошедших телепередач по запросу) поддерживаются отдельным сервером.

Рис 4.2 Система VoD (NetUp)



4.5 Абонентские устройства

Абонентские устройства или STB – это приемник сигнала IP TV.

Основные требования к абонентским устройствам следующие:

- Производительность центрального процессора не менее 220 MIPS;
- Объем оперативной памяти не меньше 32 Мбайт с возможностью расширения до 128 Мбайт;

Объем Flash-памяти не менее 4 Мбайт. Возможность расширения;

- Тип компрессии MPEG-2, H.264 MPEG-4 Part 10,
- Разрешение видеозображения: 720x576 (576 SD); 1280x720 (720 HD) 1920x1088 (1080 HD) ; Формат кадра: 4x3, 16x9;
- Аппаратное декодирование аудиоданных в стандартах: MPEG –1 Layer 1, 2, 3(MP3) (ISO/IEC 11172-3, ISO/IEC 13818-3), AAC (ISO 14496-3);
- Встроенный декодер Dolby AC-3 и AAC с выходом в режиме стерео;
- встроенная аппаратная поддержка CAS.

Каналы 21-69; частоты: 470-860 МГц; видео выход: PAL D/K, SECAM L;

- Поддержка отображения телетекста и титров;
- Разъемы: RG-45 Ethernet порт; композитный, CVBS; S-video; RGB (компонентный (YUV) и HDMI для HD); Стерео аудиовыход; цифровой аудио выход: электрический или оптический; RF-входы модулятора: 75 Ом.

- USB 2.0;
- Программное управление включением;
- Пульт ДУ, инфракрасная клавиатура.

На рынке представлены STB таких фирм, как Thomson, Samsung, Sagem, Amino, Telsey, Motorola, Humax, Scientific-Atlanta D-Link и других фирм.

Учитывая данные требования на первоначальном этапе проектирования вещательной сети IPTV и этапе выбора совместимого оборудования были выбраны приставки D-Link DIB-120 но в процессе более детального рассмотрения оборудования системы в целом было принято решение заменить абонентскую приставку (как указано в табл. 7 стр. 74) STB D-link DIB-120HD по причине её нестабильной работы с программным обеспечением Middleware по заключению специалистов компании NetUp (см. п. 4.5.1 на следующей странице) на STB Amino Aminet 130H (Рис 4.3)

Рис 4.3 Абонентская приставка Amino Aminet 130H



4.5.1 Письмо от компании NetUp, программное обеспечение (ПО) (Middleware) которой используется в системе IPTV, о плохой совместимости ПО Middleware с абонентской приставкой D-link DIB-120HD

- > интересует вопрос совместимости программного обеспечения Middleware
- > (NetUp)
- > с абонентской приставкой STB D-link DIB-120HD вероятность стабильной
- > работы.

В настоящий момент поддержка STB D-link DIB-120HD имеется, но система работает неприемлемо медленно. Как я сообщил, через месяц-два в продаже имеющийся Middleware будет заменен принципиально новым продуктом, где проблема задержек при работе с интерфейсом на этой приставке будет решена.

- > Так же интересует какие приставки STB можете порекомендовать из
- > расчета, что необходима возможность поддержки HDTV и программное
- > управление приставкой по сети.

Управление доступным контентом производится из интерфейса управления IPTV комплексом, имитация же деятельности клиента на приставке на мой взгляд весьма затруднительна.

Один из вариантов - это завести в системе какой-либо служебный канал и включить его на всех приставках. После этого, направляя различное содержимое в этот канал, можно централизованно менять демонстрируемый контент...

Из приставок с поддержкой HD на данный момент поддерживается только Amino 130.

Поддержка приставок D-link, Comtrend, Hansung, Telergy, Teletec и др. будет реализована в новой версии миддлваре. Но я не стал бы уповать на то, что все эти приставки, несомненно более дешевые, чем Амино 130 готовы к эксплуатации, причем не для обычного контента, а для такой капризной вещи как HD. По опыту сама 130я амино стала готова к нормальному использованию для HD только в мае месяце этого года, версии же выпущенные ранее часто давали сбои на больших потоках. По этой причине мне кажется, что все остальные приставки корректно заработают с HD минимум через полгода...

С уважением, Чистяков Александр,
компания NetUP,
+7 (495) 543-92-20 (доб 0)

Таблица 7

Фрагмент спецификации оборудования (Часть абонентские приставки)

Заменить		Состав	Количество	Цена за 1 (руб.)	Стоимость (руб.)
Удалить	Вставить				
D-link DIB 120HD		HD IP STB with HDMI Interface and MPEG-4 Support, 1 LAN port Ethernet, HDMI Connector Up to 1080i, RGB, S- Video interfaces, 2 port USB 2.0, MPEG-4 Part 10 (H.264), HD MPEG-2 and SD MPEG-2, MPEG-1 Layer 1/2/3, Support VOD and multicast IPTV, Embedded browser for web surfing, Flash and Java support, USB Keyboard	41	4 312,50	176 813
	IP STB Amino	HDMI with HDCP up to 720p and 1080i	41	8 190,00	335 790,00

Заменить		Состав	Количество	Цена за 1 (руб.)	Стоимость (руб.)
Удалить	Вставить				
	Aminet 130H	<p>Composite, S video, Component and Scart</p> <p>Dolby 5.1 multi-channel audio (optical S/P-DIF) and analogue Stereo</p> <p>4:3 and 16:9 video stream aspect ratios</p> <p>MPEG 1, 2 & 4 (AVC) H.264</p> <p>Second, fast Ethernet port for guest Internet connection with QoS functionality</p> <p>TVI support for leading hospitality TVs</p> <p>Interface to 10/100BaseT Ethernet</p> <p>Video Protocols</p> <p>Multicast IPTV (IGMP control)</p> <p>Video on Demand (RTSP control)</p> <p>USB 2.0 master</p> <p>IR remote control (combines TV and STB functions)</p> <p>Discreet, robust chassis with integral fixings</p>			

Заменить		Состав	Количество	Цена за 1 (руб.)	Стоимость (руб.)
Удалить	Вставить				
		Optional remote IR Extender Cost effective management and maintenance Key-protected, scalable multicast software upgrade Remote management via network Macrovision Copy Protection Высокопроизводительная архитектура, 300 миллионов операций в секунду для обработки кодеков.			

4.6 Базовый блок головной станции

Основные требования к головной станции следующие:

- Прием сигналов в российского эфирного телевидения стандарт SECAM D/K (Число строк: 625, частота кадров; 25, полоса канала: 8 МГц, полоса сигнала: 6 МГц, кодирование видеосигнала: негативное, поднесущая звука: +6,5 МГц, поднесущая звука FM);
- Многомодульность;
- Возможность модернизации;
- Быстрый и удобный доступ к головной станции для установки дополнительных модулей;
- Наличие системы мониторинга и управления оборудованием;
- Высокая надежность.

На рынке представлены головные станции таких фирм, как Scientific-Atlanta, Astro, Tandberg, Scopus, Harmonic.

Учитывая данные требования для реализации заданной сети IPTV в данном проекте была выбрана головная станция Astro (V16.1) компании Astro Strobel/ (рис. 4.4) (характеристики - таблица 8 на стр. 76).

Рис. 4.4 Головная станция Astro (базовый блок V16.1)



Основные характеристики станции Astro (V16.1):

В базовый блок 7 НУ на 8 модулей (до 16 выходных RF-PAL каналов

или QAM потоков - более 100 ТВ программ), 2 температурно-управляемых вентилятора, сумматор ВЧ. В комплект входит: блок питания, софт, порт и кабель для подключения к PC, крепеж для 19 дюймовой стойки. Базовый блок V16 обладает следующими основными особенностями: 8 слотов для установки различных сменных модулей для конвертации цифровых и аналоговых TV и вещательных программ спутников и наземных сигналов; полная совместимость сверху вниз со всеми модулями признанной X-серии; благодаря высокой гибкости возможна конвертация большого разнообразия DVB стандартов ТВ каналов; суммирующий усилитель для 8-ми базовых модулей (дистанционно питаемый через базовые модули); опция SAT распределителя с шестью коммутируемыми входами и 16 выходами; возможна поставка с резервным источником питания; простота замены источника питания без демонтажа встраиваемых модулей; источник питания до четырех малошумящих конвертеров (LNB); интегрированная температурно-контролируемая вентиляция; интегрированный шинный адаптер; головная станция может полностью обслуживаться и программироваться дистанционно; конфигурирование через удобное программное обеспечение (ноутбук) или контроллер КС3; отображение параметров и ошибок каждого встроенного модуля; запираемый кожух изделия (может быстро и легко открываться без инструментов); монтажа в 19 дюймовую стойку или настенный монтаж; благодаря компактному дизайну в 19 дюймов стандартную стойку можно установить до 4 базовых блоков; встраиваемые модули фиксируются зажимным устройством, установленным в шасси.

Благодаря модульной структуре системы ASTRO V16, строящиеся распределительные сети в будущем являются расширяемыми и модернизируемыми и таким образом приспособляемыми к каждой ситуации приема в любое время.

Базовый блок без модулей: Базовое оборудование включает в себя источник питания и материнскую плату. Инсталляция и программирование

через программное обеспечение или отдельно через встраиваемый программирующий модуль.

Таблица 8

Характеристики головной станции

Наименование параметра	Ед.изм.	Значение параметра
Напряжение питания	В/Гц	230/50
Электромагнитная совместимость (EMC)		Совместимы с EN 50083 T2/A1
Диапазон рабочих температур	С	0 ...+50
Габариты (Н×W×D):		0 ...+50
Без монтажных скоб		340×426×277
Без монтажных скоб спереди	мм	340×491×277
Без монтажных скоб сзади		340×491×290
Масса базового блока V16.1	кг	3,6

4.6.1 Двойной демодулятор

В состав базового блока головной станции Astro V16.1 входит двойной демодулятор (рис. 4.5.1, рис 3.5.2). Его функция заключается в переводе из в НЧ диапазон аналогового высокочастотного сигнала. Двойной демодулятор (X-demod twin D/K) является модулем базового блока Astro.

Характеристики двойного демодулятора: (47-862 МГц)→ A/V Входной уровень 55-85 dBmKV.

Рис. 4.5.1 Двойной демодулятор

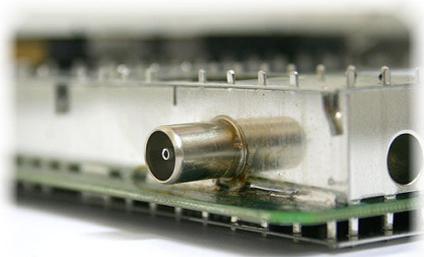
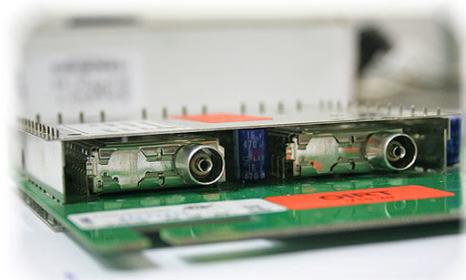


Рис. 4.5.1 Двойной демодулятор



4.6.2 Кодер MPEG 2

Для того, чтобы преобразовать НЧ сигнал в сигнал пригодный для транспортировки по стандарту сети Ethernet его сначала нужно сжать по стандарту сжатия MPEG и передавать с помощью асинхронного последовательного интерфейса (ASI) Входными сигналами для аппаратного кодера MPEG-2 в данном случае являются НЧ сигналы эфирных каналов.

