

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н. Э. БАУМАНА**

Факультет: Информатики и систем управления
Кафедра: Проектирование и технология производства электронной аппаратуры (ИУ4)

Утверждаю
Зав. кафедрой ИУ4

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

**по направлению 5511
«Проектирование и технология
производства ЭС»**

Тема: Исследование методов и разработка средств мультимедийного вещания в сетях передачи данных

Студент: _____ (_____) _____
подпись (фамилия, инициалы)

Руководитель: _____ (_____)
подпись (фамилия, инициалы)

Москва
2005

АННОТАЦИЯ

В работе исследованы принципы мультимедийного вещания в сетях передачи данных, рассмотрены форматы представления мультимедийных данных, произведен анализ существующих решений, а также описан вариант возможной реализации программно-аппаратного комплекса мультимедийного вещания в рамках сети передачи данных с учетом ограничивающих факторов. Кроме того произведено подробное изучение форм представления мультимедийных данных в цифровом виде и на примере стандарта MPEG-2 проанализирован процесс кодирования и декодирования мультимедийных данных. Произведен анализ и выбор оптимального аппаратного обеспечения для использования в комплексе мультимедийного вещания. На базе разработанного программного обеспечения построен опытный образец сервера мультимедийного вещания, который был введен в опытную эксплуатацию на базе сети студгородка МГТУ им.Н.Э.Баумана. Работа предназначена для инженеров-технологов и радиотехников, научных работников, системных администраторов, и может быть полезна для широкого круга людей других специальностей.

ABSTRACT

The present work investigates multimedia broadcasting over the data exchange network principles, describes multimedia data representation formats, analyzes existing solutions for multimedia broadcasting and also describes one of possible variants of multimedia broadcasting software-hardware complex realization. In addition studied digital view multimedia data representation and by the example of standard MPEG-2 process of coding and decoding of the multimedia data is analyzed. The analysis and a choice of optimum hardware for use in a complex of a multimedia broadcasting is made. On the base of the developed complex of software have been built experimental exemplar multimedia broadcasting server, entered experimental exploitation on the campus network of MSTU named after Bauman. Work is intended for engineers - technologists and radio - technologist, science officers, system administrators, and it can be useful for a wide range of people other specialties.

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ	3
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ	8
1.1. Анализ принципов мультимедийного вещания в сетях передачи данных	8
1.2. Классификация технологий доставки информации от сервера до клиента	10
1.3. Классификация и анализ форматов представления мультимедийного контента	13
1.3.1. NTSC	14
1.3.2. PAL	15
1.3.3. SECAM	16
1.3.4. DVB	17
1.3.5. ATSC и ISDB	17
1.3.6. DAB	17
1.3.7. DRM	18
1.3.8. Анализ и выбор формата	19
1.4. Антагонизмы в реализации вещания мультимедийного контента	20
1.5. Анализ прикладного ПО для организации мультимедийного вещания	22
1.5.1. Проект VideoLAN	23
1.5.2. Решения Microsoft	24
1.5.3. Формулирование требований на разработку прикладного программного обеспечения комплекса мультимедийного вещания	25
Выводы	27
2. ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО КОНТЕНТА В ЦИФРОВОМ ВИДЕ	28
2.1. Дискретное косинусное преобразование	30
2.2. Видеоданные	31
2.2.1. Структура элементарного потока видеоданных	31
2.2.2. Кодирование	34
2.2.3. Декодирование	37
2.3. Аудиоданные	38
2.3.1. Формат аудиоданных	41
2.3.2. Кодирование	42
2.3.3. Декодирование	46
Выводы	47
3. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ	48
3.1. Дополнительное аппаратное обеспечение комплекса	48
3.1.1. Платы расширения для приема аналогового эфирного и кабельного телевидения	49
3.1.1.1. Обобщенная структура	49
3.1.1.2. Особенности	51
3.1.2. Платы расширения для приема цифрового эфирного, кабельного и спутникового телевидения	52
3.1.2.1. Обобщенная структура	52
3.1.2.2. Особенности	53

3.1.3. Платы расширения для оцифровки аналогового сигнала	53
3.1.3.1. Обобщенная структура	54
3.1.3.2. Особенности	55
3.1.4. Выбор аппаратного обеспечения для комплекса	56
3.2. Разработка прикладного клиент-серверного программного обеспечения для организации мультимедийного вещания	56
3.2.1. Анализ области разработки	56
3.2.2. Выбор лингвистического обеспечения	59
3.2.3. Серверная часть	60
3.2.3.1. Логическое представление серверной части ПО	62
3.2.3.2. Блок основных классов сервера	63
3.2.3.3. Блок FIFO буферов	64
3.2.3.4. Блок управления	65
3.2.3.5. Блок получения мультимедийного контента	67
3.2.3.6. Блок передачи данных клиенту	69
3.2.3.7. Последовательность взаимодействия объектов между собой	70
3.2.3.8. Компонентный состав	72
3.2.4. Клиентская часть	73
3.2.4.1. Логическое представление клиентской части ПО	74
3.2.4.2. Блок вспомогательных классов	75
3.2.4.3. Сетевой блок	77
3.2.4.4. Интерфейсный блок	79
3.2.4.5. Реализация интерфейса клиентской части ПО	80
3.2.4.6. Компонентный состав	82
3.3. Развертывание комплекса вещания	83
Выводы	86
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ КОМПЛЕКСА МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ	87
4.1. Построение сервера вещания	87
4.2. Требования к программному и аппаратному обеспечению	89
4.3. Методика и порядок испытаний	90
4.4. Результаты испытаний	90
4.4.1. Дифференциальные оценки качества ПО	90
4.4.2. Интегральные оценки качества ПО	91
4.4.2.1. Стабильность аппаратного и программного обеспечения	91
4.4.2.2. Использование канала передачи данных	91
4.4.2.3. Использование сервера вещания	92
Выводы	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	95
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	96
ПРИЛОЖЕНИЕ	98

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ

Видео-По-запросу – режим, при котором пользователь просматривает не потоковое вещание, а только интересующие его фильмы и программы в удобное для него время

Декодер – устройство, в котором выполняется декодирование.

Декодирование – операция, обратная кодированию. В результате декодирования информация преобразуется к виду, который имела до соответствующего кодирования.

Дифференциальные оценки качества ПО вещания – характеристики сервера вещания, получаемые в результате контрольных испытаний

ДКП – дискретное косинусное преобразование

Мультимедийное вещание - передача от некоторого центрального узла (иначе сервера вещания) информационного потока, включающего в себя аудио и визуальные данные, а также некоторый объем служебной информации для возможности получения передаваемой информации и ее воспроизведение клиентом (клиентским программным обеспечением).

Мультимедийный контент - радио- и видеоданные

ПК – персональный компьютер

ПЛИС – программируемая логическая интегральная микросхема

ПО – программное обеспечение

Сеть передачи данных - информационная сеть различной структуры и топологии поддерживающая работу по протоколу TCP/IP

транскодирование

ОС – операционная система

ЦП – центральный процессор

ЦПУ – центральное процессорное устройство

API – (Application Programming Interface) интерфейс программирования приложения

ATSC – (The Advanced Television Systems Committee) организация, разрабатывающая и утверждающая стандарты для передовых телевизионных систем, в том числе и телевидения высокой четкости

B-frame – (bidirectional predicted frame) кадр, из которого удалена пространственная и временная избыточность, причём его построение зависит как от предыдущих, так и от последующих кадров.

BGP – (Border Gateway Protocol) протокол динамической маршрутизации

DAB – (Digital Audio Broadcasting) система цифрового радиовещания

DRM – (Digital Radio Mondiale) система цифрового радиовещания

DVB – (Digital Video Broadcasting) цифровое видеовещание. Система цифрового телевидения. Включает кабельное (DVB-C), спутниковое (DVB-S), наземное (DVB-T), а в перспективе и другие виды вещания

FIFO буфер – (First In First Out) это разновидность буферов, данные передаются через буферы FIFO в том же порядке, в каком они поступали

GOP – (Group of pictures) набор кадров, является минимальной адресуемой единицей MPEG-1, MPEG-2 потока

HTTP – (Hyper Text Transfer Protocol) протокол передачи файлов

IEEE – (Institute of Electrical and Electronics Engineers) профессиональная организация, основанная в 1963 году для координации разработки компьютерных и коммуникационных стандартов

IP – (Internet Protocol) Часть стека протоколов TCP/IP, определенного в RFC 791. Описывает программную маршрутизацию пакетов и адресацию устройств. Стандарт используется для передачи через сеть базовых блоков данных и дейтаграмм IP. Обеспечивает передачу пакетов без организации соединений и гарантии доставки

ISO - (International Organization for Standardization) международная организация по стандартизации. Основана в 1947 г., включает в качестве членов более 100 национальных организаций по стандартизации

I-frame – (intraframe) кадр, из которого удалена пространственная избыточность, его построение не зависит от других кадров, наименее сжат

IGMP – (Internet Group Management Protocol) протокол управления интернет-группами или иначе протокол multicast маршрутизации

IGMP Snooping – упрощенная модель протокола IGMP реализованная на 2 уровне модели OSI (Open Systems Interconnection, семиуровневая структура, разработанная для описания архитектуры компьютерной сети)

ISDB - стандарт цифрового телевидения, разработанный в Японии Integrated Services Digital Broadcasting

JPEG – (Joint Photographic Experts Group) стандарт ISO для хранения изображений в сжатом формате.

MBONE - виртуальная сеть, базирующаяся на multicast-протоколах, для передачи multicast трафика по unicast сети

MFC – (Microsoft Foundation Classes) набор стандартных классов для реализации оконных приложений под ОС Microsoft Windows

MJPEG – (Motion-JPEG) это процедура сжатия, которая применяется к каждому отдельному изображению

MPEG – (Motion Picture Experts Group) Стандарт ISO для методов сжатия аудио- видео-файлов и механизмов мультиплексирования и синхронизации разнотипных потоков информации (изображение и звук).

MPEG-1 – стандарт сжатия движущихся изображений и звукового сопровождения, утвержденный в 1993 г. В основном используется при записи видеопрограмм формата SIF на лазерные диски, обеспечивая сжатие до 1,5 Мбит/с

MPEG-2 – стандарт сжатия движущихся изображений и звукового сопровождения, утвержденный в 1994 г. Является основой современных систем цифрового телевидения.

MPEG-3 – проект группы MPEG по сжатию изображения ТВЧ (телевидение высокой четкости). Вошел в MPEG-2 и ныне отдельно не существует.

MPEG-4 – стандарт сжатия движущихся изображений и звука. Принят в 1998-1999 годах. В первую очередь направлен на передачу аудиовизуальной информации по узкополосным каналам связи и на создание интерактивных ТВ-систем.

MPEG AAC – (MPEG Advanced Audio Coding) формат сжатия звука, разработанный в стенах института Fraunhofer, при активном участии компаний AT&T, Sony, NEC и Dolby в начале 1998 года

MRTG – (Multi Router Traffic Grapher) сервис, позволяющий посредством протокола SNMP (Simple Network Management Protocol) получать из нескольких устройств информацию, и визуализировать различного рода информацию (в частности входящий трафик, исходящий, максимальный, средний) с шагом в минуты, часы, дни и месяцы

Multicast – технология опосредованной передача данных от сервера клиенту, осуществляемая с помощью подключения сервера и клиентов в т.н. multicast группы

NAT – (Network Address Translation) трансляция сетевых адресов

NTSC – (National Television Standards Committee) - система цветного телевидения, разработанная в 1953 году в США

OSPF – (Open Shortest Path First) протокол динамической маршрутизации

PAL – (Phase Alternation Line, строка с переменной фазой) система цветного телевидения, разработанная в ФРГ

P-frame – (forward predicted frame) — кадр, из которого удалена пространственная и временная избыточность, зависит от предыдущих кадров. По степени сжатия находится между I и B-кадрами.

RIP – (Routeing Information Protocol) протокол динамической маршрутизации

RTP – (Real Time Transport Protocol) протокол передачи реального времени

RUP – (Rational Unified Process) методология создания программного обеспечения

SDK – (Software Developer Kit) набор библиотек и интерфейсов к библиотекам для разработки приложения

SECAM – (SEquential Couleur Avec Memoire) система телевидения, разработанная в 1958 году во Франции

TCP - (Transmission Control Protocol - протокол управления передачей) основной транспортный протокол в наборе протоколов Internet, обеспечивающий надежные, ориентированные на соединения, полнодуплексные потоки. Для доставки данных используется протокол.

TCP/IP - (Transmission Control Protocol/Internet Protocol - протокол управления передачей/протокол Internet).

UDP – (User Datagram Protocol) протокол передачи данных поверх протокола IP без установления соединения

Unicast – технология непосредственной передачи данных от сервера клиенту с установлением или без установления соединения

USB – (Universal Serial Bus) - это открытый стандарт на шину ПК, предназначенную для подсоединения периферийных устройств

100Base-TX - Спецификация IEEE 802.3us для сетей Ethernet со скоростью передачи 100 Мбит/сек на основе неэкранированного кабеля на основе скрученных пар ("витая пара").

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. В последние годы произошел бурный рост в крупных городах России и зарубежья высокоскоростных IP сетей (скорости передачи данных от 100Мбит/с и выше). В связи с чем возник вопрос не просто в предоставлении пользователям услуг доступа в Интернет, но и широкого спектра различного рода дополнительных информационных услуг. К таким услугам можно отнести высокоскоростной обмен данными внутри сети и различные информационные ресурсы внутри сети (WEB-форумы, чаты и т.п.). Следующим шагом в усовершенствовании услуг таких сетей может стать предоставление возможности просмотра телевизионных каналов и прослушивания передач радиовещания с использованием высокоскоростной сети передачи данных как среды доставки мультимедийной информации.

Продажа услуг является гораздо более выгодным бизнесом для операторов сетей передачи данных, нежели простая продажа Интернет-трафика. По данным Minerva Networks Inc. [27] в США на связь и развлечения абоненты тратят в среднем \$150, в России этот показатель находится на гораздо более низком уровне, но имеется тенденция к росту этого показателя [33].

Основными потребителями услуг мультимедийного вещания являются жилые дома, гостиницы, образовательные учреждения, государственные структуры. Кроме того, эта технология может использоваться для организации корпоративных систем телевидения, удаленного видеоконтроля объектов, а также организации электронной коммерции.

Кроме того существует и ряд проблем, связанных с тем, что мультимедийное вещание является особым субъектом сети передачи данных, для которого требуется наличие приличной пропускной способности самой сети, а также обеспечение приоритизации передаваемого мультимедийного трафика по сети (QoS [16]). Плюс не менее важным является получение лицензированного мультимедийного контента и защита его от несанкционированного использования.

Решения мультимедийного вещания поставляют компании Cisco, Alcatel, Orca, Minerva и другие. Один из крупнейших операторов связи России – МТУ Информ в начале 2005 года начал реализацию своего нового проекта "Системы МультиМедиа" (также известного под названием СтримТВ [11]) на базе оборудования Alcatel с предоставлением услуг IP TV, видео-по-запросу (Video-On-Demand, VoD), игры и IP радио. Стоимость базового пакета составляет 295 руб./мес., расширенного - 495 рублей/мес., просмотр одного фильма в рамках видео-по-запросу - 55 рублей. Итальянский оператор связи Fastweb предлагает клиентам услуги телефонии (Voice over IP), IP TV, IP радио и видео-по-запросу. Услуги IP TV у данного оператора стоят 25 евро/месяц [23].

Из вышеизложенного ясно видно, что развитие и расширения спектра информационных услуг повысит финансовую отдачу от сетей передачи данных. Однако же закупку и эксплуатацию больших систем мультимедийного вещания (порядка нескольких десятков тысяч долларов) могут позволить себе только очень крупные операторы связи. Мелким и средним операторам приходится либо вообще отказаться от предоставления подобных услуг, либо использовать свои сети в качестве транзитных с предоставлением услуг своим клиентам через более крупного оператора.

Ясно видно, что ниша недорогих систем (порядка одной - двух тысяч долларов) мультимедийного вещания не заполнена.

Данная работа посвящена исследованию методов, анализу существующего программного и аппаратного обеспечения мультимедийного контента, а также созданию оптимального для небольшой сети (порядка 1000 пользователей) системы мультимедийного вещания.

Цели и задачи работы: исследование принципов мультимедийного вещания в сетях передачи данных, классификацией технологий доставки информации от сервера до клиента, классификация и анализ форматов представления мультимедийного контента, поиск

принципов преодоления противоречий при создании систем мультимедийного вещания. Кроме того целью работы является изучения математического аппарата, используемого для представления мультимедийных данных в оптимальном с точки зрения аппаратных затрат цифровом виде на основе анализа процессов кодирования и декодирования наиболее распространенного стандарта MPEG-2.

В ходе работы решаются следующие задачи:

1. Анализ схем построения систем мультимедийного вещания и выбор оптимальной
2. Анализ дополнительного аппаратного обеспечения для получения мультимедийного контента
3. Разработка серверного и клиентского программного обеспечения с учетом требований, накладываемых как финансовыми ограничениями, так и ограничениями, связанными со структурой сетей передачи данных, на которые собственно и направлена разработка (малые и средние сети).
4. Построение опытного образца сервера вещания и проведения опытных испытаний для получения различного рода эксплуатационных характеристик комплекса.

Методы исследования. Для достижения поставленных целей и задач в работе использован математический аппарат теории цифровой обработки сигналов, а также приемы и методология формализованного проектирования программного обеспечения RUP.

Реализация результатов. Разработанный в рамках работы аппаратно-программного комплекса мультимедийного вещания по результатам приемо-сдаточных испытаний введен в опытную эксплуатацию в сети Измайловского студгородка МГТУ им.Н.Э.Баумана на базе СНТО "Содействия развитию Измайловской компьютерной сети" (г.Москва).

Кроме того, разработанное программное обеспечение может быть использовано как средство предоставления удаленной аудиовизуальной информации на ПК пользователей (например данных видеомикроскопов) при проведении учебной и исследовательской работы на кафедре "Проектирование и технология производства электронно-вычислительных и телекоммуникационных систем" (ИУ4) МГТУ им.Н.Э.Баумана (г.Москва).

Апробация работы. Результаты работы были представлены на VII молодежной научно-технической конференции "Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы" (Россия, Москва, 20-21 апреля 2005), международном научно-техническом симпозиуме "Образование через науку" (Россия, Москва, 17-19 мая 2005).

По результатам Всероссийского конкурса на лучшие научно-технические и инновационные работы студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам (Россия, Москва, декабрь 2003) работа была удостоена диплома 1 степени, награждена дипломом открытого конкурса ОАО "Мосэнерго" на лучшие дипломный и курсовой проекты студентов вузов России (Россия, Москва, 27 мая 2004).

Результаты работы отмечены стипендией Правительства Российской Федерации (2004/2005 учебный год), АФК «Система» (2004/2005 учебный год), клуба «Императорского Технического Училища» (2005 год).

Публикации. Основные результаты работы опубликованы в 7 печатных работах, докладывались на конкурсах, конференциях и симпозиумах.

1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ В СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

1.1. Анализ принципов мультимедийного вещания в сетях передачи данных

В данном разделе будут рассмотрены принципы мультимедийного вещания, в сетях передачи данных представляющего собой передачу от некоторого центрального узла (иначе сервера вещания) информационного потока, включающего в себя аудио и визуальные данные, а также некоторый объем служебной информации для возможности получения передаваемой информации и ее воспроизведение клиентом (клиентским программным обеспечением). Под сетями передачи данных подразумеваются информационные сети различной структуры и топологии, поддерживающие работу по протоколу TCP/IP (rfc791, rfc793).

Постоянное усовершенствование технологий сетей передачи данных с одновременным удешевлением оборудования привело к стремительному росту числа высокоскоростных сетей передачи данных и все большему числу пользователей услуг, предоставляемых этими сетями. Классификация услуг, которые могут предоставляться абонентам, представлена на рис.1.1.

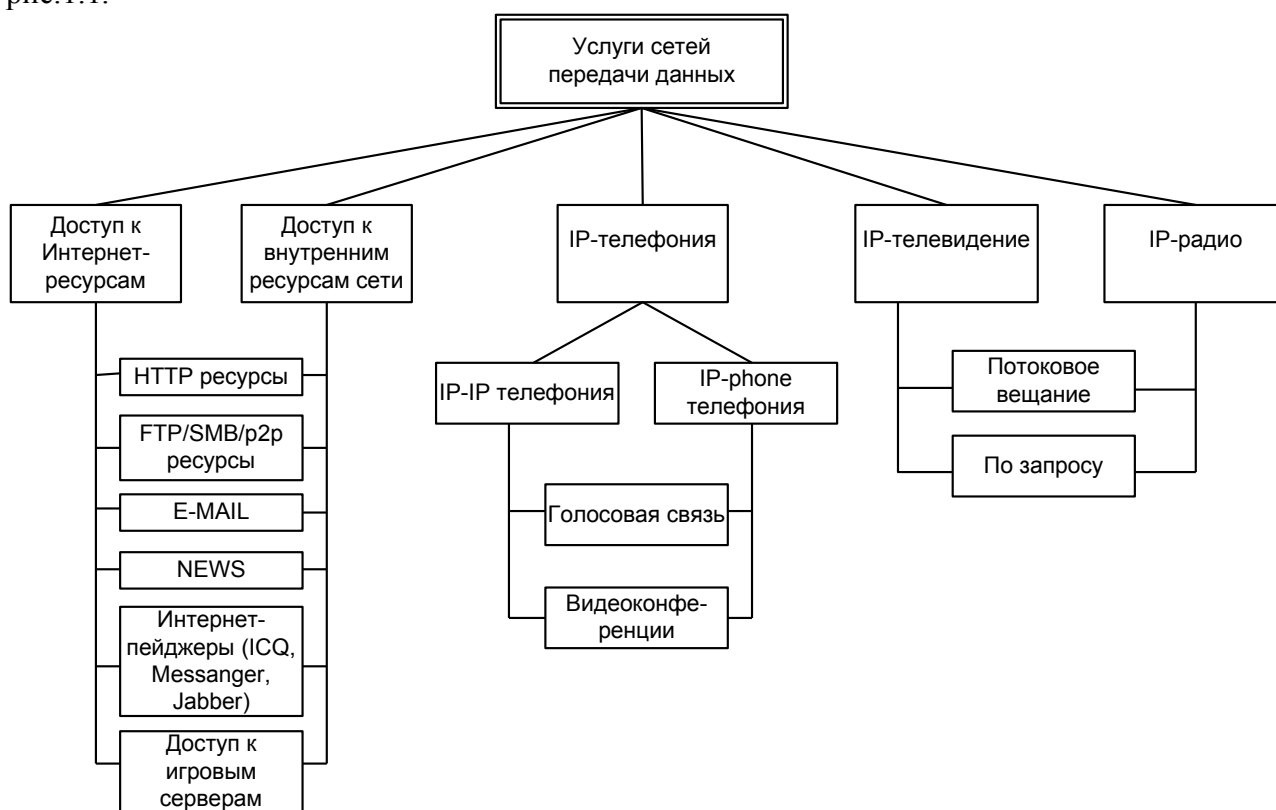


Рисунок 1.1. Классификация услуг сетей передачи данных

Как видно из рис.1.1. услуги сетей передачи данных можно разделить на четыре категории: доступ к Интернет ресурсам, доступ к внутренним ресурсам, IP-телефония и IP-телевидение. Различия Интернет-ресурсов и внутренних заключается в различных скоростных возможностях, а также затрат на организацию информационного обмена. С точки зрения оператора желательно, чтобы максимальный информационный поток (игровые сервера, обмен данными и проч.) находились внутри сети, не затрачивая дорогой канал доступа к сети Интернет. IP-телефония стала уже достаточно популярной. Условно ее можно разделить на телефонию только в рамках сетей передачи данных (IP-IP), а также телефонию, связывающую сеть передачи данных с обычной телефонной сетью (IP-phone) (H323, H225, H245, Q931).

Наименее распространенными и наиболее перспективными услугами являются IP-телевидение и IP-радио. Предоставление этих услуг возможно только в сетях со скоростью передачи данных более 100 Мбит/с. Обе услуги могут быть реализованы как в виде потокового вещания – практически полный аналог существующего телевидения и радио с отличием только в среде и форме передачи сигнала от источника к потребителю, так и в виде телевидения и радио по запросу, когда абоненты запрашивают и просматривают только необходимые им в определенный момент времени фильмы, информационные и развлекательные передачи. Радио- и видеоданные возможно объединить единым термином – мультимедиа данные или *мультимедийный контент*.

В таблице 1.1 представлены сравнительные характеристики требований к мультимедийному вещанию в сетях передачи данных.

Таблица 1.1. Сравнительные характеристики требований к мультимедийному вещанию

Наименование сервиса	Протокол	Средняя емкость ресурса (бит/с)	Назначение	Аппаратные средства	Примечание
Потоковое вещание видео (multicast)	MPEG2 MPEG4 (UDP, RTP)	4-6М 2-4М	Потоковое вещание при использовании специализированного каналообразующего оборудования	SkyStar3 (PCI плата) SkyStar1	Телевизионное качество (540x768)
Потоковое вещание аудио (multicast)	MPEG1 Layer3 (UDP, RTP)	128k			Стереозвук
Потоковое вещание видео (unicast)	MPEG2 MPEG4 (UDP, RTP)	4-6М 2-4М	Потоковое вещание без использования специализированного каналообразующего оборудования		Телевизионное качество (540x768)
Потоковое вещание аудио (unicast)	MPEG1 Layer3 (UDP, RTP)	128k			Стереозвук
IP телефония	H.323	6k-64k	Местная телефонная связь, доступ к междугородней и международной телефонной сети	IP-Phone, шлюзы IP телефонии	Интерактивный режим
Видеоконференцсвязь	H.323	64k-256k	Видеотелефония	WEB-камеры	Интерактивный режим

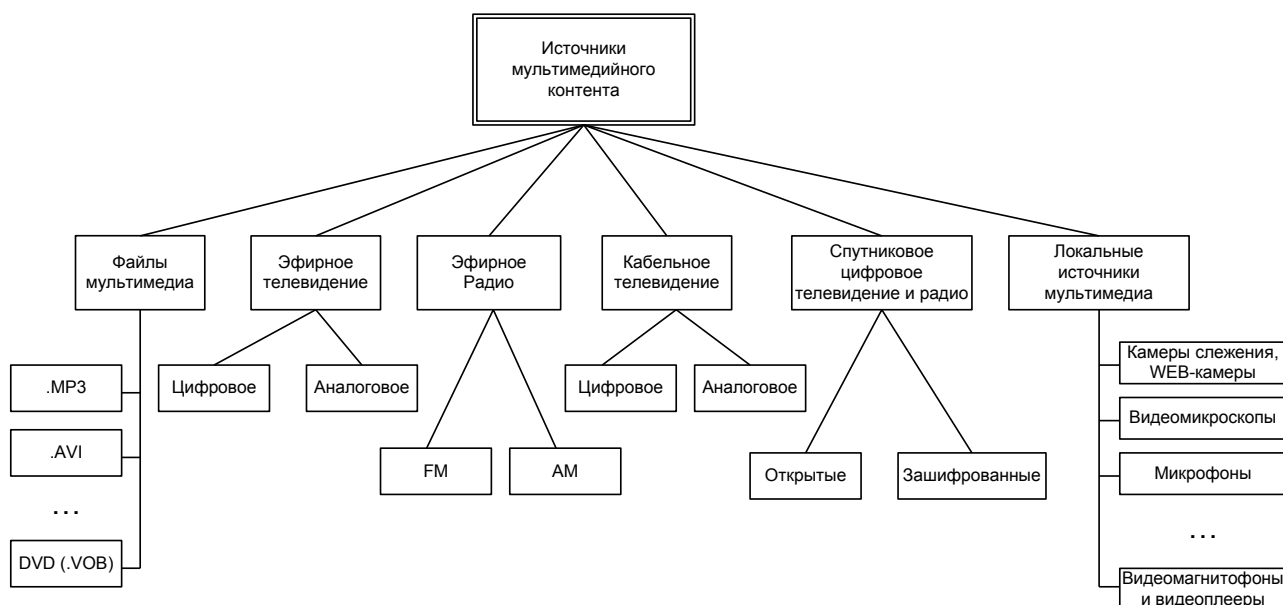


Рисунок 1.2. Классификация источников мультимедийного контента

Основной задачей для операторов сетей передачи данных, развертывающих системы IP-телевидения и IP-радио (или иначе IP-мультимедиа), является задача поиска источников самого мультимедийного контента и выявления критериев сравнения этих источников. На рис.1.2. представлена классификация источников мультимедийного контента.

Как видно из этой классификации, в качестве источников мультимедийного контента могут выступать: файлы с мультимедиа информацией на носителях, эфирное телевидение, эфирное радио, кабельное телевидение, спутниковое телевидение, а также различного вида локальные источники мультимедийной (видео и/или аудио) информации. Дальнейшее разделение каждого источника основывается на различиях оборудования распознавания/приема данного вида контента.

Каждый вид источника обладает своими достоинствами и недостатками, поэтому для получения объективной картины необходимо выделить критерии сравнения:

1. Информационная новизна;
2. Стоимость оборудования для получения мультимедийного контента;
3. Сложность преобразования для потокового вещания;
4. Сложность преобразования и классификации для видео-По-запросу;
5. Количество доступных различных источников одного типа.

Критерии будем оценивать с помощью 5-ти бальной шкалы: 1 – наихудшее, 5 – наилучшее состояние.

В таблице 1.2 представлена оценка доступных (для московского региона) источников мультимедийного оборудования.

Таблица 1.2. Оценка источников мультимедийного контента

Источник	Критерий	1	2	3	4	5
Файлы мультимедиа		1	1	3	1	5
Цифровое эфирное телевидение		4	4	1	5	1
Аналоговое эфирное телевидение		4	2	5	5	4
Эфирное радио (FM,AM)		4	2	4	5	4
Цифровое кабельное телевидение		4	4	1	5	2
Аналоговое кабельное телевидение		4	2	5	5	2
Открытое спутниковое цифровое телевидение и радио		4	3	1	5	4
Зашифрованное спутниковое цифровое телевидение и радио		5	5	3	5	5
Локальные источники мультимедиа		2	3	3	5	3

Как можно увидеть из таблицы у каждого из источников имеются свои достоинства и недостатки, поэтому выбор того или иного источника должен определяться как с учетом вышеозначенных критериев, а также на основе различного рода ограничений (возможностей приобретенного или разработанного программного обеспечения, финансовых, организационных), а также с учетом мнения потенциальных абонентов данной услуги.

Следующим этапом формирования услуги IP-мультимедийного вещания должен стать выбор формата представления самого мультимедийного контента,

1.2. Классификация технологий доставки информации от сервера до клиента

Под технологией доставки информации от сервера до клиента следует понимать многообразие протоколов передачи данных, с помощью которых осуществляется общение сервера вещания и клиента в рамках сети передачи данных. Существует две основные схемы доставки цифровых потоков по IP сетям, обладающих своими достоинствами и недостатками: технология точка-точка (**unicast**), технология точка-многоточка (**multicast**) [6] (рис.1.3).

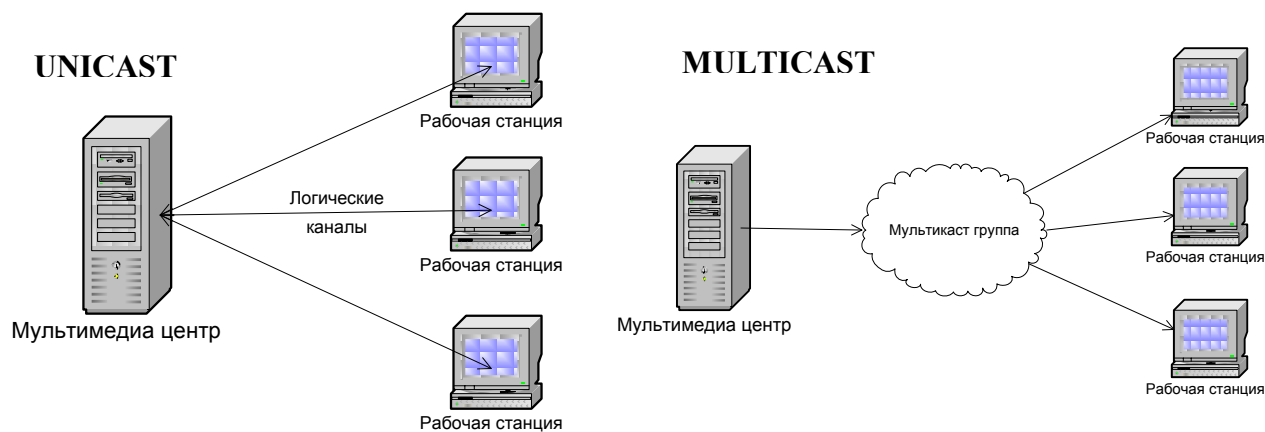


Рисунок 1.3. Схемы доставки цифрового потока от сервера до клиента

В случае использования **unicast** технологии возможно использование протоколов передачи данных без гарантии доставки: UDP, RTP (Real-Time Transport Protocol – Протокол передачи реального времени, RFC-2205, -2209, -2210, -1990, -1889, -3989, -3952; "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications" H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson). Последний базируется на идеях, предложенных Кларком и Тенненхаузом [18], и предназначен для доставки данных в реальном масштабе времени. При этом определяется тип поля данных, производится нумерация посылок, присвоение временных меток и мониторинг доставки. Приложения обычно используют RTP поверх протокола UDP для того, чтобы использовать его возможности мультиплексирования и контрольного суммирования. Но RTP может использоваться и поверх любой другой сетевой транспортной среды. Однако сам по себе RTP не обеспечивает своевременной доставки и не предоставляет каких-либо гарантий уровня сервиса. Этот протокол не может гарантировать также корректного порядка доставки данных. Правильный порядок выкладки информации может быть обеспечен принимающей стороной с помощью порядковых номеров пакетов. Такая возможность крайне важна практически всегда, но особое внимание этому уделяется при восстановлении передаваемого изображения.

Кроме того, при использовании **unicast** возможно применение и протоколов с гарантией передачи данных: TCP, HTTP. В этом случае будет несколько увеличен информационный поток, но зато гарантируется качество принимаемого мультимедийного контента в условиях ненадежного канала передачи данных. Под ненадежностью канала в данном случае должно пониматься кратковременный отказ передачи (различного рода коллизии в сети), сбои в передаче (неправильный порядок IP пакетов принятых клиентским ПО из-за различного времени доставки) и прочее. Однако же информационная емкость самого канала должна быть достаточна как для передачи мультимедийного контента, так и для передачи служебной информации и повторных частей мультимедийного контента.

При использовании **multicast** технологии возможно применение следующих протоколов без гарантии доставки: UDP, RTP. Как уже отмечалось выше RTP обеспечивает некоторый контроль за информационным потоком, но не может полностью гарантировать доставку данных до клиента. Однако же использование **multicast** технологии с UDP или RTP протоколом совместно с качественным каналом образующим оборудованием, с поддержкой IGMP маршрутизации (RFC-1112, RFC-2236), позволяет достичь максимальной эффективности сервера мультимедийного вещания – аппаратные и программные затраты сервера вещания идут только на получение мультимедийного контента и передачу его в сеть, а доставку до конкретного абонента и гарантию этой доставки будет обеспечивать каналом образующее оборудование.

Кроме того, существует возможность передачи **multicast** трафика по **unicast** сети с помощью так называемой технологии **MBONE** [12]. MBONE – это виртуальная сеть, базирующаяся на multicast-протоколах, которые были одобрены IETF (The Internet Engineering Task Force) летом 1992 года. В основу легли разработки, выполненные в

компании Ксерокс. Данный режим работы поддерживается не всеми маршрутизаторами. Сеть представляет собой систему Ethernet-сетей, объединенных друг с другом соединениями точка-точка, которые называются "туннелями" (DVMRP Tunnel) (рис.1.4).

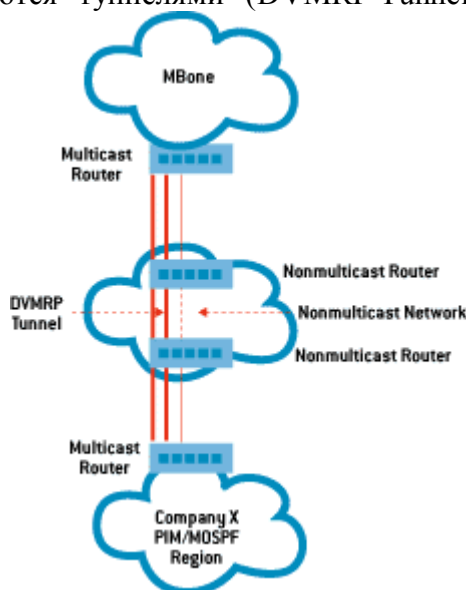


Рисунок 1.4. Структура MBONE сети

Конечными точками таких туннелей обычно являются машины класса рабочих станций, снабженные соответствующим программным обеспечением (Multicast router). Впервые multicast-туннель был реализован в Стэнфордском университете в 1988 году. IP-multicast-пакеты инкапсулируются при передаче через туннели так, что они выглядят как обычные IP-unicast-пакеты. Таким образом возможно объединение нескольких multicast сетей с помощью высокоскоростных каналов передачи данных, не поддерживающих технологию multicast.

Таблица 1.3. Оценка параметров unicast и multicast

unicast	multicast
<i>Особенности</i>	
Непосредственная передача данных от сервера клиенту с установлением или без установления соединения. Причем в отправляемых IP пакетах явно указывается IP адрес сервера и IP адрес клиента.	Опосредованная передача данных от сервера клиенту, осуществляемая с помощью входа сервера и клиентов в т.н. multicast группы [15]. В IP пакетах, отправляемых сервером содержится IP адрес самого сервера и адрес multicast группы, для которой предназначен пакет. Каналообразующее оборудование (маршрутизаторы, коммутаторы) производят отслеживание подключения и отключения клиентов к/из multicast групп и соответственно направляют или не направляют соответствующий IP пакет в сегмент клиента
<i>Используемые протоколы</i>	
передачи: TCP, UDP, RTP, HTTP маршрутизации: RIP, BGP, OSPF	UDP, RTP IGMP
<i>Каналообразующее оборудование, поддерживающее передачу по схемам</i>	
Все оборудование, поддерживающее передачу данных по протоколу IP	Маршрутизаторы, поддерживающие протокол маршрутизации IGMP Коммутаторы с поддержкой IGMP Snooping Прочие коммутаторы и концентраторы с передачей multicast пакетов в широковещательном режиме

При решении вопроса относительно схемы предоставления мультимедийных услуг необходимо учитывать сложившуюся обстановку внутри IP сети (существующее оборудование, возможности по его модернизации), количество пользователей сети, количество потенциальных абонентов услуги.

Принципиально может сложиться две ситуации – мультимедийные услуги должны быть приложением и простым расширением функциональности базовой IP сети (сети предприятий, офисов) и мультимедийные услуги как отдельный вид предоставляемых услуг внутри сети (за определенную плату). Основное различие этих ситуаций – отсутствие и наличие необходимости организации системы разделения доступа к мультимедиа услугам.

В случае **unicast** технологии организация разделения доступа реализуется достаточно просто стандартными методами. В частности может быть организован доступ к серверу мультимедиа контента с использованием паролей доступа.

В случае применения **multicast** технологии организация защиты от несанкционированного доступа достаточно сложна. Это должно быть либо чисто аппаратное решение, когда каналобразующему оборудованию указываются абоненты, которым разрешен доступ к услуге, либо это должно быть шифрование мультимедийного потока на стороне сервера и его дешифрация с помощью санкционировано раздаваемых ключей на стороне клиента.

Параллельно решению вопроса о технологии доставки мультимедийных данных от сервера до клиента, необходимо решить вопрос о собственно формате представления этих мультимедийных данных, о необходимости или отсутствии необходимости их преобразования из исходного формата получаемого контента.

1.3. Классификация и анализ форматов представления мультимедийного контента

Как уже отмечалось в п.1.1 настоящей записки, существует множество источников мультимедийного контента. В этом многообразии источников практически каждому типу ставится в соответствие один или несколько различных форматов представления данных. Особое разнообразие наблюдается в аналоговом мире – различия как в методах передачи-приема радиосигнала, так и в структуре самого изображения. Большей однообразности удалось добиться путем стандартизации в цифровой среде. Классификация форматов представления передачи мультимедийного (телевизионного) контента представлена на рис.1.5.

Стандарты аналогового телевизионного вещания начали появляться с момента появления собственно телевидения. Исторически первым стандартом телевизионного вещания, принятым в 1953 году в США, оказался NTSC. Однако в части европейских стран получил распространение другой стандарт – PAL разработанный позднее в ФРГ в 1961 году, в котором были учтены некоторые недостатки NTSC. Однако же из экономических и финансовых соображений во Франции, а позднее в СССР на вооружение был принят другой стандарт – SECAM.

С развитием информационных технологий начали делаться попытки по созданию цифрового стандарта телевидения. Достоинством самой идеи цифрового телевидения является качество изображения и звука, которое может быть задано самим контент-провайдером. Также немаловажным является возможность существенного увеличения количества каналов при использовании той же самой полосы частот, как и при аналоговом способе вещания. Как и в случае аналоговых стандартов, исходя из геополитических и экономических предпосылок, на свет появился ряд стандартов цифрового телевидения – ATSC в США, ISDB в Японии и DVB в Европе. В основе всех данных стандартов лежит MPEG2 – формат представления мультимедийных данных.

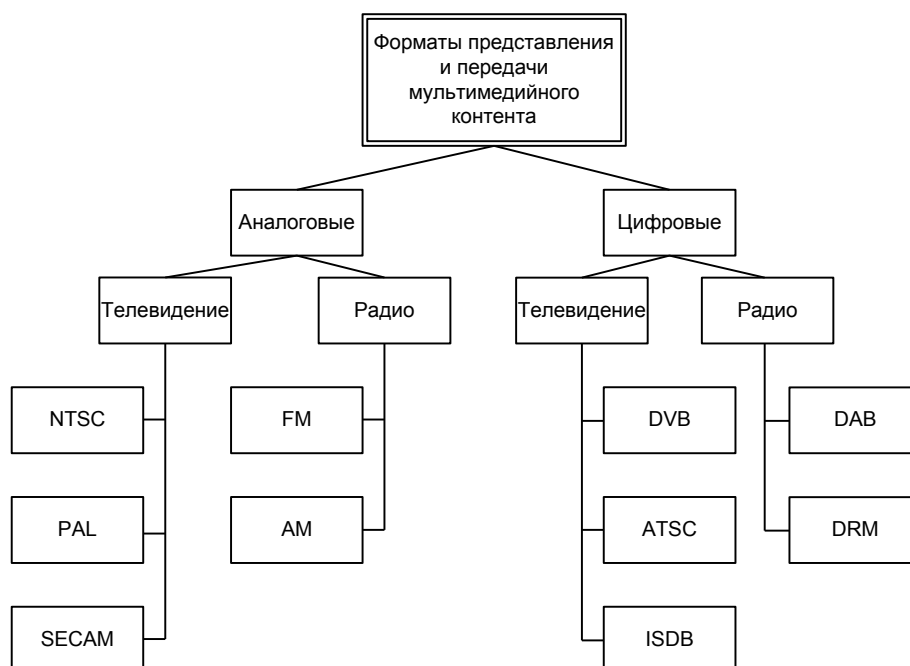


Рисунок 1.5. Классификация форматов представления мультимедиа данных

1.3.1. NTSC

Система цветного телевидения NTSC была разработана в 1953 году в США Национальным комитетом по телевизионным стандартам (National Television Standards Committee). NTSC принята в качестве стандартной системы ЦТВ также в Канаде, Японии и ряде стран американского континента. В качестве сигналов для передачи цветовой информации в системе NTSC приняты цветоразностные сигналы. Передача этих сигналов осуществляется в спектре сигнала яркости на одной цветовой поднесущей.

Кроме эксплуатационных недостатков, связанных со сложным принципом передачи и разделения сигналов цветности — квадратурной модуляцией и синхронным детектированием, необходимо указать на большую подверженность системы NTSC искажениям типа «дифференциальная фаза» и «дифференциальное усиление». Первое приводит к искажениям цветового тона, который изменяется в зависимости от мгновенного значения сигнала яркости. Второе из-за нелинейности амплитудных характеристик приводит к искажениям насыщенности.

Помимо так называемого «базового» NTSC M (525 строк/30 кадр./сек./частота поднесущей цвета 3,58 МГц), существуют еще три варианта этой системы.

Первый называется NTSC 4,43 и используется в мультистандартных VHS-видеомагнитофонах. Временные параметры видеосигнала такие же, как в базовом NTSC M. Разница в том, что цветное кодирование и декодирование производится в «PAL-формате», т.е. частота цветовой поднесущей такая же, как в PAL (4,43 МГц). О втором, NTSC-J, в России практически никто не слышал. Этот вариант используется в Японии (Japan). Отличается от базового NTSC M отсутствием подпорки гасящих интервалов в активной части строки. Соответственно амплитуда его составляет 0,714 В вместо принятого в NTSC 1 В (впрочем как в PAL и SECAM). Третий, названный «noninterlaced NTSC»

Достоинства и недостатки стандарта NTSC по сравнению с другими представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4. Достоинства и недостатки NTSC

Преимущества	Недостатки
Более высокая (по сравнению с PAL и SECAM) частота кадров — использование частоты кадров 30 Гц (в действительности 29,97 Гц) приводит к уменьшению заметности мерцания изображения.	Меньшее число строк развертки - сниженная вертикальная четкость, более заметна строчная структура на экранах с большой диагональю.

Преимущества	Недостатки
<p>Высокая точность редактирования цвета - возможно редактировать любые 4 поля без оказания влияния на цвет.</p> <p>Менее заметные шумы на изображении, достижение лучшего соотношения сигнал/шум, чем в PAL/625.</p>	<p>Более выраженные муар, точечная интерференция и перекрестные искажения - это происходит из-за большей вероятности взаимодействия с монохромным сигналом изображения на более низкой частоте поднесущей.</p> <p>Изменение оттенка - вариации фазы цветовой поднесущей вызывают сдвиги в отображении цветов, заставляя оснащать приемники регулировкой оттенка (Tint). Многие NTSC-телевизоры имеют цепи автоматической регулировки оттенка. Но уменьшая его флуктуации, они приводят все цвета, составляющие телесный цвет, к некому стандартному значению. При этом некоторая часть цветового диапазона не может быть правильно отображена. Топовые модели, как правило, имеют возможность отключения этих цепей, более дешевые - нет.</p> <p>Более низкая по отношению к PAL контрастность — значение гамма-коррекции составляет 2,2, в то время как в PAL/625 оно равно 2,8.</p>

1.3.2. PAL

Эта система (Phase Alternation Line — строка с переменной фазой), разработанная в ФРГ, в своей основе содержит все идеи американской NTSC. Особенность PAL заключается в оригинальном способе устранения фазовых искажений, присущих системе NTSC.

В системе PAL фаза поднесущей одного цветоразностного сигнала от строки к строке меняется на 180 градусов. Кроме того, в приемнике используется линия задержки на время одной строки (64 мкс). Т.е. имеются два сигнала цветности с относительной задержкой на одну строку. Изменение фазы от строки к строке на 180° приводит к тому, что фазовые ошибки, одинаковые по величине, имеют разные знаки. Сложение напряжения на входе линии задержки с перевернутым напряжением на ее выходе устраняет ошибку (сбой) фазы.

При очевидных достоинствах главным недостатком системы PAL является существенное усложнение ТВ-приемника за счет введения в его схему дополнительных узлов для задержки сигнала цветности на время одной строки и периодического изменения фазы цветоразностного сигнала. Следует также отметить, что искажения типа «дифференциальное усиление» в PAL не компенсируются.

Достоинства и недостатки стандарта PAL по сравнению с другими представлены в таблице 1.5.

Таблица 1.5. Достоинства и недостатки PAL

Преимущества	Недостатки
<p>Более детальная картинка — большее число строк развертки, а также более широкая полоса сигнала яркости.</p> <p>Устойчивость оттенков — благодаря инверсии фазы поднесущей на каждой последующей строке, любое фазовое искажение будет подавлено.</p> <p>Более высокий уровень контраста — значение гамма-коррекции 2,8 против 2,2 в NTSC/525.</p>	<p>Более заметное мерцание по сравнению с NTSC - более низкая частота кадров (25 кадров/сек.)</p> <p>Более заметны шумы — требование более высокой частоты поднесущей приводит к ухудшению отношения сигнал/шум в PAL/625 по сравнению с NTSC/525.</p> <p>Потеря точности редактирования цвета — из-за чередования фазы цветового сигнала редактирование может быть осуществлено с точностью ± 4 кадра (8 полей).</p> <p>Снижение цветовой насыщенности при неизменном оттенке — точность цветов достигается посредством потери информации о разности фаз сигналов оттенка и насыщенности.</p>

1.3.3. SECAM

В 1958 г. французский инженер Анри де Франс изобрел новую систему, названную SECAM (SEquential Couleur Avec Memoire), в которой отсутствовал основной недостаток NTSC — искажения цветового тона, вызываемые нелинейностью частотных, фазовых и амплитудных характеристик узлов телевизионного тракта. В SECAM информация о цветовом тоне не определяется фазовыми соотношениями сигналов цветности. В первых вариантах (система «Анри де Франс») информация о цветовом тоне передавалась амплитудной модуляцией поднесущей. В более усовершенствованной системе SECAM цветовая информация передается с помощью частотной модуляции поднесущей цвета.

Цветоразностные сигналы в SECAM передаются поочередно: в течение одной строки — сигнал R–Y, в течение следующей — B–Y и т. д. Цветовая информация как для R–Y, так и для B–Y «снимается» через строку. При этом предполагается, что в пропущенных строках цветовая информация идентична соседним. Иными словами, для сигналов цветности полный кадр содержит вдвое меньшее количество строк, что приводит к соответствующему увеличению размеров окрашенных мелких деталей по вертикали. Визуальная четкость по вертикали при этом не снизится, т.к. более мелкие детали передаются сигналом яркости Y с полным числом строк развертки.

Таким образом, при поочередной (через строку) передаче сигналов цветности в приемнике в результате использования элемента памяти (линии задержки) образуются три исходных сигнала цветности. Поэтому рассматриваемую систему часто называют последовательно-одновременной (или по-французски Sequential a memoire — последовательная с памятью).

Одной из причин принятия на «вооружение» SECAM во Франции была защита внутреннего рынка от «вторжения» чуждой NTSC. Хотя новизна решений и явные преимущества при создании системы также были учтены. И в СССР эта система была принята не в последнюю очередь по политическим соображениям — лишь бы не американская NTSC и немецкий PAL. Естественно, и страны Варшавского договора «добровольно» приняли SECAM (пожалуй, только ГДР удалось отстоять «свой» стандарт звука — 5,5 МГц вместо советских 6,5). В 1966 году политическая «особенность» SECAM всплыла наружу, когда советское правительство использовало соглашение с Францией (о распространении на территории СССР только системы SECAM) как предлог, чтобы запретить американской вещательной корпорации NBC запись на видеоленту показательных выступлений в Москве. В последнюю минуту правительство СССР потребовало прекратить NTSC-запись, объяснив, что иначе нарушит соглашение.

Достоинства и недостатки стандарта SECAM по сравнению с другими представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6. Достоинства и недостатки SECAM

Преимущества	Недостатки
Устойчивость оттенка и постоянство насыщенности. Большее вертикальное разрешение — в SECAM используется более высокое число строк развертки, чем в NTSC/525.	Более заметно мерцание по сравнению с NTSC Невозможно смешивание двух синхронных сигналов цвета SECAM - большинство ТВ-студий в SECAM-странах работают в PAL и переводят передачи в SECAM лишь для вещания. Кроме того, продвинутое домашнее оборудование S-VHS, Hi8 записывает в PAL и только при проигрывании транскодирует в SECAM. Регулярные шумовые структуры на изображении (сеточка и др.) — частотная модуляция приводит к появлению регулярных шумовых структур даже на нецветных объектах. Сниженное качество монохромного сигнала — т.к. одна из цветовых поднесущих имеет частоту 4,25 МГц, полоса меньшей ширины может быть использована для монохромного сигнала.

Преимущества	Недостатки
	Несовместимость между различными версиями SECAM - некоторые из вариантов SECAM (эфир и видео) несовместимы друг с другом. Например, между оригинальной французской версией SECAM и так называемым Middle East SECAM. В описании на видеомаягнитофон вы найдете упоминание об этом.

1.3.4. DVB

DVB (Digital Video Broadcasting Project, DVB-C, DVB-DSNG, DVB-H, DVB-MC, DVB-MS, DVB-MT, DVB-P, DVB-S, DVB-S2, DVB-SFN, DVB-SMATV, DVB-T, DVB-MHP, DVB-M) - организация, которая разрабатывает технологии для цифрового телевидения. [22] В Европе наиболее широко используются следующие протоколы передачи, разработанные DVB: DVB-C (для кабельных сетей EN 300 429), DVB-S (для спутникового вещания EN 300 421, TR 101 198), DVB-T (для наземного эфирного вещания EN 300 744, TR 101 190). DVB разрабатывает не только протоколы передачи, но и стандарты для интерактивных приложений, таких как приставки цифрового телевидения (set-top boxes) и т.п. Другие DVB протоколы включают MHP (multimedia home platform, сокращенно DVB-MHP: TS 101 812, TS 102 812, TS 102 819), DVB-M (стандарт измерений сигналов DVB-S/T/C; TR 101 290, TR 101 291), DVB-H ("обновление" стандарта DVB-T, которое позволяет доставлять цифровой поток в мобильные устройства по наземным эфирным сетям, EN 302 304).

1.3.5. ATSC и ISDB

ATSC (The Advanced Television Systems Committee, ATSC Standard A/53C with Amendment No. 1 and Corrigendum No. 1) - организация, разрабатывающая и утверждающая стандарты для передовых телевизионных систем, в том числе и HDTV. Наиболее широко стандарты ATSC распространены в США и Канаде [34].

ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting, ISDB-T) - стандарт цифрового телевидения, разработанный в Японии. Он интегрирует в себя различные виды цифрового контента. Это может быть HDTV, STDV, звук, графика, текст и т.д.

1.3.6. DAB

Европейские фирмы в 1987 году основали консорциум Eureka-147 с целью разработки принципиально новой системы цифрового радиовещания DAB (Digital Audio Broadcasting) [36]. Участниками этого проекта являются около 50 фирм и организаций из Великобритании, Германии, Франции, Голландии, Италии, Швеции, Швейцарии, Норвегии, Финляндии, Японии, Канады, США и ряда других стран. В участники проекта от России, по представлению институтов - лидеров проекта - IRT (Германия) и ССЕТТ (Франция), был в 1995 г. принят ИПА им. А.С.Попова.

В 1992 году на основе всемирного соглашения для DAB были выделены L- и S-диапазоны. Первые приемники, в основном для измерительных целей, были созданы в 1988 году. С 1990 года ряд членов проекта Эврика-147 приняли участие в проекте JESSI, в рамках которого была разработана первая интегральная микросхема для коммерческих DAB-приемников. Первый DAB-приемник потребительского типа был представлен на выставке в 1995 году в Берлине. Миниатюризация приемников продолжается, в настоящее время их серийным выпуском занимаются фирмы Grundig, Philips и др. В европейских странах эксплуатируется уже несколько десятков тысяч приемников.

Для решения проблемы вещания необходимо решение множества организационных проблем, в первую очередь - выделение отдельного диапазона частот. Европейский опыт показал, что использование диапазона 88-108 МГц совместно с существующими ЧМ-станциями нецелесообразно. В конце 1999 г. коллегия Минсвязи РФ наметила трехэтапную стратегию перехода на цифровое радиовещание, рассчитанную на 10-15 лет:

- **2001-2002 гг.** Опытное вещание в Москве и Петербурге 6 государственных станций: "Радио России", "Маяк", "Маяк-FM", "Юность", "Орфей" и одной местной. Возможна передача пейджинговой или мультимедийной информации.
- **2002-2003 гг.** Расширение опытного вещания на Московскую и Ленинградскую области, появление 6 коммерческих станций.
- **2003-2010 гг.** Полный охват территории РФ, в дальнейшем - сокращение количества аналоговых УКВ станций

В качестве формата представления мультимедиа данных используется MPEG-1 или MPEG-2.

1.3.7. DRM

DRM (Digital Radio Mondiale) в отличие от стандарта DAB, использующего MPEG-2, в DRM применяется более современный вариант компрессии MPEG-4 [19]. Он включает адаптивный механизм компрессии сигнала AAC (Advanced Audio Coding) в моно и стереовариантах, а также CELP (Code-excited Linear Prediction) для высококачественного кодирования речи и шумоподобных сигналов. В MPEG-4 долговременное предсказание проводится не во временной, а в спектральной плоскости. Кодер делает предсказание, а затем кодирует либо разницу между реальным и предсказанным сигналом, либо сам входной сигнал, если его значение можно закодировать более компактно, чем разницу. Кроме того, кодер поддерживает несколько новых механизмов, связанных со способностью потока адаптироваться к изменениям параметров канала. Любой из вариантов может дополняться техникой SBR (Spectral Band Replication), предназначенной для повышения качества передачи верхних частот. При передаче на частотах ниже 30 МГц все форматы, кроме стереофонического, используют полосу 9/10 МГц. Использование техники SBR требует более широкой полосы.

Помимо аудиосигналов, в цифровом потоке могут передаваться данные. Мультиплексированный поток аудио- и данных формируют основной сервисный канал Main Service Channel (MSC). В MSC передается до 4 потоков, каждый из которых переносит или аудио или данные. Информация канала MSC разбивается на логические кадры по 400 мс каждый. Дополнительно к MSC формируются еще два дополнительных канала. Основной и сервисные каналы определенным образом мультиплексируются, в результате чего образуются транспортные суперкадры длительностью 1200 мс.

Первый дополнительный канал, Fast Access Channel - FAC (канал скоростного доступа), переносит данные о параметрах радиочастотного сигнала и информацию, позволяющую выделять отдельные услуги. К параметрам сигнала относятся идентификатор потока, ширина занимаемой полосы, тип модуляции, тип кодирования, индекс глубины переключения, количество передаваемых услуг. Эти параметры передаются в каждом FAC кадре. К параметрам, характеризующим услуги, относится указание типа сервиса (аудио/данные), флаг условного доступа, указатель языка и некоторые другие. Они передаются последовательно - в одном кадре параметры, относящиеся к одному сервису.

Второй дополнительный канал, Service Description Channel - SDC (канал описания услуг), содержит информацию, относящуюся к условному доступу, программу передач, информацию об авторских правах, вспомогательную информацию для некоторых приложений, а также ссылки на альтернативные частоты, на которых передается тот же канал. Информация SDC размещается в начале каждого суперкадра и начинается с ссылок на альтернативные частоты. Это позволяет автоматически выбрать канал, принимаемый в данный момент наилучшим образом.

В DRM, как и в DAB, применяется система модуляции COFDM. Эта система весьма эффективна для передачи сигналов по радиоканалу с многолучевым распространением радиоволн и селективным замиранием сигнала, характерным для коротких волн. Для компенсации помех многолучевого распространения используется защитный интервал. Он не должен превышать 20% от общей длительности символа, чтобы не снизить пропускную

способность канала. Количество несущих, размещаемых в полосе частот канала, ограничивается Доплеровским смещением частоты сигнала, возникающим в режиме мобильного приема. С учетом этих факторов в полосе 9/10 кГц используется около 200 несущих. Их точное количество, равно как и длительность символа и защитного интервала, зависит от характера распространения радиоволн (поверхностные или пространственные), предположительной дальности передачи и требуемой достоверности.

1.3.8. Анализ и выбор формата

Наиболее подходящей формой мультимедийного контента, с одной стороны, является формат MPEG-2, поскольку является де факто стандартом передачи цифрового телевидения (DVB, ATSC, ISDB) и радиовещания (DAB), и, кроме того, для его распространения по цифровым сетям нет необходимости в создании каких либо программных или аппаратных средств по кодированию мультимедийных данных в цифровое представление, либо необходимо только оборудование дешифрации зашифрованных каналов. С другой стороны, формат MPEG2 для передачи телевизионных передач является достаточно каналоемким - вещание одного канала требует от 4 до 10 мегабит/с пропускной способности канала [6,38], что ограничивает применение MPEG-2 в IP сетях. В случае вещания радиопрограмм с требованиями к каналу 128-192 кбит/с подходит и MPEG-2, и MPEG-1 (Layer 3). Таким образом к достоинствам представления мультимедийного контента в виде MPEG-2 можно отнести:

- простоту и низкую стоимость оборудования получения мультимедийного контента;
- наличие источников мультимедийного контента, использующих формат MPEG-2 для распространения контента от студии до зрителей;
- высокое качество (студийное) видеоизображения и звука

Недостатки:

- высокая каналоемкость (4-10 мегабит/с)

Устранение недостатка MPEG-2 может быть достигнуто за счет транскодирования (декодирования исходного формата и затем последующего кодирования в другой формат) в другой формат представления. В частности может быть использован или другой профиль MPEG-2 (для уменьшения каналоемкости при снижении качества исходного видеоизображения), или использован более перспективный формат MPEG-4, позволяющий при том же качестве изображения и звука получать менее каналоемкие цифровые потоки. Учитывая допустимый уровень искажения изображения при просмотре мультимедийного контента абонентами (просмотр телевизионных каналов параллельно основной работе, в небольшом окне, редкие включения полноэкранного режима) возможно получить цифровые потоки менее 1 мегабита на канал или на абонента в зависимости от применяемой технологии [6]. С другой стороны существенно изменяются требования к аппаратной или программно-аппаратной части в плане необходимости организации декодирования исходного MPEG-2 потока и кодирования его с заданными параметрами в MPEG-4 в реальном масштабе времени.

В качестве модификации представленной схемы может выступать схема кодирования в MPEG4 не цифрового потока, а аналогового сигнала получаемого или от внешних источников (спутниковые ресиверы, видеоманитофоны и проч.), так и из внутренних источников (тюнеры, микросхемы декодирования NTSC/PAL/SECAM сигнала [10]). В данном случае исключаются схемы декодирования MPEG-2, либо подсистема декодирования выделяется от сервера мультимедийного вещания в отдельное(-ные) устройство(-а), но это «компенсируется» необходимостью получения и декодирования аналогового сигнала, причем происходит существенное ухудшение качества исходного видеоизображения и звука, однако же доступность оборудования и его сравнительно низкая стоимость делает данный вариант наиболее перспективным.

Таким образом, достоинством MPEG4 является низкая каналоёмкость (менее 1 мегабита), а недостатком – высокие требования к программно-аппаратной части (дорогое оборудование, сложный комплекс программного обеспечения).

Таблица 1.7. Сравнительные характеристики форматов представления мультимедийного контента

	ТВ						Радио	
	NTSC	PAL	SECAM	DVB	ATSC	ISDB	DAB	DRM
Тип	аналог.	аналог.	аналог.	цифр.	цифр.	цифр.	цифр.	цифр.
Формат	-	-	-	MPEG2	MPEG2	MPEG2	MPEG2	MPEG4
Частота кадров	30	25	25	-	-	-	-	-
Разрешение	525 строк	625 строк	625 строк	768x576 и другое	1920x1080 и другое	1920x1080 и другое	-	-
Использ. в России	нет	да, на студиях	да, эфирное телевидение	да, спутниковое телевидение	нет	нет	да, опытное вещание	нет

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что однозначного вывода о том, какой формат представления более предпочтительный нельзя. Необходимо дополнительно произвести исследования возможностей сети передачи данных, требований потенциальных абонентов. Немаловажно также оценить количество абонентов, поскольку существует ряд различных противоречий между количеством абонентов, качеством мультимедийного контента, защищенностью IP-вещания от несанкционированного доступа и проч.

1.4. Антагонизмы в реализации вещания мультимедийного контента

В реализации вещания мультимедийного контента можно выделить ряд противоречий, связанных с качеством изображения, используемого в мультимедийном вещании, с количеством пользователей, использующих услуги мультимедийного вещания (одновременно подключенных пользователей к серверу вещания), а также связанных со способом и уровнем защиты системы мультимедийного вещания от несанкционированного доступа к мультимедийным услугам (рис.1.6, 1.7 и 1.8 соответственно).



Рисунок 1.6. Противоречия в плане качества изображения мультимедийного вещания

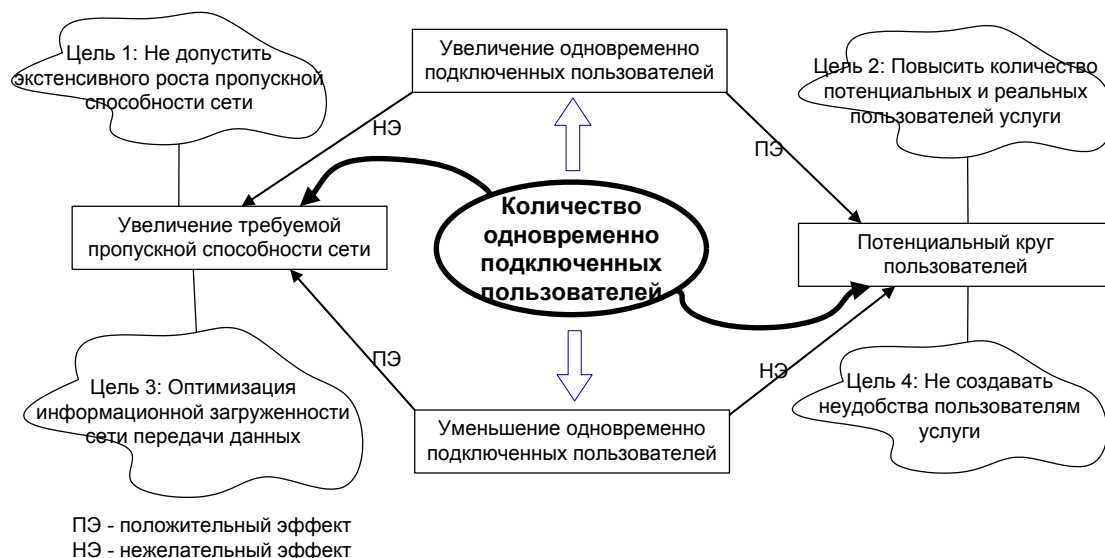


Рисунок 1.7. Противоречия в плане количества одновременно подключенных пользователей

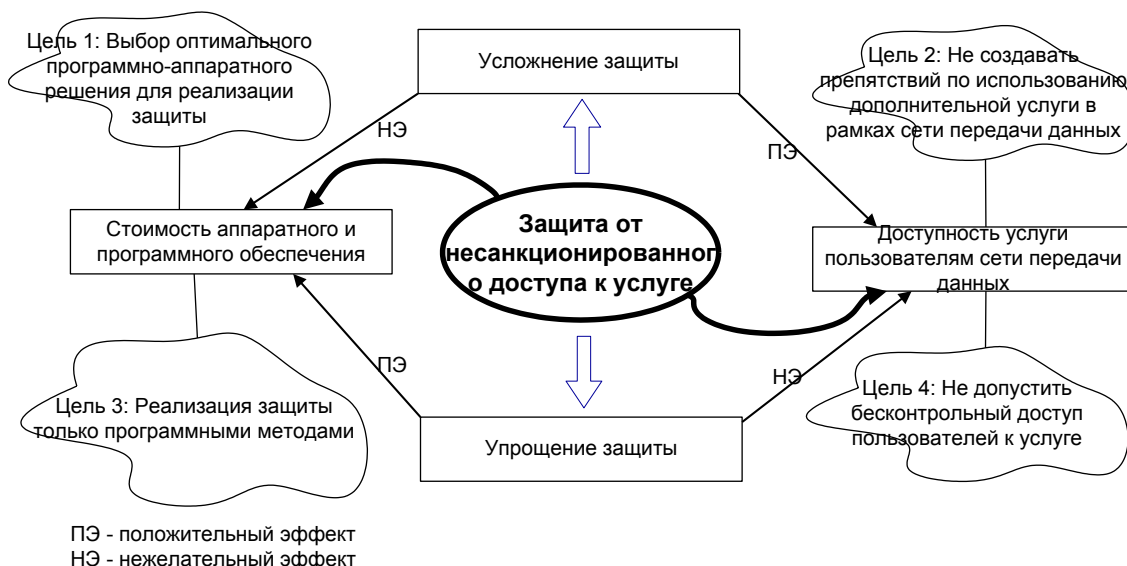


Рисунок 1.8. Противоречия в плане защиты системы от несанкционированного доступа к услуге

Из анализа противоречий можно выделить основные несостыковки между различного рода желаниями и целями:

- | | |
|---|---|
| 1 Желание уменьшить каналоёмкость ТВ/радио канала | - Желание увеличить качество изображения/звука |
| 2 Увеличить количество одновременно подключенных абонентов | - Не увеличивать пропускную способность сети (не менять структуру сети) |
| 3 Увеличить количество различного доступного для просмотра мультимедийного контента | - Не увеличивать пропускную способность сети (не менять структуру сети);
Не расширять аппаратную часть комплекса вещания |
| 4 Организация полноценной системы защиты от несанкционированного доступа | - Минимальные затраты (на аппаратное и программное обеспечение) для организации этой системы |

Рассмотрим каждую из этих несостыковок и путь ее преодоления:

1. Уменьшение требуемой одним ТВ или радио каналом полосы пропускания сети передачи данных эффективно достигается путем увеличения уровня сжатия исходных мультимедиа данных. С одной стороны до определенной степени, учитывая требования абонентов к качеству, этот метод может быть применен, с другой стороны, при повышенных требованиях к качеству изображения и звука, необходимо искать другие пути решения. Такими путями может быть выбор более современных стандартов (MPEG-4 вместо MPEG-2), использование более современных алгоритмов компрессии в рамках того же самого стандарта, а также большее использование аппаратных возможностей мощи алгоритмами компрессии.

2. Количество одновременно подключенных абонентов является одним из ключевых моментов при построении комплекса мультимедийного вещания. Как уже отмечалось в п.1.2. настоящей записки существует unicast и multicast технологии доставки информации от сервера до абонента. Если имеется сеть передачи данных, которая без серьезных финансовых затрат (сравнимых с построением самой сети или даже больших) не может быть реорганизована в сеть с поддержкой multicast технологии, и при этом число одновременно подключенных абонентов не должен превышать $(0.1-0.5) \cdot \text{пропускную способность сети (Мбит/с)}$, то есть смысл использования технологии unicast, в противном случае необходимо дополнительно прорабатывать возможности либо увеличения пропускной способности сети, либо возможности введения отдельных multicast сегментов с использованием технологии MBONE.

3. Увеличение количества различного мультимедийного контента связано с одной стороны с возможностями сети передачи данных, с другой же наиболее важной стороны, с возможностью оборудования. В случае использования в качестве источника мультимедийного контента открытых цифровых спутниковых каналов, то с помощью одного экземпляра оборудования возможен прием для дальнейшей обработки целого ряда мультимедийных программ (ТВ и/или радио), в случае с эфирными телевизионными каналами – доступное на рынке оборудование обеспечивает получение только какого то одного мультимедийного потока.

4. Как уже отмечалось в случае unicast технологии организация разделения доступа реализуется достаточно просто чисто программными методами, однако же unicast ограничивает количество одновременно подключенных клиентов. С другой стороны multicast снимает ограничения на количество одновременно подключенных абонентов, но организация защиты от несанкционированного доступа требует дополнительных аппаратных или аппаратно-программных решений, что не всегда возможно.

Таким образом после выбора на основе исходных данных: а) количества и состава источников мультимедийного вещания, б) формы представления мультимедийного контента, в) метода распространения этого мультимедийного контента в рамках сети передачи данных, г) решения вопроса о том как должна быть реализована безопасности системы и защита от несанкционированного доступа, должно быть принято решение о покупке или разработке программного обеспечения комплекса.

1.5. Анализ прикладного ПО для организации мультимедийного вещания

Существует ряд программных решений по организации мультимедийного вещания в рамках высокоскоростной сети передачи данных. Каждое, из которых обладает некоторыми положительными и отрицательными моментами.

Часть из решений является комплексным – производителем аппаратного обеспечения был разработан комплекс программного обеспечения как для организации вещания, так и для просмотра этого вещания (проект Cisco IP-TV [14]). Такой комплекс не обладает гибкостью, поскольку поддерживает строго ограниченные виды источников мультимедийного контента,

ограничивает методы организации защиты от несанкционированного доступа, форматы представления мультимедийного контента и прочее.

Другим решением является проект программного обеспечения VideoLAN, свободно распространяемый на просторах Интернет. Обладая заложенной в него гибкостью, поддержкой огромного числа разнообразного оборудования, он является проектом с открытым кодом, что дает возможность его доработки для различных специализированных применений.

Также заслуживает рассмотрения решения компании Microsoft для реализации мультимедийного вещания в рамках высокоскоростной сети передачи данных.

В таблице 1.8 приведены сравнительные характеристики организации мультимедийного вещания с использованием различных решений

Таблица 1.8. Сравнительные характеристики организации мультимедийного вещания

Решение	Особенности	Стоимость реализации
Cisco IP-TV	Закрытый коммерческий продукт на базе аппаратных решений Cisco. Получение мультимедийного контента осуществляется только с использованием оборудования Cisco, а прием на стороне клиента с помощью разработанного компанией Cisco программного обеспечения.	Cisco IP/TV 3425 Broadcast Server 10000\$
Microsoft Media Encoder	Закрытый коммерческий программный продукт организации мультимедийного вещания на базе Windows платформы. Получение мультимедийного контента осуществляется только с помощью специализированного или стандартного оборудования, поддерживающего стандартные интерфейсные функции	Сервер вещания – бесплатный при условии покупки ОС Windows XP/2003 server Оборудование приема – от 100\$ на канал
VideoLAN	Открытый программный продукт организации мультимедийного вещания платформах Linux, Windows, MacOS X, Unix и других. Поддержка оборудования приема мультимедийного контента со стандартными интерфейсными функциями и ряда специфического оборудования с собственным API	ПО – бесплатное (лицензия GNU). Оборудование приема – от 100\$ на канал

Произведем более детальное рассмотрение программных решений.

1.5.1. Проект VideoLAN

Проект был начат французскими студентами École Centrale Paris, в дальнейшем к нему подключились заинтересованные лица со всего земного шара [38].

Проект нацелен на создание программного обеспечения для потокового вещания в рамках высокоскоростных сетей передачи данных в стандартах MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 (в т.ч. и DIV-X [20]), вещания спутниковых телевизионных каналов, эфирных и кабельных аналоговых телевизионных каналов, работающего под различными операционными системами. В данный момент программное обеспечение портировано на все популярные операционные системы.

Изначально проект VideoLAN был разделен на две взаимодополняющие друг друга части – VLS (VideoLAN Server – сервер) и VLC (VideoLAN Client – клиент), однако впоследствии клиент VLC приобрел всю функциональность серверной части и даже больше. Таким образом на данный момент можно считать что существует клиентская часть с

возможности сервера вещания, а некоторые специализированные задачи (такие как трансляция спутниковых ТВ каналов) осуществляются с помощью сервера VLS.

Общая структура использования программного обеспечения проекта VideoLAN показана на рис. 1.9.

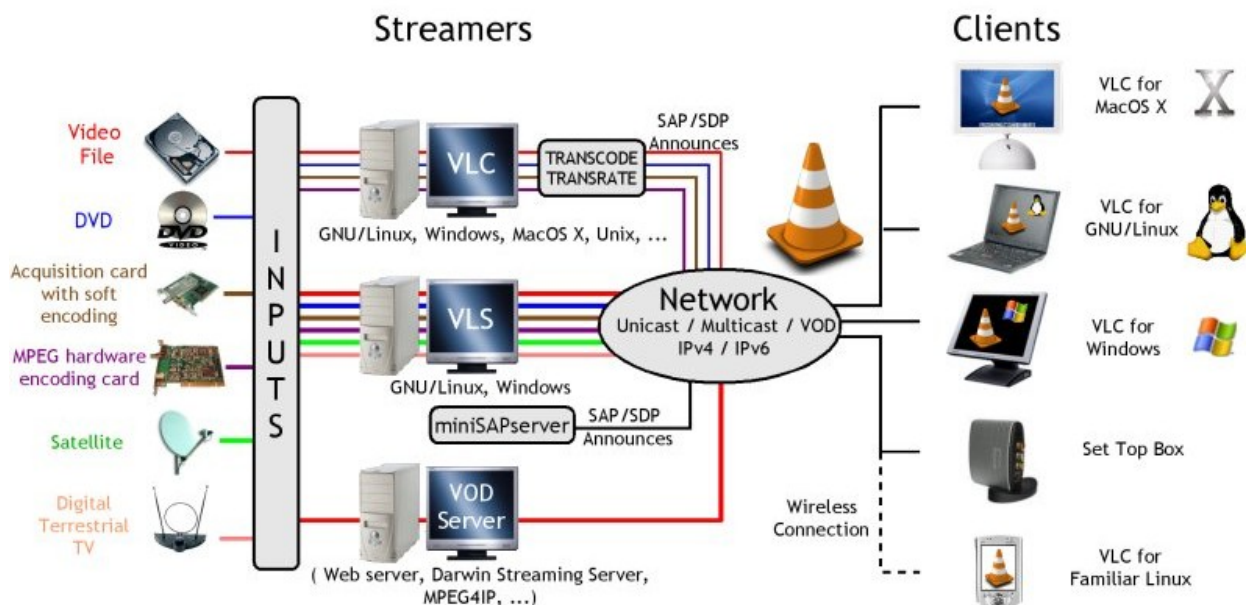


Рисунок 1.9. Структура мультимедийного вещания с помощью проекта VideoLAN

Представленная структура полностью соответствует концепции построения комплекса мультимедийного вещания.

Однако нельзя не отметить существенные недостатки самого проекта VideoLAN. К таким необходимо отнести некоторую разнородность серверных частей. Для построения единого комплекса программно-аппаратного обеспечения с помощью проекта VideoLAN необходима дополнительная доработка программного обеспечения, разработка различных систем мониторинга и управления внутренними объектами системы.

К другим недостаткам необходимо отнести узконаправленность проекта на работу в режиме multicast. Хотя и заявлено, что ПО работает также в режиме unicast, но эта работа производится только по протоколам UDP и RTP, не обеспечивающим гарантированную передачу мультимедиа данных от сервера до клиента, что в случае быстрого, но нестабильного канала связи может привести к полному отказу от получения мультимедийного контента.

1.5.2. Решения Microsoft

В качестве решения от компании Microsoft можно привести продукт Microsoft Media Encoder 9 Series. Структура мультимедийного вещания с использованием продуктов Microsoft представлена на рис.1.10.

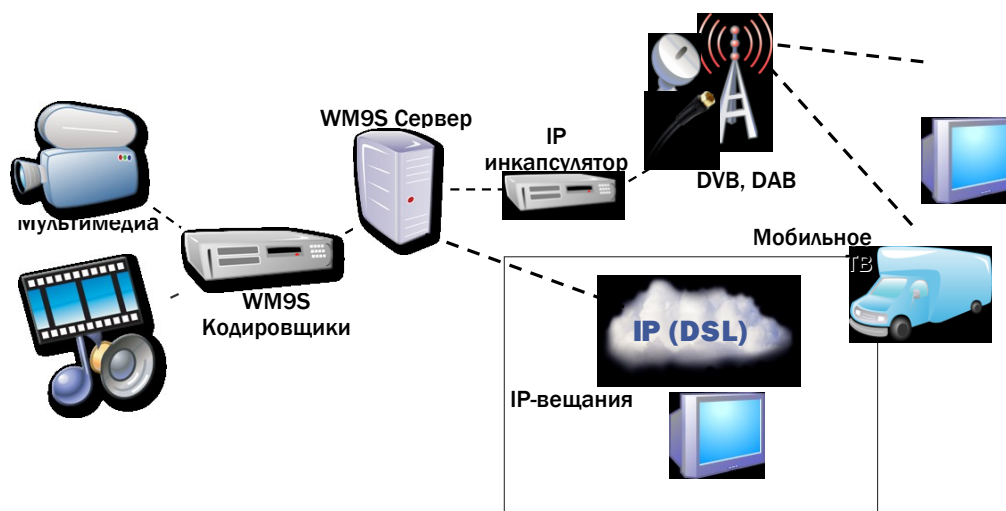


Рисунок 1.10. Структура мультимедийного вещания с помощью продуктов Microsoft

Достоинством данного программного обеспечения является то, что оно разработано компанией Microsoft, поэтому автоматически отпадают вопросы совместимости с собственной операционной системой Windows, а также плеером Windows Media Player для отображения получаемых трансляций. Другим немаловажным является тот факт, что реализованы все необходимые методы доставки контента от сервера до клиента: multicast режим, режим unicast по протоколу UDP, а также режим unicast по протоколу TCP/HTTP.