НЧ сигналы подаются на входы MPEG-2 кодеров, которые преобразуют их в цифровые с компрессией в формате MPEG-2 4:2:0

В данном проекте были выбраны кодеры компании Alpha MediaGate по причине совместимости и надежной работы с головной станцией. Кодеры Alpha MediaGate имеют различные входные интерфейсы (композитный CVBS, S-видео, компонентный, SDI) что позволяет работать как с аналоговыми, так и с цифровыми источниками сигналов. В качестве выходных используются 2 зеркальных ASI интерфейса или опционально можно оснастить кодеры телекоммуникационными выходами E2/E3/DS3 (G.703). Скорость потока регулируется в пределах 1,5 – 15 Мбит/с. Такое оснащение кодеров позволяет им легко интегрироваться в большинство DVB систем.

Рекомендация использования модели кодера MPEG-2 AE201PW-S была предоставлена фирмой “Контур-М”. Внешний вид кодера показан на рис. 3.6 на следующей странице.

Рис.4.6 Внешний вид MPEG-2 кодера AE201PW-S



Характеристики кодера MPEG-2:

Входы: CVBS/S-Video, Выходы: 2 ASI. WEB-интерфейс.

4.6.3 Модульный медиа конвертер MMC (RGB)

Основные требования к модульному медиа конвертеру следующие:

- 1) Развертывание в сети с топологией "звезда";
- 2) Количество портов ASI не менее 20;
- 3) Высота не более 1U;
- 4) Обработка транспортных потоков SD и HD;
- 5) Поддержка резервирования ASI портов;
- 6) Поддержка стандартов MPEG-2 и MPEG-4/H.264;
- 7) Удобный пользовательский интерфейс настройки;
- 8) Скорость передачи не менее 200 Мбит/с /порт.

На рынке представлены медиа конвертеры таких фирм, как Allied Telesyn, D-Link, MRV Communications, RGB и др. Учитывая данные требования для реализации заданной вещательной сети IPTV в данном проекте был выбран модульный медиа конвертер (MMC) производимый фирмой RGB (характеристики – табл. 9 стр. 80). Остальные решения либо не подходили по требованиям, приведённым выше, либо существенно превышали необходимые требования, что являлись нецелесообразным для реализации трансляции эфирных каналов в данной вещательной сети.

Основные возможности MMC представлены ниже:

Компактное устройство для передачи сигнала в формате ASI по Gigabit

Ethernet сетям.

MMC основан на гибкой, масштабируемой модульной платформе компании RGB, что ускоряет развертывание современных видеослужб, упрощает эксплуатацию и управление, при этом сокращая эксплуатационные и единовременные затраты.

Легкое и экономичное ASI↔GigE преобразование.

Основанный на передовой технологии компании RGB – Video Intelligence Architecture (VIA), MMC облегчает процесс перехода к сетям Gigabit Ethernet

Устройство способно конвертировать до 24 портов ASI в Gigabit Ethernet и до 8 портов Gigabit Ethernet в ASI, выполнено в 1RU формате.

Компактное исполнение позволяет централизованно управлять всеми сервисами

Понятный графический пользовательский интерфейс упрощает управление.

Идеальное решение для среды с существующим ASI интерфейсом. MMC поддерживает маршрутизацию.

Принимает транспортные потоки стандартной (SD) и высокой (HD) четкости форматов сжатия MPEG-2, MPEG-4 H.264/AVC или VC-1.

MMC поддерживает резервирование выходных портов, где каждый ASI входной порт может быть отражен параллельно нескольким Gigabit Ethernet выходным портам.

Любой входной Gigabit Ethernet вход может быть отражен на различные ASI выходы.

MMC может работать со всеми таблицами, совместимыми с форматами MPEG, DVB и ATSC.

Модульная и гибкая архитектура MMC обеспечивает масштабируемость, позволяя изменять и расширять конфигурацию для каждого оператора.

Устройство полностью совместимо с современным MPEG-2 кабельным

профессиональным оборудованием.

MMC конфигурируется с помощью удобного графического пользовательского SNMP управления. Одно шасси MMC поддерживает до 24 ASI портов, используя 4 ASI модуля и до 8 портов Gigabit Ethernet ASI↔Gigabit Ethernet: Преобразование DVB-ASI в Gigabit Ethernet. Преобразование Gigabit Ethernet в DVB-ASI. Полная совместимость со всеми таблицами форматов MPEG, DVB и PSIP.

Форматы видео:

MPEG

Все MPEG-2 транспортные потоки форматов MPEG-2, MPEG-4/H.264 и VC-1. Поддержка MPTS, SPTS, multicast & unicast. Поддержка CBR и VBR SD и HD. Все разрешения NTSC и PAL.

Форматы аудио: Все аудио форматы. Соответствие стандартам CE.

Безопасность: UL, TUV/GS, сTUVus Электромагнитная совместимость FCC Part 15, Class A, EN55022, EN55024.

Таблица 9

Характеристики Модульного медиа конвертера

Характеристики	Модульный медиа конвертер (MMC)
Входные/выходные интерфейсы	до 24 ASI портов на шасси до 4 ASI модулей с 6 ASI портами каждый; Программно конфигурируются как входы или выходы; 8 SFP интерфейсов – медных или оптических.
Скорость передачи Fast Ethernet	213 Мбит/с /порт.Gigabit Ethernet 1 10/100BaseT интерфейс(управление и мониторинг

Характеристики	Модульный медиа конвертер (ММС)
Напряжение питания	AC (переменное): 100-127 VAC 1.4A to 200-240 VAC 0.8A DC (постоянное): 48VDC 3.5A (range 36-75VDC)
Частота сети	50-60 Гц
Потребляемая мощность	170Вт – полная нагрузка
Габаритные размеры	1RU – 43.6 x 433 x 583 мм
Вес	11.34 кг
Температура эксплуатации	от 0° до 40°С

4.6.4 Кодер MPEG- 4

Видеосигнал, который должен поступать из видеостудии СПбГУТ представляет несжатое цифровое видео (SDI - Serial Digital Interface, - поток 270 Мбит/сек). Видео должно кодироваться в режиме реального времени. Так же SDI выбран по причине возможности передачи несжатого сигнала на большие расстояния без заметной для зрителя потери качества.

Выбор аппаратного кодера MPEG- 4 производился исходя из следующих требований:

- 1) Видеовход SDI (BNS);
- 2) Частота дискретизации - 32, 44.1 и 48 КГц;
- 3) Ethernet 10/100 (RJ-45);
- 4) Битрейт не менее 300 Кбит/с AAC-LC.

Проанализировав представленные на рынке аппаратные кодеры компаний AdTec, FAST, Bosch, Protocom Technology было принято решение использовать кодер EDJE4010 компании AdTec (характеристики: табл 10 стр. 81).

Edje4010 – это предающий в реальном времени. MPEG 4 Part 10 (AVC) поток кодер с SDI AVC/H.264 интерфейсом. Устройство содержит много

профилей, которые можно использовать для спутникового и кабельного кодирования, широкополосного телевидения, обеспечения высокого качества защиты и мобильных приложений.

Пред. Обработка: обеспечивает исключительно низкий битрейт, компенсирующую движение временную фильтрацию, медианную фильтрацию, временную коррекцию. Фильтрацию резкости., ATSC A53/D, Teletext WSS PAL. Формат аудио кодирования: AAC-Low Complexity

Таблица 10

Характеристики кодера AdTec EDJE4010:

Характеристики	(AdTec) EDJE4010
Видео вход	Композитный (BNC)
Дополнительные видео входы	SDI(BNC), (SMPTE 259M), Embedded Audio (SMPTE 272M)
Аудио входы	24 Bit A-D Conversion Audio Level Control - (Analog and SDI Input) Two channels Balanced - (RST-5 Pin) SMPTE 272M - (Embedded with SDI Option)
Частота дискретизации	32, 44.1 and 48 KHz
Серийные коммуникации	Terminal RS232 (38400-115,200K, 8, 1 N) Com2 RS232/RS422/RS485 (9600-115200 K, 8, 1 N) Parallel Control and Tally 5 Pin Removable Screw Terminal 3 Data Inputs (User definable) 1 Data Output (User definable) Ad Insertion Cueing SCTE 35 SCTE-104
Видео кодеки:	ISO/IEC 14496-10 - (MPEG 4 Part 10 or AVC), Progressive Base Line profile L3, Interlaced Main

Характеристики	(AdTec) EDJE4010
Скорость кодирования	Profile L3 300 Кбит/с -5 Мбит/с
Разрешающая способность видеоканала:	176 120 to 720 x 480 NTSC, 176 x 120 to 720 x 576 PAL
Мультиплексирование	ISO/IEC13818-1 MPEG 2 Transport Stream
Форматов	
Формат передачи	ETSI TS 102034
Битрейт	8-384 Кбит/с AAC-LC
Ethernet	10/100 (RJ-45), полудуплекс, дуплекс,
Ethernet протоколы	Telnet; FTP; UDP; RTP/UDP; SDP и SAP поддержка
MPEG Table Compliance	PAT and PMT Идентификатор потока (User defined Program Identifier (PID)): PMT; Video (PCR on video); PCR (Separate if desired); Audio; SI and PSI Tables
Питание:	12 VDC less than 24 watts (2.5 MM locking)

В комплект поставки входит: кодер видеопотока в реальном времени EDJE4010 AVC Encoder. (рис 4.7 на следующей странице) 12 VDC внешний блок питания и кабель (USA), медиауправление графический интерфейс и настройка под Windows 2000/XP or Macintosh OS X (10.2 or greater). Соединительные провода: Ethernet кабель и стандартный 9 pin adapter. Два аудио разъема, Manual (PN: CAT-017)

Рис. 4.7 Кодер MPEG-4.



4.6.5 Видеостример/мультиплексор DVB-IP

В качестве системы, осуществляющей прием видеосигнала с конвертера, установленного на спутниковой антенне и формирование потоков контента по IP, - используется DVB-IP стример Flamingo 220S (компания avenia) с полной поддержкой 2-х транспондеров (DVB-S или DVB-S2)

Устройство 5 в 1:приемник, дискрэмблер, де/ремультиплексер, IP стример.

2 CAM слота на передней панели, для раскрытия каналов (расшифровки закрытых каналов, например кодировка DRE)

Выбор в пользу данного видео стримера был произведен при сравнении с DVB-IP стримером компании NetUp. Сравнения с другими производителями не проводились по причине как отсутствия информации по совместимости с уже выбранным оборудованием так и практики таких решений в России.

Flamingo 220S (табл. 11, рис 4.8; 84-85 стр.) может преобразовывать сигналы DVB-S / C / T в IP маршрутизировать и дискремблировать 2 транспондера.