Главным недостатком является малая гибкость, сложность реализации удаленного управления системой, возможность работы только со стандартным оборудованием, невозможность внесения внутренних изменений в код программы, что практически препятствует применению данного решения для реализации комплекса мультимедийного вещания.

В качестве итога, можно отметить, что ни одно из рассмотренных решений не реализует защиту от несанкционированного доступа к мультимедийным услугам на чисто программном уровне, а значит преодоление соответствующего противоречия между доступностью услуги для легальных пользователей, недоступностью для остальных и стоимостью аппаратного обеспечения для реализации защиты будет достаточно однобоким.

Качество изображения мультимедийного вещания в продукте компании Microsoft задается оператором, что дает пути решения соответствующего противоречия, в то время как в проекте VideoLAN качество изображения определяется либо приемным оборудованием (аппаратное MPEG-2 кодирование), либо самим контент провайдером (цифровые спутниковые каналы).

Таким образом встает необходимость в создании программного продукта, с помощью которого возможно оптимальное решение поставленных в п.1.4 противоречий: оптимальное качество изображения мультимедийного вещания, оптимальное количество подключенных пользователей и оптимальный уровень защиты от несанкционированного доступа к мультимедийным услугам.

1.5.3. Формулирование требований на разработку прикладного программного обеспечения комплекса мультимедийного вещания

Разрабатываемое программное обеспечение должно с одной стороны быть гибким для возможности подключения различного оборудования обслуживания разного типа источников мультимедийного контента, включать возможности использования различных схем распространения данных от сервера к абонентам, с другой стороны эта гибкость может быть обеспечена не на уровне пользователя, а на уровне разработчика, когда под конкретную выбранные источники, используемые технологии и другие критерии будет сгенерировано программное обеспечение с максимальным быстродействием и с возможностями

максимально полного взаимодействия с аппаратным обеспечением (в плане определения параметров приема, задания уровней качества для оборудования аппаратного сжатия и проч.).

В качестве отправной точки для разработки аппаратно-программного комплекса предоставления мультимедиа услуг выступали:

- ограничения, накладываемые возможной пропускной способностью локальной вычислительной сети, построенной на базе неинтеллектуального оборудования 100BaseTX;
- ограничения, связанные с источниками мультимедийного контента (закрытые цифровые спутниковые каналы);
- необходимость защиты от доступа к системе с рабочих станций не авторизованных в локальной вычислительной сети (в том числе подключенных через прокси или NAT);
- финансовые ограничения.

В результате анализа всех ограничивающих факторов, а также доступных вариантов реализации, учитывая накладываемые ограничения была выбрана модель программного обеспечения, включающая в себя следующие компоненты:

1. Источник мультимедийного контента - открытые и закрытые (при условии подписания соответствующих договоров с контент-провайдерами) каналы
2. Получение цифрового потока мультимедийного контента - MPEG-2/4 коммерчески приемлемого качества с требованиями в 1Мбит/с к пропускной способности канала, получаемый путем аппаратного кодирования PAL сигнала, поступающего от цифровых аналоговых спутниковых ресиверов
3. Передача цифрового потока в локальную вычислительную сеть – технология unicast
4. Система аутентификации и авторизации пользователей – как составляющая защиты от несанкционированного доступа к мультимедийным услугам

Выводы

В разделе дана классификация услуг, которые потенциально могут предоставляться в сетях передачи данных: доступ к Интернет-ресурсам, доступ к внутренним ресурсам сети, IP-телефония, IP-телевидение и IP-радио. Выделен один из экономически перспективных и активно развивающихся видов услуг – мультимедийное вещание (IP-телевидение + IP-радио). Определены и классифицированы возможные источники мультимедийного контента: файлы мультимедиа, эфирное телевидение, эфирное радио, кабельное телевидение, спутниковое цифровое телевидение и радио, а также различного рода локальные источники мультимедийных данных. Дана сравнительная оценка источников по различным критериям, которая показала, что не существует какого либо приоритетного источника контента и к вопросу выбора надо подходить комплексно, учитывая и потребности потенциальных абонентов и возможности оператора сети передачи данных.

Также рассмотрены технологии доставки информации, а в частности и мультимедийной информации, от сервера до абонента: unicast, multicast, сети MBONE. Классифицированы и проанализированы различные решения для представления и передачи мультимедийных данных (аналоговых и цифровых), определены слабые и сильные стороны этих решений. Наиболее интересной и перспективной формой представления мультимедийных данных оказался MPEG-2, на котором базируются стандарты цифрового телевидения и радио (DVB, ATSC, ISDB, DAB), однако же высокие требования к пропускной способности сети передачи данных (4-10 Мегабит/с на один ТВ канал) серьезно ограничивает применение этого формата в рамках мультимедийного вещания. Решение проблем, связанных с требованиями к пропускной способности, лежит в применении MPEG-4, однако затраты на аппаратные и программные ресурсы могут вынудить отказаться от него и вернуться либо к исходному MPEG-2, либо перекодированному с увеличенной степенью сжатия MPEG-2.

Выделены противоречия между различными желаниями, возможностями и требованиями при реализации мультимедийного вещания в рамках сетей передачи данных: уменьшение каналоёмкости канала и улучшения его качества; увеличение количества одновременно подключенных абонентов и не изменение структуры сети; организация надежной системы защиты от несанкционированного доступа при минимальных затратах на аппаратное и программное обеспечение.

Решение о применении той или иной технологии должно приниматься только после анализа существующей сети, возможностей модернизации, а также на основе количества и требований потенциального круга абонентов.

Проанализирован ряд программных решений, которые хотя и являются достаточно универсальными, но не поддерживают весь спектр потенциально используемого оборудования, а также не содержащее средств по защите от несанкционированного использования. С учетом поставленных ограничений выбран вариант реализации программного обеспечения (технология unicast, реализация полноценной защиты от несанкционированного использования), а также выбран вариант представления мультимедийного контента (MPEG-2 приемлемого качества с требованиями к пропускной способности канала 1 Мбит/с).

2. ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО КОНТЕНТА В ЦИФРОВОМ ВИДЕ

Для удобства хранения и передачи по сети мультимедийный контент подвергают сжатию. Для получения оцифрованного потока применяются алгоритмы сжатия, основанные на дискретном косинусном преобразовании сигнала (JPEG, MJPEG, MPEG2, MPEG4, H.263), а также Wavelet и JPEG2000 [7]. Эти алгоритмы сжатия видео изображений служат для адаптации цифровых потоков к передаче по сетям передачи данных.

Существующие на сегодняшний день алгоритмы сжатия классифицируются по следующим параметрам:

Потоковые и статические алгоритмы сжатия

Потоковые алгоритмы сжатия работают с последовательностями кадров, кодируя разностную информацию между опорными кадрами (алгоритмы сжатия семейства MPEG, алгоритм сжатия JPEG 2000), тогда как статические алгоритмы сжатия работают с каждым изображением в отдельности (алгоритмы сжатия JPEG и MJPEG).

Алгоритмы сжатия с потерями и без потерь данных

Если получившееся после декомпрессии изображение полностью (с точностью до бита) идентично исходному, значит используемый алгоритм сжатия осуществляет компрессию без потерь. Как правило, используются алгоритмы сжатия с потерями данных. В зависимости от степени сжатия, различают:

- Сжатие без заметных потерь с точки зрения восприятия. В силу физиологических особенностей человеческий глаз менее чувствителен к цветоразностной составляющей изображения, чем к яркостной. При невысоких коэффициентах компрессии алгоритмы сжатия дают картинку, которая воспринимается глазом как точная копия оригинала, тогда как данный алгоритм сжатия работает с потерями данных, и полученное после декомпрессии изображение не совпадает с исходным.
- Сжатие с естественной потерей качества характеризуется появлением воспринимаемых глазом, но незначительных искажений изображения. Это проявляется в уменьшении детализации сцены, а алгоритмы сжатия, основанные на дискретном косинусном преобразовании, могут продуцировать незначительные блочные искажения картинки. Базирующиеся на вейвлет-преобразовании алгоритмы сжатия дают размытость вблизи резких границ, однако такие артефакты даже при довольно больших коэффициентах сжатия мало влияют на процесс зрительного восприятия картинки.
- Сжатие с неестественной потерей качества характеризуется нарушением самой важной с точки зрения восприятия характеристики изображения – контуров. При высоких коэффициентах компрессии алгоритм сжатия JPEG вносит в картинку блочные искажения, которые сильно влияют на восприятие изображения человеческим глазом, в то время как алгоритмы сжатия, использующие вейвлет-преобразование, делают изображение «затуманенным», с размытыми контурами, не изменяя их формы. Поэтому алгоритмы сжатия типа Wavelet обеспечивают более высокие по сравнению с алгоритмом JPEG коэффициенты сжатия.

В таблице 2.1 приведены сравнительные характеристики сжатия видеоданных распространенными алгоритмами.

Таблица 2.1. Основные характеристики наиболее распространенных алгоритмов сжатия

Алгоритм сжатия	Размер файла (цветной кадр с разрешением 720x576 пикселей)	Величина потока оцифрованного видео с параметрами 720x576 пикселей и 25 кадров/с
Wavelet	50 кбайт	10 Мбит/с
MJpeg	25 кбайт	5 Мбит/с
JPEG	70 кбайт	14 Мбит/с
MPEG-2	10 кбайт	2 Мбит/с
MPEG-4	5 кбайт	1 Мбит/с

Для создания стандартизованного математического и алгоритмического обеспечения для представления мультимедийного контента в цифровом виде была создана группа MPEG - Moving Picture Expert Group - экспертная группа ISO, действующая в направлении разработки стандартов кодирования и сжатия видео- и аудио- данных. Официальное название группы - ISO/IEC JTC1 SC29 WG11 [25]. Часто аббревиатуру MPEG используют для ссылки на стандарты, разработанные этой группой. На сегодняшний день известны следующие стандарты:

MPEG-1 предназначен для записи синхронизированных видеоизображения (обычно в формате SIF, 288 x 358) и звукового сопровождения на CD-ROM с учетом максимальной скорости считывания около 1.5 Мбит/с. Качественные параметры видеоданных, обработанных MPEG-1, во многом аналогичны обычному VHS-видео, поэтому этот формат применяется в первую очередь там, где неудобно или непрактично использовать стандартные аналоговые видеоносители.

MPEG-2 предназначен для обработки видеоизображения соизмеримого по качеству с телевизионным при пропускной способности системы передачи данных в пределах от 3 до 15 Мбит/с, в профессиональной аппаратуре используют потоки скоростью до 50 Мбит/с. На технологии, основанные на MPEG-2, переходят многие телеканалы, сигнал, сжатый в соответствии с этим стандартом, транслируется через телевизионные спутники, а также используется для архивации больших объемов видеоматериала. На данный момент MPEG-2 является наиболее распространенным и получивший наибольшее применение в различных областях науки и техники.

По сравнению с MPEG 1, формат сжатия MPEG 2 обладает следующими преимуществами:

- формат сжатия MPEG 2 обеспечивает масштабируемость различных уровней качества изображения в одном видеопотоке.
- в формате сжатия MPEG 2 точность векторов движения увеличена до 1/2 пикселя.
- пользователь может выбрать произвольную точность дискретного косинусного преобразования.
- в формат сжатия MPEG 2 включены дополнительные режимы прогнозирования.

MPEG-3 - предназначался для использования в системах телевидения высокой четкости (high-definition television, HDTV) со скоростью потока данных 20-40 Мбит/с, но позже стал частью стандарта MPEG-2 и отдельно теперь не упоминается.

MPEG-4 - задает принципы работы с цифровым представлением медиа-данных для трех областей: интерактивного мультимедиа (включая продукты, распространяемые на оптических дисках и через Сеть), графических приложений (синтетического контента) и цифрового телевидения.

MPEG4 использует технологию так называемого фрактального сжатия изображений. Фрактальное (контурно-основанное) сжатие подразумевает выделение из изображения контуров и текстур объектов. Контуры представляются в виде т.н. сплайнов (полиномиальных функций) и кодируются опорными точками. Текстуры могут быть представлены в качестве коэффициентов пространственного частотного преобразования (например, дискретного косинусного или вейвлет-преобразования).

Диапазон скоростей передачи данных, который поддерживает формат сжатия видео изображений MPEG 4, гораздо шире, чем в MPEG 1 и MPEG 2. Дальнейшие разработки специалистов направлены на полную замену методов обработки, используемых форматом MPEG 2. Формат сжатия видео изображений MPEG 4 поддерживает широкий набор стандартов и значений скорости передачи данных. MPEG 4 включает в себя методы прогрессивного и чересстрочного сканирования и поддерживает произвольные значения пространственного разрешения и скорости передачи данных в диапазоне от 5 кбит/с до 10 Мбит/с. В MPEG 4 усовершенствован алгоритм сжатия, качество и эффективность которого повышены при всех поддерживаемых значениях скорости передачи данных.

MPEG-7 - В октябре 1996 года группа MPEG приступила к разработке формата сжатия MPEG 7, призванным определить универсальные механизмы описания аудио и видео информации. Этот формат получил название Multimedia Content Description Interface. В отличие от предыдущих форматов сжатия семейства MPEG, MPEG 7 описывает информацию, представленную в любой форме (в том числе в аналоговой) и не зависит от среды передачи данных. Как и его предшественники, формат сжатия MPEG 7 генерирует масштабируемую информацию в рамках одного описания.

Формат сжатия MPEG 7 использует многоуровневую структуру описания аудио и видео информации. На высшем уровне прописываются свойства файла, такие как название, имя создателя, дата создания и т.д. На следующем уровне описания формат сжатия MPEG 7 указывает особенности сжимаемой аудио или видео информации – цвет, текстура, тон или скорость. Одной из отличительных особенностей MPEG 7 является его способность к определению типа сжимаемой информации. Если это аудио или видео файл, то он сначала сжимается с помощью алгоритмов MPEG 1, MPEG 2, MPEG 4, а затем описывается при помощи MPEG 7. Такая гибкость в выборе методов сжатия значительно снижает объем информации и ускоряет процесс сжатия. Основное преимущество формата сжатия MPEG 7 над его предшественниками состоит в применении уникальных дескрипторов и схем описания, которые, помимо всего прочего, делают возможным автоматическое выделение информации как по общим, так и по семантическим признакам, связанным с восприятием информации человеком. Процедура занесения в каталог и поиска данных находятся вне сферы рассмотрения этого формата сжатия.

MPEG-21 Разработка формата сжатия MPEG 21 - это долговременный проект, который называется "Система мультимедийных средств" (Multimedia Framework). Над разработкой этого формата сжатия эксперты начали работать в июне 2000 г. На первых этапах планировалось провести расширение, унификацию и объединение форматов MPEG 4 и MPEG 7 в единую обобщающую структуру. Подразумевалось, что она будет обеспечивать глубокую поддержку управления правами и платежными системами, а также качеством предоставляемых услуг.

Основой или составной частью множества алгоритмов компрессии (и виде и аудио информации) лежит дискретное косинусное и инверсное дискретное косинусное преобразование (ДКП и ИДКП).

2.1. Дискретное косинусное преобразование

В основе множества алгоритмов компрессии видео- и аудио- данных положено дискретное косинусное преобразование. Дискретное косинусное преобразование для двухмерного массива определяется следующим образом [1,7,13,28]:

$$F(u, v) = \frac{2}{N} C(u)C(v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N}, \text{ где}$$

$u, v, x, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$

x, y – координаты выборки

u, v – координаты преобразованного массива

$$C(u), C(v) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{для } u, v = 0 \\ 1 & \text{иначе} \end{cases}$$

Инверсное дискретное косинусное преобразование определено следующим образом:

$$f(x, y) = \frac{2}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} C(u)C(v) F(u, v) \cos \frac{(2x+1)u\pi}{2N} \cos \frac{(2y+1)v\pi}{2N}$$

Входные данные для прямого преобразования и выходные данные инверсного преобразования представляются 9-ти битными целочисленными значениями. Коэффициенты

дискретного косинусного преобразования представляют собой 12-ти битные целочисленные значения. Динамический диапазон ДКП коэффициентов – [-2048; +2047].

Инверсное дискретное преобразование $N \times N$ должно удовлетворять определенному в стандарте «IEEE Standard Specification for the Implementations» инверсному дискретному косинусному преобразованию 8×8 .

2.2. Видеоданные

Представление видеоданных в экономичном цифровом виде рассмотрим на примере стандарта MPEG-2, являющегося сейчас де-факто стандартом для всего цифрового спутникового, эфирного и кабельного телевидения. MPEG-2 является семейством алгоритмов, которые обеспечивают разное качество изображения и потому работают на разных скоростях цифровых потоков. Классификация алгоритмов внутри семейства основана на двух "измерениях" - "профилях" (которых 6 видов) и "уровнях" (4 вида) (см табл.2.2). Профили отвечают за качество, а уровни - за разрешение, с которым сжимается изображение. Используются не все возможные сочетания профилей и уровней, а только 13 из них, со скоростями примерно от 20 до 100 Мбит/с и разрешением от 325х288 до 1920х1152 пиксела.

Таблица 2.2. Сравнение уровней MPEG2

Название уровня	Разрешение	Максимальный битрейт	Качественное соответствие
Low	352*240*30	4 Mbps	CIF, бытовая видео кассета
Main	720*480*30	15 Mbps	CCIR 601, студийное TV
High 1440	1440*1152*30	60 Mbps	4x601, бытовое HDTV
High	1920*1080*30	80 Mbps	Hi-End видеомонтажное оборудование

2.2.1. Структура элементарного потока видеоданных

Поток видеоданных, определяемый спецификацией ISO IEC 13818-2, представляет собой иерархическую структуру, элементы которой строятся и объединяются друг с другом в соответствии с определенными синтаксическими и семантическими правилами. Существует 6 типов элементов этой иерархической структуры:

- видеопоследовательность;
- группа изображений;
- изображение;
- срез;
- макроблок;
- блок;

Видеопоследовательность - элемент потока видеоданных высшего уровня. Она представляет собой серию последовательных кадров телевизионного изображения. MPEG-2 допускает как построчные, так и чересстрочные последовательности. Чересстрочная последовательность - это серия телевизионных полей. В процессе компрессии поля могут кодироваться раздельно. Это дает изображения типа "поле". Два поля, кодируемые как телевизионный кадр, образуют изображение типа "кадр". В одной чересстрочной последовательности могут использоваться и изображения-поля, и изображения-кадры. В последовательностях с построчным разложением каждое изображение представляет собой кадр.

В соответствии с используемыми методами дифференциального кодирования различают три типа изображений: I, P и B.

I (Intra-coded picture) - изображение кодируется с использованием только той информации, которая содержится в нем самом. В нем устраняется только пространственная избыточность;

P (Predictive-coded picture) - изображение, при кодировании которого формируется разность между исходным изображением и предсказанием, полученным на основе предшествующего или последующего изображения типа I;

B (Bidirectionally-predicted-coded picture) - изображение, при кодировании которого используется предсказание, сформированное на основе предшествующего и последующего изображений типа I или P.

При кодировании P и B изображений используется межкадровое кодирование. В них устраняется и пространственная, и временная избыточность.

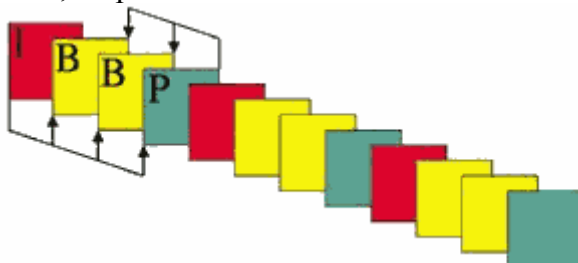


Рисунок 2.2.1. Видеопоследовательность и группа изображений

Серия изображений, содержащих одно I-изображение, называется группой изображений. Пример видеопоследовательности с различными типами изображений показан на рис.2.2.1 (стрелками показаны направления предсказания в пределах одной группы изображений). Чем больше группа изображений, тем большая степень компрессии может быть достигнута.

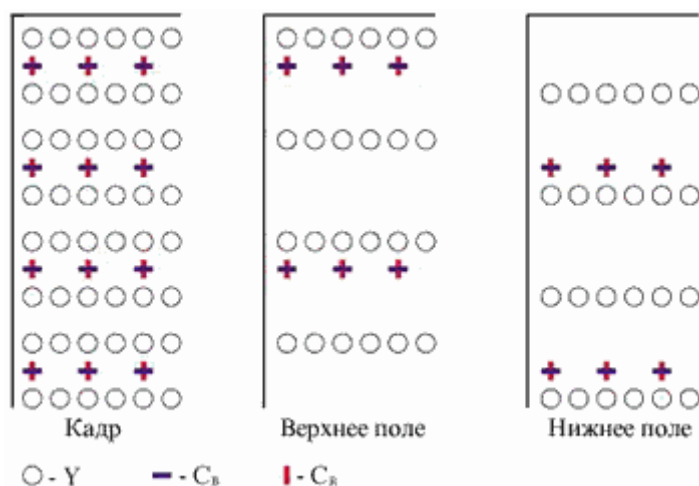


Рис. 2.2.2. Структуры отсчетов яркости и цветности формата 4:2:0

С информационной точки зрения каждое изображение представляет собой три прямоугольных матрицы отсчетов изображения: яркостную Y и две матрицы цветности Cb и Cr. Стандарт MPEG-2 допускает различные структуры матриц. Соотношение между количеством отсчетов яркости и цветности определяется форматом дискретизации. В случае формата 4:2:0 размеры матриц Cb и Cr в 2 раза меньше, чем Y, и в горизонтальном, и в вертикальном направлениях (рис. 2.2.2). Формат 4:2:2 отличается тем, что все три матрицы имеют одинаковые размеры по вертикали, но в горизонтальном направлении матрицы цветности имеют в два раза меньшее количество элементов. В формате 4:4:4 все матрицы одинаковы (рис. 2.2.3).

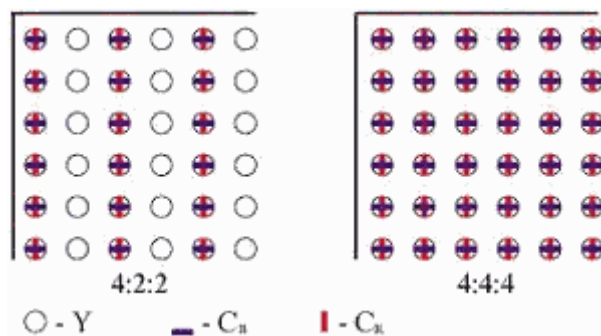


Рис. 2.2.3. Структуры отсчетов яркости и цветности формата 4:2:2 и 4:4:4

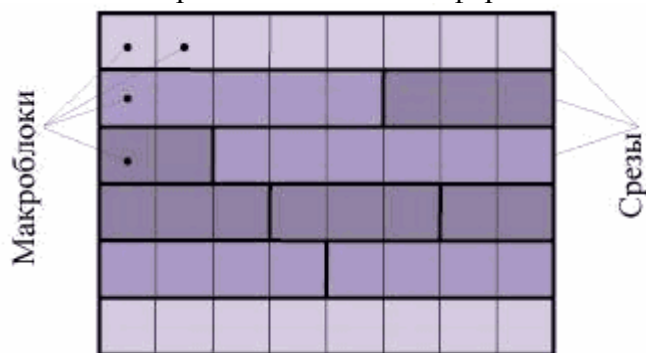


Рис. 2.2.4. Изображение со срезами и макроблоками

Каждое изображение делится на срезы, которые состоят из макроблоков (рис. 2.2.4). Макроблок складывается из блоков размером 8x8 элементов изображения (пикселей). Каждый макроблок содержит группу из 4 блоков с отсчетами яркости (из области изображения с размерами 16x16 пикселей) и группу блоков с отсчетами цветности, взятых из той же области изображения, что и отсчеты блоков яркости (рис.2.2.5).

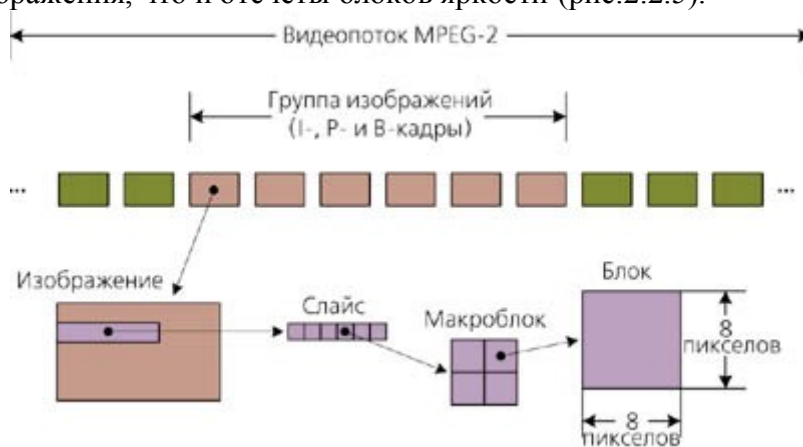


Рисунок 2.2.5. Структура видеопотока MPEG-2

Число блоков с отсчетами цветности зависит от формата дискретизации: по одному блоку Cb и Cr в формате 4:2:0, по два - в формате 4:2:2, по 4 - в формате 4:4:4 (рис. 2.2.6). В изображениях типа "кадр", в которых может использоваться и кадровое, и полевое кодирование, возможны 2 варианта внутренней организации макроблока (рис. 2.2.7). В случае кадрового кодирования каждый блок яркости Y образуется из чередующихся строк двух полей (рис. 2.2.7а). При полевом кодировании каждый блок Y образован из строк только одного из двух полей (рис. 2.2.7б). Блоки цветности образуются по таким же правилам в случае форматов дискретизации 4:2:2 и 4:4:4. Однако при использовании формата 4:2:0 блоки цветности организуются для выполнения дискретного косинусного преобразования в рамках кадровой структуры (рис. 2.2.7а).



Рис. 2.2.6. Структуры макроблоков

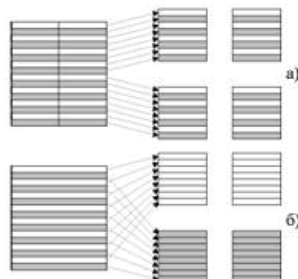


Рис. 2.2.7. Структура макроблока Y при кадровом (а) и полевом кодировании (б)

Все структурные элементы потока видеоданных, полученного в результате внутрикадрового и межкадрового кодирования (кроме макроблока и блока), дополняются специальными и уникальными стартовыми кодами. Каждый элемент содержит заголовок, за которым следуют данные элементов более низкого уровня. В заголовке видеопоследовательности (как элемента высшего уровня) приводится разнообразная дополнительная информация, например, размеры и соотношение сторон изображения, частота кадров, скорость потока данных, матрица квантования, формат дискретизации цветности изображения, координаты основных цветов и белого цвета, параметры матрицы для формирования яркостного и цветоразностных сигналов, параметры передаточной характеристики (гамма).

2.2.2. Кодирование

Структурная схема кодера MPEG2 приведена на рисунке 2.2.8.



Рисунок 2.2.8 Блок схема видеокодера MPEG2

Кодирование исходного I-фрейма осуществляется с помощью дискретного косинусного преобразования (см. п.2.1), преобразующее пространственное распределение яркости и цвета в частотное распределение. В MPEG-2 для компрессии используются два принципа:

- подавление несущественных для визуального восприятия мелких деталей пространственного распределения отдельных кадров;
- устранение временной избыточности в последовательности кадров.

Для этого используется экспериментально установленная малая чувствительность человеческого восприятия к искажениям мелких деталей изображения. Глаз быстрее замечает неоднородность равномерного фона, чем искривление тонкой границы или изменение яркости и цвета малого участка. Поскольку передачу плавных изменений фона обеспечивают низкочастотные (центральные) значения частотного распределения, а за мелкие детали пространственного распределения отвечают высокочастотные коэффициенты, то это позволяет использовать следующий алгоритм сжатия: кадр разбивается на блоки размером 16x16 (размеру 720x576 соответствует 45x36 блоков), каждый из которых ДКП переводится в частотную область. Затем соответствующие частотные коэффициенты подвергаются квантованию (округлению значений с задаваемым интервалом). Если само по себе ДКП не приводит к потере данных, то квантование коэффициентов, очевидно, вызывает огрубление изображения. Операция квантования выполняется с переменным интервалом – наиболее точно передается низкочастотная информация, в то время как многие высокочастотные коэффициенты принимают нулевые значения. Это обеспечивает значительное сжатие потока данных, но приводит к снижению эффективного разрешения и возможному появлению незначительных ложных деталей (в частности, на границе блоков). Очевидно, что чем более грубое квантование используется, тем больше степень сжатия, но и тем ниже качество результирующего сигнала.

Для I-фреймов стандарт MPEG-2 определяет следующую матрицу квантования по умолчанию (для яркости и для цветности):

8	16	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	38	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

Для Р- и В-фреймов:

16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16

Также могут определенным в стандарте образом задаваться другие пользовательские матрицы квантования, обеспечивающие необходимый уровень потерь качества.

Далее двумерный массив квантованных коэффициентов ДКП преобразуется в одномерный путем зиг-заг сканирования (см. рис.2.2.9).

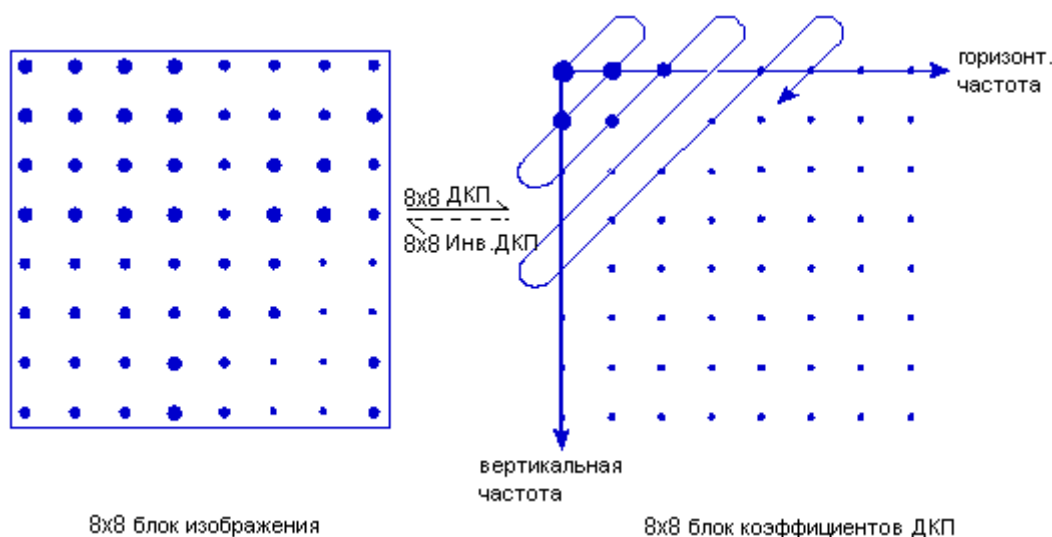


Рисунок 2.2.9. ДКП и инверсное ДКП. Зиг-заг сканирование

Само по себе ДКП, как впрочем и квантование коэффициентов ДКП не обеспечивает компрессии (преобразование обратимое), а наоборот увеличивает размер исходной матрицы из-за увеличенной размерности коэффициентов ДКП (12 бит против 9 бит на значение). Но, поскольку в результате квантования высокочастотные коэффициенты обращаются в 0 (вследствие выбранных коэффициентов квантования, см. рис.2.2.10), то в результате зиг-заг преобразования двумерного массива в одномерный будет получена последовательность с большим количеством нулей.

Последним шагом, на котором происходит собственно компрессия видеопотока данных, является кодирование одномерного массива кодом переменной длины (метод Хаффмана) [1,7,13]. Каждый код переменной длины обозначает ряд нулей, с последующим не нулевым коэффициентом соответствующего уровня. Код переменной длины предполагает, что короткие ряды нулей встречаются чаще длинных и маленькие коэффициенты встречаются чаще больших. Соответственно выделяется различные кодовые слова в соответствии с вероятностью появления того или иного значения. Для того, чтобы декодер смог распознать необходимое значение, в коде переменной длины используется свойство, что ни одно полное кодовое слово не является префиксом какого либо другого.

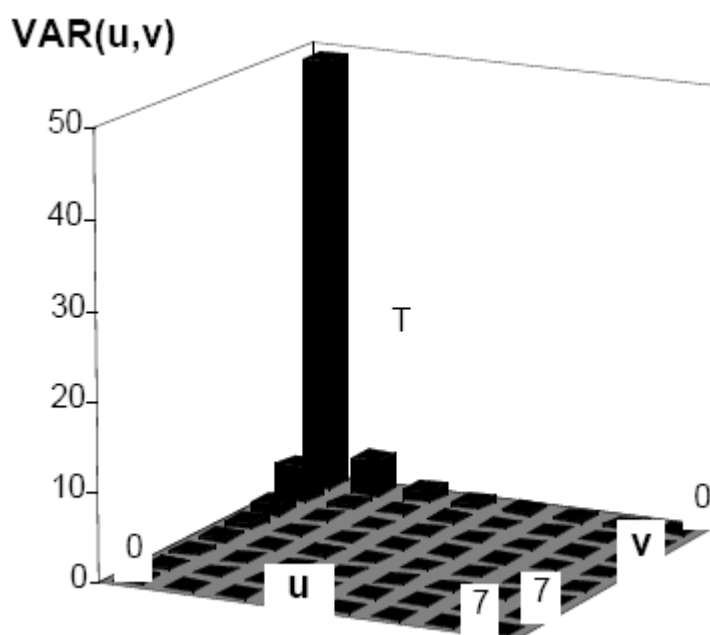


Рисунок 2.2.10. «Типовое» распределение коэффициентов ДКП в матрице

Для иллюстрации процесса кодирования кодом переменной длины, возьмем следующую последовательность, которая могла бы быть получено после ДКП и квантования коэффициентов ДКП:

12, 6, 6, 0, 4, 3, 0, 0, 0...0

Первым шагом является группировка значений в ряды нулей (ни одного или несколько штук) с последующим ненулевым коэффициентом. Последний заключительный ряд нулей заменяется специальным маркером конца блока EOB. Таким образом получим:

(12), (6), (6), (0, 4), (3) EOB

Далее на основе полученных значений генерируется код переменной длины соответствующий каждой группе (ряд нулей и ненулевой коэффициент) с последующим EOB маркером. В таблице 2.3. приведена выдержка из описанной в стандарте нулевой таблицы коэффициентов ДКП (DCT coefficients Table zero) [28] (Приложение А):

Таблица 2.3. Выдержка из нулевой таблицы коэффициентов ДКП

Length of run of zeros	Value of non-zero coefficient	Variable-length codeword
0	12	0000 0000 1101 00
0	6	0010 0001 0
1	4	0000 0011 000
0	3	0010 10
EOB		10

Таким образом в рассматриваемом примере будет получена следующая последовательность:

0000 0000 1101 00, 0010 0001 0, 0010 0001 0, 0000 0011 000, 0010 10, 10

Временная MPEG-компрессия использует высокую избыточность информации в изображениях, разделенных малым интервалом. Действительно, между смежными изображениями обычно меняется только малая часть сцены – например, происходит плавное смещение небольшого объекта на фоне фиксированного заднего плана. В этом случае полную информацию о сцене нужно сохранять только выборочно - для опорных изображений. Для остальных достаточно передавать только разностную информацию: о положении объекта, направлении и величине его смещения, о новых элементах фона (открывающихся за объектом по мере его движения). Причем эти разности можно формировать не только по сравнению с предыдущими изображениями, но и с последующими (поскольку именно в них по мере движения объекта открывается часть фона, ранее скрытая за объектом). Отметим, что математически наиболее сложным элементом является поиск смещающихся, но мало изменяющихся по структуре блоков (16x16) и определение соответствующих векторов их смещения. Однако это элемент наиболее существенен, так как позволяет существенно уменьшить объем требуемой информации. Именно эффективностью выполнения этого "интеллектуального" элемента в реальном времени и отличаются различные MPEG-кодеры. Стандарт MPEG-2 определяет только формат представления векторов смещения (векторов движения) для возможности декодирования изображения, но никоим образом не определяет сам алгоритм нахождения этих векторов. Таким образом объектом исследования может стать нахождение оптимального алгоритма вычисления векторов смещения (однонаправленных и двунаправленных) для использования в системах кодирования реального масштаба времени.

2.2.3. Декодирование

Структурная схема декодера MPEG-2 приведена на рисунке 2.2.11.

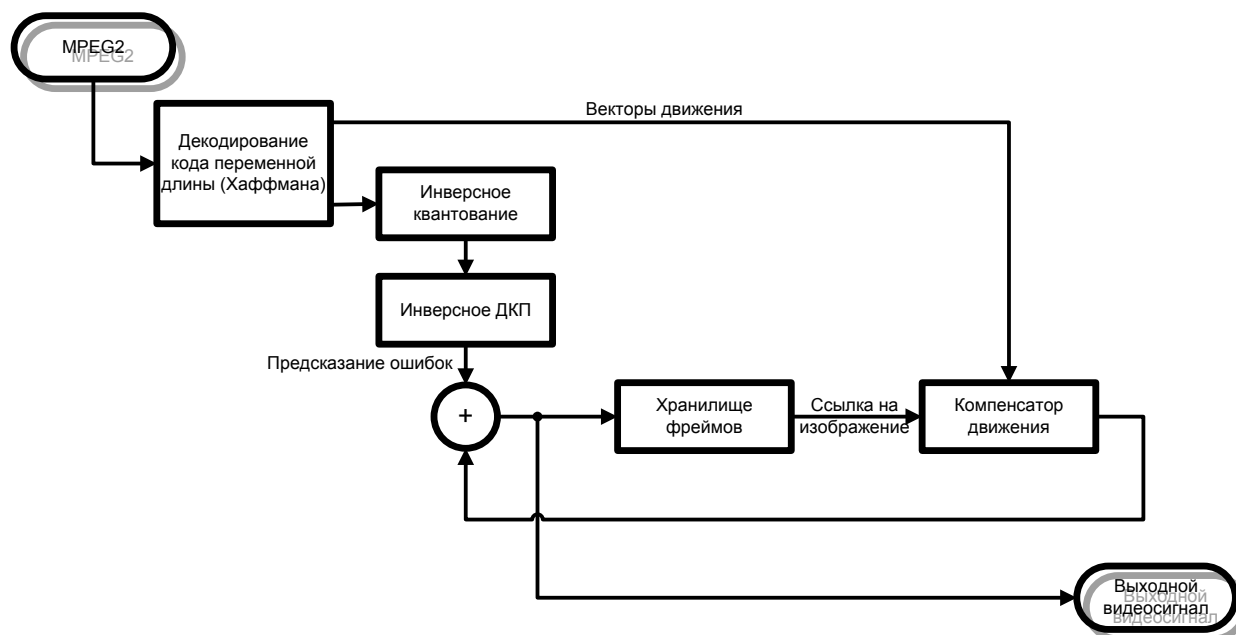


Рисунок 2.2.11. Блок-схема видеodeкодера MPEG-2

Из блок-схемы можно увидеть, что процесс декодирования является инверсным по отношению к кодированию. Последовательность действий при работе декодера следующая:

- а) декодирование кода переменной длины
- б) инверсное сканирование (преобразование одномерного массива в двумерный)
- в) инверсное квантование
- г) инверсное ДКП
- д) компенсация движения

Используются все те же методы, какие были использованы при кодировании (п.2.2.2), но в обратном порядке.

С точки зрения симметричности (отношение времени компрессии ко времени декомпрессии), MPEG-2 обладает практически единичной симметричностью, что заметно увеличивает его вес для кодирования/декодирования в реальном масштабе времени.

2.3. Аудиоданные

Наиболее распространенный на данный момент формат аудиоданных - **MPEG1 Layer III** (чаще называемый просто MP3) (ISO 11172-3, Уровень II), Именно этот стандарт, называемый кратко ISO/MPEG (Уровень II/II A) и его расширение MUSICAM (Уровень II), разработанное специалистами Corporate Computer Systems, Inc. (США) используется сейчас для звукового сопровождения телевизионных программ MPEG-2. Кроме этого, алгоритм ISO/MPEG (Уровень II/II A) реализован в аппаратуре для цифрового спутникового радиовещания. В нашей стране успешно работают цифровые спутниковые сети "Русского Радио", "Европы - Плюс", "Радио Модерн" и других московских и петербургских радиостанций. В таких сетях используется приемное и передающее оборудование производства американских компаний Wegener Communications и ComStream. Крупнейший поставщик оборудования ComStream в России и СНГ - Корпорация Сатпро (Екатеринбург). [8]

Общая структура процесса кодирования **MPEG1 Layer I, Layer II и Layer III** одинакова для всех уровней. Для каждого уровня определен свой формат записи бит-потока и свой алгоритм декодирования. Алгоритмы MPEG основаны в целом на изученных свойствах восприятия звуковых сигналов слуховым аппаратом человека (то есть кодирование производится с использованием так называемой "психоакустической модели"). То есть, человеческий слух не идеален и восприимчивость слуха на разных частотах, в разных

композициях - разная. Этим и пользуются при построении "психоакустической модели", которая учитывает, какие звуки, частоты, можно вырезать не нанося ущерба слушателю композиции.

Стандарт **MPEG-2** был специально разработан для кодирования ТВ сигналов вещательного телевидения. Особый интерес представляет продолжение стандарта, разработанное в апреле 1997 в виде алгоритма **MPEG-2 AAC** (MPEG-2 Advanced Audio Coding - продвинутое аудио кодирование). Стандарт MPEG-2 AAC стал результатом кооперации усилий института Fraunhofer, компаний Sony, NEC и Dolby. MPEG-2 AAC является технологическим приемником MPEG-1.

Формат **MPEG-2 AAC** изначально позиционировался разработчиками как преемник MPEG1 Layer3, так как обладал по сравнению с последним рядом несомненных достоинств. Как и в MPEG1 Layer3 в основе алгоритма AAC лежит психоакустическая модель кодирования, то есть при сжатии какая-то часть звукового спектра удаляется. При этом алгоритм AAC содержит большое количество усовершенствований, направленных именно на улучшение качества выходного аудиосигнала. Кроме того, в MPEG-2 AAC используются другие алгоритмы преобразований, улучшенные обработчики шумов и новый банк фильтров. Из специальных возможностей можно назвать, так называемые "водяные знаки" (watermarks) - информацию об авторских правах, которую AAC позволяет хранить в теле аудиокomпозиции, причем удалить эту информацию не разрушив целостность аудиоданных невозможно. При всем при этом MPEG-2 AAC обладает высочайшим качеством звучания и очень хорошей степенью компрессии аудиокomпозиций. Так, например, аудиокomпозиция в формате AAC с bitrate 96 kbs обеспечивает качество звучания, аналогичное потоку MPEG-1 Layer III bitrate 128 kbs. При сравнении же файлов AAC с bitrate 128 kbs, качество звучания ощутимо превосходит MPEG-1 Layer III с такой же степенью сжатия.

На данный момент существуют четыре разновидности формата AAC: Homeboy AAC, AT&T a2b AAC, Liquifier PRO AAC (LQT), Astrid/Quartex AAC [24]. Все эти модификации несовместимы между собой, имеют собственные кодеры/ декодеры и неодинаковы по качеству. Так, последние две модификации по ряду параметров превосходят первую пару. Самым высоким качеством обладает Liquifier PRO AAC (LQT), этот формат является коммерческим, это его главный минус. Это значит, что в этот формат можно зажать свою домашнюю коллекцию музыки и слушать только их проигрывателем, не отредактировать, не дать соседу послушать, не вмонтировать звук в фильм в этом формате не получится. Не так давно я прочитал новость о кончине фирмы Liquid Audio. Очень жаль... На проверку это был, пожалуй, самый лучший кодер.

Кодек **MP3 Pro** анонсирован в июле 2001 года компанией Coding Technologies вместе с Thomson Multimedia и институтом Fraunhofer [17]. Формат MP3Pro является продолжением, или, точнее, развитием старого MPEG1 Layer3. MP3Pro является совместимым с MPEG1 Layer3 назад (полностью) и вперед (частично). То есть файлы, закодированные с помощью MP3Pro, можно воспроизводить в обычных проигрывателях, однако качество звучания при этом заметно хуже, чем при воспроизведении в специальном проигрывателе. Это связано с тем, что файлы MP3Pro имеют два потока аудио, в то время как обычные проигрыватели распознают в них только один поток, то есть обычный MPEG-1 Layer 3. В MP3Pro использована новая технология - SBR (Spectral Band Replication). Эта технология предназначена для передачи верхнего частотного диапазона. Идея технологии и предпосылки таковы. Дело в том, что технологии использования психоакустических моделей имеют один общий недостаток: все они работают качественно до битрейта 128 Kbps. На более низких битрейтах начинаются различные проблемы: либо для передачи аудио необходимо обрезать частотный диапазон, либо кодирование приводит к появлению различных артефактов. Этот ключевой момент показывает, что использования психоакустической модели не достаточно при работе с битрейтами ниже 128 Kbps. Новая технология SBR дополняет использование психоакустических моделей. Работает это так: в файле передается (кодируется) чуть более узкий диапазон частот чем обычно (то есть с

обрезанными "верхами"), а верхние частоты воссоздаются (восстанавливаются) уже самим декодером на основе информации о более низких частотных составляющих. Таким образом, технология SBR применяется фактически не столько на стадии сжатия, сколько на стадии декодирования. "Загадочный" второй "параллельный" поток данных, о котором говорилось выше, как раз и есть та минимальная необходимая информация, которая используется при воспроизведении для восстановления верхних частот. Эта информация - есть усредненная мощность сигнала в верхнем (обрезанном) диапазоне частот.

Этот формат на данный момент является развивающимся и кодирование им в полной мере не освоено.

Формат **TwinVQ (VQF)** по праву может считаться старейшим конкурентом MPEG1 Layer3 [30]. Алгоритм аудиокомпрессии TwinVQ (Transform-domain Weighted Interleave Vector Quantization - векторное квантование с преобразуемыми доменами и взвешенным чередованием) был разработан японской фирмой Nippon Telegraph and Telephone Corp. (NTT), точнее, ее подразделением Human Interface Laboratories. Патент на использование этого формата принадлежит фирме NTT, которая первой представила на рынке программного обеспечения проигрыватели и кодеки TwinVQ. Этот формат по основным концепциям, используемым при компрессии аудиоданных, сильно напоминает MPEG1 Layer3, но при этом используется совершенно иная психоакустическая модель. Размер файлов VQF в среднем на 30-35% меньше, чем MP3, при примерно одинаковом качестве звука. Так, например, качество звучания потока TwinVQ при bitrate 96 Кбит/с практически идентично качеству звучания потока MPEG-1 Layer III (при bitrate 128 Кбит/с) и семейству MPEG-2 AAC (при bitrate 96 Кбит/с).

OggVorbis (OGG) - это совершенно новый универсальный формат аудиокомпрессии вышедший летом 2000 года [39]. Этот самый молодой формат из всех конкурентов MPEG1 Layer3 разработан группой Xiphophorus и является всего лишь небольшой частью из мультимедиа проекта OggSquish, в котором будет помимо форматов аудиосжатия еще и кодеки видеокомпрессии. В настоящий момент OggVorbis - единственный реально существующий формат из этого семейства.

OGG использует оригинальный математический алгоритм и собственную психоакустическую модель. Алгоритм Ogg Vorbis рассчитан на сжатие данных на всех возможных битрейтах без ограничений, то есть от 8 Kbps до 512 Kbps, а также на кодирование с переменным битрейтом (VBR). Алгоритм предусматривает хранение внутри файлов подробных комментариев об исполнителе и названии композиции, а также графической информации. В алгоритме предусматривается также возможность кодирования нескольких каналов аудио (более двух, теоретически до 255), возможность редактирования содержимого файлов, а также так называемый "масштабируемый битрейт" - возможность изменения битрейта потока без необходимости декодирования. Поддерживается потоковое воспроизведение (streaming). Для хранения данных используется собственный универсальный формат bitstream Ogg Squish, рассчитанный на хранение любой информации мультимедиа системы Ogg Squish.

На основе аудио кодека Voxware Audio CODEC v4.0 компанией Microsoft был создан бесплатный формат **Windows Media Audio (WMA)** [40]. Этот формат позиционируется своими создателями, как преемник целой плеяде устаревающих аудиоформатов, начиная с Real Audio и заканчивая MPEG Layer III. Microsoft обещает, что качество WMA будет не хуже качества LQT(AAC). Формат WMA широко рекламируется за счёт продвижения его вместе с ОС Windows. Кроме того, существует встроенная в версии 8 и 9 проигрывателя от компании Microsoft (Microsoft Windows Media Player) защита от несанкционированного прослушивания.

Используемая в Dolby Digital схема компрессии данных **AC3** обладает очень высокой эффективностью (коэффициент сжатия может быть более 12:1, поддерживаемые битрейты от 32 до 640 кбит/с, в кино используется 320 кбит/с) и при этом довольно высоким субъективным качеством звука [21]. AC3, как и все современные схемы сжатия данных

звуковых потоков, использует в своей работе особенности слухового восприятия человека. Компрессия данных осуществляется также путем недеструктивного избавления от избыточной информации. Для реализации этих схем входящий поток аудиоданных разбивается во времени (на перекрывающиеся блоки (фреймы) по 512 сэмплов, при частоте дискретизации 48 кГц это составляет 10,66 мс, если же в сигнале присутствуют резкие перепады уровня, то размер блока уменьшается вдвое, чтобы качественно передать эти быстрые скачки) и по частоте (весь звуковой диапазон в 24000 Гц разбивается на 256 сегментов, что дает ширину каждой полосы в 93,75 Гц).

Кроме того, одним способом уменьшения потока данных является объединение данных из разных каналов (тоже самое используется в *MP3 - Joint Stereo*). В реальной многоканальной фонограмме в нескольких каналах звуковая информация зачастую пересекается, и ее можно закодировать один раз для всех, а не для каждого канала в отдельности. Эта техника применяется только для частот выше 10 кГц, что позволяет сохранить локализацию источников звука, а при том, что в распоряжении кодера есть целых пять полноценных звуковых каналов и, соответственно, широкое поле для маневра, поток данных этим способ можно уменьшить довольно значительно.

Таким образом, использование информационного сжатия позволяет передать звук с высоким качеством, используя очень узкую полосу частот. Это, в свою очередь, делает возможной двойную экономию - меньше стоимость аренды спутникового канала, меньше диаметры передающей и приемной антенн. С точки зрения применения сжатого аудиосопровождения для ТВ программ, транслируемых в рамках высокоскоростной сети позволяет производить экономию пропускной способности каналов связи.

Все алгоритмы представления звуковых данных в цифровом виде базируются на теореме Котельникова, которая говорит о том, что чтобы восстановить без искажений аналоговый сигнал после его преобразования в цифровой, необходимо, чтобы частота выборки (дискретизации) была хотя бы вдвое выше верхней граничной частоты исходного сигнала. Для записи звука на компакт-диски используется частота выборки 44,1 кГц - это позволяет получить частотный диапазон до 20 кГц. Другим фактором, влияющим на качество воспроизводимого звука - количество двоичных разрядов квантования. Во - первых, им определяется передаваемый динамический диапазон звука. Во вторых, после цифроаналогового преобразования уровень воспроизводимого сигнала может принимать некоторое множество фиксированных значений. Исходный же аналоговый сигнал изменяется непрерывно. В результате восстановленный сигнал неизбежно отличается по форме от исходного, и отличие это тем больше, чем меньше разрядов использовалось для квантования сигнала. Искажение формы сигнала при воспроизведении эквивалентно добавлению некоего шума - шума квантования. Чтобы достичь полной неразличимости шумов квантования, в технике компакт-дисков используется 16-ти разрядное квантование, при этом уровень воспроизводимого сигнала может принимать одно из 65536 значений.

Таким образом, для передачи по каналу связи двух каналов звука с качеством CD без применения сжатия требуется передать $44,1 \text{ кГц} * 16 \text{ бит} * 2 \text{ канала} = 1411 \text{ Кбит}$ в секунду. Следовательно на передачу такого аудиосигнала будет требоваться около 200Кбайт/с (а в условиях плохого качества сигнала при гарантии доставки и того больше) пропускной способности канала передачи данных, что является неприемлемым в случае, если стоит задача передача большого числа каналов в разделяемом канале передачи данных. В случае же предварительного сжатия с использованием алгоритма MUSICAM, достаточно скорости 200 Кбит/сек и меньше, при согласии с некоторым снижением качества.

2.3.1. Формат аудиоданных

На рис. 2.3.1 приведена структура кадра ISO/MPEG (уровень II/IIA).

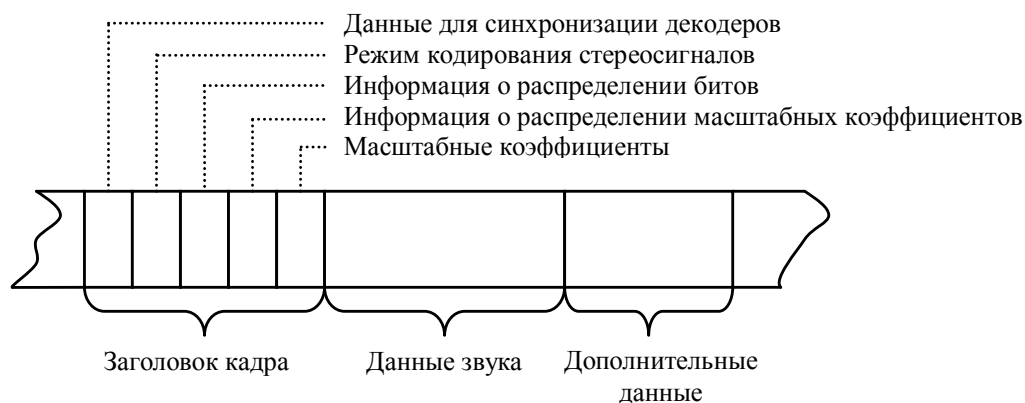


Рисунок 2.3.1. Формат кадра аудиоданных ISO/MPEG

Заголовок кадра содержит специальные данные, необходимые декодеру для корректного восстановления сигнала \approx масштабные коэффициенты, информация о распределении битов, признак режима обработки стереофонического сигнала (независимые или совмещенные каналы) и другие служебные данные. Поле данных звука содержит выборки звукового сигнала. Поле дополнительных данных может содержать данные, которые формируются вне кодера и передаются в едином цифровом потоке \approx команды системы сетевого администрирования, команды управления абонентскими приемниками и периферийной аппаратурой радиостанций-ретрансляторов, а также любые данные пользователя с низкой скоростью. Если сжимается стереофонический сигнал и скорость цифрового потока на выходе кодера 256 Кбит/с, то длина одного кадра составляет 6.144 бит, из них примерно 300 бит приходится на заголовок, остальные \approx на данные звука и дополнительные данные.

2.3.2. Кодирование

Функциональная схема кодера звука ISO/MPEG представлена на рисунке 2.3.2



Рисунок 2.3.2. Функциональная схема кодера ISO/MPEG (уровень II/IIa)

Цикл кодера (1 кадр) составляет 24 мс. Звуковой сигнал, поданный на вход кодера, поступает на гребенку фильтров, где разделяется на 32 частотных полосы. Аналого-цифровое преобразование (дискретное косинусное преобразование) выполняется кодером отдельно в каждой полосе. Частота выборки составляет 48 кГц.

Для каждого кадра процессор кодера рассчитывает спектр входного сигнала и границу маскирования, которая служит психоакустической моделью человеческого уха. Далее психоакустическая модель дважды используется для минимизации объема данных. Первый раз: если в одной или нескольких частотных полосах ни одна выборка не превышает минимального значения границы маскирования в этой полосе \approx вся информация, связанная с этой полосой (полосами), исключается из передаваемого сигнала. Второй раз: для квантования сигнала в тех полосах, где его уровень выше границы маскирования, количество разрядов динамически изменяется таким образом, чтобы шумы квантования при этом оставались ниже границы маскирования.

Из вышеизложенного видно, что для аналого-цифрового преобразования в каждой полосе от кадра к кадру используется разное количество битов. Для восстановления декодером истинной величины сигнала в кодере формируются масштабные коэффициенты. Коэффициенты вычисляются так: в каждой полосе определяется выборка с максимальным значением, затем это значение подвергается 16-разрядному квантованию. Динамический диапазон масштабных коэффициентов ≈ 120 дБ. Этого достаточно для кодирования сигнала с таким же динамическим диапазоном.

Если в результате ошибки искажается один из битов заголовка, весь кадр может быть воспринят декодером неверно, и 24 мс сигнала будут искажены. Если искажается один из битов поля данных, это приводит к искажению всего одной выборки. Заметность такого искажения зависит от того, приходился ли этот бит на старший (более значимый) или на младший (менее значимый) разряд выборки. В любом случае искажение будет занимать очень короткий отрезок времени и вряд ли будет воспринято слушателем. Исходя из этого, заголовок кадра защищается от ошибок помехозащитным кодом, а остальная часть кадра остается незащищенной. При обнаружении неисправимой ошибки в заголовке декодер вместо скомпрометированного кадра повторяет предыдущий. Если ошибки обнаруживаются в заголовках второго и последующих кадров, декодер отключает звук на своих выходах. Описанная здесь стратегия защиты данных от ошибок обеспечивает полное отсутствие ощутимых искажений при коэффициенте ошибок на входе декодера 10-5. При увеличении коэффициента ошибок искажения увеличиваются незначительно, если же количество ошибок становится слишком большим, декодер просто отключает звук.

Алгоритм ISO/MPEG (уровень II/IIA) предполагает сжатие и передачу одного монофонического канала (режим работы кодера mono), стереофонического звука с раздельными каналами или двух разных монофонических каналов одновременно (stereo или dual mono), или стереофонического звука со совмещенными каналами (режим joint-stereo).

С точки зрения кодирования, режимы stereo и dual mono абсолютно идентичны. Каналы от начала и до конца обрабатываются кодером раздельно. Ровно половина битов каждого кадра отводится для данных "левого" канала, вторая половина \approx для "правого" канала. Правый канал всегда остается правым, левый \approx левым, смешивания и наложения сигналов двух каналов не происходит.

В режиме joint stereo кодер динамически перераспределяет биты в кадре между левым и правым каналами, в зависимости от того, какой канал требует в данный момент большего количества битов для кодирования. В результате в режиме joint stereo удастся передать более широкий диапазон частот и больший динамический диапазон, чем в режиме stereo (при одинаковой скорости цифрового потока на выходе кодера). Кроме того, в режиме joint stereo некоторые процессы обработки левый и правый каналы проходят совместно. При этом сигналы разных каналов частично смешиваются. Однако при прослушивании "настоящего" стерео в реальной аудитории тоже происходит пространственное смешение двух каналов.

Результаты тестирования показывают, что значительная часть слушателей даже предпочитает режим joint stereo режиму stereo, особенно при больших степенях сжатия.

Стандарт ISO/MPEG не содержит четких инструкций по реализации алгоритма сжатия. По сути своей он определяет не сам алгоритм, а набор инструментов и правил, используемых для сжатия данных. Основное назначение стандарта \approx обеспечить совместимость оборудования, использующего базовый стандарт и все его последующие модификации, по принципу "вниз". Например, оборудование, поддерживающее расширение этого стандарта MUSICAM, будет работать с оборудованием, изготовленным для работы в стандарте ISO/MPEG (уровень II/IIA), при этом вероятно, что оборудование стандарта ISO/MPEG (уровень II/IIA) не сможет реализовать все возможности расширения.

Гениальной находкой разработчиков стандарта является то, что часть инструкций по обработке сжатого сигнала содержится в самом сигнале. Это позволяет совершенствовать алгоритм сжатия, изменяя аппаратно только кодер. Любой декодер стандарта ISO/MPEG автоматически является совместимым не только с любым из существующих кодеров, но и с кодерами, которые будут когда-либо созданы. Собственно, апгрейд программного обеспечения приемника тоже не представляет проблемы \approx данные нового ПО могут быть переданы одновременно с сигналом ISO/MPEG. Не в последнюю очередь именно этими качествами объясняется то, что оборудование, использующее стандарт ISO/MPEG (уровень II/IIA), так широко применяется и постоянно совершенствуется.

Для стандарта MPEG2 была разработана обновленная структура расширенного аудио кодека (MPEG Advanced Audio Coding, MPEG AAC), представленная на рис.2.3.3.

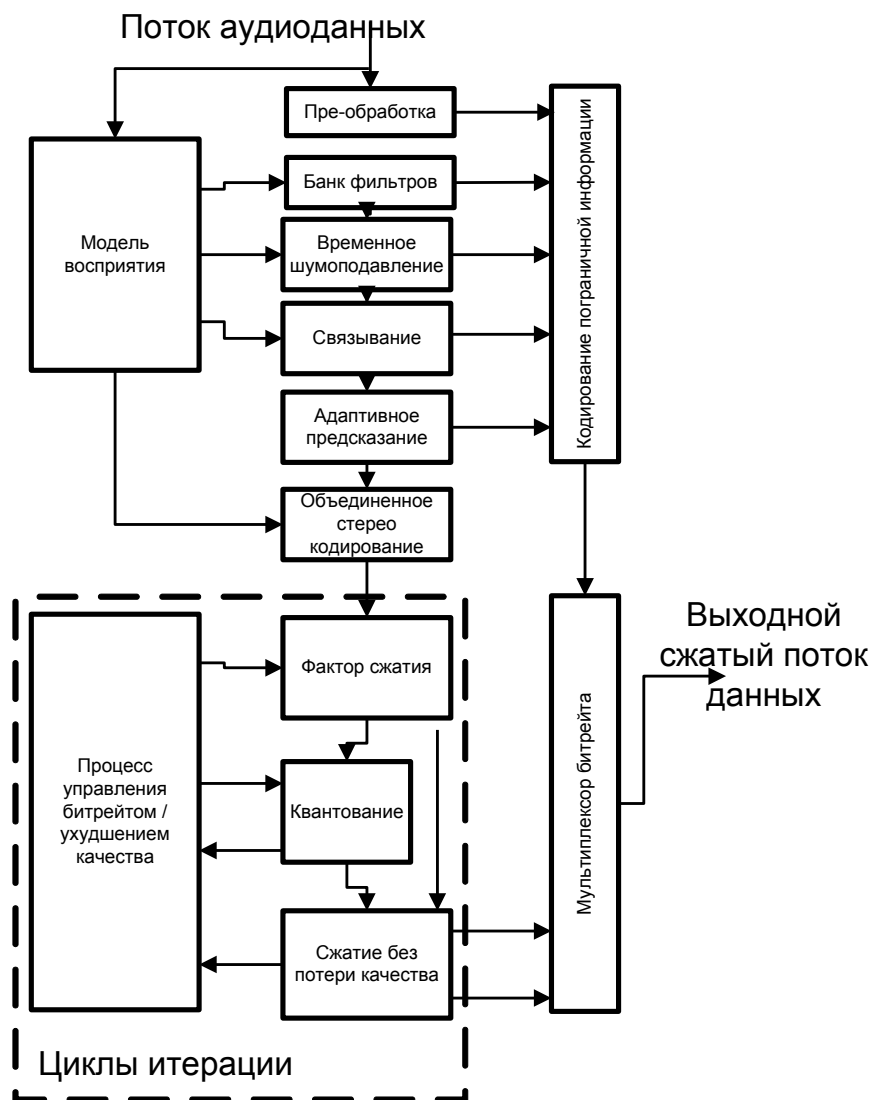


Рисунок 2.3.3. Функциональная схема кодека MPEG AAC

Отличия заключается в применении фильтров высокого разрешения, технологий предсказания и был основан на последних достижениях и разработках технологии. Дополнительно MPEG AAC может включать предобработку сигнала, а также временное подавление шумов. Банк фильтров представляет собой 1024 точечное дискретное косинусное преобразование.

Стандарт MPEG4 разделяет весь диапазон звукового сопровождения на ряд групп: звук естественного происхождения, синтезированный звук и речь. На рисунках 2.3.4 и 2.3.5 показаны возможности MPEG-4 для сжатия звуковых данных:



Рисунок 2.3.4. Аудиовизуальная сцена MPEG-4

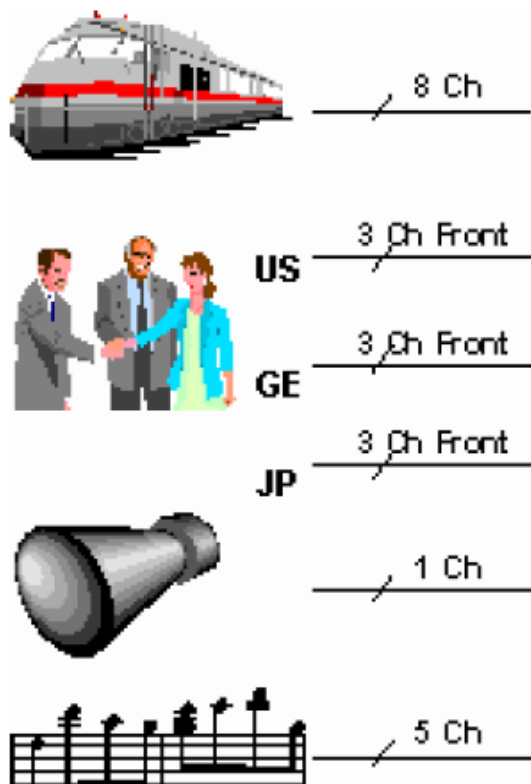


Рисунок 2.3.5. Аудио каналы для аудиовизуальной сцены рис.2.3.4

Таким образом в MPEG-4 заложены большие возможности по кодированию как видео-, так и звуковых данных, однако программно-аппаратные затраты на вычленение из оцифрованного мультимедиа потока данных отдельных звуковых компонент является совершенно неоправданным занятием, поскольку хоть и дает большой относительный выигрыш по сжатию, но в абсолютном выражении является достаточно малым, поскольку звуковая доля в мультимедийном контенте составляет достаточно малую часть.

2.3.3. Декодирование

Структурная схема декодера приведена на рис 2.3.6.

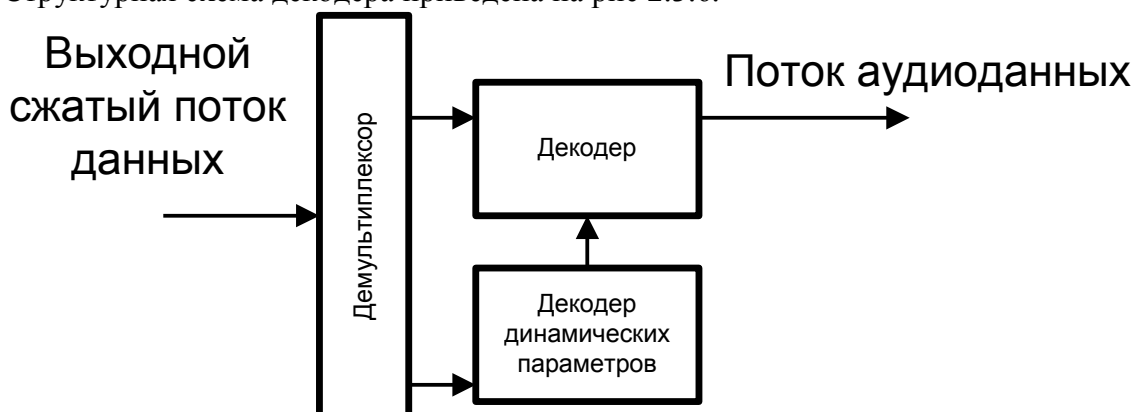


Рисунок 2.3.6. Схема декодера звука

Процесс декодирования является прямым: последовательности частотных полос восстанавливаются на основе 12-ти образцов частотных полос, принимая во внимания степень сжатия и распределение битов. Если декодированная полоса частот не имеет соответствующих данных, они дополняются нулями. Таким образом каждый раз рассчитываются все 32 полосы частот, после чего используя банк фильтров синтеза получается 32 16-ти битных звуковых данных.

Выводы

В разделе дана классификация алгоритмов сжатия: потоковые и статические алгоритмы, алгоритмы сжатия с потерями и без потерь данных. В категории алгоритмов сжатия с потерями выделено сжатие без заметных потерь с точки зрения восприятия человека, сжатие с естественной потерей качества и сжатие с неестественной потерей качества.

Рассмотрен ряд стандартов семейства MPEG (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-3, MPEG-4, MPEG-7, MPEG-21).

Дано математическое определение дискретного косинусного и инверсного дискретного косинусного преобразования, лежащих в основе множества алгоритмов компрессии и видео и аудиоданных.

На примере стандарта MPEG-2 рассмотрена структура элементарного потока видеоданных (видеопоследовательность, группа изображений, изображение, срез, макроблок, блок), проанализирован процесс кодирования и декодирования видеоизображения.

Рассмотрены существующие алгоритмы сжатия аудиоданных: MPEG1 Layer I, Layer II и Layer III, MPEG-2 AAC, MP3 Pro, TwinVQ (VQF), OggVorbis (OGG), Windows Media Audio (WMA), Dolby Digital AC3. На примере стандарта ISO/MPEG (уровень II/IIA) рассмотрена структура кадра аудиоданных (заголовок кадра, данные звука, дополнительные данные), проанализирован процесс кодирования и декодирования звука.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА АППАРАТНОГО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ

Реализация аппаратно-программного комплекса мультимедийного вещания с заданными требованиями возможно с применением различных как программных, так и аппаратных решений. Можно выделить два диаметрально различающихся решения: решение на базе персонального компьютера с применением покупных или разрабатываемых плат расширения для приема и/или обработки мультимедийного контента, и решение на базе шасси мультимедийного устройства (например DVD плеера) с использованием доработанной прошивки и специально разрабатываемых модулей.

Второе решение может быть реализована только после продолжительного этапа разработки и отладки программных и аппаратных средств с использованием персонального компьютера, который является гибкой платформой для различного рода экспериментов.

Первое из вышеозначенных решений и является предметом разработки данной работы. В этом случае необходимо определиться с дополнительным (к базовому комплекту персонального компьютера) аппаратным обеспечением, а также разработать программное обеспечение, реализующее необходимые функциональные возможности.

3.1. Дополнительное аппаратное обеспечение комплекса

Для возможности организации мультимедийного вещания необходимо получить сам мультимедийный контент. Как уже было отмечено ранее, существуют следующие группы источников мультимедийного контента:

- файлы с мультимедиа информацией на носителях;
- аналоговое эфирное и кабельное телевидение;
- цифровое эфирное, кабельное и спутниковое телевидение;
- прочие аналоговые и цифровые источники видео и аудио информации (видеокамеры, микрофоны, видеомикроскопы и проч.)

Для каждой из этих групп (кроме первой) необходимо дополнительное оборудование для получения этого контента. Возможны различные варианты реализации как способа получения мультимедийных данных (спутниковые модемы, оборудование приема эфирного телевидения, оборудование оцифровки низкочастотного мультимедийного сигнала), так и способы передачи этой информации персональному компьютеру (см.рис.3.1.1). Наибольшее распространения получили устройства, передающие информацию по шине USB и PCI, однако шина USB (1.1, 2.0) не всегда может обеспечивать необходимую пропускную способность, поэтому наиболее целесообразно применение PCI устройств. Устройства использующие шину PCI-X пока достаточно редки, а использование данного решения в разрабатываемом устройстве должно быть обосновано расчетами производительности как самой шины, так и всего комплекса в целом.

Аппаратная архитектура самого устройства также может различаться в зависимости от задачи и от поставленных требований: на базе стандартных микросхем и дискретных компонентов, с применением микроконтроллеров, реализация с помощью ПЛИС. Для плат оцифровки аналогового мультимедийного потока MPEG2 или MPEG4 кодирование может осуществляться либо с использованием центрального процессора персонального компьютера, либо с использованием ресурсов на самой плате. Последний вариант является наиболее перспективным, поскольку позволяет в рамках одного персонального компьютера реализовать получение достаточно большого количества мультимедийных потоков.

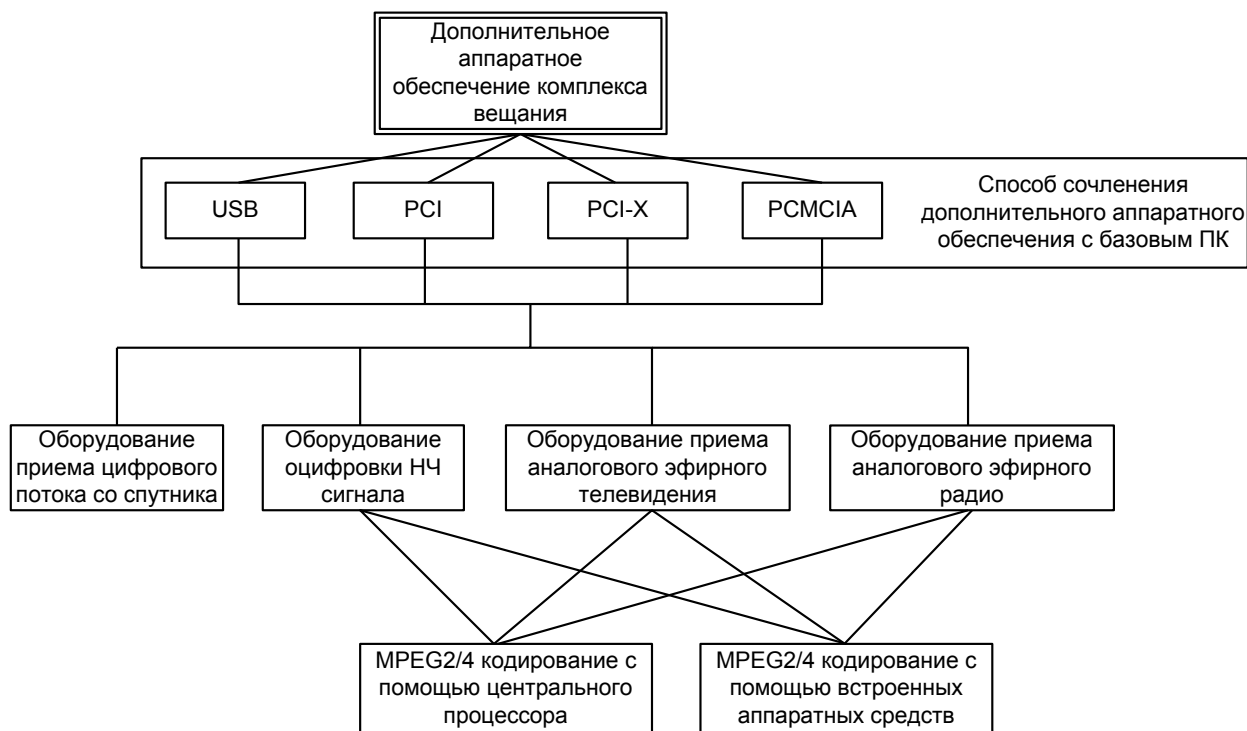


Рисунок 3.1.1. Классификация дополнительного оборудования для комплекса мультимедийного вещания на базе персонального компьютера

На первом этапе построения комплекса мультимедийного вещания будем использовать доступное на рынке оборудование с сочленением с базовым персональным компьютером посредством шины PCI. Ниже подробно рассмотрены варианты доступного оборудования для получения мультимедийного контента с различных источников.

3.1.1. Платы расширения для приема аналогового эфирного и кабельного телевидения

В качестве плат расширения для приема аналогового эфирного и кабельного телевидения будем рассматривать дешевые и в настоящее время очень хорошо распространенные платы TV тюнеров. Среди разнообразия этих устройств наиболее подходящими в смысле применения для получения мультимедийного контента являются внутренние TV тюнеры, подключаемые к ПК по шине PCI, поскольку обеспечивают передачу необходимого информационного потока при минимальной относительной загрузке ЦП.

3.1.1.1. Обобщенная структура

Функциональная схема плат расширения, предназначенных для приема аналогового эфирного и кабельного телевидения представлена на рис. 3.1.2.

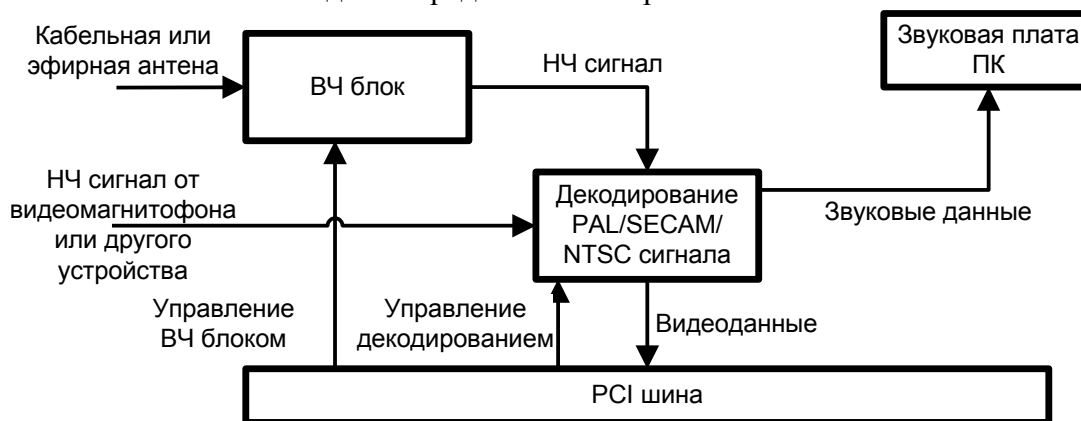


Рисунок 3.1.2. Функциональная схема аналогового ТВ тюнера

Блок декодирования низкочастотного PAL/SECAM/NTSC сигнала можно проиллюстрировать функциональными схемами чипов BrookTree 848/848A/849 и Fusion 878A на рис.3.1.3 и 3.1.4. Эти чипы являются центральным образующим звеном всей платы расширения. На базе этих чипов реализована большая часть оборудования, существующего сегодня на рынке.

Вторым образующим элементом платы является высокочастотное приемное устройство. От качества исполнения этого устройства во многом зависит качество приема сигнала, а также отсутствие или наличие нежелательных помех в принимаемом сигнале.

В подавляющей массе оборудования звуковые данные не поступают непосредственно на PCI шину, а передаются в аналоговом виде на линейный вход звуковой карты, что создает дополнительные препятствия для использования данного вида оборудования в комплексах мультимедийного вещания.