Ключевые особенности:

От 60 каналов на одном устройстве;

Закрытые или открытые каналы;

Устройство 5 в 1:приемник, дискрэмблер, де/ремультиплексер, IP

стример .

Особенности:

SSH (интерфейс безопасной командной строки);

Панель ЖК: параметры IP, мониторинг bit-rate;

Multicast или unicast;

Полная поддержка 2-х транспондеров (DVB-S или DVB-S2)

Ключевые особенности:

До 60 каналов на одном устройстве. Закрытые или открытые каналы

Данный спутниковый ресивер FTA-типа (для приема бесплатных каналов), со встроенным картоприемником (это позволяет потребителю смотреть кодированные каналы, что требует поддержки используемой кодировки ресивером) и с возможностью установки САМ-модулей, что дает возможность ресиверу показывать каналы в любой кодировке, вне зависимости от его собственных возможностей декодирования (при этом сам ресивер может вообще не поддерживать ни одну из кодировок, т.е. быть FTA-ресивером. Ввиду того, что САМ-модули можно перепрограммировать и чаще всего использовать их совместно (это ограничивается только количеством имеющихся САМ-слотов (Разъемы интерфейса CI)), это фактически означает, что спутниковый ресивер с САМ-слотами никогда не устареет, какая была новая кодировка не появилась.

Таблица 11

Особенности DVB-IP Flamingo 220S

Характеристики	DVB-IP Flamingo 220S
Поддерживаемые стандарты	MPEG-2 & MPEG-4, SD & HD
Модуляция	QPSK/8PSK
Интерфейс	DVB-CI

Характеристики	DVB-IP Flamingo 220S
2 x L-Band входа (75 Ом) DVB-S & DVB-S2 Дескремблирование с использованием САМ модуля	QPSK или 8QPSK)
Протоколы	DVB через UDP Панель ЖК: параметры IP, мониторинг bit-rate DVB через RTP Мониторинг и предупреждения SNMP Multicast или unicast RS-232 консоль Поддержка SPTS/MPTS Поддержка VBR & CBR
Диапазон частот	от 950 МГц 2150 МГц
Symbol Rate Range	1 до 45 Ms/s
IP Выход	3 x 1000 Base-T Fast Ethernet Администрирование и мониторинг
Монтаж	В 19" стойку, 1RU
Скорость передачи	До 500 Мбит/с
Потребляемая мощность:	150 Вт
Вес	7 кг
ВхШхГ:	44x444x390 мм
Рабочая температура	0° С до 50° С
Питание	100-240 В AC, 50/60 Гц

Рис. 4.8 Стример DVB-IP. Flamingo 220S



4.6.6 Спутниковая антенна азимутальная со стойкой

Перед выбором размера, установкой и настройкой спутниковой антенны необходимо знать с какого спутника нам необходимо принимать пакет программ. Произведён анализ контента спутниковых каналов и выбраны наиболее подходящие для университета пакеты программ. Критерием выбора было наибольшее количество образовательных и познавательных каналов и наличие каналов с качеством HDTV. Результаты анализа выбора спутников можно увидеть в таблице 12.

№	Название спутника	Кодировка	Местоположение	Диапазон	HD-каналы
1	Hot Bird 8	Открытые	13.0°E	Ku band	+
2	Astra 1G	Открытые	19.2°E	Ku band	+
3	Экспресс AM 2	Открытые	80.0°E	C-band	+

Таблица 12

Рекомендуемые спутники для вещательной сети университет

2 Антенны располагается на крыше здания университета.

Рис.4.9 Спутниковая антенна Супрал СТВ 1.8 (табл. 13 на следующей странице)



Таблица 13

Основные характеристики:

Характеристика	СУПРАЛ СТВ 1.8
Материал:	Алюминий
Диаметр зеркала, мм	1800x2001
Тип зеркальной системы	Офсетная
Фокусное расстояние, мм	1035 ($f/D=0.575$)
Диапазон частот, ГГц	10,85-12,75
Ширина луча, град	0,7
Коэффициент усиления на частоте 11,3 ГГц, Дб	46,3
Уровень боковых лепестков, не более, дБ	-21
Уровень кроссполяризации, не более, дБ	-21
Тип подвески	Азим.-угл.
Диапазон установки угла места	0....60°
Диапазон перемещения по азимуту	0....360°
Масса антенны (со стойкой), кг	76

4.7 Стойка для антенн Супрал

165 см, 180*200 см и 200 см облегченных. Диаметр трубы 76 мм (Рис 4.11)

Кроме данного крепежа предусмотрен дополнительный крепеж растяжек из-за большей парусности антенны (1.8 м)

Требования к креплениям стойки самые жесткие, особенно для крепления на стене многоэтажного дома. Для этого используются металлические анкерные болты, диаметром не меньше 11 см. Болты должны быть надежно затянуты, ни какие “качания” не допустимы.

Рис. 4.10 Стойка для антенн Супрал



4.8 Конвертор C-Band & KU-Band

Чем меньше длина волны, тем больше ее затухание в кабеле. Спутниковые же телевизионные трансляции передаются на очень коротких, сантиметровых волнах.

На сегодняшний день в спутниковом вещании используются два диапазона. Ku-диапазон занимающий область от 10.7 до 12.75 ГГц, и C-диапазон ограниченный полосой 3.5-4.2 ГГц.

Основным требованием к конвертеру является прием в Ku и C диапазонах.

Проанализировав рынок конверторов был выбран C-Band & KU-Band LNBF GI-303CKU конвертер (рис. 11, табл. 14).

Рис. 4.11 Конвертор.



Таблица 14

Технические характеристики:

C-Band:	KU-Band:
Коэффициент шума: 17 *К	Коэффициент шума: 0,2 дБ
Коэффициент усиления: 65 дБ	Входной диапазон: 10,70-12,75 ГГц
Входной диапазон: 3,4...4,2 ГГц	Выходной диапазон: 950-2150 МГц
Выходной диапазон: 950-1750 МГц	Нижняя частота гетеродина: 9,75 ГГц
Частота гетеродина: 5150 МГц	Верхняя частота гетеродина: 10,60 ГГц

4.9 Антенна Эфирная

В данном проекте используется комплект из трех антенн, настроенных каждая в определенном направлении. (Рис. 4.12 табл. 15).

Антенна установлена в условиях прямой видимости ретранслятора.

Рис. 4.12 антенна DCRS.1753



Таблица 15

Технические характеристики антенны

Характеристика	Антенна DCRS.1753
Каналы	2 – 12 21 - 69
Усиление, dB	3 9-10,5 8,5-14,5
Число элементов	1 9 43
Частотный диапазон	47-68 174-230 470-862
Диаграмма направ. гор., гр.	75 57-63 28-45
верт., гр.	10,85-12,75
Коэфф. направленности, dB	120 68-75 33-52
Длинна, мм	2420
Ветровая нагрузка, N	165
Гарантия	12 месяцев

4.10 ЖК телевизор

В здании СПбГУТ на пр. Большевиков 22 установлены 41 ЖК-телевизора.(Рис 4.13 табл. 16 на следующей странице)

30 из них в местах общественного просмотра и 11 в деканатах и в административных помещениях. После анализу характеристик различных моделей ЖК-телевизоров была выбрана модель Philips 52PFL9632D/10

Рис. 4.13 ЖК телевизор.



Таблица 16

Основные характеристики

Характеристики	Philips 52PFL9632D/10
Формат	16:9, Широкий экран
Яркость	550 кд/м
Динамическая контрастность экрана	10000:1
Время отклика (типич.)	3 (соотв. BEW) MS мс
Угол просмотра (по горизонтали)	178 градус
Угол просмотра (по вертикали)	178 градус
Размер экрана по диагонали (в дюймах)	52 дюйм
Размер экрана по диагонали (метрич.)	130 см
Разрешение панели	1920x1080 пикс
Тип экрана дисплея	ЖКД с активной матрицей True

Характеристики	Philips 52PFL9632D/10
	HD W-UXGA
Улучшение отображения	Небликующее покрытие экрана 640 x 480, 60, 72, 75, 85 Гц, 800 x
Компьютерные форматы	600, 60, 72, 75, 85 Гц, 1024 x 768, 60, 70, 75, 85 Гц
Видео форматы	640 x 480i -- 1Fh, 640 x 480p -- 2Fh, 720 x 576i -- 1Fh, 720 x 576p -- 2Fh, 1280 x 720p -- 3Fh, 1920 x 1080i -- 2Fh, 1920 x 1200
Выходная мощность (ср. квадр.)	2 x 10 Вт
Звуковая система	Звуковая система Nicam Stereo, Стерео
Встроенные динамики	4
Часы	Функция Sleep Timer, Будильник 4:3, Расширение формата
Регулировка формата экрана	формата фильмов до 14:9, Расширение формата фильмов до 16:9, Увеличение субтитров, Функция SuperZoom, Широкий экран
Картинка в картинке	Двойной текстовый экран
Телетекст	1000-страничный гипертекст
Вход антенны	Коаксиальный кабель 75 Ом (IEC75)
Система телевидения	Система PAL I, Система PAL B/G, Система PAL D/K, Система SECAM B/G, Система SECAM D/K, Система SECAM L/L', DVB COFDM 2K/8K

Характеристики	Philips 52PFL9632D/10
Воспроизведение видео	Стандарт NTSC, Стандарт SECAM, Стандарт PAL
DVB	Наземное DVB
Диапазоны тюнера	Расширенный диапазон, S-канал, UHF, VHF
1 внешний разъем Scart	Разъем аудио — левый/правый, Вход/выход CVBS, RGB
2 внешних разъема Scart	Разъем аудио — левый/правый, Вход/выход CVBS, Вход S-video
Ext 3	Вход S-video, Вход CVBS, Аудиовход — левый/правый
4 внешних Ext 5	YPbPr, Аудиовход левый/правый Функция HDMI
Ext 6	Функция HDMI
Количество разъемов СКАРТ	2
Другие соединения	Выход для наушников, Общий интерфейс
Температура окружающей среды	5 °С — 40 °С
Питание от сети	220-240 В, 50/60 Гц
Потребление электроэнергии	328 Вт
Входящие в комплект принадлежности	Настольная подставка, Шнур питания, Краткое руководство пользователя, Руководство пользователя, Регистрационная карта, Гарантийный талон, Пульт дистанционного управления, Батарейки для ПДУ
Ширина телевизора	1310 мм

Характеристики	Philips 52PFL9632D/10
Высота телевизора	824 мм
Глубина телевизора	125 мм
Ширина (с подставкой)	1158 мм
Вес продукта	45,4 кг
Ширина коробки	1390 мм
Совместим с настенным креплением VESA	600 x 400 мм