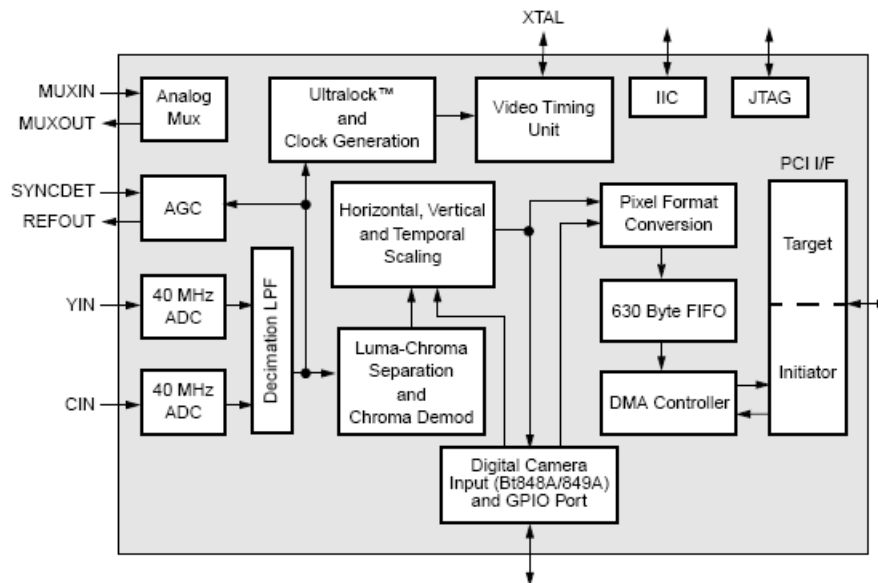


Рисунок 3.1.3. Функциональная схема чипа 848/848A/849

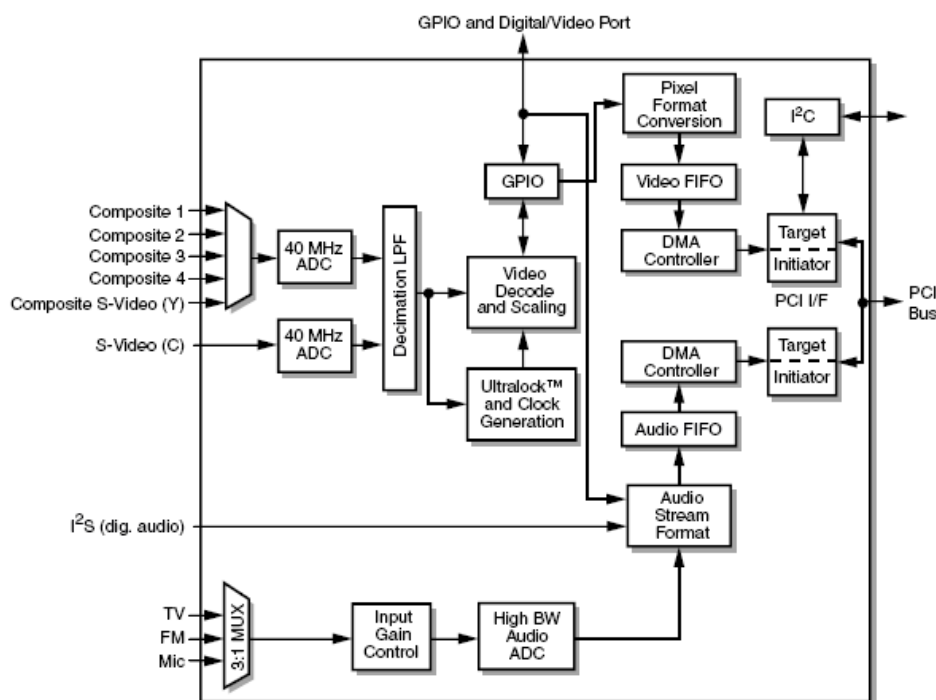


Рисунок 3.1.4 Функциональная схема чипа Fusion 878A

3.1.1.2. Особенности

В качестве особенностей плат расширения данного типа при применении в комплексах мультимедийного вещания можно выделить следующие:

- на PCI шину передаются чаще всего только видеоданные. Получение звукового сопровождения должно осуществляться с помощью оцифровки звука с линейного входа штатной звуковой карты ПК, что затрудняет или делает невозможным применение данного типа устройств для получения мультимедийного контента с нескольких различных источников в рамках одного персонального компьютера;

- видеоданные передаются в несжатом виде, что с одной стороны негативно сказывается на информационной нагруженности самой PCI шины, а с другой стороны требует дополнительных аппаратных (процессорное время, оперативная память) и программных (алгоритмы, реализованные в программах) ресурсов для необходимой компрессии исходного потока видеоданных в MPEG-2 или MPEG-4;

- из всех плат ТВ тюнеров можно выбрать оборудование с необходимыми характеристиками захвата видеоизображения (размер, качество). В частности плата ТВ тюнера AverMedia AverTV Studio 307 (рис.3.1.5) позволяет производить оцифровку видеоквадрата 720 x 480 для NTSC, 720 x 576 для PAL и SECAM, а также декодировать стереофоническое звуковое сопровождение телевизионных каналов стандарта NICAM.

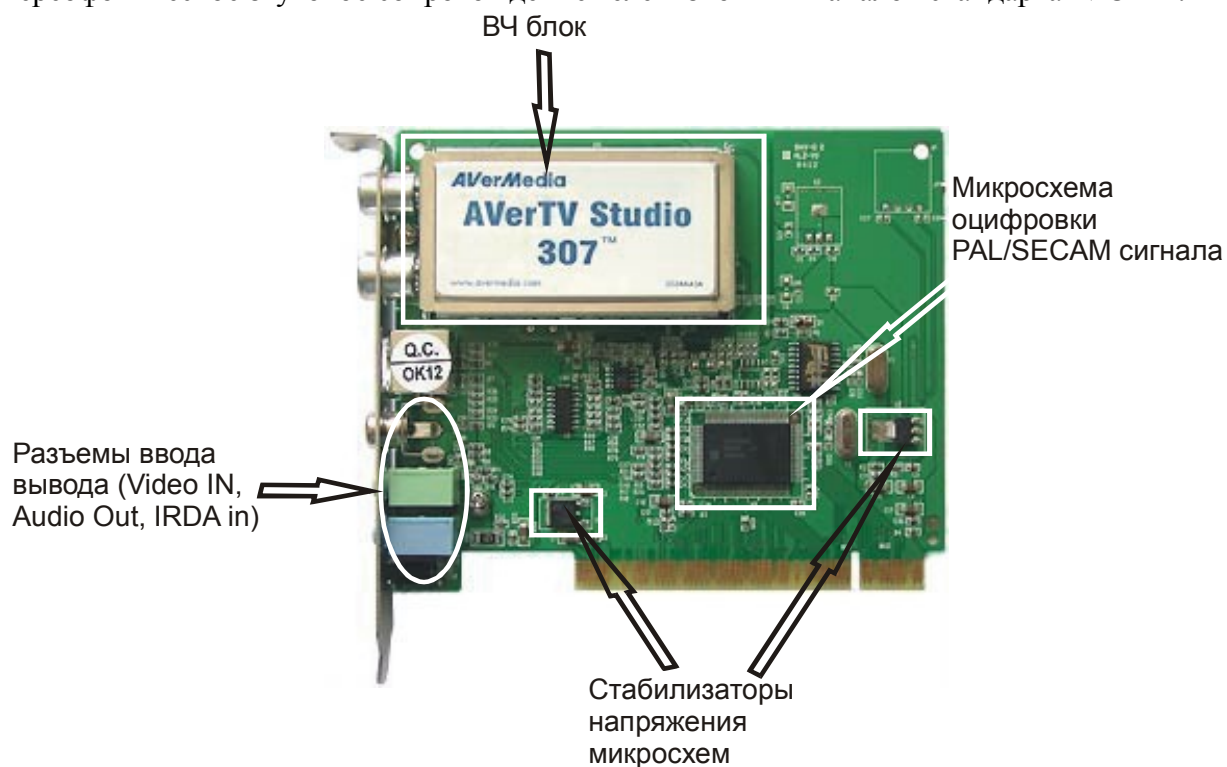


Рисунок 3.1.5. Схема размещения элементов на плате ТВ тюнера AverMedia AverTV Studio 307

- все платы ТВ тюнеров позволяют производить «захват» не только телевизионных передач, идущих в эфире или по кабельному телевидению, но также предоставляют возможность «захватывать» поступающий сигнал по низкочастотному входу (выход видеомаягнитофона, выход различных аналоговых видеокамер и проч.), что расширяет возможности применения этих устройств при вышеуказанных ограничениях;

- некоторые платы ТВ тюнеров имеют возможность получения эфирных радиостанций, но звук опять же поступает не на PCI шину, а на линейный вход звуковой карты.

3.1.2. Платы расширения для приема цифрового эфирного, кабельного и спутникового телевидения

Наиболее перспективными с точки зрения доступного мультимедийного контента являются платы для приема цифрового эфирного, кабельного и спутникового телевидения. Если для первых двух случаев (эфирное и кабельное цифровое телевидение) пока не создана инфраструктура мультимедийного контента, то в случае со спутниковым телевидением таковое имеется. Сейчас практически все поставщики мультимедийных данных перешли на цифровую форму вещания (MPEG-2), поскольку это является с одной стороны экономичным решением – меньшие требования к полосе частот, а следовательно меньшие расходы на аренду спутникового ресурса, а с другой стороны – большие возможности по защите мультимедийной информации от несанкционированного использования. Если в случае аналогового сигнала существовали методы по шифрованию исходного сигнала хотя и сложными, но достаточно примитивными алгоритмами, то в случае цифровых данных открылась масса возможностей в данном направлении, чем не преминули воспользоваться разработчики как аппаратного, так и программного обеспечения.

3.1.2.1. Обобщенная структура

Принципиальное различие между приемниками цифрового эфирного, кабельного и спутникового телевидения заключается лишь в реализации высокочастотного блока и методов взаимодействия с приемной антенной. Все остальные блоки и функциональные узлы одинаковы у всех типов устройств данного класса. Поэтому в качестве обобщенной структуры будем рассматривать функциональную схему PCI приемника цифрового спутникового телевидения.

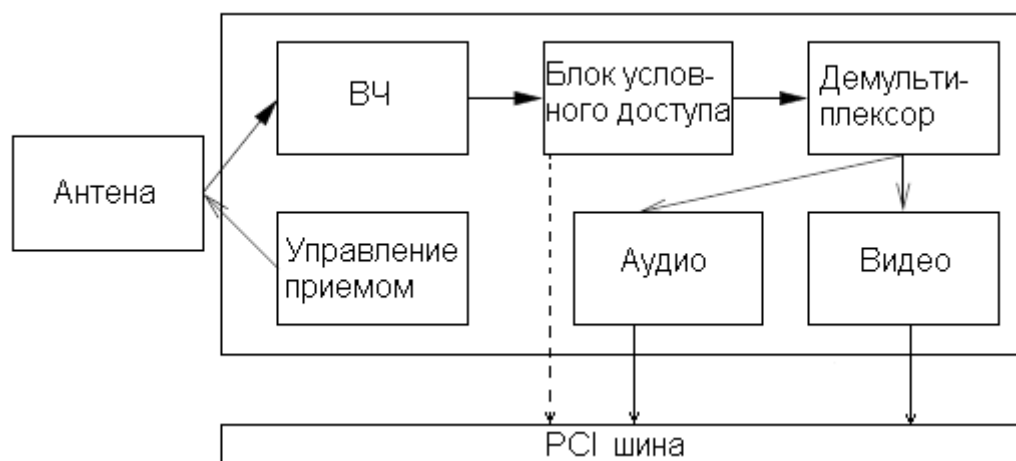


Рисунок 3.1.6. Функциональная схема спутникового приемника DVB-S

ВЧ блок преобразует колебания электромагнитных волн, полученных с антенны в транспортный поток MPEG (MPEG transport stream). Блок управления приемом обладает возможностью задания поляризации конвертора, переключения между различными гетеродинами конвертора, а также возможностью управления механизмом переориентирования спутниковой тарелки на разные спутники (так называемый Мультифид – multi feed).

Далее транспортный поток MPEG проходит блок условного доступа, в рамках которого производится дешифрация защищенного мультимедийного контента с помощью различных карт доступа. В части спутникового оборудования данная подсистема может отсутствовать, тем самым пропадает возможность получения зашифрованных каналов.

После блока условного доступа поток, в зависимости от типа используемого оборудования, может быть либо передан целиком на шину PCI для дальнейшего программного разделения, либо передан блоку демультимплексора, где производится соответствующая фильтрация транспортного потока, вычленение заданных потоков и передача уже вычлененных потоков на PCI шину.

В качестве дополнительного компонента на платах может присутствовать блок аппаратного декодирования MPEG-2 видеоданных и звукового сопровождения.

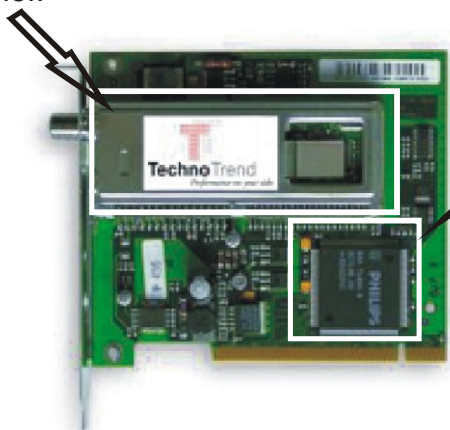
3.1.2.2. Особенности

В качестве особенностей данного типа оборудования необходимо отметить следующие:

- принимаемый мультимедийный контент уже находится в сжатом цифровом виде (MPEG-2), а следовательно отпадает необходимость его компрессии. Процесс кодирования (MPEG2 или MPEG4) в принципе возможен (но только совместно с процессом MPEG2 декодирования), если есть необходимость получения меньшего информационного потока, чем оригинал, с возможным ухудшением качества изображения и/или звукового сопровождения.

- в некоторых моделях используемого оборудования (например, SkyStar3, со схемой размещения элементов, представленной на рис.3.1.7) есть возможность получения для дальнейшей обработки всего транспортного потока с транспондера, что подразумевает одновременное получение не одного, а нескольких мультимедийных потоков данных, что является серьезным преимуществом данного типа оборудования. В платах подобного типа все максимально упрощено и можно выделить только два функциональных блока – высокочастотный блок (прием, декодирование высокочастотного сигнала и управление антенной) и блок согласования с PCI шиной персонального компьютера;

ВЧ блок



Микросхема PCI
интерфейса

Рисунок 3.1.7. Схема размещения элементов на плате PCI спутникового приемника SkyStar3 (TTPCline Budget)

- не имеется никаких принципиальных ограничений по количеству функционирующих в рамках одного персонального компьютера PCI спутниковых приемных устройств. Ограничения возникают по количеству доступных PCI слотов и по пропускной способности самой PCI шины, поскольку транспортный поток с транспондера может составлять до 45 Мегабайт/с.

3.1.3. Платы расширения для оцифровки аналогового сигнала

Как уже было сказано выше, в качестве оборудования для оцифровки низкочастотного аналогового сигнала (видеомагнитофоны, аналогово-цифровые спутниковые ресиверы, аналоговые видеокамеры и прочее) возможно применение плат ТВ тюнеров. Однако, их применение достаточно ограничено в том смысле, что в рамках одного персонального компьютера можно одновременно оцифровывать в реальном масштабе времени один, в лучшем случае два мультимедийных потока. В случае же необходимости получения большего числа оцифрованных и сжатых мультимедийных потоков встает необходимость применения специализированного оборудования, имеющего на борту все элементы для декодирования PAL/SECAM/NTSC сигнала, кодирования видеоизображения и звукового сопровождения в стандарте MPEG-2/MPEG-4 и передачу его на шину PCI. Наряду с

достаточно дорогим профессиональным оборудованием, предназначенным для этих целей, существует ряд бюджетных моделей, которые могут применяться для создания недорогих мультимедийных центров.

3.1.3.1. Обобщенная структура

Функциональная схема платы расширения захвата с блоком кодирования MPEG представлена на рис.3.1.8.

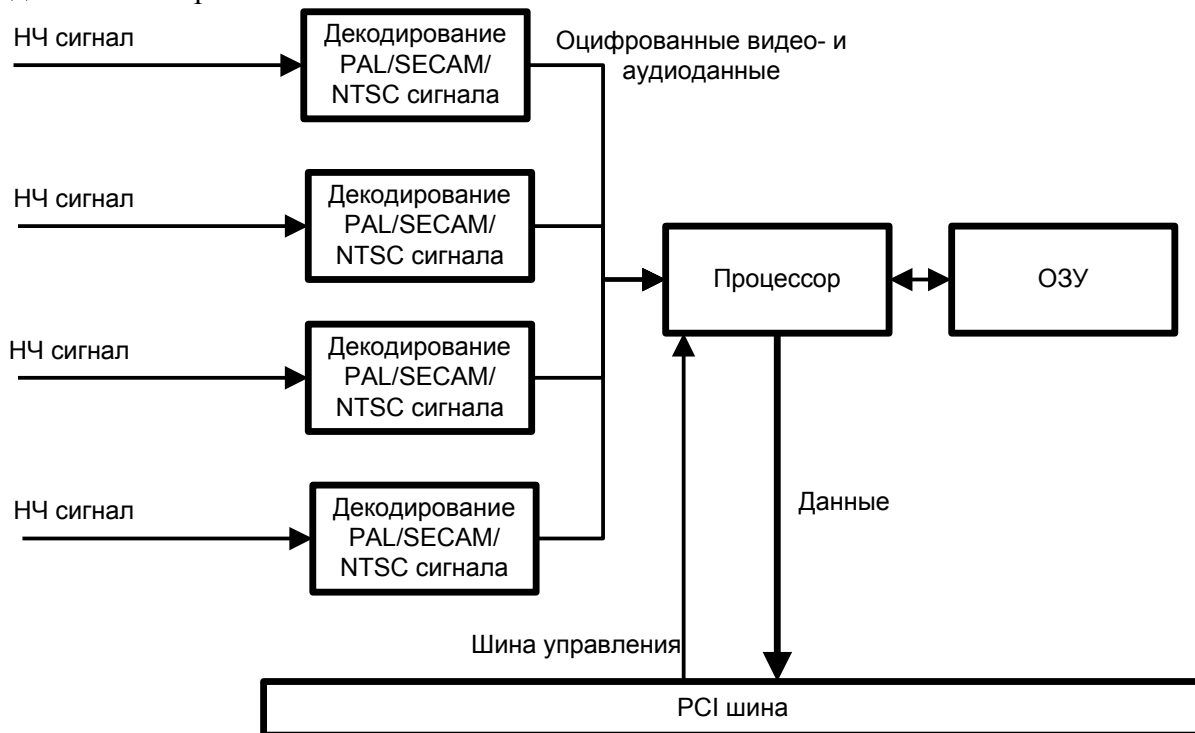


Рисунок 3.1.8. Функциональная схема платы захвата с аппаратным MPEG кодированием

Достаточно часто платы расширения с блоком кодирования MPEG оснащаются не одним, а несколькими блоками приема и декодирования низкочастотного сигнала, поступающего от видеомаягнитофона, цифро-аналогового спутникового ресивера, аналоговых видеокамер и другого оборудования. Такой подход обуславливается оптимальным распределением ресурсов персонального компьютера, куда устанавливается плата расширения. В ряде случаев, на каждый блок декодирования низкочастотного сигнала присутствует по процессору с необходимым количеством оперативной памяти, а иногда, как на рис.3.3.1.1 на плате присутствует только один микропроцессор, в блоком оперативной памяти, который обеспечивает одновременное кодирование всех четырех мультимедийных потоков. С одной стороны это заметно упрощает схемотехническое решение (уменьшение габаритных размеров самой платы – рис. 3.1.9 и рис.3.1.10, где изображены различные компоновочные решения для плат компании ProVideo PV-240 и PV-260), а с другой стороны предъявляет дополнительные требования к процессору, оперативной памяти и используемому микрокоду программы.

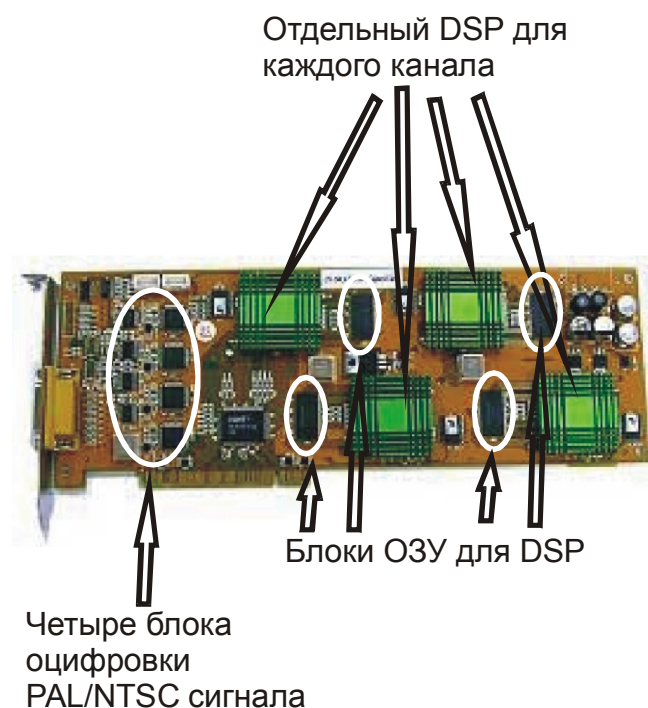


Рисунок 3.1.9 Схема размещения элементов на плате ProVideo PV-240

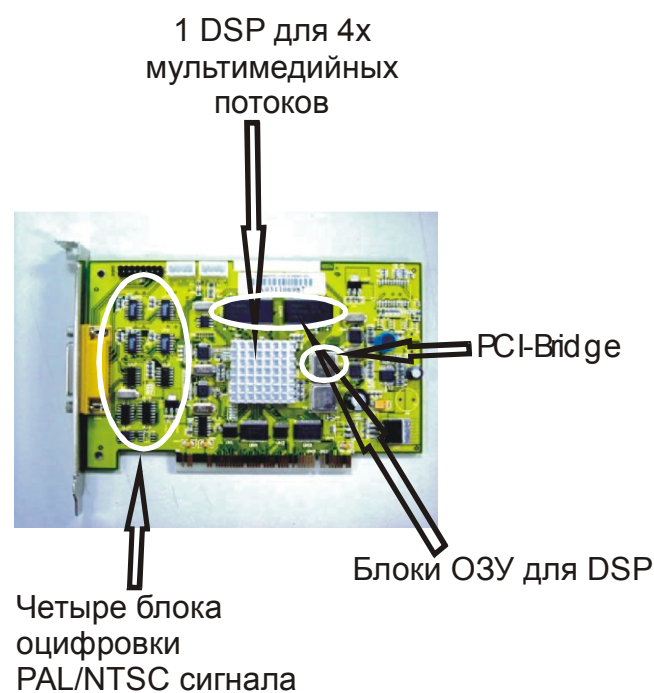


Рисунок 3.1.10 Схема размещения элементов на плате ProVideo PV-260

В представленных выше реализациях данного вида оборудования реализуется одновременное кодирование стандарта MPEG-4 в режиме реального масштаба времени четырех аналоговых источников сигнала.

3.1.3.2. Особенности

В качестве особенностей данного вида оборудования необходимо отметить следующее:

- малая загрузка центрального процессора, поскольку задачи кодирования стандарта MPEG2 или MPEG4 возложены на аппаратные блоки самой платы;
- малая, а иногда и вовсе отсутствие возможности по влиянию на выходное качество кодированного видеоизображения и звука, поскольку часто и сам алгоритм и различные

коэффициенты качества защиты в микрокод и поэтому доступны для регулировки только самим производителем;

- возможность оцифровки множества аналоговых источников мультимедийного контента. В частности плата ProVideo PV-260 позволяет одновременно оцифровывать и кодировать в MPEG-4 четыре аналоговых сигнала, плата PV-261 позволяет уже одновременно кодировать 8 аналоговых сигналов, а также возможно совместное использование нескольких плат в рамках одного персонального компьютера, а следовательно ограничения по количеству каналов будут только по количеству доступных PCI слотов;

- зачастую полная поддержка драйверами возможностей такого вида плат возможна только под операционной системой Windows[®], что сильно усложняет возможности по созданию автономных комплексов мультимедийного вещания.

3.1.4. Выбор аппаратного обеспечения для комплекса

Выбор или разработку необходимого оборудования, которое планируется применять в комплексе мультимедийного вещания, необходимо начинать с анализа собственно желаемых источников мультимедийного контента. В случае вещания оффлайнового контента, такого как видео и звуковые файлы в качестве дополнительного оборудования можно лишь отметить приспособления автоматической замены носителей на требуемые из коллекции (если необходимые видео- и аудиофайлы находятся на съемных носителях). При необходимости вещания аналогового эфирного или кабельного телевидения, возможно ограниченное применение плат ТВ тюнеров, основной особенностью большинства из которых является оцифровка только видеосигнала, а аудиосигнал только декодируется и передается на линейный вход штатной звуковой карты. Другим ограничивающим критерием является использование центрального процессора для кодирования мультимедийного потока по стандарту MPEG-2 или MPEG-4.

Наиболее перспективными с точки зрения количества доступного мультимедийного контента является оборудование приема цифрового эфирного, кабельного и спутникового телевидения стандарта DVB-T, DVB-C и DVB-S соответственно. В качестве главных особенностей является невозможность влияния на качество и скорость выходного потока данных, поскольку это задается самим поставщиком мультимедийного контента. Другим важным недостатком зачастую является невозможность дешифрации закрытых телевизионных каналов как из-за технических, так и из-за политических (отказ выдачи лицензий на данный вид деятельности) трудностей.

Менее перспективным, но наиболее реальным способом получения мультимедийного контента являются специализированные платы оцифровки аналогового мультимедийного потока и аппаратного кодирования в MPEG-2 или MPEG-4. В данном случае сложности возникают только от того, что данный тип оборудования не является массовым, его необходимо либо разрабатывать самостоятельно, либо закупать оборудование с близкими к требуемым характеристикам по качеству изображения и звука.

В качестве оборудования для комплекса мультимедийного вещания с учетом поставленных задач выбраны платы компании ProVideo PV-260, сочетающие в себе возможности по MPEG-4 кодированию в реальном масштабе времени до четырех каналов одновременно с использованием одной платы, так и возможность кодирования в реальном масштабе времени до 24 каналов при совместной работе нескольких плат.

3.2. Разработка прикладного клиент-серверного программного обеспечения для организации мультимедийного вещания

3.2.1. Анализ области разработки

Разработка прикладного программного обеспечения осуществлялась под операционную систему Microsoft Windows.

Прикладное программное обеспечение представляет собой комплекс из двух неотъемлемых частей:

а) серверной части, осуществляющей получение мультимедийного контента, его предварительную обработку, а также передачу необходимого (разрешенного) мультимедийного контента пользователям по их запросу

б) клиентской части, осуществляющей подключение к серверу мультимедийного вещания, запрос мультимедийного контента по требованию пользователя и визуализацию этого контента в окне приложения.

С учетом вышеуказанных требований была разработана общая структура взаимодействия программных частей комплекса, которая может быть проиллюстрирована диаграммой вариантов использования методологии проектирования RUP, представленная на рис. 3.2.1.

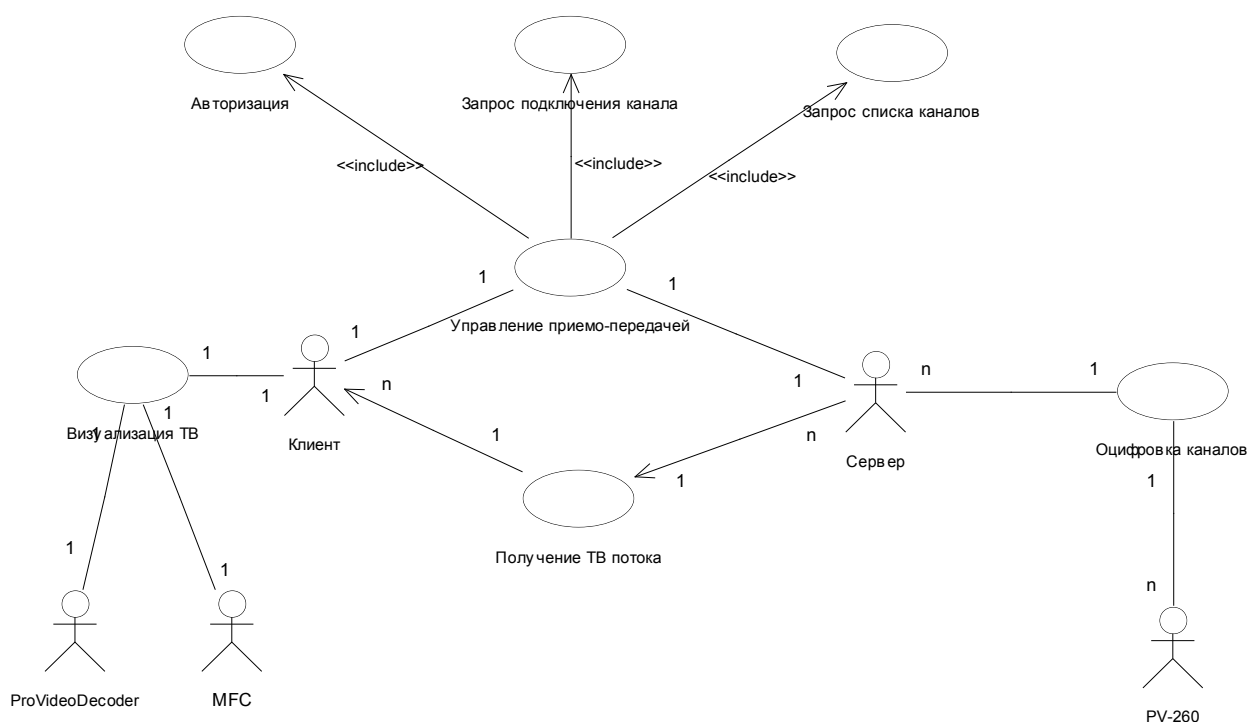


Рисунок 3.2.1. Диаграмма вариантов использования комплекса вещания

Спецификация актеров и вариантов использования представлена в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1. Спецификация диаграммы вариантов использования комплекса вещания

Вариант использования	Описание
Визуализация ТВ	Декодирование потока MPEG-2/4 и его визуализация в окне приложения
Получение ТВ потока	Прием мультимедийного потока данных выбранного канала от сервера вещания
Управление приемо-передачей	Контроль состояния приемом, запросы подключения канала, запросы получения списка каналов, восстановление связи в случае обрыва соединения
Оцифровка каналов	Получение мультимедийного контента и его кодирование в MPEG-2/4
Авторизация	Аутентификация пользователя с помощью логина и пароля, а также авторизация в виде выделения ему ресурсов (формирование списка разрешенных к просмотру каналов)
Запрос подключения	Запрос от клиента к серверу на открытие канала передачи и

Вариант использования	Описание
канала	приема мультимедийного потока
Запрос списка каналов	Запрос списка разрешенных к просмотру каналов авторизованным пользователем

Актёр	Описание
ProVideoDecoder	SDK для декодирования принимаемого мультимедийного потока и визуализации его в окне приложения
MFC	Набор фундаментальных классов для создания оконного приложения Windows
Клиент	Прикладное клиентское программное обеспечение
Сервер	Прикладное серверное программное обеспечение
PV-260	Плата оцифровки и MPEG-2/4 кодирования мультимедийного контента

В результате анализа вариантов использования комплекса программного обеспечения выявлена необходимость разработки сетевого протокола взаимодействия клиентской и серверной части. Модель взаимодействия с помощью разработанного протокола показана на диаграмме состояния методологии проектирования RUP на рис 3.2.2.

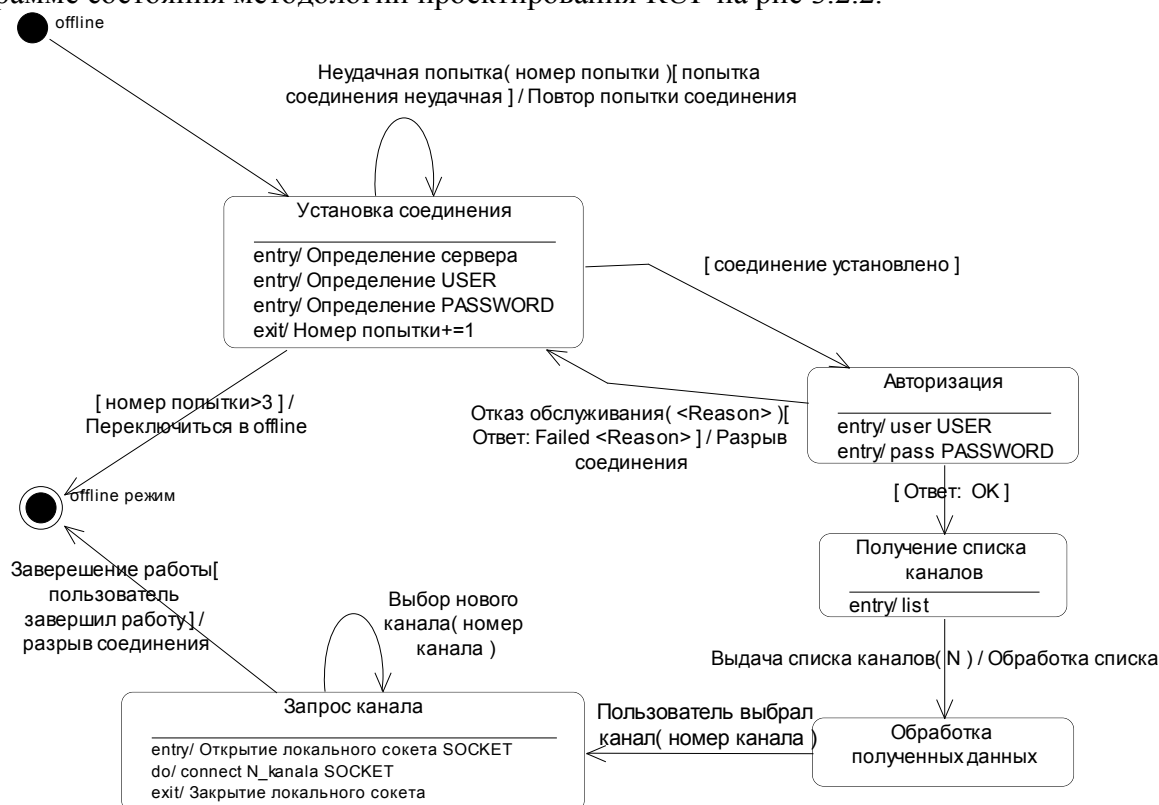


Рисунок 3.2.2. Диаграмма состояния протокола взаимодействия клиента с сервером

Данный протокол взаимодействия обеспечивает возможность аутентификации и авторизации пользователей, возможность получения списка каналов, а также подключение запрос одного или нескольких мультимедийных потоков (каналов) для просмотра или записи на жесткий диск.

Спецификация элементов, использованных на диаграмме представлена в таблице 3.2.2.

Таблица 3.2.2. Спецификация диаграммы состояния протокола взаимодействия клиента с сервером

Наименование	Описание
--------------	----------

offline, offline режим	Режим неустановленного соединения с серверов. В данном режиме обеспечивается возможность просмотр ранее записанных мультимедийных потоков на жесткий диск
Установка соединения	Процесс установления сетевого соединения с сервером по протоколу TCP на порт 1111
Авторизация	Аутентификация пользователя с помощью логина и пароля, а также авторизация в виде выделения ему ресурсов (формирование списка разрешенных к просмотру каналов)
Получение списка каналов	Запрос клиента на получение списка каналов и выдача сервером необходимой информации клиенту по TCP соединению
Обработка полученных данных	Обработка клиентов выданной информации о списке каналов от сервера
Запрос канала	Запрос клиентом подключения к мультимедийному потоку (каналу)

3.2.2. Выбор лингвистического обеспечения

Сегодня существует множество широко применяемых средств создания программного обеспечения. Различные средства используются для различных классов задач.

Поскольку в качестве операционной системы была выбрана ОС семейства Windows 2k/XP, среди средств лингвистического обеспечения наиболее полно подходящих к решению поставленной задачи можно выделить Microsoft Visual C++, Microsoft Visual J++, Borland Delphi, Borland C++ Builder. В связи с ограничениями виртуальной машины Java, использование Visual J++ является нецелесообразным.

Выбирая среду разработки под ОС Windows особенно следует отметить Microsoft Visual C++. Главным преимуществом данной системы, безусловно, являются ее ничем не ограниченные в рамках Windows возможности. Кроме того, поставляемая изготовителем оборудования ProVideo PV-260 библиотеки разработчика созданы непосредственно с использованием Visual C++.

Для программирования Windows-приложений фирмой Microsoft была разработана библиотека MFC (Microsoft Foundation Classes - Базовые Классы Microsoft). Сейчас она представляет собой мощный набор классов C++, которые позволяют программировать приложения на достаточно высоком уровне абстракции, и вместе с тем открывают для опытных программистов легкий доступ к функциям более низкого уровня, что позволяет писать эффективные приложения и полностью использовать все возможности операционной системы.

MFC является альтернативой системам визуального программирования, таким как Delphi или Visual Basic. На сегодняшний день подавляющее большинство программ разрабатывается при помощи Microsoft Visual C++ и MFC. MFC - это стандарт программирования под Windows и "интернациональный язык общения". Такая ситуация объясняется многими причинами. В частности, только MFC позволяет создавать наиболее эффективные и устойчивые приложения, которые будут корректно вести себя не только в системе разработчика, но и в системах реальных пользователей. Также очень важно, что MFC поддерживает все современные технологии, реализованные в Windows, и при дополнении Windows почти сразу же дополняется и MFC.

Для графического отображения в клиентском программном обеспечении мультимедийных данных необходимо использовать одну из существующих сегодня графических библиотек (наиболее известные среди них - DirectX, Mesa, OpenGL). В среде Windows с данной задачей наиболее удобно справляется DirectX.

3.2.3. Серверная часть

Серверная часть комплекса должна обеспечивать получение и оцифровку мультимедийного контента, его предварительную обработку и передачу его по запросам клиентам. Для реализации этих возможностей были разработаны варианты использования серверной части, представленные на рис.3.2.3.

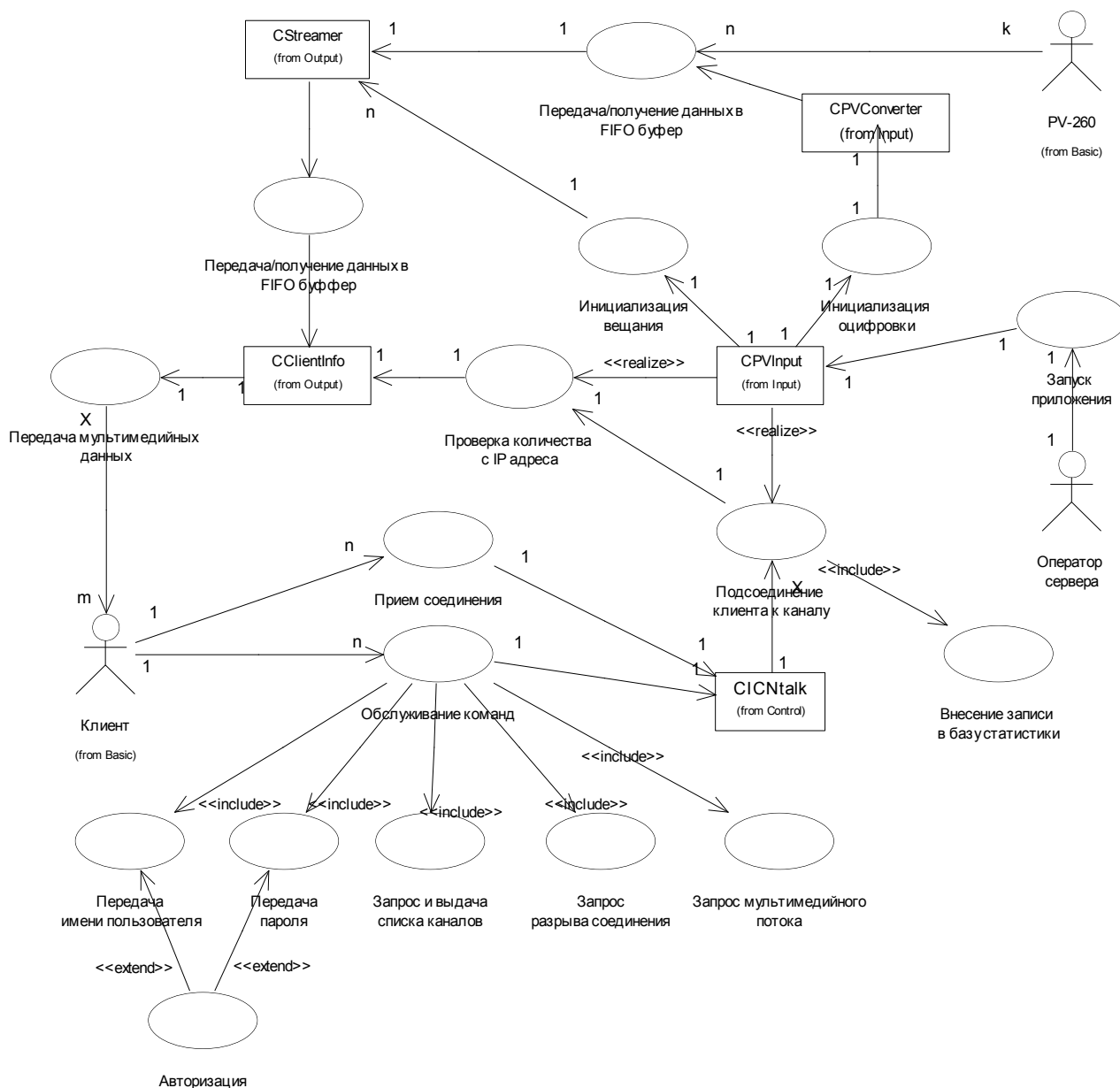


Рисунок 3.2.3. Варианты использования серверной части ПО

Спецификация актеров и вариантов использования представлена в таблице 3.2.3

Таблица 3.2.3. Спецификация для диаграммы вариантов использования серверной части ПО

Наименование	Описание
<i>Актеры</i>	
Клиент	Обобщенное представление о удаленном (в рамках сети передачи данных) клиенте и клиентском программном обеспечении, осуществляющем взаимодействие с серверной частью
CICNTalk	Класс, реализующий сетевой протокол взаимодействия

Наименование	Описание
	клиентской и серверной части ПО
CPVInput	Класс, реализующий инициализацию оборудования получения и оцифровки мультимедийного контента, реализующий инициализацию взаимодействия всех частей серверного ПО по получению и передаче контента клиентам
CPVConverter	Класс, в котором реализуется собственно получение мультимедийного контента от платы PV-260 и передачу его в главный разделяемый FIFO буфер
CClientInfo	Класс, в котором реализуется буферизация и передача выбранного клиентом мультимедийного потока
CStreamer	Класс, в котором реализуется выборка из главного разделяемого FIFO буфера и передача данных мультимедийного контента в FIFO буферы, выделенные на каждого конкретного клиента
PV-260	Плата получения и MPEG-2/4 кодирования мультимедийного контента
Оператор сервера	Оператор, осуществляющий контроль за сервером мультимедийного вещания. В случае автоматизации процесса запуска, оператором является скрипт автозагрузки ПО
<i>Варианты использования</i>	
Прием соединения	Осуществление подключения клиентской части к серверной по протоколу TCP на порт 1111.
Обслуживание команд	Процесс приема сервером команд от клиента, их интерпретация и соответствующее реагирование
Передача имени пользователя	Передача клиентом в рамках сетевого протокола взаимодействия имени пользователя
Передача пароля	Передача клиентом в рамках сетевого протокола взаимодействия пароля пользователя
Авторизация	Процесс последовательной передачи клиентом имени пользователя и пароля
Запрос и выдача списка каналов	Запрос клиентом в рамках сетевого протокола взаимодействия списка доступных (разрешенных) каналов, выдача сервером клиенту этой информации
Запрос разрыва соединения	Запрос клиентом разрыва соединения, освобождение сервером выделенных на данного клиента ресурсов
Запрос мультимедийного потока	Запрос клиентом выделения ресурсов и начала пересылки данных мультимедийного контента выбранного канала
Подсоединение клиента к каналу	Процесс выделения клиентского FIFO буфера
Внесение записи в базу статистики	Внесение информации в базу статистики о времени подключения, IP адресе с которого было осуществлено подключение, имени пользователя
Проверка количества с IP адреса	Проверка количество уже передаваемых мультимедийных контентов на данный IP адрес. Если их количество превышает заданное в настройках значение (по умолчанию 2), то соединение установлено не будет
Передача мультимедийных данных	Процесс передачи по протоколу TCP мультимедийного контента выбранного пользователем канала
Запуск приложения	Запуск и инициализирование серверной части ПО
Инициализация оцифровки	Инициализация плат оцифровки, загрузка микрокоманд в DSP плат, настройка заданного режима MPEG-2/4 кодирования

Наименование	Описание
Инициализация вещания	Инициализация класса вещания, создание главного FIFO буфера
Передача/получения данных в FIFO буфер	Передача данных одним объектом в разделяемый FIFO буфер и получение данных из этого буфера другим классом.

С учетом представленных выше вариантов использования, разработано логическое представление серверной части ПО.

3.2.3.1. Логическое представление серверной части ПО

В результате разработки в серверной части ПО были выявлены следующие функциональные блоки: блок FIFO буферов (FIFOs), блок основных классов сервера (Basic classes), блок управления (Control), блок получения мультимедийного контента (Input), блок передачи данных клиенту (Output), которые используют в своей реализации функции SDK (mysql – для взаимодействия с базой статистики, tmsdk – для получения мультимедийного контента), а также ряд базовых классов (core). Взаимодействие перечисленных блоков представлено на рисунке 3.2.4.

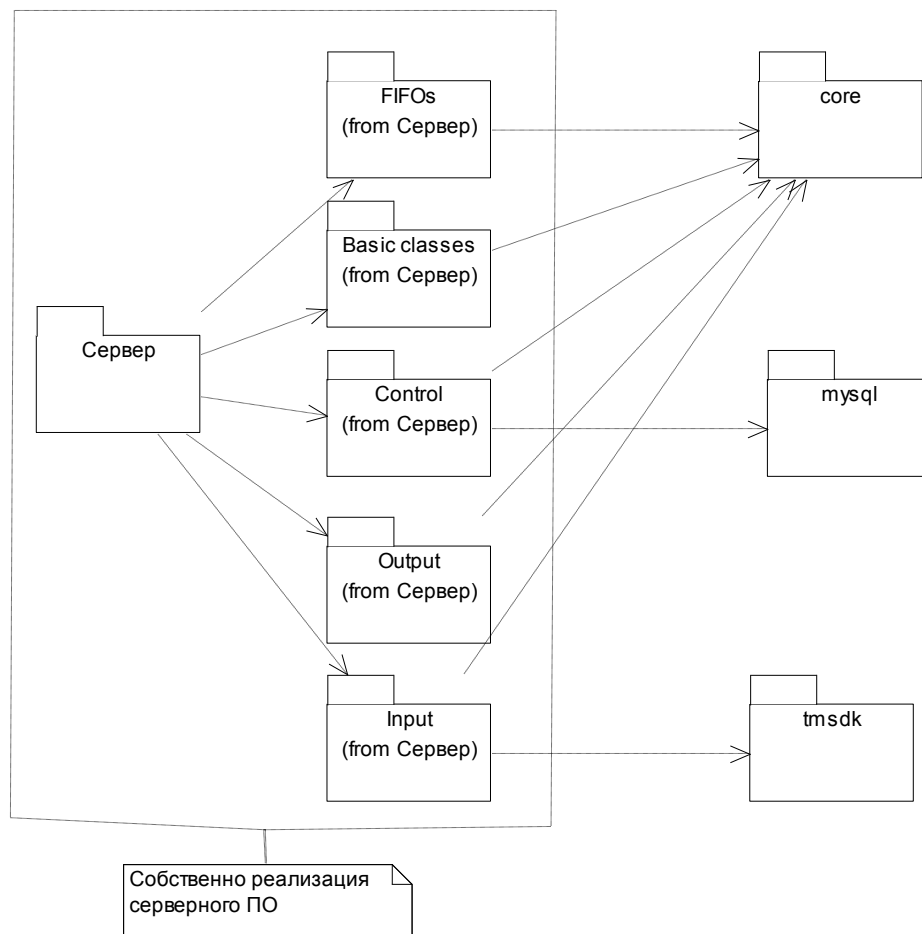


Рисунок 3.2.4. Взаимодействие блоков серверной части ПО

Блок базовых классов хотя и не является стандартизованным в общеупотребительном плане, однако же является основой серверной и клиентской части ПО реализую набор важных классов, перечисленных в таблице 3.2.4.

Таблица 3.2.4. Базовые классы, реализуемые в блоке core

Наименование	Описание
C_Vector	Класс-шаблон для массивов векторного типа

Наименование	Описание
C_List	Класс-шаблон для массивов типа списка
C_Fifo	Класс-шаблон для массивов типа FIFO (First In First Out - первый пришел, первый ушел)
C_String	Класс, реализующий работу со строками
C_Thread	Базовый абстрактный класс для классов, в которых необходимо реализовать работу в отдельной ните управления
C_Mutex	Класс, объекты которого используются для синхронизации в программе с многонитевым управлением – выделение критических областей программы
C_Semaphore	Класс, объекты которого используются для синхронизации в программе с многонитевым управлением – реализация семафоров
C_Socket	Класс, реализующий работу с сетевой подсистемой

Блоки mysql и tmsdk являются наборами функций разработчика для работы с сервером СУБД mysql и для работы с платой получения мультимедийного контента соответственно и имеют собственную документацию ([29] и [31] соответственно).

3.2.3.2. Блок основных классов сервера

Структура блока основных классов сервера представлена на рис.3.2.5.

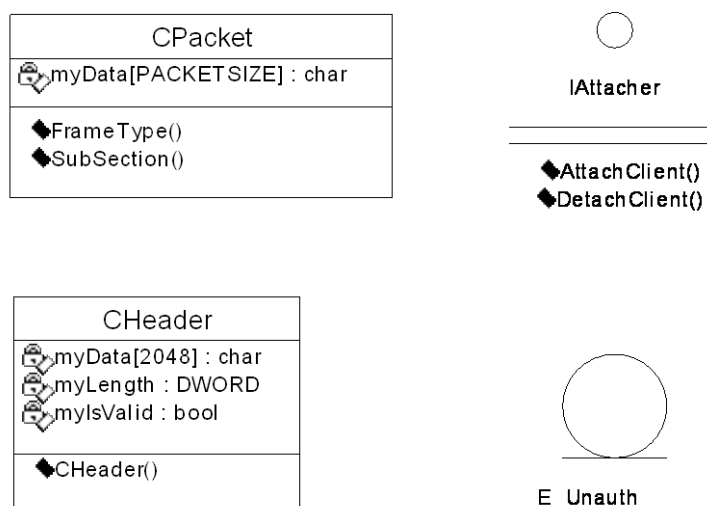


Рисунок 3.2.5. Диаграмма классов блока основных классов серверной части ПО

В данном блоке определяются основные классы, от реализации которых зависит функциональность всех других блоков и приложения в целом. Спецификация представленных на диаграмме классов в таблице 3.2.5.

Таблица 3.2.5. Спецификация блока основных классов серверной части ПО

Наименование	Описание
CPacket	Класс, описывающий структуру передаваемого атомарного пакета данных с частью мультимедийного контента
myData	Данные пакета со всеми служебными заголовками
FrameType	Функция, возвращающая тип пакета
SubSection	Функция, возвращающая значения счетчика подгруппы пакета
CHeader	Класс, описывающий структуру заголовка мультимедийного контента
myData	Данные заголовка
myLength	Длина заголовка

Наименование	Описание
myIsValid	Показатель валидности заголовка
CHeader	Конструктор, в котором инициализируется невалидный пакет
IAttacher	Интерфейс присоединения клиента к выбранному мультимедийному потоку (каналу)
AttachClient	Функция подключения клиента
DetachClient	Функция отключения клиента
E_Unauth	Класс-пустышка, используемый в качестве события исключительной ситуации «Ошибка авторизации пользователя»

3.2.3.3. Блок FIFO буферов

Структура блока FIFO буферов представлена на рис.3.2.6.

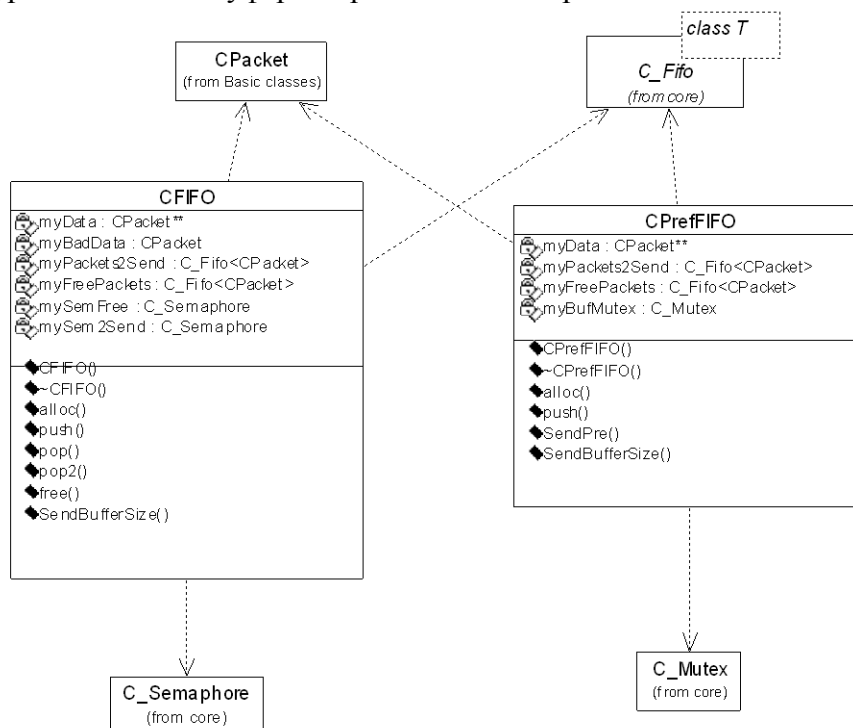


Рисунок 3.2.6. Диаграмма классов блока FIFO буферов серверной части ПО

Спецификация представленных на диаграмме классов в таблице 3.2.6.

Таблица 3.2.6. Спецификация блока FIFO буферов серверной части ПО

Наименование	Описание
CFIFO	Класс, реализующий разделяемый буфер FIFO для атомарных пакетов мультимедийного контента
myData	Блок памяти хранения атомарных мультимедийных пакетов
myBadData	Атомарный пакет, сигнализирующий о переполнении буфера
myPackets2Send	Набор атомарных пакетов, подготовленных к отправке
myFreePackets	Набор атомарных пакетов без данных
mySemFree	Семафор, сигнализирующий о доступности атомарных пакетов без данных
mySem2Send	Семафор, сигнализирующий о доступности подготовленных к отправке данных
CFIFO	Конструктор FIFO буфера
~CFIFO	Деструктор FIFO буфера

Наименование	Описание
alloc	Функция получения атомарного пакета без данных
push	Функция подготовки пакета к отправке
pop	Получения пакета с данными (ожидание первого валидного пакета)
pop2	Получение пакета с данными (ожидание валидного пакета не более 500 мс)
free	Высвобождение атомарного пакета для последующих итераций
SendBufferSize	Функция получения размера буфера отправки
CPreFFIFO	Класс, реализующий разделяемый буфер FIFO для атомарных пакетов мультимедийного контента для использования в качестве предварительного буфера с целью убыстрения процесса буферизации у клиентов
myData	Блок памяти хранения атомарных мультимедийных пакетов
myPackets2Send	Набор атомарных пакетов, подготовленных к отправке
myFreePackets	Набор атомарных пакетов без данных
myBufMutex	Объект критической секции буфера
CPreFFIFO	Конструктор
~CPreFFIFO	Деструктор
alloc	Функция получения атомарного пакета без данных
push	Функция подготовки пакета к отправке
SendPre	Передача данных из буфера клиенту
SendBufferSize	Функция получения размера буфера отправки

3.2.3.4. Блок управления

Структура блока управления представлена на рис.3.2.7.

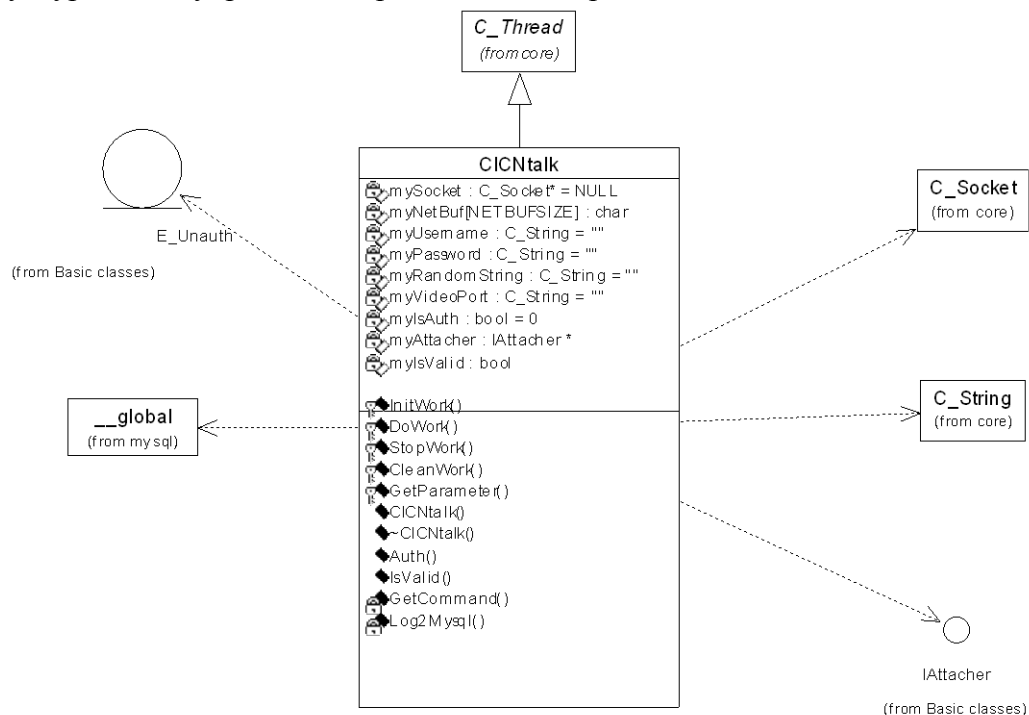


Рисунок 3.2.7. Диаграмма классов блока управления серверной части ПО

Спецификация представленных на диаграмме классов в таблице 3.2.7.

Таблица 3.2.7. Спецификация блока управления серверной части ПО

Наименование	Описание
CICNTalk	Класс, описывающий и реализующий серверную часть сетевого

Наименование	Описание
	протокола взаимодействия сервера и клиента
mySocket	Сетевой сокет, через который осуществляется общение сервера и клиента
myNetBuf	Буфер приема данных из сокета
myUsername	Имя пользователя, полученное от клиента
myPassword	Пароль, полученный от клиента (может быть в зашифрованном виде)
myRandomString	Строка-ключ, с помощью которой может быть осуществлена шифрация передаваемого пароля
myVideoPort	Порт на стороне клиента (полученный от клиента), куда будут направляться соединения для передачи мультимедийного потока
myIsAuth	Переменная валидности аутентификации
myAttacher	Переменная хранящая указатель на объект подключения к каналам
myIsValid	Переменная валидности подключения клиента к серверу
CICNTalk	Конструктор
~CICNTalk	Деструктор
GetParameter	Внутренняя функция получения нужного по порядку параметра из командной строки
Auth	Функция, реализующая аутентификацию и авторизацию пользователя
IsValid	Функция возвращающая значение переменной валидности подключения клиента
GetCommand	Внутренняя функция, реализующая чтение из сетевого потока данных и дешифрацию команд пользователя
Log2Mysql	Внутренняя функция внесения записей в таблицу статистики подключений к серверу

При каждом новом подключении клиента к серверу создается динамический объект класса CICNTalk, который осуществляет взаимодействие с клиентом. Таким образом достигается возможность одновременного подключения и независимого взаимодействия с сервером большого количества пользователей.

Освобождение памяти, выделенного на динамический объект осуществляется по мере отключения клиента от сервера.

3.2.3.5. Блок получения мультимедийного контента

Структура блока получения мультимедийного контента представлена на рис.3.2.8.

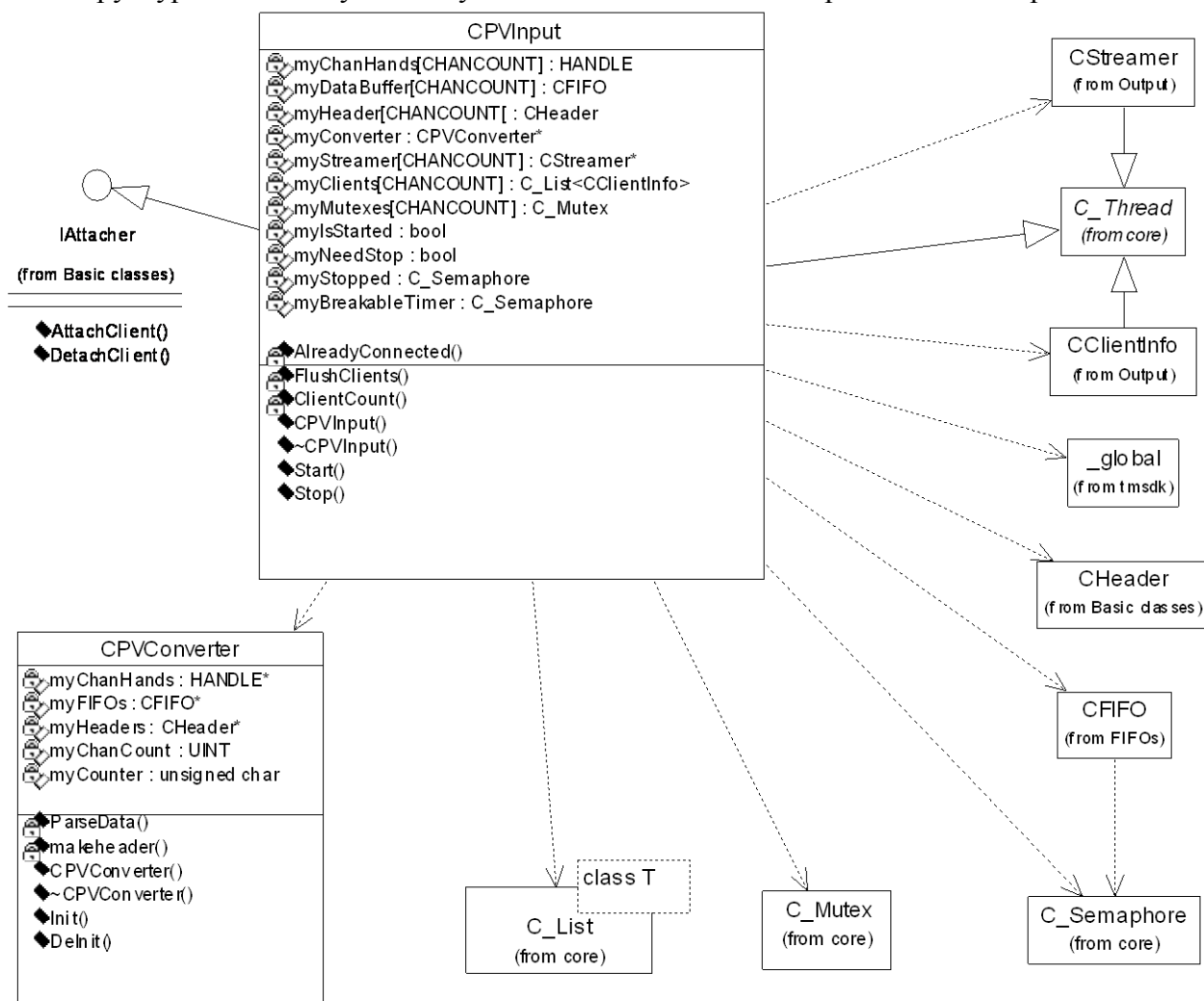


Рисунок 3.2.8. Диаграмма классов блока получения мультимедийного контента серверной части ПО

Спецификация представленных на диаграмме классов в таблице 3.2.8.

Таблица 3.2.8. Спецификация блока получения мультимедийного контента серверной части ПО

Наименование	Описание
CPVInput	Класс, реализующий инициализацию получения мультимедийного контента, его хранение, инициализацию передачи и передачу его клиентам, а также реализующий функциональность по управлению подключениями клиентов (освобождение выделенных ресурсов для отключенных клиентов)
myChanHands	Дескрипторы мультимедийных потоков
myDataBuffer	Главные разделяемые буферы для каждого мультимедийного потока
myHeader	Заголовки каждого мультимедийного потока
myConverter	Переменная, хранящая ссылку на объект класса CPVConverter, осуществляющего получение мультимедийного контента и его помещение в главные разделяемые буферы
myStreamer	Переменная, хранящая ссылки на объекты, в которых реализуется

Наименование	Описание
	передача мультимедийных потоков клиентам (по одному объекту на канал)
myClients	Все подключенные на клиентов мультимедийные потоки
myMutexes	Критические секции, используемые для защиты главных разделяемых буферов от несогласования в приложении с многопоточным управлением
myIsStarted	Верификатор запуска
myNeedStop	Верификатор необходимости останова
myStopped	Верификатор останова
myBreakableTimer	Таймер, по которому осуществляется освобождение памяти, выделенной на отключившихся клиентов
CPVInput	Конструктор
~CPVInput	Деструктор
AlreadyConnected	Функция определения количества подключенных с данного IP адреса мультимедийных потоков
FlushClients	Освобождение памяти, выделенной на отключившихся клиентов
ClientCount	Функция получения количества активных клиентов
Start	Запуск
Stop	Останов
CPVConverter	Класс, реализующий получение мультимедийных потоков, их предварительную обработку и распределение по главным разделяемым FIFO буферам (по одному на канал)
myChanHands	Указатели на дескрипторы мультимедийных потоков
myFIFO	Указатели на главные FIFO буферы
myHeaders	Указатели на заголовки мультимедийных потоков
myChanCount	Переменная, в которой хранятся значения количества обрабатываемых мультимедийных потоков
myCounter	Счетчик
CPVConverter	Конструктор
~CPVConverter	Деструктор
ParseData	Получение и обработка данных, получаемых с платы оцифровки и MPEG-2/4 кодирования
makeheader	Создание заголовка атомарного пакета мультимедийного потока
Init	Инициализация получения
DeInit	Деинициализация

Класс CPVConverter не обладает непосредственно независимой нитью управления, а работает в рамках передачи управления от SDK платы оцифровки после подготовки блока данных.

3.2.3.6. Блок передачи данных клиенту

Структура блока передачи данных клиенту представлена на рис.3.2.9.

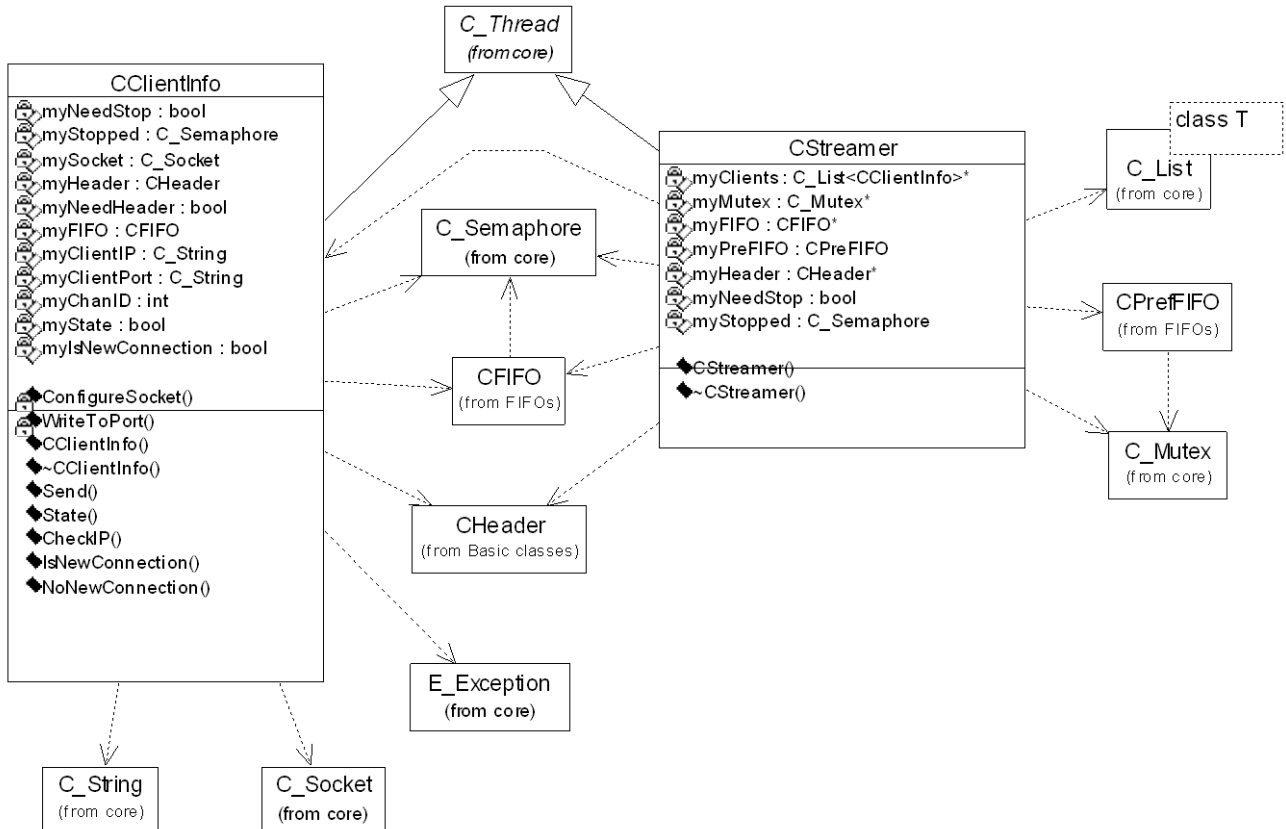


Рисунок 3.2.9. Диаграмма классов блока передачи данных клиенту серверной части ПО

Спецификация представленных на диаграмме классов в таблице 3.2.9.

Таблица 3.2.9. Спецификация блока передачи данных клиенту серверной части ПО

Наименование	Описание
CClientInfo	Класс, реализующий передачу данных из клиентского FIFO буфера собственно клиенту (по протоколу TCP)
myNeedStop	Верификатор необходимости останова работы
myStopped	Семафор-верификатор останова
mySocket	Сокет, через который осуществляется передача информации (мультимедийного потока) клиенту
myHeader	Заголовок мультимедийного потока
myNeedHeader	Верификатор необходимости передачи клиенту заголовка
myFIFO	Клиентский FIFO буфер
myClientIP	IP адрес клиента
myClientPort	Порт на стороне клиента
myChanID	Идентификатор мультимедийного потока, передаваемого клиенту
myState	Статус передачи
myIsNewConneciton	Верификатор нового подключения
CClientInfo	Конструктор
~CClientInfo	Деструктор
ConfigureSocket	Внутренняя функция конфигурация сокета
WriteToPort	Внутренняя функция передачи данных по сети (записи данных в сокет)
Send	Функция записи данных в клиентский FIFO буфер

Наименование	Описание
State	Функция получения статуса передачи
CheckIP	Функция проверки IP адреса пользователя
IsNewConnection	Функция возвращающая верификатор нового подключения
NoNewConnection	Функция устанавливающая верификатор нового подключения в значение FALSE
CStreamer	Класс, реализующий передачу данных из главного FIFO буфера мультимедийного потока (по одному объекту CStreamer на мультимедийный поток) в клиентские FIFO буферы
myClients	Указатель на список подключенных к данному мультимедийному потоку клиентов
myMutex	Объект критической секции защиты списка клиентов от рассогласования при многопоточном управлении
myFIFO	Указатель на главный FIFO буфер
myPreFIFO	Вспомогательный FIFO буфер предварительной буферизации
myHeader	Указатель на заголовок мультимедийного потока
myNeedStop	Верификатор необходимости останова передачи
myStopped	Верификатор остановки работы
CStreamer	Конструктор
~CStreamer	Деструктор

Совместная работа всех объектов на примере частного случая взаимодействия сервера и клиента может быть проиллюстрирована с помощью диаграммы последовательности методологии моделирования RUP.

3.2.3.7. Последовательность взаимодействие объектов между собой

Последовательность взаимодействия создаваемых объектов серверной части ПО показана на рисунке 3.2.10.

Во время запуска программы будет запущена функция `int main()`, перед фактическим выполнением которой будет проинициализирован объект `pv240` класса `CPVInput`, в котором будут вызваны функции SDK платы `PV260 InitDSP` (загрузка микрокода в процессоры плат) и ряд функций, устанавливающих режим оцифровки.

В функции `main()` вызывается метод `start` объекта `pv240` (`CPVInput`), результатом действия которого является запуск процесса получения и MPEG-2/4 кодирования плат `PV-260`, инициализация объекта класса `CPVConverter`, осуществляющего распределение мультимедийных потоков по главным FIFO буферам, а также созданы объекты класса `CStreamer` (и соответствующим образом проинициализированы), который будет по мере подключения клиентов, передавать данные из главных FIFO буферов в клиентские FIFO буферы.

В некоторый момент времени может произойти событие подключения пользователя, которое вызовет создание объекта `talk` класса `CICNtalk`, в результате взаимодействия которого с клиентом может быть вызван метод `AttachClient` объекта `pv240` (`CPVInput`), который приведет к созданию динамического объекта класса `CClientInfo` и началу передачи мультимедийного потока клиенту.

Процесс заполнения и опустошения главных FIFO буферов происходит по следующей схеме: вызов объектом класса `CPVConverter` метода `alloc` (выдача свободного атомарного пакета) объекта класса `CFIFO`, вызов `ReadStreamData` SDK платы оцифровки, помещение данных в атомарный пакет и вызов метода `push` (`CFIFO`) для помещения атомарного пакета с данными в буфер. Данный процесс выполняется по мере оцифровки данных. В случае переполнения главного буфера произойдет затирания «старых» данных, поэтому главный FIFO буфер достаточно большой, чтобы объект класса `CStreamer` успевал его своевременно опустошать.

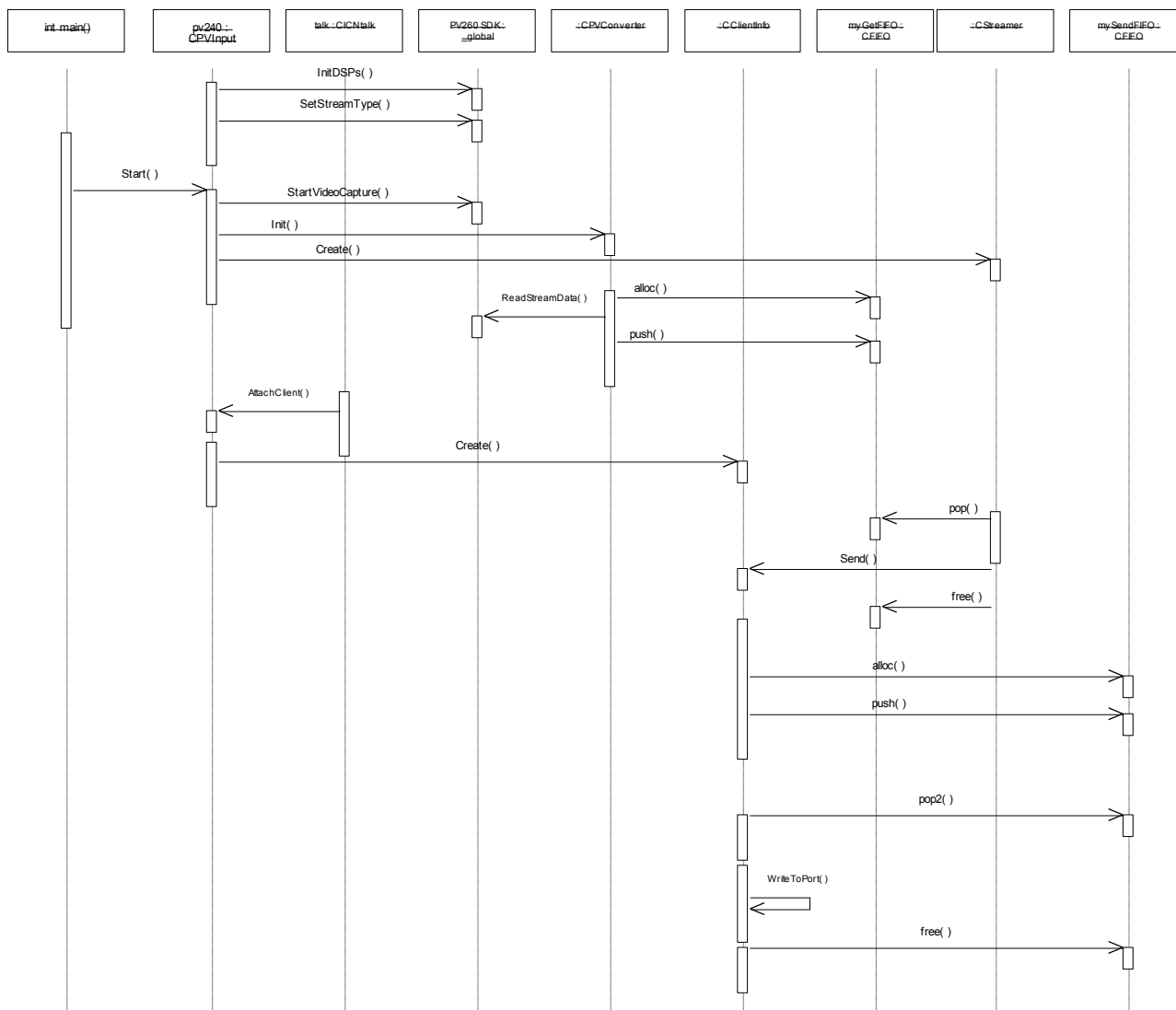


Рисунок 3.2.10. Диаграмма последовательности взаимодействия объектов серверной части ПО

Объект класса `CStreamer` постоянно вызывает метод `pop` (CFIFO) для получения подготовленного к отправке атомарного пакета с мультимедийными данными, вызывает метод `Send` для всех объектов класса `CClientInfo`, которые подключены к данному мультимедийному потоку и затем вызывает метод `free` (CFIFO) для высвобождения атомарного пакета для дальнейших итераций. В свою очередь в результате выполнения функции `Send()` будет заполнен клиентский FIFO буфер (вызов методов `alloc` и `push`), который затем в отдельной ните управления опустошается с помощью вызовов методов `pop2` и `free`. Передача самих данных осуществляется с помощью внутреннего метода класса `CClientInfo` – `WriteToPort`.

Структура реализации вышеописанных классов (компонентный состав) возможно проиллюстрировать диаграммами компонентов методологии проектирования RUP. Данные диаграммы отражают как набор файлов, с помощью которых реализуется тот или иной класс, но также показывает перечень зависимостей итоговых исполняемых файлов.

3.2.3.8. Компонентный состав

Компонентный состав серверной части ПО представлен на рис.3.2.11.

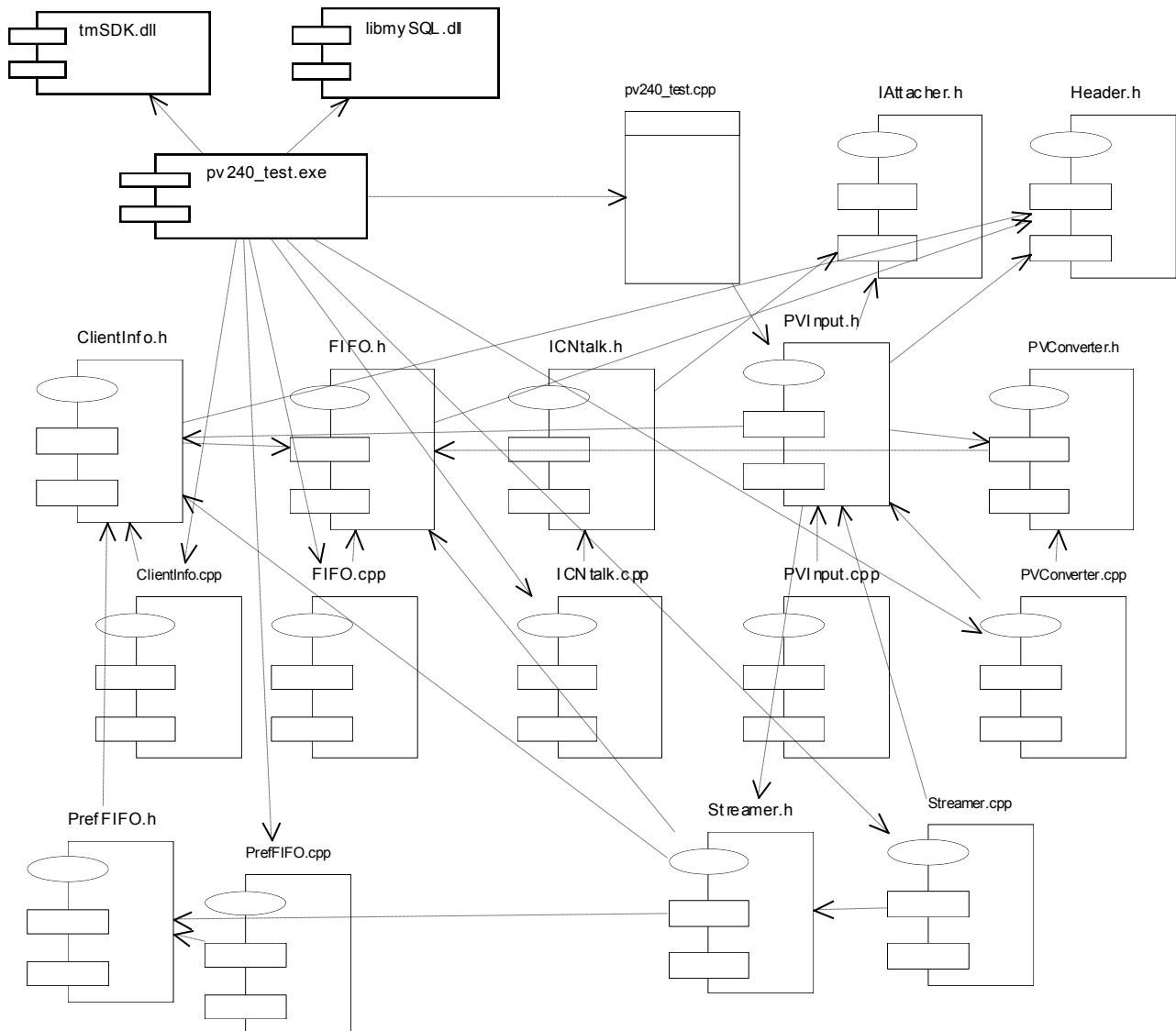


Рисунок 3.2.11. Диаграмма компонентов серверной части ПО

Результирующий исполняемый файл серверной части pv240_test.exe использует во время выполнения разделяемые библиотеки tmSDK.dll и libmySQL.dll. Само же создание исполняемого файла pv240_test.exe зависит от содержания всех файлов *.cpp (определения соответствующих классов). Дальнейшие зависимости показаны в соответствии с реализованным программным обеспечением.