5 Раздел. Разработка схемы межэтажных и этажных разветвлений сигналов

5.1 Коммутационное оборудование и сеть передачи сигналов

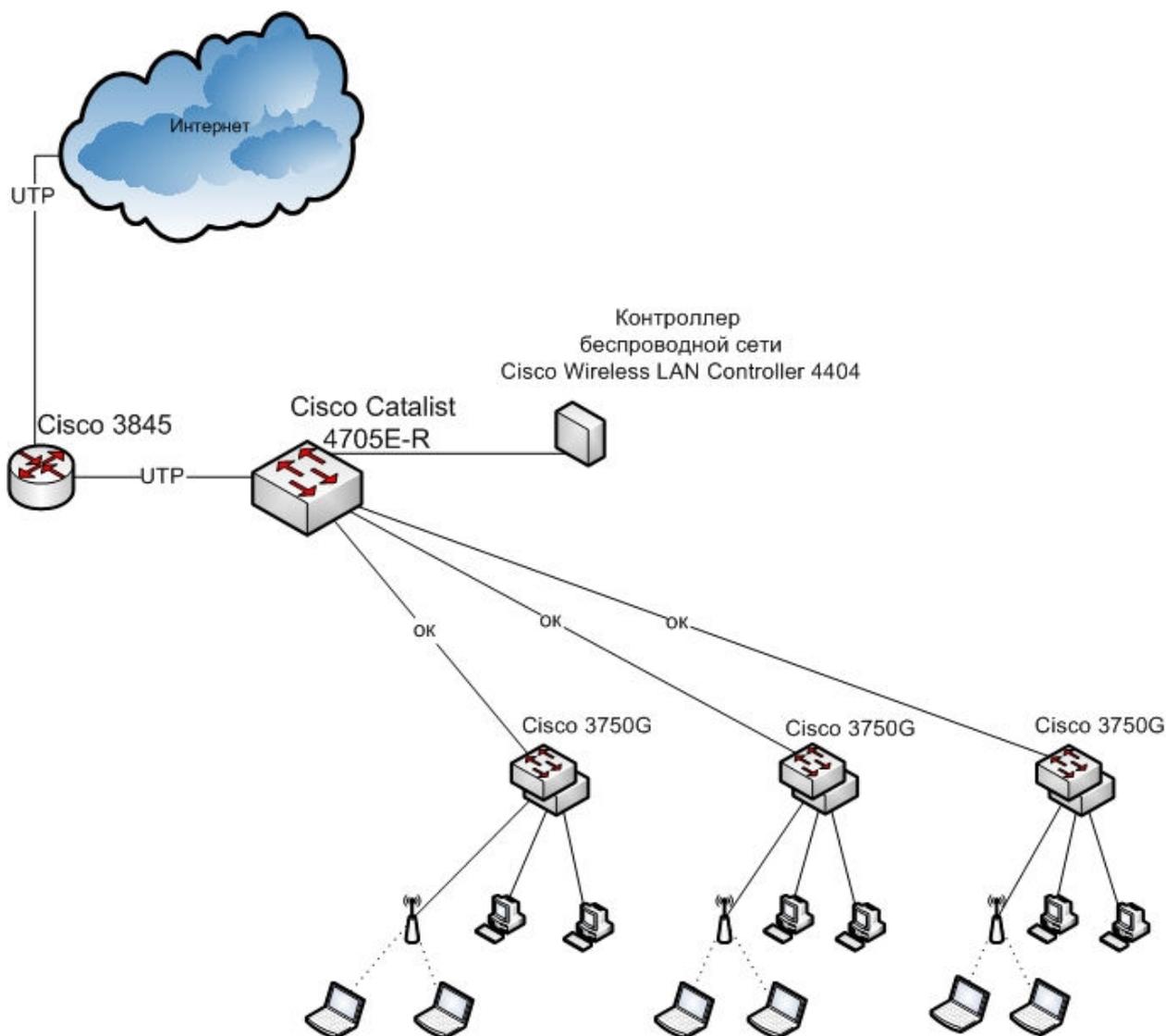
Физической основой локальной сети служит одномодовый оптоволоконный кабель, подключающий каждый из 18 этажных коммуникационных шкафов (КШ - он же этажный распределитель) к центральному коммутатору (Cisco Catalyst 4507E-R) (см. рис 5.1), находящемуся в серверной, 2-х гигабитной линией связи. Также между всеми КШ проложены участки 8-жильного многомодового кабеля, что добавляет дополнительную гибкость в конкретной реализации топологии сети, позволяя, например, связать соседние КШ между собой в случае, если к разным КШ подключены помещения одной кафедры, деканата или отдела. (Рис. 5.2).

В КШ будут устанавливаться управляемые коммутаторы 3-го уровня на 48 и 24 гигабитных порта (Catalyst 3750G), что позволит максимально гибко управлять трафиком. Также все коммутаторы поддерживают стандарт PoE. Основными потребителями этой функции будут точки доступа WiFi и точки доступа телефонии DECT. Также в каждом КШ будут установлены ИБП на 1500VA (980Вт). В особо нагруженных КШ требуется установка ИБП на 2200VA (1980Вт)

В определенной степени топология локальной сети будет соответствовать топологии кафедр и отделов СПбГУТ. Основные потоки трафика - это трафик внутри отделов и кафедр. Так же присутствует трафик вещательной сети IPTV. Каждая кафедра желает иметь чем-то отдельную от общей локальную сеть, которая, тем не менее, должна по их мнению иметь достаточно быстрый доступ в общую локальную сеть и частным порядком иногда подключаться к подобным локальным сетям других отделов.

Таким образом, существует возможность выделить для каждой такой сети отдельный VLAN. Дополнительно можно организовать транковые⁹ каналы между коммутационными центрами, к которым подключены клиенты, принадлежащие одному и тому же отделу.

Рис. 5.1 Схема локальной сети СПбГУТ



⁹ Магистраль; Транком обычно называют широкий канал связи двух коммутаторов. Такой канал, который мультиплексирует трафик нескольких VLAN. Это магистраль, соединяющая коммутаторы, раздающие доступ нескольким VLAN. Причем пользователи одного и того же VLAN есть как на основном, так и на коммутаторе, который расположен в каждом этажном распределителе.

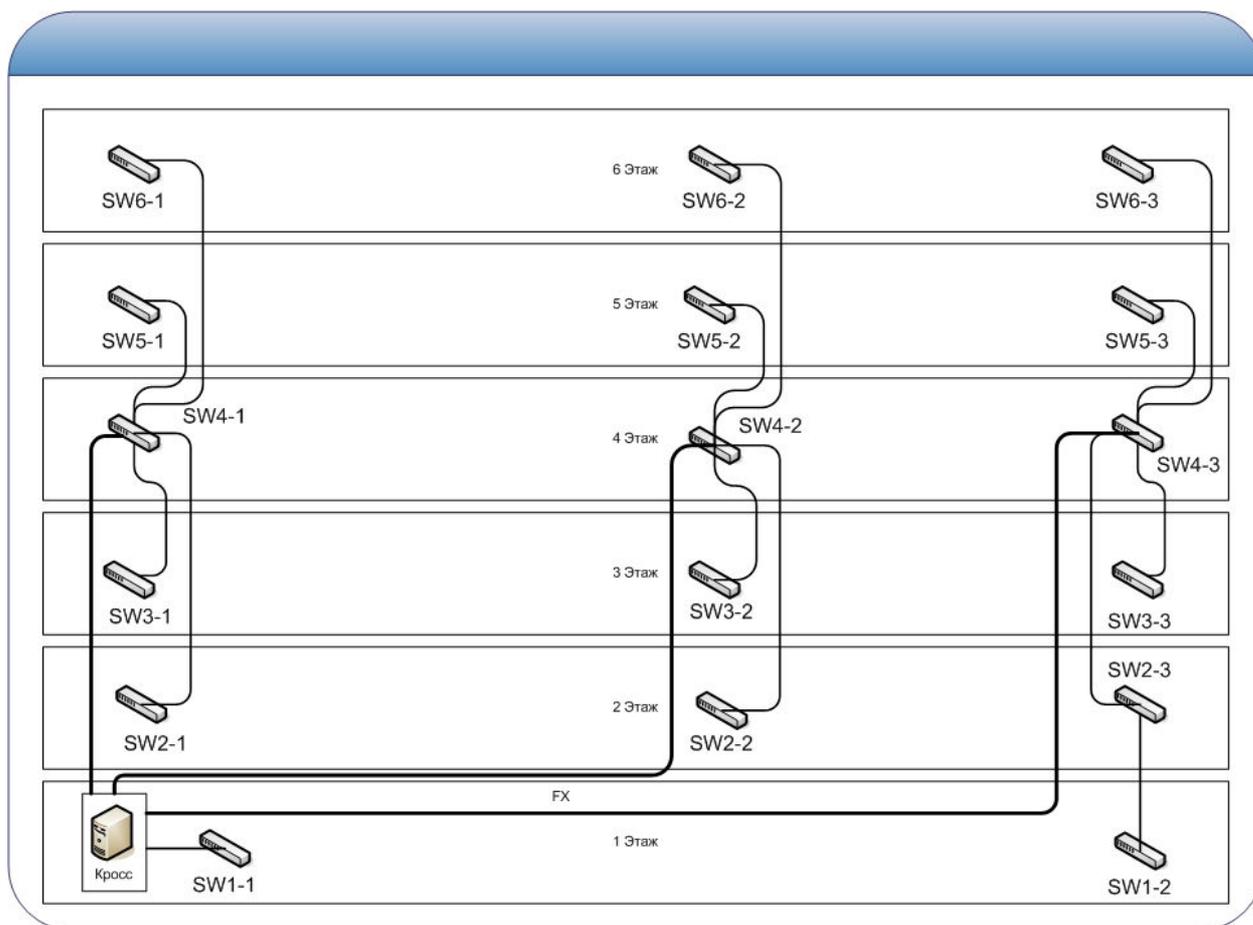
5.2 Разработка схемы межэтажной (вертикальной) кабельной сети

Вертикальная разводка сети выполнена с помощью одномодового оптоволоконного кабеля. Решающим в выборе типа кабеля был фактор пропускной способности. “Витая пара”(UTP кат. 5е) имеет ограничение по пропускной способности в 1 Гбит, поэтому выбрано именно оптоволокно. Многомодовый оптоволоконный кабель можно проложить по пути одномодового кабеля, но 10 Гбит, как при использовании одномодового, мы не получим.

Оптоволокно может быть использовано как средство для дальней связи и построения компьютерной сети, вследствие своей гибкости, позволяющей даже завязывать кабель в узел. Несмотря на то, что волокна могут быть сделаны из прозрачного пластичного оптоволокна или кварцевого волокна, волокна, используемые для передачи информации на большие расстояния, всегда сделаны из кварцевого стекла, из-за низкого оптического ослабления электромагнитного излучения. В связи используются многомодовые и одномодовые оптоволокна; мультимодовое оптоволокно обычно используется на небольших расстояниях (до 500 м), а одномодовое оптоволокно — на длинных дистанциях. Из-за строгого допуска между одномодовым оптоволокном, передатчиком, приемником, усилителем и другими одномодовыми компонентами, их использование обычно дороже, чем применение мультимодовых компонентов.

Разработана схема межэтажной структуры кабельной сети (рис 5.2).