Спецификация представленных на диаграмме компонентов представлена в таблице 3.2.10.

Таблица 3.2.10. Спецификация диаграммы компонентов серверной части ПО

Наименование	Описание
tmSDK.dll	Разделяемая библиотека SDK платы получения и MPEG-2/4 кодирования (PV-240/260)
libmySQL.dll	Разделяемая библиотека для доступа к СУБД mysql
pv240_test.exe	Исполняемый файл серверной части ПО
pv240_test.cpp	Файл с исходным текстом основной программы (int main()) серверной части ПО
IAttacher.h	Заголовочный файл, описывающий абстрактный класс-интерфейс IAttacher

Наименование	Описание
Header.h	Заголовочный файл, описывающий классы CHeader и CPacket, а также определяющий ряд констант
ClientInfo.h	Заголовочный файл, описывающий класс CClientInfo
ClientInfo.cpp	Файл с исходным текстом класса CClientInfo
FIFO.h	Заголовочный файл, описывающий класс CFIFO
FIFO.cpp	Файл с исходным текстом класса CFIFO
ICNtalk.h	Заголовочный файл, описывающий класс CICNtalk
ICNtalk.cpp	Файл с исходным текстом класса CICNtalk
PVInput.h	Заголовочный файл, описывающий класс CPVInput
PVInput.cpp	Файл с исходным текстом класса CPVInput
PVConverter.h	Заголовочный файл, описывающий класс CPVConverter
PVConverter.cpp	Файл с исходным текстом класса CPVConverter
PrefFIFO.h	Заголовочный файл, описывающий класс CPrefFIFO
PrefFIFO.cpp	Файл с исходным текстом класса CPrefFIFO
Streamer.h	Заголовочный файл, описывающий класс CStreamer
Streamer.cpp	Файл с исходным текстом класса CStreamer

Таким образом после компиляции серверной части ПО для ее размещения потребуется сам исполняемый файл программы rv240_test.exe, а также файлы разделяемых библиотек tmSDK.dll и libmysql.dll. Подробнее о разворачивании системы см. раздел 3.3.

3.2.4. Клиентская часть

Клиентская часть ПО должна реализовывать удобный и понятный интерфейс пользователя, клиентскую часть сетевого протокола взаимодействия сервера и клиента, а также обеспечивать прием, декодирование и визуализацию запрашиваемого мультимедийного потока.

На рис.3.2.12 приведена диаграмма вариантов использования, в которой отражены все необходимые функциональные возможности клиентской части ПО.

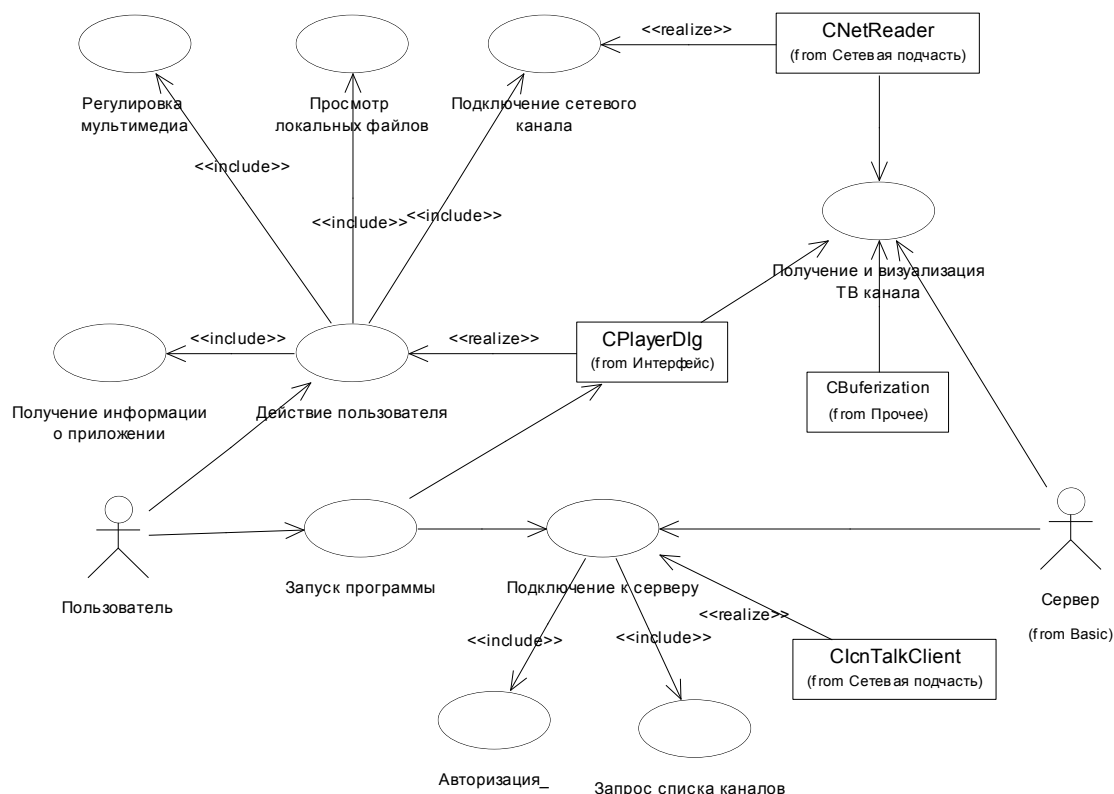


Рисунок 3.2.12. Диаграмма вариантов использования клиентской части ПО

Спецификация актеров и вариантов использования представлена в таблице 3.2.11

Таблица 3.2.11. Спецификация для диаграммы вариантов использования клиентской части ПО

Наименование	Описание
<i>Актеры</i>	
Пользователь	Пользователь имеющий доступ к системе мультимедийного вещания (логин, пароль), запускающий и работающий с клиентским ПО
Сервер	Сервер мультимедийного вещания
CPlayerDlg	Класс, реализующий интерфейс основного окна приложения
CBuferization	Класс, реализующий функцию буферизации принимаемого мультимедийного потока
CIcnTalkClient	Класс, реализующий клиентскую часть сетевого протокола взаимодействия сервера и клиента
CNetReader	Класс, реализующий получение по сети передачи данных мультимедийного потока
<i>Варианты использования</i>	
Запуск программы	Запуск программы пользователем
Подключение к серверу	Процесс установления соединения клиентского и серверного ПО
Авторизация	Ввод имени и пароля пользователя, передача их соответствующим образом серверу
Запрос списка каналов	Запрос и получение списка каналов
Действие пользователя	Некоторое действие пользователя направленное на изменение состояния клиентской части ПО
Получение информации о приложении	Запрос и выдача в новом окне информации о приложении
Регулировка мультимедиа	Настройка пользователем режима отображения мультимедийного потока (размер изображения, пропорции, яркость, контрастность, уровень звука и проч.)
Просмотр локальных файлов	Просмотр ранее записанных мультимедийных потоков на жесткий диск
Подключение сетевого канала	Запрос серверу на подключение выбранного мультимедийного потока
Получение и визуализация ТВ канала	Получение, визуализация основном окне программы, либо сохранение на диск, либо и то и другое одновременно получаемого мультимедийного потока

С учетом представленных выше вариантов использования, разработано логическое представление серверной части ПО.

3.2.4.1. Логическое представление клиентской части ПО

На логическом уровне можно выделить следующие функциональные блоки клиентской части ПО: интерфейсный блок (Интерфейс), сетевой блок (Сетевая подчасть), также блок с различными вспомогательными классами (Прочее). Аналогично серверной части, клиентская часть опирается на ряд дополнительных блоков: блок основных классов, блок SDK для визуализации MPEG-2/4 контента, а также блок Microsoft Foundation Classes (MFC), с помощью которого реализуется само оконное приложение.

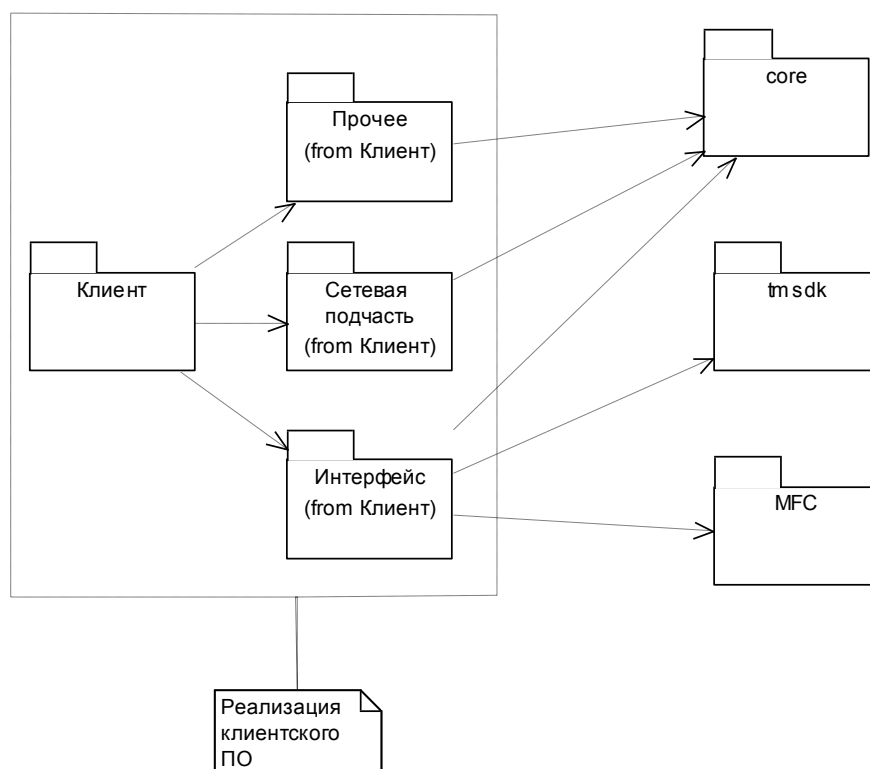


Рисунок 3.2.13. Взаимодействие функциональных блоков клиентской части ПО

3.2.4.2. Блок вспомогательных классов

Структура блока вспомогательных классов представлена на рис.3.2.14.

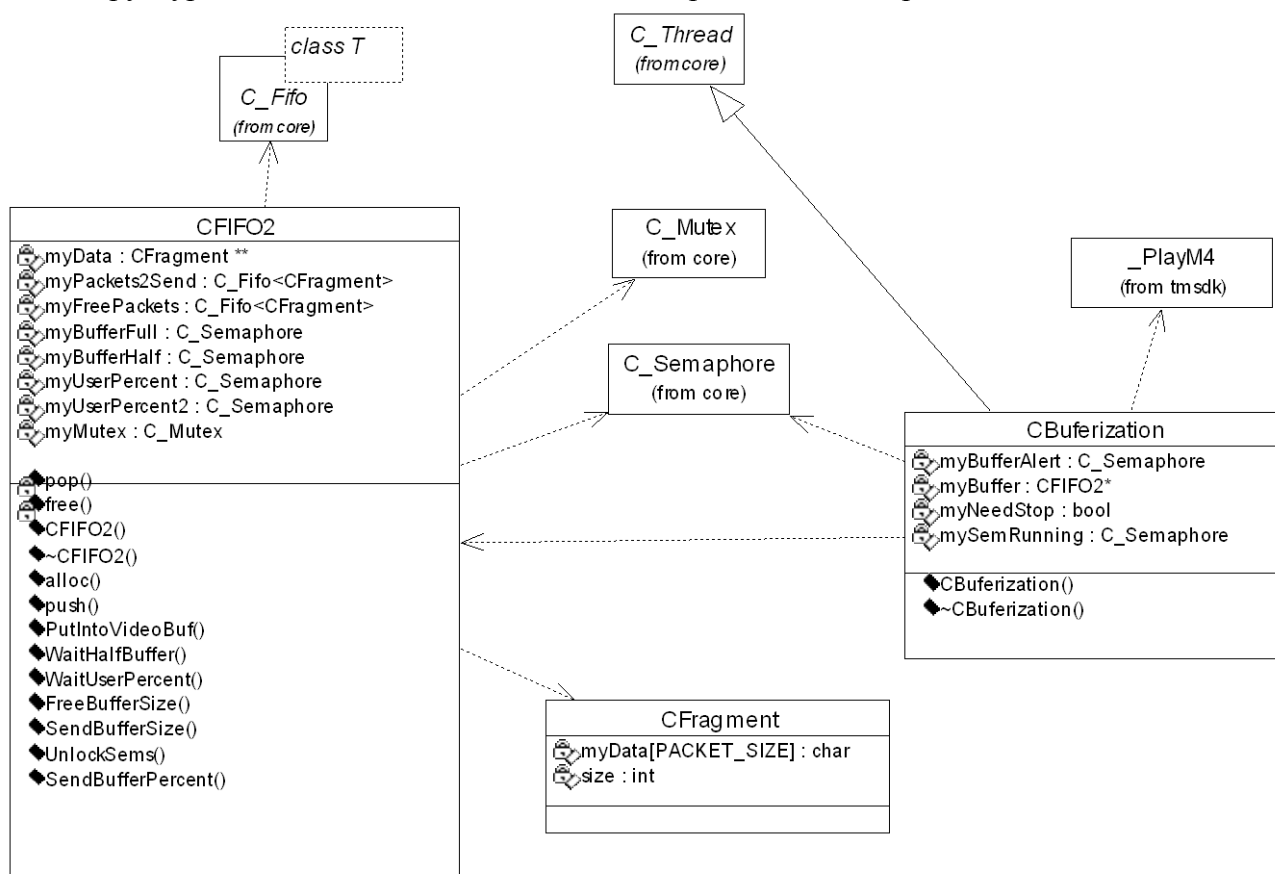


Рисунок 3.2.14. Диаграмма классов блока вспомогательных классов клиентской части ПО

Спецификация представленных на диаграмме классов в таблице 3.2.12.

Таблица 3.2.12. Спецификация блока основных классов клиентской части ПО

Наименование	Описание
CFIFO2	Класс, реализующий разделяемый буфер FIFO для атомарных пакетов мультимедийного контента
myData	Блок памяти хранения атомарных мультимедийных пакетов
myPackets2Send	Набор атомарных пакетов, подготовленных к отправке
myFreePackets	Набор атомарных пакетов без данных
myBufferFull	Семафор, сигнализирующий о полном заполнении буфера
myBufferHalf	Семафор, сигнализирующий о заполнении буфера наполовину
myUserPercent	Семафор, сигнализирующий о заполнении буфера на заданное в настройках программы значение
myUserPercent2	Семафор, сигнализирующий о заполнении буфера на заданное в настройках программы значение
myMutex	Объект критической секции, защищающий myData от несогласованности при многопоточном выполнении программы
CFIFO2	Конструктор
~CFIFO2	Деструктор
alloc	Функция получения атомарного пакета без данных
push	Функция подготовки пакета к отправке
pop	Получения пакета с данными (ожидание первого валидного пакета)
free	Высвобождение атомарного пакета для последующих итераций
PutIntoVideoBuf	Перенос содержимого FIFO буфера в буфер декодирования MPEG-2/4
WaitHalfBuffer	Функция ожидания события половинного заполнения буфера
WaitUserPercent	Функция ожидания события заполнения буфера, на заданное в настройках значение
FreeBufferSize	Функция, возвращающая значение о доступном размере буфера
SendBufferSize	Функция, возвращающая значение о размере буфера с подготовленными данными
UnlockSems	Функция разблокирования всех семафоров
SendBufferPercent	Функция, возвращающая процент заполнения буфера с подготовленными данными для передачи в буфер декодирования MPEG-2/4
CFragment	Класс, который реализует структуру атомарного фрагмента мультимедийного потока
myData	Буфер для хранения данных мультимедийного потока (фрагмента)
size	Валидный размер буфера
CBufferization	Класс, реализующий функциональность по буферизации принимаемого мультимедийного потока с целью повышения стабильности воспроизведения при недостаточно надежном соединении
myBufferAlert	Семафор, сигнализирующий о критически малом значении буфера приема
myBuffer	Указатель на разделяемый FIFO буфер
myNeedStop	Верификатор необходимости останова работы
mySemRunning	Семафор, сигнализирующий об останове работы объекта класса
CBufferization	Конструктор
~CBufferization	Деструктор

3.2.4.3. Сетевой блок

Структура классов сетевого блока представлена на рис.3.2.15.

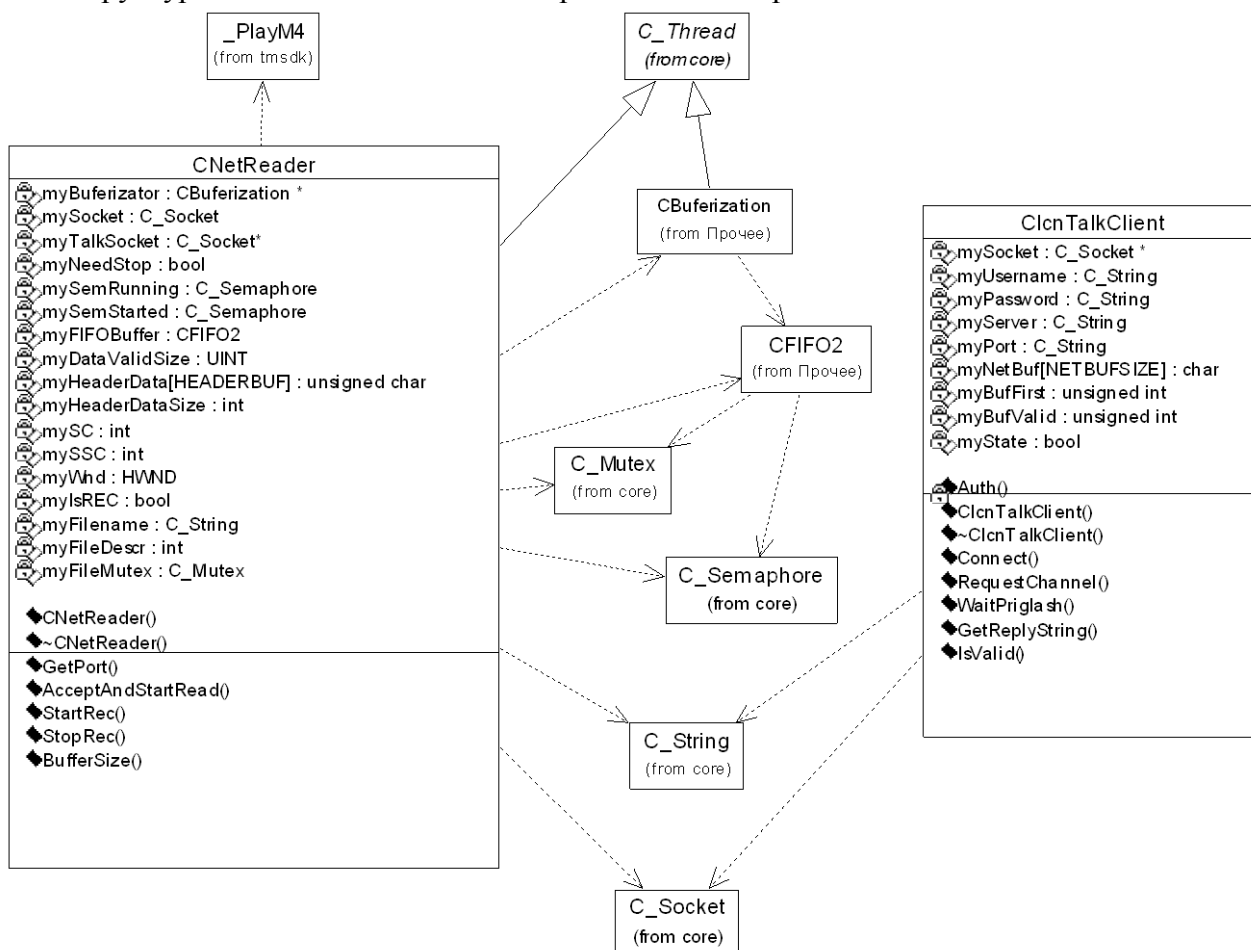


Рисунок 3.2.15. Диаграмма классов сетевого блока клиентской части ПО

Спецификация представленных на диаграмме классов в таблице 3.2.13.

Таблица 3.2.13. Спецификация сетевого блока клиентской части ПО

Наименование	Описание
CNetReader	Класс, реализующий получение мультимедийного потока от сервера вещания, его предварительную обработку и передачу данных для буферизации и последующей передачи в буфер декодирования MPEG-2/4
myBuferizator	Указатель на объект, который реализует функциональность буферизации
mySocket	Сокет, с помощью которого осуществляется соединение с сервером вещания
myTalkSocket	Сокет, через который идет общение с сервером вещания (получение мультимедийного потока)
myNeedStop	Верификатор необходимости останова работы
mySemRunning	Семафор, сигнализирующий об успешной работе приема данных
mySemStarted	Семафор, сигнализирующий о запуске работы приема данных
myFIFOBuffer	Разделяемый FIFO буфер
myDataValidSize	зарезервированная переменная
myHeaderData	Заголовок мультимедийного контента
myHeaderSize	Валидный размер заголовка мультимедийного контента

Наименование	Описание
mySC	Счетчик подсекций принимаемых пакетов
mySSC	Счетчик вторичных подсекций принимаемых пакетов
myWnd	Указатель на окно приложения, в котором осуществляется визуализация принимаемого мультимедийного контента
myIsREC	Верификатор записи мультимедийного потока на диск
myFilename	Имя файла, куда осуществляется запись (если осуществляется) мультимедийного потока
myFileDesc	Дескриптор файла, куда осуществляется запись (если осуществляется) мультимедийного потока
myFileMutex	Объект критической секции, защищающий процесс записи в файл данных мультимедийного потока от несогласования при многократном методе выполнения приложения
CNetReader	Конструктор
~CNetReader	Деструктор
GetPort	Внутренняя функция, которая определяет доступный порт на локальной машине, на который будет производится соединение со стороны сервера для начала передачи мультимедийного потока (реализация защиты от несанкционированного использования системы)
AcceptAndStartRead	Функция ожидания соединения со стороны сервера и начало приема данных мультимедийного потока в разделяемый буфер и его буферизацию
StartRec	Начало записи в файл
StopRec	Окончание записи в файл
BufferSize	Функция, возвращающая значение FIFO буфера
CIcnTalkClient	Класс, реализующий клиентскую часть сетевого протокола взаимодействия сервера и клиента
mySocket	Сокет, через который происходит общение сервера и клиента
myUsername	Имя пользователя
myPassword	Пароль пользователя
myServer	Доменное имя или IP адрес сервера
myPort	Порт на стороне сервера
myNetBuf	Буфер приема информации от сервера
myBufFirst	Переменная, отражающая первое валидное значение в буфере приема
myBufValid	Переменная, отражающая количество валидных данных в буфере
myState	Верификатор статуса соединения с сервером
CIcnTalkClient	Конструктор
~CIcnTalkClient	Деструктор
Auth	Внутренняя функция, реализующая общение с сервером с целью аутентификации
Connect	Инициализация сокета и установление соединения с сервером
RequestChannel	Запрос подключения канала
WaitPriglash	Ожидание приглашения от сервера
GetReplyString	Получение строки ответа сервера
IsValid	Функция, возвращающая верификатор статуса соединения с сервером

3.2.4.4. Интерфейсный блок

Структура классов интерфейсного блока представлена на рис.3.2.16.

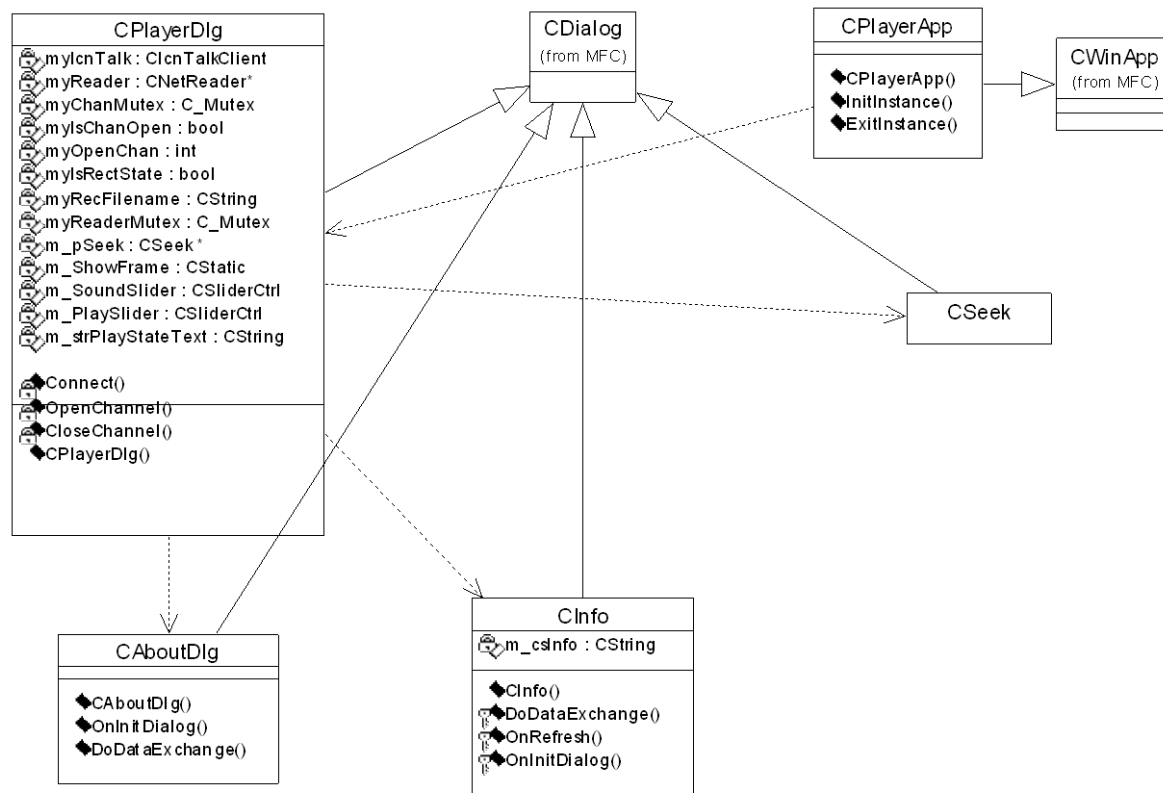


Рисунок 3.2.16. Диаграмма классов интерфейсного блока клиентской части ПО

Спецификация представленных на диаграмме классов в таблице 3.2.14.

Таблица 3.2.14. Спецификация интерфейсного блока клиентской части ПО

Наименование	Описание
CAboutDlg	Класс, реализующий оконный диалог с отображением краткой информации о приложении
CAboutDlg	Конструктор
OnInitDialog	Инициализация управляющих элементов окна
DoDataExchange	Функция, реализующая обмен данными между внутренними переменными и объектами окна
CInfo	Класс, реализующий оконный диалог с отображением служебной информации приложения (недоступных функций процессора, режиме декодирования и проч.)
m_csInfo	Переменная, где хранится строка-информация, которая будет отображена в окне пользователю
CInfo	Конструктор
DoDataExchange	Функция, реализующая обмен данными между внутренними переменными и объектами окна
OnRefresh	Функция, которая будет вызвана при обновлении содержимого окна
OnInitDialog	Функция, которая будет вызвана во время инициализации диалогового окна для инициализации всех управляющих элементов
CSeek	Класс, с помощью которого реализуется возможность изменение текущего положения во времени декодирования ранее записанного мультимедийного потока

Наименование	Описание
CPlayerApp	Класс, реализующий базовые функции приложения, являющийся отправной точкой работы приложения в целом
CPlayerApp	Конструктор
InitInstance	Функция инициализации приложения
ExitInstance	Функция деинициализации приложения
CPlayerDlg	Класс, реализующий основное диалоговое окно приложения клиентской части ПО
myIcnTalk	Переменная, в которой хранится ссылка на объект, осуществляющий общение с серверной частью ПО
myReader	Указатель на объект, осуществляющий прием мультимедийного потока от сервера вещания и его визуализацию, а также при запросе пользователя – сохранение принимаемого мультимедийного потока в файл
myChanMutex	Объект критической секции, не дающий возможность приложению с многониточным управлением запросить одновременное открытие нескольких мультимедийных потоков в одном окне
myIsChanOpen	Верификатор получения мультимедийного контента
myOpenChan	Номер получаемого мультимедийного контента (согласно полученному списку каналов от сервера)
myIsRectState	Верификатор состояния записи мультимедийного потока на диск
myRecFilename	Имя файла, куда должна осуществляться запись мультимедийного потока
myReaderMutex	Объект критической секции, защищающий от несогласованного доступа к указателю myReader
m_pSeek	Переменные, хранящие некоторые значения, отражающие состояние элементов диалогового интерфейса
m_ShowFrame	
m_SoundSlider	
m_strPlayStateText	
...	
CPlayerDlg	Конструктор
Connect	Функция, осуществляющая инициализацию и соединение с сервером мультимедийного вещания
OpenChannel	Открытие запрашиваемого канала
CloseChannel	Закрытие канала
...	Прочие функции, обеспечивающие работу оконного интерфейса (функции, реагирующие на различного рода события – изменение размеров окна, обновления содержимого окна, нажатие на кнопки и проч.)

На диаграмме показаны только наиболее важные переменные и функции классов, имеющих непосредственное отношение к получению мультимедийного потока от сервера вещания.

Кроме самих классов, при реализации оконного интерфейса пользователя немаловажным является само расположение диалоговых элементов на поле окна.

3.2.4.5. Реализация интерфейса клиентской части ПО

Один из вариантов расположения диалоговых элементов для главного окна приложения клиентской части ПО приведен на рис.3.2.17.

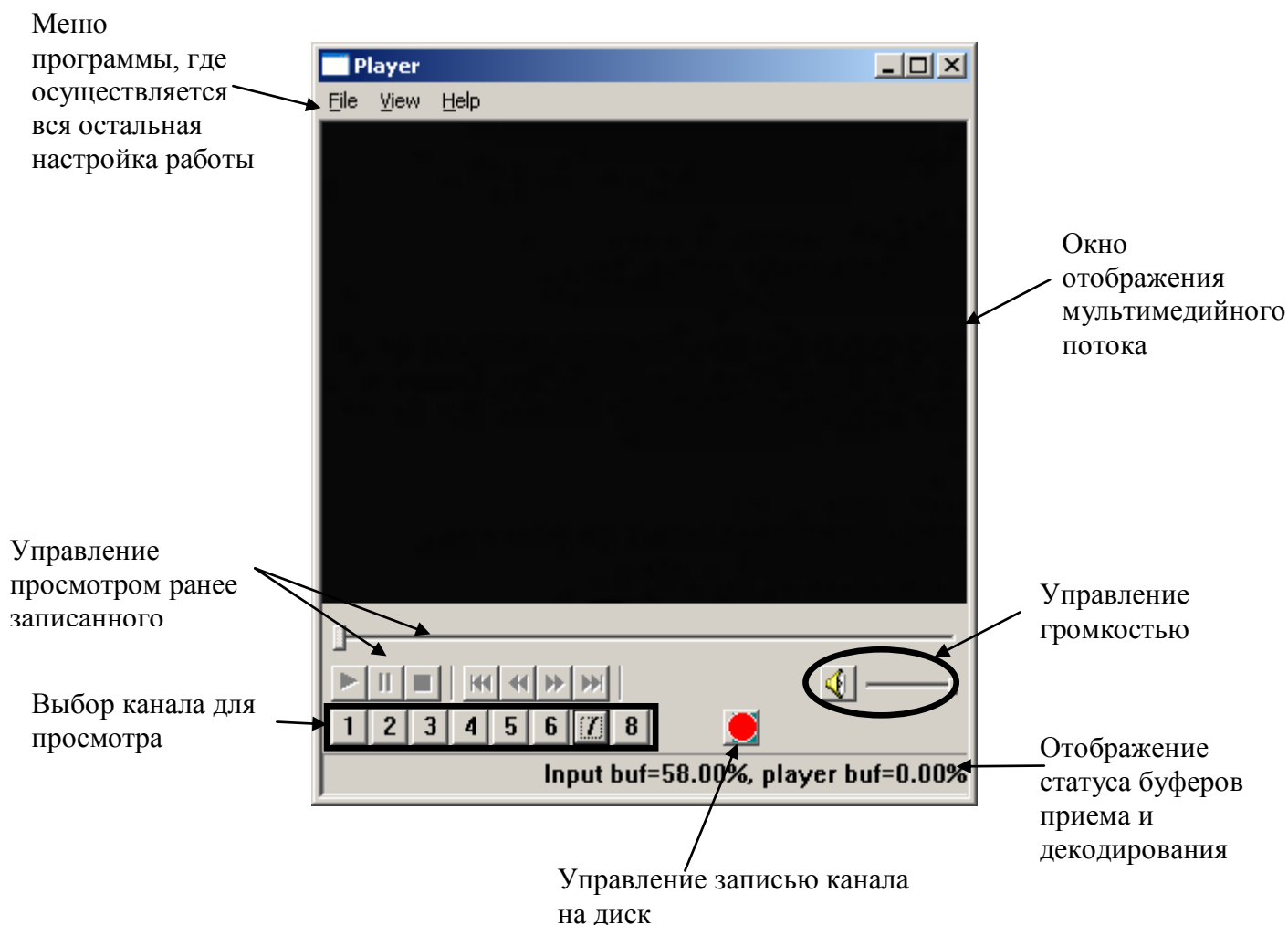


Рисунок 3.2.17. Расположение диалоговых элементов в главном окне приложения клиентской части ПО

При модификации размеров главного окна приложения сохраняются пропорции изображения, таким образом осуществляется защита от искажения принимаемого мультимедийного потока. Переход в полноэкранный режим осуществляется либо двукратным нажатием правой кнопки мыши, либо выбором соответствующего пункта в меню программы.

Отображение статуса буферов приема и декодирования реализована с целью отработки режимов буферизации приложения и в последующих релизах будет исключена либо включаться соответствующей опцией программы.

Выбор канала для просмотра осуществляется нажатием кнопки с желаемым номером. После начала просмотра возможно начать запись принимаемого мультимедийного потока с помощью кнопки управления записью канала на диск.

В offline режиме возможен просмотр ранее записанных мультимедийных потоков в файлы на диск. Управление просмотром в этом случае осуществляется соответствующими элементами интерфейса.

Структура реализации вышеописанных классов (компонентный состав) возможно проиллюстрировать диаграммами компонентов методологии проектирования RUP. Данные диаграммы отражают как набор файлов, с помощью которых реализуется тот или иной класс, но также показывает перечень зависимостей итоговых исполняемых файлов.

3.2.4.6. Компонентный состав

Компонентный состав клиентской части ПО представлен на рис.3.2.18.

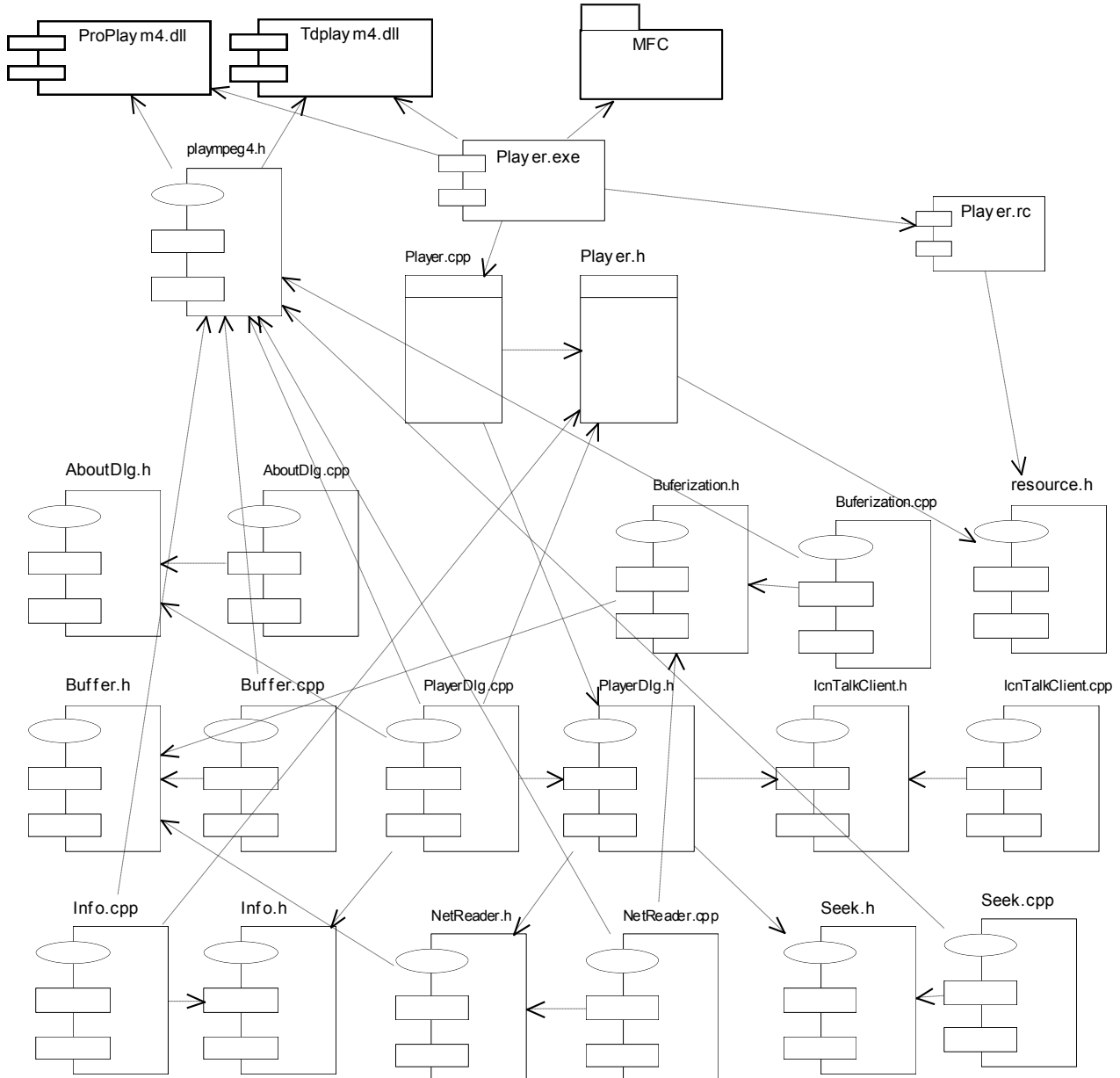


Рисунок 3.2.18. Диаграмма компонентов клиентской части ПО

Результирующий исполняемый файл клиентской части Player.exe использует во время выполнения разделяемые библиотеки ProPlaym4.dll, Tdplaym4.dll, а также набор разделяемых библиотек MFC. На диаграмме не представлены зависимости компонентов системы от заголовочных файлов библиотек, поскольку предполагается наличие стандартного заголовочного файла stdafx.h, в котором произведены необходимые включения, а сам файл включается в каждый файл исходных текстов. Создание исполняемого файла Player.exe в свою очередь зависит от содержания всех файлов *.cpp (определения соответствующих классов). Дальнейшие зависимости показаны в соответствии с реализованным программным обеспечением.

Спецификация представленных на диаграмме компонентов представлена в таблице 3.2.15.