Рис 5.2 Межэтажная структура кабельной сети в здании на пр. Большевиков, д.22, к.1



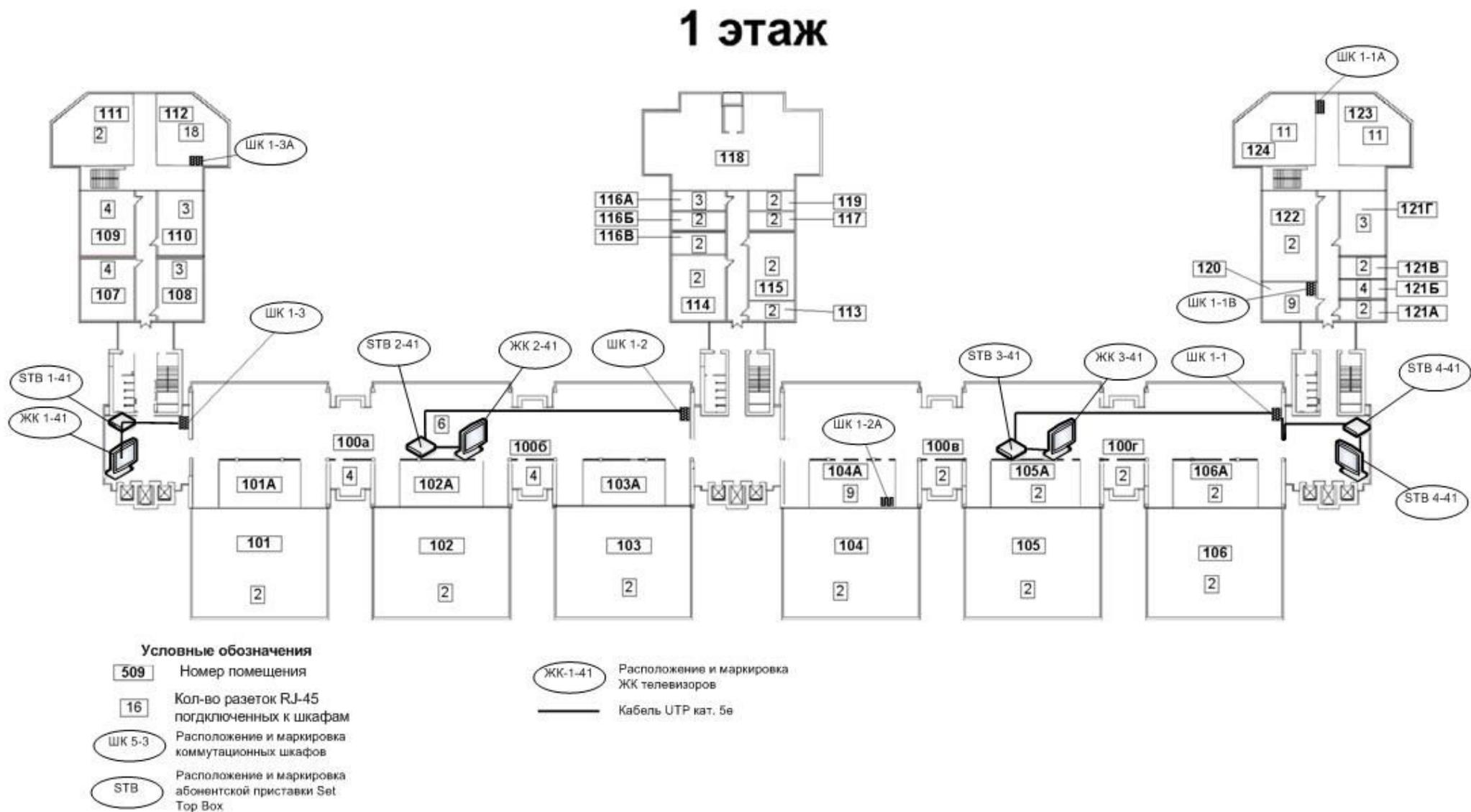
На 7 этаже слишком мало точек включения, чтобы выделять для них отдельные шкафы. Поэтому их обслуживают шкафы 6-го этажа

5.3 Разработка схемы этажного разветвления сигналов

Расстояние от коммутационного шкафа (не более 100 м. –ограничение витой пары) позволяет подключить приставки STB так как это показано на схеме этажного разветвления сигналов. Приставку STB планируется крепить к корпусу ЖК телевизора с помощью винтов (данное крепление предусматривает корпус STB). Так же важно количество розеток RJ-45 в здании университета так как каждый компьютер включенный в локальную сеть здания является потенциальным потребителем услуги IPTV (в случае с

подключением к локальной сети для просмотра IPTV приставки STB не требуется).

Рис. 5.3 Схема этажного разветвления сигнала (горизонтальная разводка)



6 Раздел. Расчет элементов сети: Расчет энергетических характеристик радиолинии спутник - приемник

6.1 Расчет уровня сигнала

Ослабление сигнала на линии спутник - приемник условно можно разделить на 2 составляющие: в свободном пространстве и за счет прохождения радиоволн в тропосфере. Потери сигнала при распространении в свободном пространстве зависят от частоты связи и протяженности радиолинии, их можно рассчитать по формуле:

$$A_{св} = \left(\frac{4\pi \cdot L \cdot f}{C} \right)^2,$$

где L – длина пути радиосигнала от спутника до антенны.

$C = 300\,000$ км/с – скорость распространения радиоволн в свободном пространстве (вакууме);

$f = 10$ ГГц – частота связи

$$L = \sqrt{H \cdot (2 \cdot R_3 + H)},$$

где $R_3 = 6400$ км – средний радиус земли;

$H = 36\,000$ км – высота спутника над экватором;

Таким образом $A_{св} = 2.95 \cdot 10^{20}$

Обычно технические параметры спутников (мощность передатчика и коэффициент усиления антенны) при расчетах не используется, а в справочной литературе публикуются данные об эквивалентной изотропно-излучаемой мощности (ЭИИМ) выражаемой в ваттах или дБВт.

Вторая составляющая потерь сигнала в тропосфере является случайной, так как зависит от поглощения сигнала в газах и осадках, которые зависят от частоты передаваемого сигнала. Ввиду того, что потери в тропосфере имеют случайный характер часто пользуются понятием запаса на

дождь для обеспечения надежности линии выраженной в процентах как отношение времени обеспечения передачи информации по линии к общему времени ее работы. В системах спутникового телевидения достаточную надежность линии принято полагать равной 99,9 %. При частоте связи в 10 ГГц получаем величину запаса на дождь равной 3 дБ.

6.2 Расчет шумов приемной установки

В суммарную мощность шумов, пересчитанную ко входу приемника, входят следующие составляющие:

- Собственные шумы приемника, мощность которых пропорциональна эквивалентной шумовой полосе до демодулятора.
- Шумы антенны, наводимые в ней Землей и атмосферой, Солнцем, наиболее мощными звездами и некоторыми планетами Солнечной системы.
- Шумы антенно-фидерного тракта

Шумовые свойства приемных устройств чаще всего принято оценивать эквивалентной шумовой температурой $T_{пр}$, которая оценивается через коэффициент шума $n_{ш}$ по формуле

$$T_{пр} = (n_{ш} - 1)T_0$$

Где $n_{ш}$ – коэффициент шума в единицах.

$T_0 = 290\text{К}$ – абсолютная температура, окружающая приемник

6.3 Расчет энергетических характеристик радиолинии

Предположим, что при приеме сигналов цифрового телевидения с использованием стандарта MPEG-4 требуется частотная полоса 9МГц и в этой полосе необходимо обеспечить отношение сигнал/помеха равное 5 дБ.

Центральная частота спутникового сигнала равна $f = 10\text{ГГц}$, длина трассы $L = 41000\text{ км}$, угол возвышения $\beta=90^\circ$. Считается, что при указанном

соотношении сигнал/помеха вероятность ошибки символа будет не более 10-5. Диаметр приемной антенны (Супрал) равен $D = 1,8$ м, шумовая температура приемника $T_{пр} = 90\text{К}$. При указанных условиях необходимо найти произведение мощности на коэффициент усиления передающей антенны спутника – ЭИИМ.

Расчетная формула имеет вид:

$$(P_c / P_a) = \frac{(\text{ЭИИМ}) \cdot G_{пр}}{(A_{св} \cdot A_{тр}(T_a + T_{пр}) \cdot k \cdot \Delta f)}$$

Где ЭИИМ – искомая величина

$G_{пр}$ – коэффициент приемной антенны

$A_{св}$ – ослабление сигнала в свободном пространстве

$A_{тр}$ – ослабление сигнала в тропосфере

T_a – шумовая температура антенны

$T_{пр}$ – шумовая температура приемника

k – постоянная Больцмана = $1.38 \cdot 10^{-23}$ Вт/Гц

Δf - полоса пропускания приемника

Коэффициент усиления приемной антенны при заданном диаметре $D=1.8$ м будет

$$G_{пр} = \left(\frac{\pi \cdot D \cdot f}{c} \right)^2 = \left(\frac{3.14 \cdot 1.8 \cdot 100 \cdot 10^{10}}{3 \cdot 10^{10}} \right)^2 \cdot K_{ип} = 24,871 \cdot 10^3$$

Здесь $K_{ип} = 0,70$ – коэффициент использования площади антенны.

Ослабление сигнала в свободном пространстве

$$A_{св} = \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot L \cdot f}{c} \right)^2 = 2,95 \cdot 10^{20}$$

Поглощение (ослабление) сигнала в спокойной тропосфере на частоте $a = 10$

ГГц при угле потери $\beta = 90$ составляет около 0,4 дБ или в относительных единицах $A_{тр} = 10 = 1.09$ (здесь учтено поглощение в кислороде и водяном паре).

Шумовая температура антенны на частоте $f = 10$ ГГц равна $T_a = 40\text{К}$, поэтому мощность шумов приемной установки составит:

$$T_{пр} + T_a = 90 + 40 = 130\text{К}$$

Тогда мощность помехи:

$$P_n = (90 + 40) \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 9 \cdot 10^6 = 1,61 \cdot 10^{-14} \text{ Вт}$$

Отношение сигнал/помеха, равное 5 дБ, соответствует величине

$$\frac{P_c}{P_n} = \sqrt{10} = 3,16$$

Решая основное соотношение относительно ЭИИМ, получим

$$ЭИИМ = \left(\frac{P_c}{P_n}\right) \cdot \frac{A_{св} \cdot A_{мп} \cdot P_n}{G_{тп}} = 3,16 \cdot \frac{2,95 \cdot 10^{20} \cdot 1,09 \cdot 1,61 \cdot 10^{-14}}{24,871 \cdot 10^3} = 0,21 \cdot 10^3$$

Расчет, приведенный выше, произведен в условиях спокойной тропосферы, без каких либо критических колебаний в атмосфере. Если при частоте $f = 10$ ГГц учесть запас на дождь, равный 3 дБ, то необходимая ЭИИМ передатчика будет в два раза больше и составит таким образом $0,42 \cdot 10^3$. Например если на спутнике установлена слабонаправленная антенна с коэффициентом усиления $G_{пд} = 100$, то мощность передатчика будет 4,2 Вт. Передатчики спутниковых ретрансляторов излучают мощность такого порядка.

7 Раздел. Разработка конструкции шкафа для размещения оборудования вещательной сети IPTV

Для размещения оборудования системы вещательной сети используется шкаф (стойка), который располагается в АТС ком. № 120. Шкаф служит для размещения оборудования и защиты его от воздействий внешней среды и доступа к нему посторонних лиц. Шкаф представляет собой короб из листовой стали, с дверцей, на которой установлен замок. Шкаф имеет открывающиеся дверцы по бокам и с тыльной стороны. Боковые и тыльная дверцы так же закрываются на замок. В стойке имеются вентиляционные отверстия, необходимые для вентиляции, отверстия для выхода кабелей. В шкафу находится оборудование список которого приведён в на чертеже в табл.: спецификация размещения оборудования в стойке 19 дюймов (Стр. 99).

Характеристики шкафа (стойки) для размещения оборудования вещательной сети IPTV: 42 U шкаф 19 дюймов стеклянная дверь,Ш600хВ1709хГ1000мм, черный.

8 Раздел. Мероприятия по обеспечению безопасности жизнедеятельности

8.1 Анализ характеристик сети IP TV

В дипломном проекте разработана сеть IPTV СПбГУТ. Работа с сетью осуществляется дистанционно с помощью программно-аппаратного комплекса (ПК), расположенного в комнате № 215. Так же многие задачи связанные с управлением и формированием вещательного контента могут осуществляться удалённо с помощью любого компьютера подключенного к сети Интернет. В операторской кроме стола ПК находится оборудование, необходимое для функционирования сети. Оборудования находятся в монтажных шкафах (стойка стандарта 19 дюймов).

Основным видом трудовой деятельности является работа оператора с ПК, поэтому мероприятия по технике безопасности, эргономическому обеспечению и пожарной безопасности целесообразно рассматривать для этого вида трудовой деятельности.

8.2 Мероприятия по технике безопасности

Важное значение для предотвращения электротравматизма имеет правильная организация обслуживания действующих электроустановок, проведение ремонтных, монтажных и профилактических работ.

В зависимости от категории помещения необходимо применять определенные защитные меры, обеспечивающие достаточную электробезопасность при эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте.

Данное помещение относится к классу помещений с повышенной

опасностью. Характеристика помещения: Сухое, нежаркое, с токонепроводящим полом, без токопроводящей пыли, существует возможность одновременного прикосновения человека к имеющим соединению с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам и т.п. с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, которые при пробое изоляции могут оказаться под напряжением, с другой

В помещениях с повышенной опасностью электроприборы, переносные светильники должны быть выполнены с двойной изоляцией или напряжение питания не должно превышать 42 В.

Во время работы оператору запрещается:

- 1) касаться одновременно экрана монитора и клавиатуры; прикасаться к задней панели системного блока при включенном питании;
- 2) переключать разъемы интерфейсных кабелей периферийных устройств при включенном питании;
- 3) загромождать верхние панели устройств посторонними предметами;
- 4) производить отключение питания во время выполнения активной задачи;
- 5) производить частые переключения питания;
- 6) допускать попадание влаги на поверхность системного блока, монитора, рабочую поверхность клавиатуры, дисковод, принтера и других устройств;
- 7) производить самостоятельно вскрытие и ремонт оборудования.
- 8) Оператору запрещается приступать к работе при обнаружении любой неисправности оборудования до ее устранения.

8.3 Защита от статического электричества

Средства защиты от статического электричества приведены в ГОСТ 12.4.124–83.

Основные мероприятия, применяемые для защиты от статического электричества производственного происхождения, включают методы, исключаящие или уменьшающие интенсивность генерации зарядов, и методы устраняющие образующиеся заряды. Интенсивность генерации зарядов можно уменьшить соответствующим подбором пар трения или смешиванием материалов таким образом, что в результате трения один из смешанных материалов наводит заряд одного знака, а другой — другого. В настоящее время создан комбинированный материал из нейлона и дакрона, обеспечивающий защиту от статического электричества по этому принципу.

Образующиеся заряды статического электричества устраняют чаще всего путем заземления электропроводных частей производственного оборудования. Сопротивление такого заземления должно быть не более 10 Ом. При невозможности устройства заземления практикуется повышение относительной влажности воздуха в помещении. Можно увеличить объемную проводимость диэлектрика, для чего в него вносят графит, ацетиленовую сажу, алюминиевую пудру, а в жидкие диэлектрики — специальные добавки. Для ряда машин и агрегатов нашли применение нейтрализаторы статического электричества (коронного разряда, радиоизотопные, аэродинамические и комбинированные). Во всех типах этих устройств путем ионизации воздуха вблизи элемента конструкции, накапливающего заряд статического электричества, образуются ионы, в то числе со знаком, противоположным знаку заряда, что и вызывает его нейтрализацию.

К средствам индивидуальной защиты от статического электричества относятся электростатические халаты и специальная обувь, подошва которой выполнена из кожи либо электропроводной резины, а также антистатические

браслеты.

8.4 Защита от электромагнитного излучения

При работе на персональной ЭВМ оператор подвергается воздействию электромагнитного и электростатического полей, так как монитор ПК является источником широкополосных электромагнитных излучений: мягкого рентгеновского, ультрафиолетового, ближнего инфракрасного, радиочастотного, сверхвысокочастотного и инфранизкочастотного диапазона, а также электростатических полей.

Для обеспечения надежного считывания информации при соответствующей степени комфортности ее восприятия должны быть определены оптимальные и допустимые диапазоны визуальных эргономических параметров. Визуальные эргономические параметры монитора и пределы их изменений, в которых должны быть установлены оптимальные и допустимые диапазоны значений, приведены в нормах СанПиН 2.2.2/24.1340-03

Для снижения вредного влияния электромагнитных излучений на оператора ПК следует принимать меры защиты. Согласно нормам СанПиН 2.2.2/24.1340-03 к ним можно отнести:

- 1) сокращение времени непосредственного пребывания человека перед монитором;
- 2) ограничение минимального расстояния между человеком и монитором путем рационального и удобного размещения как компьютера с монитором, так и рабочего места человека;
- 3) введение минимального расстояния между соседними мониторами;
- применение мониторов с конструктивно более низким уровнем вредных излучений;
- 4) конструкция ПК должна обеспечивать мощность эквивалентной

дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана.

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений приведены в таблице 17.

Таблица 17

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений

Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см ПК по электрической составляющей должна быть не более:	
- в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц;	25 В/м
- в диапазоне частот 2 - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более:	
- в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц;	250 нТл
- в диапазоне частот 2 - 400 кГц	25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

8.5 Мероприятия по эргономическому обеспечению

При организации рабочего места следует обеспечить взаимное расположение всех его элементов в соответствии с эргономическими требованиями, с учетом характера выполняемого оператором исследования, комплексности технических средств, форм организации труда и наиболее оптимального для данного исследования рабочего положения.

Угол поворота монитора регулируется для лучшего обзора выводимых данных. При этом экран должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров

алфавитно-цифровых знаков и символов.

Размещение на рабочей поверхности используемого оборудования, производится с учетом его количественных, конструктивных особенностей (размер ПК, клавиатуры, и др.) и характера выполняемой работы.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно–поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сидения и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Большинство рабочих операций будет проходить в автоматическом режиме под управлением программно-аппаратного комплекса, что позволит разгрузить оператора. При возникновении внештатных ситуаций оборудование будет отключено.

8.6 Микроклимат

Микроклимат производственного помещения определяется температурой (°С), относительной влажностью (%), скоростью движения воздуха (м/с).

Согласно СанПиН 2.2.4.548–96 нормирование параметров микроклимата в рабочей зоне производится в зависимости от периода года (табл. 18 на следующей странице), категории работ по энергозатратам, наличия в помещении источников явного тепла.

Данный вид работы относится к легкой физической работе с категорией 1а – это производимая сидя и сопровождающаяся незначительными физическими напряжениями работа. Энергозатраты для такого вида работы не должны превышать 120 ккал/ч (500,5кДж/ч).

Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений нормируются СанПиН 2.2.4.548–96.

Оптимальные нормы микроклимата помещения

Период Года	Температура воздуха, град С не более	Относит. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	21...23	40...60	0,1
Теплый	22...24	40...60	0,2

Поддерживание параметров микроклимата в помещении обеспечивается отоплением и кондиционированием.

Уровни ионизации воздуха в помещении приведены в таблице 19

Таблица 19

Уровни ионизации воздуха в помещении

Уровни	Число ионов в 1см куб. воздуха	
	n+	n-
Минимальные	400	600
Оптимальные	1500–3000	30000–50000
Максимальные	50000	50000

Так как источников выделения вредных веществ в помещении нет, то местной вентиляции не требуется.

В помещении ежедневно должна проводиться влажная уборка.

8.7 Освещение

Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормами СНиП 23–05–95 в зависимости от характера зрительной, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Данное производственное помещение по задачам зрительной работы, согласно СНиП, относится к первой группе (помещение, в котором производится различение объектов зрительной работы при фиксированном направлении линии зрения работающих на поверхность). Выполняемый тип работ принадлежит к зрительным работам средней точности с малой и средней контрастностью объекта различения с фоном.

Нормированные значения освещенности при естественном и совмещенном освещении приведены в таблице 20.

Таблица 20

Значения освещенности при естественном и искусственном освещении, %

Характеристика работы		Средней точности	
Наименьший размер объекта		0,5-1,0	
Контрастность объекта с фоном		Малый, средний	
Искусственное освещение,	лк	При комбинированном освещении	500
		При общем освещении	200
Естественное освещение КЕО	%	При верхнем или верхнебоковом	4
		При боковом	1,5
Совмещённое освещение, КЕО	%	При верхнем или верхнебоковом	2,4
		При боковом	0,9

При работе с ЭВМ, как правило, применяется естественное освещение. Желательно чтобы световые проемы располагались слева от оператора ЭВМ, допускается и правостороннее естественное освещение. В тех случаях, когда одного естественного освещения не хватает, устанавливается совмещенное освещение. При этом дополнительное искусственное освещение применяется не только в темное, но и в светлое время суток.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещении следует проводить чистку стекольных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Для искусственного освещения помещения следует использовать главным образом люминесцентные лампы. Наиболее приемлемыми являются люминесцентные лампы белого и тепло – белого света.

Для исключения засветки экранов дисплеев прямыми световыми потоками светильники общего освещения располагают сбоку от рабочего места, параллельно линии зрения оператора и стене с окнами.

Следует ограничивать отраженную блесккость на рабочих поверхностях за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочего места по отношению к источникам искусственного освещения. Яркость бликов на экране дисплея не должна превышать 40 кд/м².

Рекомендуемая освещенность для работы на рабочем месте составляет 300-500 лк, а яркость самого дисплея не менее 300 лк. Рекомендуемые яркости в поле зрения операторов должны лежать в пределах 1:5 – 1:10.

Освещение должно быть достаточно равномерно распределено на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве; не должно быть резких теней, прямой и отраженной блесккости; освещение должно быть равномерно во времени; направление излучаемого осветительными приборами светового потока должно быть оптимальным.

Для уменьшения вредного воздействия излучения рекомендуется использовать мониторы последних поколений, лучше всего использовать

жидкокристаллические мониторы. Для электронно-лучевых мониторов существуют различные типы защитных экранов. Допускается применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты, прошедших испытания в аккредитованных лабораториях и имеющих соответствующий гигиенический сертификат.

Наиболее эффективными являются поляризационные защитные экраны. Они значительно снижают уровень вредного излучения, повышают контрастность изображения, устраняют блики от окон, ламп и т.п. на экране монитора, тем самым не только повышая безопасность труда оператора ПК, но и улучшая комфорт при работе. Качество электромагнитной безопасности мониторов определяется соответствием стандартам России и международным стандартам ТСО'07 (Шведская конфедерация профессиональных служащих).

Дополнительные требования к монитору (в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96): окраска корпуса в спокойном, мягком тоне с диффузным рассеянием света. Корпус монитора, системного блока, клавиатуры, мыши, принтера и других блоков должны иметь матовую поверхность одного цвета с коэффициентом отражения 0.4...0.6 и не иметь блестящих деталей, способных создавать блики. Требования к визуальным параметрам монитора представлены в таблице 21 на следующей странице.

Таблица 21

Требования к визуальным параметрам монитора

Наименование параметров	Пределы значений параметров	
	Минимум (не менее)	Максимум (не более)
1. Яркость знака (яркость фона), кд/м ² (измеренная в темноте)	35	120

2. Внешняя освещенность экрана, лк	100	250
3. Угловой размер знака, угл.мин.	16	60

8.8 Шум

Шум создают системный блок, а точнее блок питания в системном блоке – менее 40 дБА (один метр от поверхности), источник бесперебойного питания – менее 40 дБА. В соответствии с ГОСТ, для помещений управления допустимый уровень звукового давления составляет 50 дБА.

8.9 Мероприятие по пожарной безопасности

Наиболее вероятными причинами возникновения пожара в данном помещении являются:

- перегрев узлов ПК;
- возгорание документов, находящихся на рабочих столах;
- возгорание электропроводки вследствие превышения допустимой величины потребляемой электрической мощности.

Возгорание электропроводки может быть вызвано использованием некачественной электропроводки, небезопасных электроприборов (самодельные кипятильники и т.п.), коротким замыканием в силовых цепях оборудования и т.п.

Общие требования к пожарной безопасности нормируются ГОСТ 12.1.004–91.

По категории помещение относится к пожароопасной категории В, поскольку содержит твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы способные гореть.

Основные средства тушения пожара:

1) Вода:

- компактные струи эффективно сбивают пламя, имеется возможность тушить с большого расстояния, но нельзя тушить легко воспламеняющиеся жидкости;

- тонкораспыленные;
- насыщенный водяной пар;

Водой нельзя тушить электроустановки под напряжением;

2) Углекислый снег:

Образуется из жидкой углекислоты, при ее выходе из баллона. Температура снега -80°C . Применяется для тушения электроустановок под напряжением, пожаров в закрытых помещениях и на открытых площадках при небольших размерах очага горения.

3) Пена:

- химическая - образуется в результате реакции щелочи с кислотой, с добавлением пенообразователя;
- воздушно-механическая пена, образуется при смешивании воды с пенообразователем одновременно с добавлением кислорода (воздуха);

Пена применяется в основном для тушения горючих жидкостей.

5) Порошковые средства:

Создаются на основе неорганических солей щелочных металлов тушения щелочных металлов и соединений. Хорошо сбивают пламя, но не всегда полностью тушат, поэтому применяются совместно с другими средствами пожаротушения;

Помещение должно быть в обязательном порядке оборудовано ручными средствами пожаротушения. К ним относят:

- Оборудование противопожарных щитов;
- Пожарные краны;
- Ручные огнетушители;

Огнетушители в зависимости от применяемого в них вещества делятся на химические – пенные, воздушно – пенные, углекислотные и порошковые.

В связи с наличием в помещении электроустановок под напряжением рекомендуется применять углекислотные огнетушители.

Персонал, работающий в помещении лаборатории должен знать последовательность действий в случае пожара, а также уметь пользоваться ручными средствами пожаротушения.

Рассмотренные мероприятия по эргономике, технике безопасности и пожарной безопасности позволяют сделать работу оператора удобной и безопасной., с добавлением соды, песка. Порошки являются единственными средствами

9 Раздел. Техничко-экономические расчеты

В данном дипломном проекте спроектирована сеть телевизионного вещания на основе IP технологии в новом учебном здании СПбГУТ. Была спроектирована локальная сеть, как база для ТВ вещания и определено месторасположение оконечного оборудования для демонстрации информационного материала.. Эта сеть охватывает 7 этажей университета. Монтаж сети будет закончен в августе 2008 г. Финансирование осуществляется государством. Российской федерации.

9.1 Расчет капитальных вложений.

Капитальные вложения – это единовременные затраты на строительство , приобретение, установку и монтаж оборудования. Капитальные вложения для данного проекта направлены на строительство вещательной сети IP TV.

Определим капитальные вложения, необходимые для реализацию проекта. Они включают в себя:

$$K = Ц_0 + C_t + C_m + C_{инс} + C_p$$

C_0 - Затраты на оборудование, необходимое для строительства вещательной сети.

C_t - Транспортные расходы на доставку оборудования

C_m – затраты на монтаж и настройку оборудования

$C_{инс}$ – затраты на инструменты, запчасти приборы

C_p – затраты на проектирование сети

Затраты на монтаж оборудования (затраты на работу по установке оборудования и прокладку кабеля, монтаж ЖК -телевизоров) принимаем в размере 20% от затрат на оборудование:

$$C_m = 0,20 \cdot C_0 = 3\,050\,258.8 \text{ тыс. руб.}$$

В затраты на оборудование входят затраты на построение локальной сети, компоненты вещательной сети IPTV, систему управления вещательной сетью СПбГУТ

. Транспортные затраты принимаем в размере 5% от затрат на оборудование:

$$C_{\text{Т}} = 0,05 \cdot C_0 = 762\,564.7 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на инструменты, запчасти и приборы принимаем в размере 10% от затрат на оборудование:

$$C_{\text{инс}} = 0,10 \cdot C_0 = 1\,525\,129.4 \text{ тыс. руб.}$$

Затраты на проектирование сети принимаем в размере 3% от затрат на оборудование:

$$C_{\text{П}} = 0,03 \cdot C_0 = 457\,538.82 \text{ тыс. руб.}$$

Цены на оборудование указаны в рублях. Источником являются прайс-листы компаний-поставщиков данного оборудования.

Капитальные вложения приведены в таблице 25.

Активное оборудование, система управления и локальная сеть в таблицах 22,23,24

Таблица 22

Общая спецификация активного оборудования

Наименование	Ссылка на характеристики	Цена за шт. Руб.	Кол-во (шт.)	Сумма, Тыс. руб
SAT приемники ipstreamer (Anevia) flamingo 220S	См. таблицу 11	280 320	2	560 640
Программное обеспечение (ПО)	Пункт 4.5.1	360	1	360 000

Наименование	Ссылка на характеристики	Цена за шт. Руб.	Кол-во (шт.)	Сумма, Тыс. руб
(сервер+ПО) Middleware (NetUp) Система шифрования видеопотока CAS/DRM (NetUp)	Пункт 4.2	390	1	390 000
Сервер видео по запросу VoD/nVoD (NetUp)	Пункт 4.4	225	1	225 000
Модульный медиа конвертер MMC (RGB)	Пункт 4.6.3 (табл. 9)	327 360	1	327 360
Абонентская приставка IP STB Amino Aminet 130H	Таблица 7	8 190	41	335 790
Кодер MPEG-4 (AdTec) EDJE4010	Таблица 10	95 760	1	95 760
Кодер MPEG-2 (Alpha MediaGate) AE201PW-S	Пункт 4.6.2	30 600	1	30 600
Головная станция (Astro) V16.1	Таблица 8	29 112	1	29 112
Модули (Astro) X-demod twin D/K	Пункт 4.6.1	8 040	1	8 040
Антенна спутниковая	Таблица 13	14 000	2	28 000
Антенна эфирная	Таблица 13	2 400	1	2 400
Крепление	Пункт 4.7	2 300	2	4 600

Наименование	Ссылка на характеристики	Цена за шт. Руб.	Кол-во (шт.)	Сумма, Тыс. руб
Спутниковой антенны				
Конвертор	Таблица 14	920	2	1 840
ЖК телевизоры PHILIPS 52PFL9632D	Таблица 16	114 048	41	4 675 968
Кронштейн для крепления к потолку поворотным механизмом	(Крепление- стойка входит в комплект к ЖК-телевизору, поэтому 11 ЖК телевизоров из 41, в деканатах и пр. местах не общественного просмотра, дополнительного крепления не требуют)	22 500,00	30	22 500
Комплект ПО, кабель, переходник	Astro V16 HE s/w	5 943	1	5 943
Монтажный комплект кабелей, переходников	Производитель: Canare, Belden, Bryant	368 750,00	1	368 750
	Итого система распределения IPTV			2 261 382
	Итого оконечное оборудование:			5 408 951
	Итого по проекту:			7 472 303

Общая спецификация по оборудованию системы управления вещательной сети

Наименование	Ссылка на характеристику (Характеристика)	Кол-во, шт.	Цена ед. (тыс. руб.)	Сумма (тыс. руб.)
Palantir PLTR-PRO/4R	Таблица 5	1	238 68	238 68
Palantir PLTR-LIR-IP/12	Таблица 6	28	24 57	687 96
Palantir IR Emitter	Пункт 3.1.3	90	0 936.	84 24
Программное обеспечение	Разработка программного обеспечения для системы управления оборудованием через инфракрасный интерфейс.	1	120	120
ПК+ПО	HP dc7800CMT C2D E8200/2GB/500GB/DVD+/-RW/WinXPPro+VistaBusin/+MSOf/HP TFT L1710 17"	1	45 745	45 745
ИТОГО:				1176 625

затраты на построение локальной сети

Наименование	характеристики	Цена за шт. Руб.	Кол-во (шт.)	Сумма, Тыс. руб
Коннектор RJ-45	5-й категории 8p8c, шт	135 (упаковка 50 шт.)	2159	5 940
кабель UTP	кат. 5е, м	8	13000	104
Коммутатор Catalyst 3750 24 10/100/1000T PoE + 4 SFP + IPB Image	WS-C3750G- 24PS-S	130 239,96	41	5 339 838,36
UPS APC BACK RS 1500VA	BR1500I	7 725	20	154500
Шкаф (стойка) для оборудования	42 U шкаф 19" стеклянная дверь,Ш600хВ1 709хГ1000мм, черный	40 000	1	40 000
Шкаф (стойка) для оборудования	24 U Серверный шкаф 19" стеклянная дверь,Ш600хВ1 709хГ1000мм, черный	23368	41	958 088
ИТОГО:				6 602 366

Капитальные вложения

Всего затраты на оборудование	15 251294
Монтажные работы	3 050 258.8
Транспортные затраты	762 564.7
Затраты на инструменты	1 525 129.4
Затраты на проектирование сети	457 538.82
Общие затраты на реализацию проекта	21 046 815,72

9.2 Расчет эксплуатационных расходов

Эксплуатационные расходы составляют:

$$Эр = \text{ФОТ} + \text{Фсоц} + \text{Змат} + \text{Зпр} + \text{Аотч}$$

ФОТ – основные и дополнительные фонды оплаты труда обслуживающего персонала

Фесн – фонд оплаты на единый соц.налог

Аотч – годовые амортизационные отчисления

Змат – затраты на материальные и запасные части, электроэнергию, потребляемую в процессе эксплуатации и проведения профилактических и ремонтных работ.

Зпр – прочие расходы. Административно управленческие и хозяйственные расходы. Расходы на аренду помещений и расходы на оплату спутниковых каналов.

9.3 Расчет ФОТ

Сеть IP TV обслуживают 2 администратора.

Основная заработная плата составляет: 25 000 руб.

Дополнительная заработная плата составляет: 40% от основной заработной платы.

$25\,000 \cdot 0,4 = 10\,000$ руб.

Годовые выплаты по заработной плате составляет:

$(25\,000 + 10\,000) \cdot 2 \cdot 12 = 840\,000$ тыс. руб/год

9.4 Расчет Фесн

Отчисления на социальные нужды (ЕСН) составляют: 26% от ФОТ:

$(25\,000 + 10\,000) \cdot 0,26 = 9\,100$ руб.

Годовые отчисления на социальные нужды (ЕСН) составляют:

$9\,100 \cdot 2 \cdot 12 = 218\,400$ руб/год

9.5 Расчет амортизационных отчислений

Годовые амортизационный отчисления на полное восстановление производственных фондов определяются по формуле:

$$A = \sum (H_i \cdot K),$$

где H_i - норма амортизационных отчислений по i -му виду основных фондов

K – капитальные вложения

На оборудование локальных сетей установлена норма амортизации 20%. Амортизируемые капитальные вложения в проектируемой сети составляют 21 046 815,72 руб.

Находим годовые амортизационные расходы:

$$A=0,20 \cdot 21\,046\,815,72 = 4209363,144. \text{ руб/год}$$

9.5.1 Расчет материальных и прочих затрат

Вещательная сеть IP TV работает в 12 часовом режиме. Коммутационное, приемное и оборудование управления сети работает в круглосуточном режиме. Потребление электричеством всех устройств сети составляет 52,771 кВт за 1 час. Тариф за 1кВт-час – 1,70 руб. ЖК-телевизоры (328 Вт) и STB (6 Вт) работают в 12 часовом режиме. Итого затраты на потребление электроэнергии за год составляют

$$(52,771 \cdot 12 + ((52,771 - 41 \cdot 328 - 41 \cdot 6) \cdot 12)) \cdot 1,70 \cdot 365 = 683,9 \text{ тыс. руб/год}$$

Оплата стоимости подписки на спутниковые телеканалы равна нулю по причине того, что планируется принимать бесплатные каналы (список платных каналов руководством университета на 20 июня 2008 г. не утвержден).

Для серверной комнаты выделено помещение в 30 кв.м.

Для операторской комнаты управления выделено помещение в 25 кв.м

Арендной платы за помещения не взимается

В итоге материальные и прочие расходы составляют:

683,9 тыс. руб/год

Итого эксплуатационные расходы в год составят:

$$840\,000 + 218\,400 + 4209363,144 + 683,9 = 5\,951\,663,144 \text{ . руб/год}$$

Технико-экономические показатели проекта показаны в таблице 26 приложение 2.

Заключение

Разработанный проект позволяет построить и организовать телевизионное вещание на основе IP технологии в новом учебном здании СПбГУТ, используя уже существующие сооружения и инфраструктуру. Аппаратно реализована возможность принимать видео поток из видеостудии СПбГУТ в стандарте HDTV и распространять его на 41 ЖК телевизор в местах общественного просмотра и компьютеры университета.

Разработана система управления сетью IPTV. Система управления позволяет дистанционно управлять вещанием в университете и имеет возможность расширить функции управления, и дополнительно поддерживать систему управления мультимедийными аудиториями на основе оставшегося ресурса оборудования.

Вещательная сеть IP телевидения, спроектированная для нового учебного здания СПбГУТ, имеет возможность физического расширения и добавления дополнительных интерактивных услуг. В дальнейшем возможно расширение сети IPTV на рядом расположенные дома Невского района.

При проектирование сети используется новейшее оборудования от крупнейших мировых компаний производителей.

На основе спроектированной вещательной сети IP TV возможна реализация доступа абонентов к сети Internet, реализация функции IP-телефонии.

Так же возможен прием и раздача в сеть пакетов спутниковых программ с качеством HDTV и эфирных каналов с аналоговым или цифровым качеством сигнала.

Данный проект уникальный и не подходит под типовые варианты организации IPTV городской инфраструктуры.

Список использованных источников

- 1) Журнал "Кабельщик" 2007-2008.
- 2) Cablemaster. Каталог оборудования. 2006.
- 3) Журнал "625". 2007 г. (<http://rus.625-net.ru>)
- 5) NetUp. Каталог программного обеспечения. 2007
- 6) Amino. Каталог оборудования 2008.
- 7) Контур М. Каталог оборудования. 2007.
- 8) Гинзбург А.Л., Жодзишский А.И., Ухабин Ю.В. "Экспериментальные исследования затухания радиосигналов в дождях и коэффициент готовности спутниковой системы ТВ вещания- Журнал "Электросвязь". 2005.
- 9) Создание масштабируемых сетей Cisco 2004г
- 10) Материалы с "Первого международного ежегодного IPTV форума Russia/CIS" 12,13 декабря 2006. и далее до марта 2008
- 11) Правила по охране труда на радиопредприятиях, МС Связи, М, 1995.
- 12) Константин Гласман. Системы видеокompрессии: от MPEG-1 до AVC и VC-1."625". — №1. — 2006.
- 13) Библиотека гостей <http://elec.ru/library/gosts>
- 14) Выбор спутников и пакетов программ: www.satcodx.com;
- 15) <http://www.lyngsat.com>; <http://www.flysat.com>
- 16) Сборники статей и обзоры оборудования
- 17) Тематический сайт "IP TV в России". <http://blog.iptv-russia.ru/>
- 18) <http://www.conturm.com>
- 19) <http://forums.625-net.ru>
- 20) <http://blog.iptv-russia.ru/>
- 21) <http://forum.iptv-russia.ru/>
- 22) <http://ru.wikipedia.org>
- 23) <http://www.telesputnik.ru>
- 24) <http://www.telemultimedia.ru>

Приложение 1

Структурная схема вещательной сети (IP-TV) в учебном корпусе СПбГУТ на пр. Большевиков 2

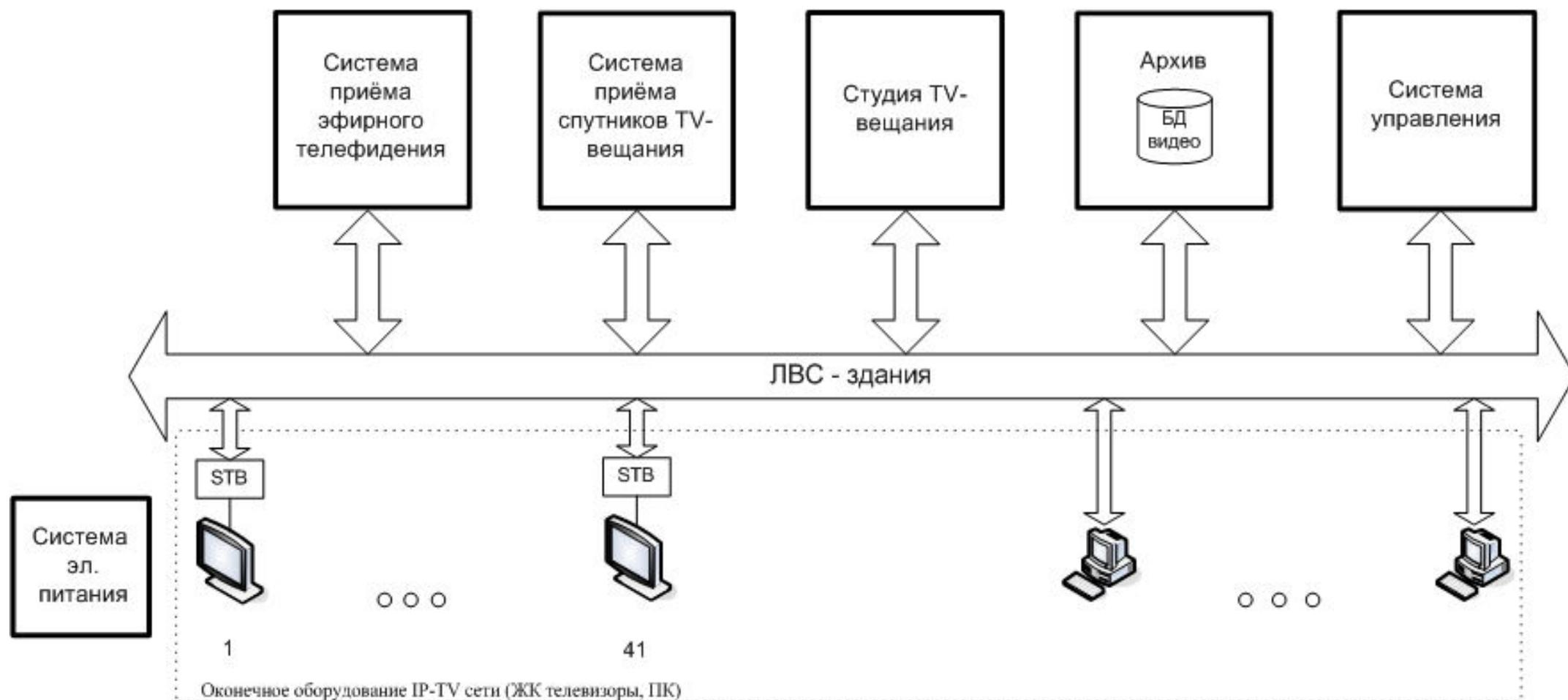


Таблица 26

Технико-экономические показатели проекта

Наименование	Значение
Тип проектируемой сети	IP TV
Протокол передачи информации	IP, RPTS
Приемник-декодер	SAT приемники ipstreamer (Anevia) flamingo 220S
Головная станция	(Astro) V16.1
Коммутатор головной	Коммутатор Catalyst 3750 24 10/100/1000T PoE + 4 SFP + IPB Image
Коммутатор пользовательский	Cisco Коммутатор Catalyst 4705E-R
Источник сигнала	Спутник Hot Bird 8 или Astra 1G, Сервер VoD, видеостудия СПбГУТ
Общее количество пользователей	10 000
Цена проекта, руб	21 046 815,72 руб.
Годовые эксплуатационные расходы, руб	9 51663,144 руб.