Таблица 3.2.15. Спецификация диаграммы компонентов клиентской части ПО

Наименование	Описание
ProPlaym4.dll	Разделяемая библиотека декодирования MPEG-2/4

Наименование	Описание
Tdplaym4.dll	Вспомогательная разделяемая библиотека для декодирования MPEG-2/4
MFC	Набор стандартных разделяемых библиотек MFC
plaympeg4.h	Заголовочный файл, в котором описано API библиотеки декодирования MPEG-2/4
Player.exe	Исполняемый файл клиентской части ПО
Player.rc	Файл ресурсов, в котором описано расположение всех диалоговых элементов приложения
resource.h	Заголовочный файл, описывающий идентификаторы всех ресурсов
Player.h	Заголовочный файл, описывающий класс CPlayer – основной класс приложения, инициализирующий все остальные действия программы
Player.cpp	Файл исходных текстов, реализующий класс CPlayer
AboutDlg.h	Заголовочный файл, описывающий класс CAboutDlg
AboutDlg.cpp	Файл исходных текстов, реализующий класс CAboutDlg
Buferization.h	Заголовочный файл, описывающий класс CBuferization
Buferization.cpp	Файл исходных текстов, реализующий класс CBuferization
Buffer.h	Заголовочный файл, описывающий классы CFragment и CFIFO
Buffer.cpp	Файл исходных текстов, реализующий классы CFragment и CFIFO
PlayerDlg.h	Заголовочный файл, описывающий класс CPlayerDlg
PlayerDlg.cpp	Файл исходных текстов, реализующий класс CPlayerDlg
ICnTalkClient.h	Заголовочный файл, описывающий класс CICnTalkClient
ICnTalkClient.cpp	Файл исходных текстов, реализующий класс CICnTalkClient
Info.h	Заголовочный файл, описывающий класс CInfo
Info.cpp	Файл исходных текстов, реализующий класс CInfo
NetReader.h	Заголовочный файл, описывающий класс CNetReader
NetReader.cpp	Файл исходных текстов, реализующий класс CNetReader
Seek.h	Заголовочный файл, описывающий класс CSeek
Seek.cpp	Файл исходных текстов, реализующий класс CSeek

Результатом компиляции клиентской части ПО является исполняемый файл Player.exe, функционирование которого зависит от библиотек ProPlaym4.dll, Tdplaym4.dll и набора библиотек MFC, которые при развертывании системы должны быть поставлены на компьютер назначения.

3.3. Развертывание комплекса вещания

Диаграмма развертывания комплекса программно-аппаратного обеспечения представлена на рисунке 3.3.1.

Требования к базовому персональному компьютеру серверной части ПО следующие:

CPU – Pentium 4 2.4 Ghz и выше

RAM – 512 Мбайт и выше

HDD – 40 Гбайт и выше

Требования к персональному компьютеру, на котором гарантируется функционирование клиентской части ПО:

CPU – Celeron 1 Ghz и выше

RAM – 128 Мбайт и выше

HDD – 20 Гбайт и выше

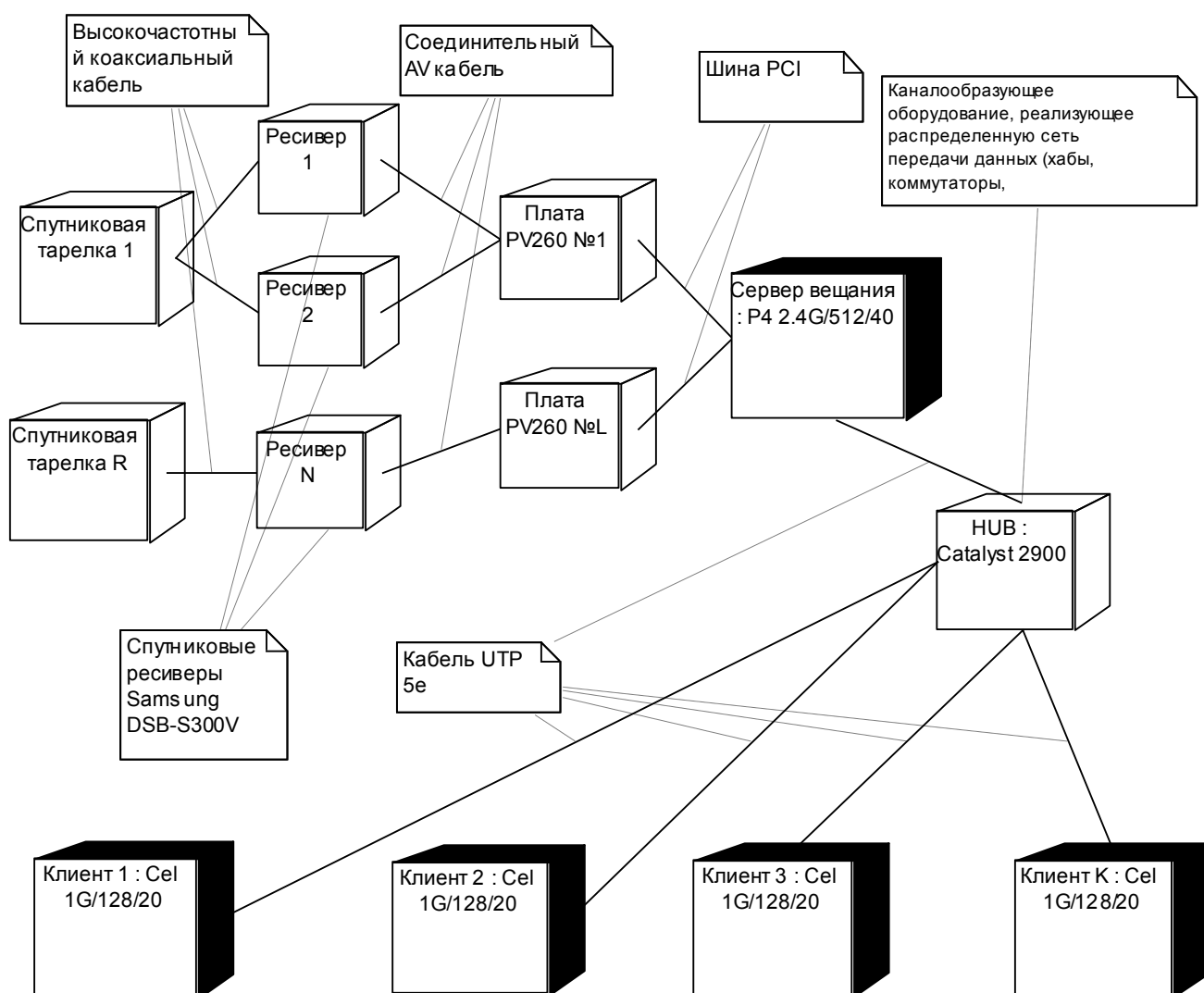


Рисунок 3.3.1. Структурная схема комплекса мультимедийного вещания

Источником мультимедийного контента являются цифровые спутниковые каналы, прием которых осуществляется с помощью спутниковых тарелок (диаметр выбирается исходя из зоны охвата конкретного спутника) и цифро-аналоговых ресиверов (рекомендуется модель Samsung DSB-S300V, обладающая оптимальными характеристиками и минимальной ценой). Количество необходимых антенн равно количеству различных спутников (R), с которых осуществляется прием мультимедийного контента. Количество ресиверов (N) равно количеству одновременно получаемых мультимедийных потоков (каналов).

Оцифровка производится с помощью плат получения и MPEG-2/4 кодирования производства компании ProVideo PV-260 и PV-261 (4 порта ввода и 8 портов соответственно), которые устанавливаются в PCI слоты базового шасси сервера вещания. В качестве операционной системы на персональном компьютере сервера вещания должен быть установлен Windows 2k/XP и установлены соответствующие драйвера для плат PV-260/PV-261, после чего возможна установка серверной части ПО с помощью инсталляционного пакета, куда входит исполняемый файл pv240_test.exe и две разделяемые библиотеки – tmSDK.dll и libmySQL.dll.

Сеть передачи данных должна иметь максимальную теоретическую пропускную способность не менее 100 Мбит/с. В качестве каналообразующего оборудования рекомендуется использование коммутаторов Catalyst 2900, обеспечивающих высокую производительность, наращиваемость и защищенность узлов сети передачи данных, либо при наличии уже существующей сети – того оборудования что имеется в наличии.

На клиентский компьютерах должна быть ОС Windows 2k/XP/2003, установка клиентской части ПО осуществляется с помощью инсталляционного пакета, в который входят стандартные библиотеки MFC, файлы разделяемых библиотек ProPlaym4.dll, Tdplaym4.dll, а также сам исполняемый файл Player.exe.

Выводы

Выявлены возможные решения построения комплексов мультимедийного вещания: на базе персонального компьютера с применением покупных или разрабатываемых плат расширения для приема и/или обработки мультимедийного контента, и решение на базе шасси мультимедийного устройства (например DVD плеера) с использованием доработанной прошивки и специально разрабатываемых модулей. В качестве предмета исследований и разработки выбрано решение на базе персонального компьютера с применением дополнительного оборудования.

Произведена классификация дополнительного оборудования по способу получения мультимедийных данных (оборудование приема цифрового спутникового потока, оборудование оцифровки НЧ сигнала, оборудование приема аналогового эфирного телевидения и радио) и по способу сочленения с базовым ПК (интерфейсу передачи данных): USB, PCI, PCI-X, PCMCIA.

Рассмотрены структуры и особенности вариантов оборудования доступного на рынке: для приема аналогового эфирного и кабельного телевидения, для приема цифрового эфирного, кабельного и спутникового телевидения, для оцифровки аналогового сигнала.

В качестве оборудования для комплекса мультимедийного вещания с учетом поставленных задач выбраны платы компании ProVideo PV-260, сочетающие в себе возможности по MPEG-4 кодированию в реальном масштабе времени до четырех каналов одновременно с использованием одной платы, так и возможность кодирования в реальном масштабе времени до 24 каналов при совместной работе нескольких плат.

В качестве программной основы мультимедийного вещания выявлены две составляющие - серверная и клиентская части. С помощью диаграммы вариантов использования методологии проектирования RUP показано взаимодействие сервера и клиента, разработан протокол взаимодействия серверной и клиентской части по.

Выбрано лингвистическое обеспечение для построения программного обеспечения – Microsoft Visual C++ (Microsoft Visual Studio 2003).

С помощью диаграмм вариантов использования спроектирована работа серверной части ПО, выявлены основные функциональные блоки: блок FIFO буферов, блок основных классов сервера, блок управления, блок получения мультимедийного контента, блок передачи данных клиенту, которые используют в своей реализации функции SDK, а также ряд базовых классов. Для каждого блока показано содержание и взаимозависимости классов. С помощью диаграммы последовательности промоделирована совместная работа всех объектов серверной части ПО на примере частного случая взаимодействия сервера и клиента. Выявлен компонентный состав ПО и зависимости между компонентами ПО.

Спроектирована работа клиентской части ПО, выявлены основные функциональные блоки: интерфейсный блок, сетевой блок, также блок с различными вспомогательными классами, а также ряд дополнительных блоков: блок основных классов, блок SDK для визуализации MPEG-2/4 контента, а также блок Microsoft Foundation Classes (MFC), с помощью которого реализуется само оконное приложение. Для каждого блока показано содержание и взаимозависимости классов. Произведена разработка пользовательского интерфейса главного окна приложения. Выявлен компонентный состав клиентской части ПО и зависимости между компонентами ПО.

Определена структура развертывания комплекса мультимедийного вещания, определены требования к аппаратному обеспечению базового шасси ПК сервера (P4 2.4G, 512 Мбайт ОЗУ, 40 Гбайт ПЗУ, ОС Windows 2k/XP) и ПК, на которых гарантируется работа клиентской части ПО (Celeron 1G, 128 Мбайт ОЗУ, 20 Гбайт ПЗУ, ОС Windows 2k/XP/2003). Даны рекомендации по выбору модели спутникового ресивера (Samsung DSB-S300V) для приема спутниковых цифровых телевизионных и радио каналов, а также рекомендации по выбору каналобразующего оборудования для построения сети передачи данных.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ КОМПЛЕКСА МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ВЕЩАНИЯ

Последним этапом разработки программно-аппаратного комплекса мультимедийного вещания является построение опытного сервера вещания и экспериментальное исследование его функциональности при различных режимах эксплуатации.

Целью исследований является получение информации о надежности и отказоустойчивости разработанного серверного и клиентского программного обеспечения, средних требованиях к пропускной способности канала в пересчете на одного подключенного пользователя, оценка потребительской заинтересованности сервисом, оценка максимального количества одновременно подключенных пользователей к серверу вещания в условиях сети передачи данных стандарта 100BaseTX. Кроме того, в ходе испытаний необходимо получить сведения о стабильности получения мультимедийных потоков клиентами, качестве работы механизма буферизации, а также различных сведений и пожеланий пользователей системы, направленных на улучшение потребительских и функциональных свойств комплекса.

Требования к пропускной способности каналов передачи данных оценивались с помощью программного обеспечения MRTG [37], а также штатных средств операционной системы Windows XP, установленной на сервере вещания.

4.1. Построение сервера вещания

Построение опытного образца сервера вещания и экспериментальное исследование проводилось на базе сети передачи данных Измайловского студгородка МГТУ им.Н.Э.Баумана в помещении серверной комнаты по адресу Измайловский пр-кт 73/2, п.613.

Конфигурация базового ПК сервера вещания выбрана следующей:

Процессор: Pentium 4 2.4Ghz

ОЗУ: 512 Мбайт

Жесткий диск: 40 Гбайт

Установлена операционная система Windows XP и установлены все последние обновления безопасности, установлены драйверы для платы PV-260.

В качестве дополнительного оборудования для получения мультимедийного контента используется:

а) спутниковые тарелки диаметром 60 см и 90 см для приема сигнала со спутника Eutelsat W4 (36° в.д.) и Sirius 2/3 (5° в.д.) соответственно (см.рис.4.1.).



Рисунок 4.1. Расположение спутниковых тарелок приема сигнала со спутников

б) блок цифро-аналоговых ресиверов для приема и декодирования получаемого мультимедийного контента со спутников. Во время опытного построение системы использовались различные марки ресиверов для получения сведений об их надежной долговременной работе (см.рис.4.2).

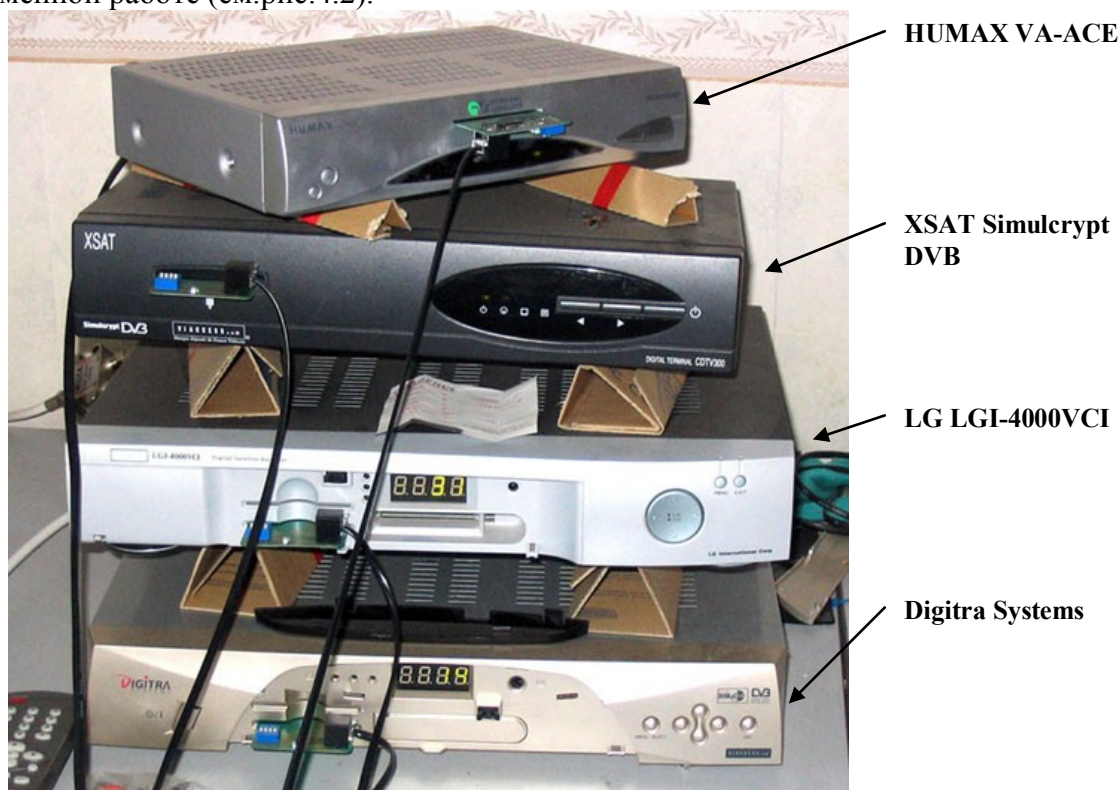


Рисунок 4.2. Блок ресиверов приема мультимедийного контента со спутников

в) одна плата расширения PV-260 MPEG-2/4 кодирования четырех каналов в реальном масштабе времени. Коммутация с ресиверами представлена на рис.4.3.

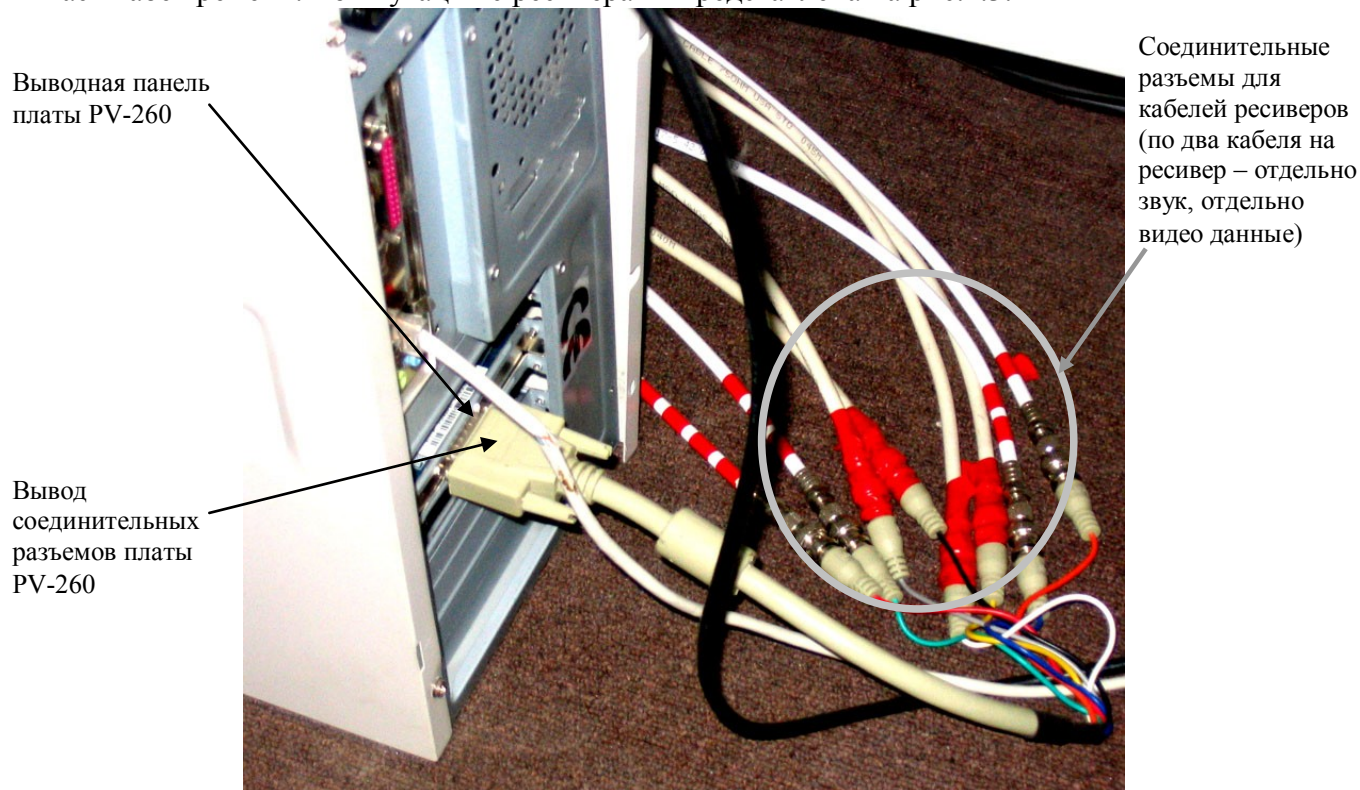


Рисунок 4.3. Задняя панель базового ПК сервера вещания

Клиентское программное обеспечение устанавливалось на рабочие станции пользователей сети передачи данных Измайловского студгородка МГТУ им.Н.Э.Баумана для проведения оценок требований ПО к аппаратному обеспечению.

4.2. Требования к программному и аппаратному обеспечению

Серверная часть комплекса должна устойчиво и надежно функционировать без вмешательства оператора на протяжении не менее 30 дней в условиях штатных и стрессовых нагрузок.

Программное обеспечение клиентской части комплекса должно обеспечивать бесперебойную непрерывную работу по получению от сервера вещания и декодированию мультимедийных потоков на протяжении не менее 24 часов с прерыванием на буферизацию не чаще 1 раза в час не более чем на 10 секунд.

Перечень тестовых заданий, применяемых для проведения дифференциальных оценок качества серверного и клиентского программного обеспечения, приведен в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Перечень тестовых заданий для определения дифференциальных оценок качества программного обеспечения

№ п/п	Наименование функции и ее характеристики	Наименование тестового задания и описание.	Критерий положительного результата
Серверное ПО			
1	Поддержка протокола IP	Проверка качества канала связи сервер вещания – маршрутизатор путем запуска на маршрутизаторе команды ping -f <адрес сервера> и ее работа в течение не менее 10 минут	Количество потерянных пакетов должно составлять менее 10 пакетов
2	Прием соединений с клиентом	Последовательное соединение, аутентификация и разъединение с помощью клиентского программного обеспечения 100 раз в течение 5 минут	Отсутствие отказа приема хотя бы одного соединения
3	Передача в сеть мультимедийного потока	Проверка используемой пропускной способности на один канал. Использование штатных средств Windows XP	Загрузка в пересчете на одного клиента не более $(1 \pm 0.2)\%$ общей пропускной способности сети стандарта 100BaseTX
Клиентское ПО			
4	Поддержка протокола IP	Проверка качества канала связи клиент – маршрутизатор путем запуска на маршрутизаторе команды ping -f <адрес клиента> и ее работа в течение не менее 5 минут	Количество потерянных пакетов должно составлять менее 1000 пакетов
5	Декодирование мультимедийного потока в различных условиях	Запуск клиента, подключение к серверу и запрос канала, а также его просмотр в условиях 70-100% загрузки ЦПУ (параллельная загрузка процессора) Параллельный запуск 4 клиентов и контроль процесса декодирования	Остановки и прерывания не превышают 1% времени просмотра и не мешают восприятию аудиовизуальной информации

4.3. Методика и порядок испытаний

Для тестирования серверной и клиентской части программного обеспечения используются штатные средства мониторинга сервисов операционных систем сервера, клиента, а также операционной системы маршрутизатора (ОС Linux), являющегося одним из центральных звеньев сети передачи данных.

Кроме того, для интегральной оценки эксплуатационных параметров использовалось программное обеспечение MRTG, реализующее построение графиков используемой пропускной способности сети в различных временных промежутках (сутки, неделя, месяц, год). Для оценки использования сервера вещания пользователями сети используются штатные средства серверного программного обеспечения (внесение данных в базу статистики), а также реализация визуализации информации из mysql базы, реализованная на PHP [35].

Порядок проведения испытаний для получения дифференциальных оценок качества серверного и клиентского ПО:

- а) запуск ПК сервера вещания;
- б) запуск ПК, где установлено клиентское ПО;
- в) удаленное соединение с маршрутизатором;
- г) выполнение команды `ping -f <адрес сервера>` в течение 10 минут
- д) выполнение команды `ping -f <адрес клиента>` в течение 5 минут
- е) отключение от сервера
- ж) последовательный запуск и выключение клиентского ПО
- з) запуск клиентского ПО и запрос мультимедийного потока (канала)
- и) запуск еще трех экземпляров клиентского ПО и запрос в каждом из них мультимедийного потока (канала).

4.4. Результаты испытаний

4.4.1. Дифференциальные оценки качества ПО

Результаты испытаний серверного и клиентского программного обеспечения с учетом вышеуказанных требований представлены в табл.4.2.

Таблица 4.2. Результаты испытаний получения дифференциальных оценок качества ПО

№ п/п	Наименование функции и ее характеристики	Достигнутый показатель
Серверное ПО		
1	Поддержка протокола IP	[root@www root]# ping -f 192.168.5.253 PING 192.168.5.253 (192.168.5.253) 56(84) bytes of data. --- 192.168.5.253 ping statistics --- 1599110 packets transmitted, 1599110 received, 0% packet loss, time 732329ms rtt min/avg/max/mdev = 0.174/0.436/20.360/0.260 ms, pipe 2, ipg/ewma 0.457/0.614 ms Количество потерянных пакетов 0 – испытание пройдено
2	Прием соединений с клиентом	Все соединения были приняты и соответствующим образом обработаны сервером – испытание пройдено
3	Передача в сеть мультимедийного потока	Средняя получасовая используемая пропускная способность канала при четырех подключенных клиентах составила 2.5% - испытание пройдено
Клиентское ПО		

№ п/п	Наименование функции и ее характеристики	Достигнутый показатель
4	Поддержка протокола IP	[root@www root]# ping -f cawka PING cawka.icn.kmstu.ru (192.168.56.208) 56(84) bytes of data. --- cawka.icn.kmstu.ru ping statistics --- 704960 packets transmitted, 704960 received, 0% packet loss, time 314114ms rtt min/avg/max/mdev = 0.212/0.423/20.447/0.149 ms, pipe 2, ipg/ewma 0.445/0.396 ms Количество потерянных пакетов 0 – испытание пройдено
5	Декодирование мультимедийного потока в различных условиях	При параллельной загрузке процессора клиентской системы процессом компиляции программного обеспечения (общая загрузка процессора 100%) процесс декодирования и визуализации проходил без сбоев. Одновременное декодирование 4 мультимедийных потоков на протяжении 30 минут проходило без сбоев. Испытание пройдено.

По результатам испытаний и получения дифференциальных оценок качества, комплекс мультимедийного вещания принят к опытной эксплуатации для более детального изучения и накопления интегральных характеристик по качеству работы.

4.4.2. Интегральные оценка качества ПО

В результате 5 месячной опытной эксплуатации комплекса мультимедийного вещания в рамках сети передачи данных Измайловского студгородка МГТУ им.Н.Э.Баумана была получена информация о стабильности работы аппаратного и программного обеспечения комплекса, а также получены интегральные оценочные характеристики: статистика использования услуг сервера вещания и используемая пропускная способность канала передачи данных осредненная по различным временным промежуткам.

4.4.2.1. Стабильность аппаратного и программного обеспечения

Во время эксплуатации не выявлено особых требований и не поступило жалоб на стабильность и качество работы базового ПК сервера вещания, а также платы PV-260 получения и MPEG-2/4 кодирования.

Из числа используемых ресиверов спутникового мультимедийного контента (HUMAX VA-ACE, XSAT Simulcrypt DVB, LG LGI-4000VCI, Digitra Systems) выделены два - HUMAX VA-ACE и LG LGI-4000VCI, которые во время опытной эксплуатации ни разу не остановили процесс приема и декодирования мультимедийного контента, в то время как XSAT Simulcrypt DVB отличился наибольшей нестабильностью – время непрерывной работы находится от 1 до нескольких дней, после чего оборудование требует перезагрузки. Ресивер компании Digitra Systems несколько раз за время опытной эксплуатации отказывался от декодирования мультимедийного контента, но в целом обладает достаточной стабильностью. В дальнейшем предполагается использование ресиверов Samsung DSB-S300V, которые в настоящее время проходят испытание на стабильность работы и показывают хорошие результаты.

Опытная эксплуатация выявила ряд дестабилизирующих факторов серверного программного обеспечения, после чего была произведена работа по доработке ПО и повышению его надежности. В целом надежность работы без вмешательства оператора находится на удовлетворительном уровне и входит в поставленные рамки (30 дней).

4.4.2.2. Использование канала передачи данных

В результате опытной эксплуатации были получены характеристики использования канала передачи данных. На рис. 4.4, 4.5, 4.6 и 4.7 представлена статистика использования каналов передачи данных за последние два дня, за неделю, за месяц и за год соответственно. Из-за сбоя программного обеспечения сбора статистики, данные за часть мая и июня

оказались утерянными, но в целом картина использования каналов передачи данных хорошо прослеживается.



Рисунок 4.4. Статистика использования каналов передачи данных за 2 дня

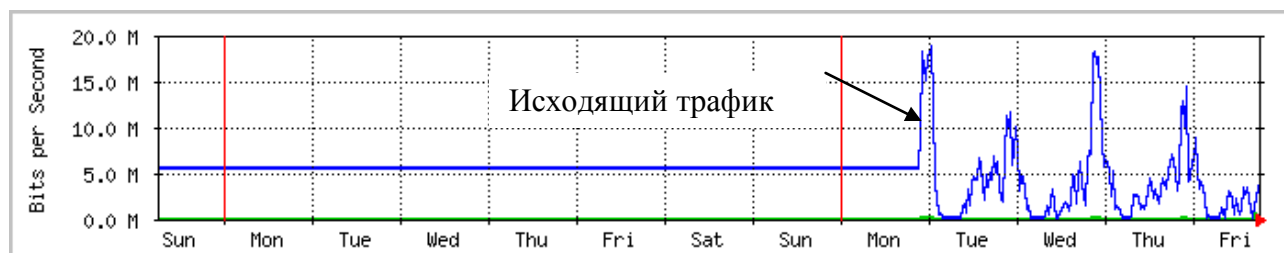


Рисунок 4.5. Статистика использования каналов передачи данных за неделю

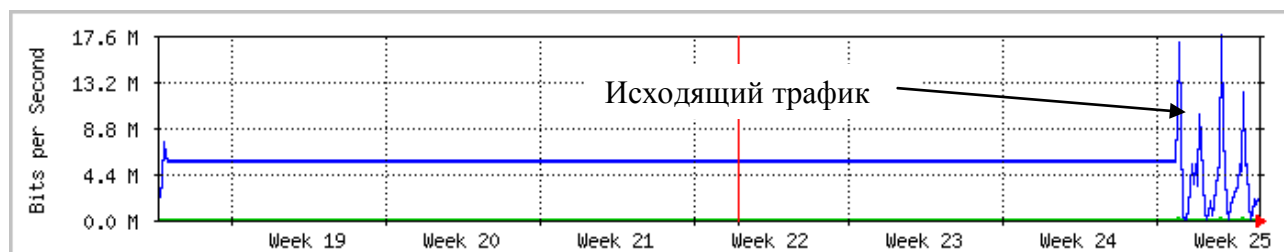


Рисунок 4.6. Статистика использования каналов передачи данных за месяц

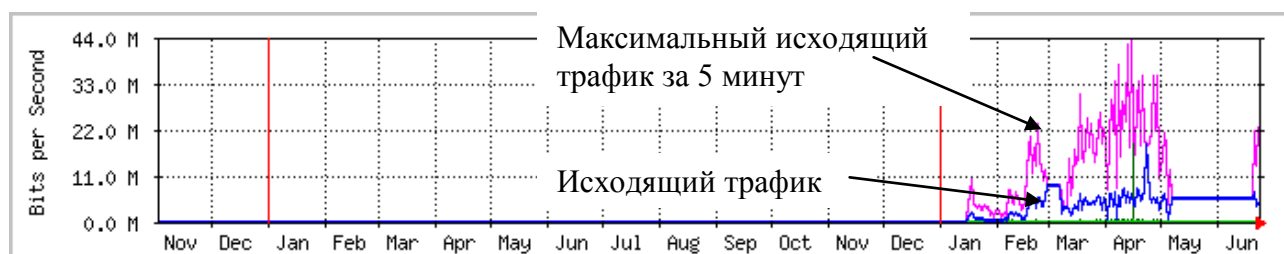


Рисунок 4.7. Статистика использования каналов передачи данных за год

На основе статистики за последние 2 дня видно (рис.4.4), наибольшей популярностью сервер вещания пользуется в промежуток времени 18:00-23:00 каждого дня, а из статистики за год (рис.4.7) виден постепенный рост использования сервера мультимедийного вещания.

4.4.2.3. Использование сервера вещания

Статистика использования сервера мультимедийного вещания пользователями сети Измайловского студгородка представлена на рис. 4.8, 4.9 и 4.10. Первые два графика показывают суммарную статистику запросов мультимедийных потоков (каналов) пользователями (по дням и по месяцам соответственно). В обоих случаях виден постепенный рост использования услуг сервера вещания (на графике рис.4.9 эта тенденция явно прослеживается). В среднем число запросов мультимедийных потоков составляет 250-300 в день, что является показателем достаточной популярности и востребованности ресурса.

При анализе уникальных хостов (компьютеров сети), с которых происходили запросы мультимедийных потоков, также прослеживается тенденция к росту числа потенциальных пользователей будущего коммерческого ресурса сети. В целом можно отметить, что

ежемесячно услугами видеосервера пользуется около 400 пользователей, что составляет практически 50% пользователей всей сети, что еще более явно говорит о высокой степени актуальности услуг мультимедийного вещания.

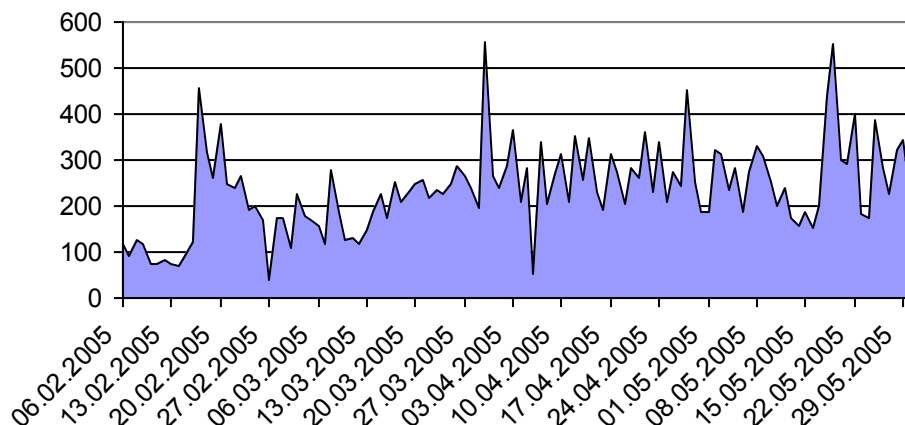


Рисунок 4.8. Статистика количества запросов мультимедийных потоков (каналов) по дням

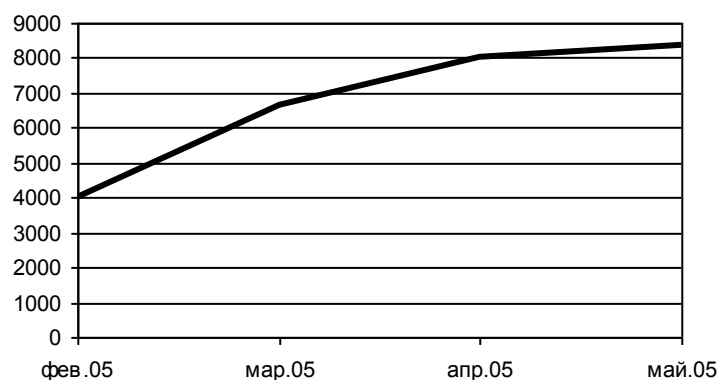


Рисунок 4.9. Суммарная статистика количества запросов мультимедийных потоков (каналов) по месяцам

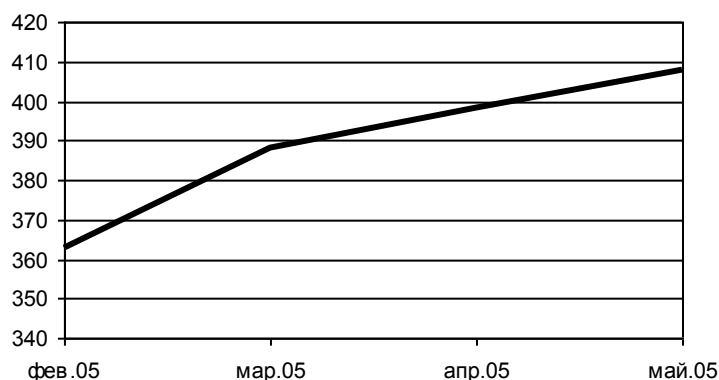


Рисунок 4.10. Статистика уникальных хостов, с которых происходили запросы мультимедийных потоков (каналов) по месяцам

В рамках опытной эксплуатации возможно было получение одного из 4 (а из-за нестабильности аппаратного обеспечения – одного из 3) мультимедийных потоков. При переходе на коммерческий режим эксплуатации количество доступных пользователям мультимедийных потоков будет расширено до 12, что может привлечь еще некоторую часть пользователей сети.

Выводы

Для экспериментального исследования функциональности комплекса вещания при различных режимах эксплуатации построен опытный образец сервера мультимедийного вещания на базе ПК: Pentium 4 2.4G, 512 Мбайт ОЗУ, 40 Гбайт ПЗУ, Windows XP. В качестве аппаратного обеспечения приема мультимедийных потоков используются спутниковые антенны (60 см и 90 см), спутниковые ресиверы и плата аппаратного MPEG-2/4 кодирования PV-260.

Определены и поставлены требования к программному обеспечению серверной и клиентской части комплекса. Приведена методика, а также порядок проведения испытаний комплекса программно-аппаратного обеспечения при вводе его в эксплуатацию.

Приведены результаты испытаний программного и аппаратного обеспечения по дифференциальным оценкам качества программного обеспечения (критерии для серверного ПО: поддержка протокола IP, прием соединений клиентом, передача в сеть мультимедийного потока; критерии для клиентского ПО: поддержка протокола IP и декодирование мультимедийного потока в различных условиях). Результатом оценок явилось принятие комплекса мультимедийного вещания в опытную эксплуатацию в рамках сети передачи данных Измайловского студгородка МГТУ им.Н.Э.Баумана.

Произведены интегральные оценки качества ПО: стабильности работы аппаратного (основная нестабильность - ненадежность работы одного из четырех ресиверов - XSAT Simulcrypt DVB) и программного обеспечения комплекса, статистика использования услуг сервера вещания и используемая пропускная способность канала передачи данных осредненная по различным временным промежуткам.

В результате анализа статистики прослеживается тенденция к росту числа потенциальных пользователей будущего коммерческого ресурса сети. Ежемесячно к услугам мультимедийного вещания прибегает около 400 пользователей, что составляет 50% пользователей всей сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе исследованы принципы построения мультимедийного вещания: определены возможные источники мультимедийного контента (файлы мультимедиа данных, эфирное телевидение, эфирное радио, кабельное телевидение, спутниковое телевидение и радио, локальные источники мультимедийных данных), получена сравнительная оценка источников, исследованы технологии доставки информации от сервера до клиента: unicast, multicast, сети mbone.

Произведен анализ аналогового и цифрового телевизионного и радиовещания с целью исследования существующих моделей и методов передачи мультимедийных данных: стандарты аналогового телевидения NTSC, PAL, SECAM; цифрового телевидения: DVB, ATSC, ISDB; цифрового радиовещания: DAB, DRM. Практически все цифровые форматы телевидения базируются на стандарте MPEG-2.

Исследовано математическое обеспечение представления мультимедийного контента в безызыточном (в пространственном и цифровом отношении) цифровом на примере кодирования и декодирования видеоизображения и звука в стандарте MPEG-2. В качестве формата представления для реализации комплекса мультимедийного вещания выбран стандарт MPEG-2, приемлемого качества с требованиями к пропускной способности канала 1 Мбит/с.

Выявлены возможные решения построения комплексов мультимедийного вещания: на базе персонального компьютера с применением покупных или разрабатываемых плат расширения для приема и/или обработки мультимедийного контента, и решение на базе шасси мультимедийного устройства (например DVD плеера) с использованием доработанной прошивки и специально разрабатываемых модулей. В качестве предмета исследований и разработки выбрано решение на базе персонального компьютера с применением дополнительного оборудования.

Произведена классификация дополнительного оборудования по способу получения мультимедийных данных (оборудование приема цифрового спутникового потока, оборудование оцифровки НЧ сигнала, оборудование приема аналогового эфирного телевидения и радио) и по способу сочленения с базовым ПК (интерфейсу передачи данных): USB, PCI, PCI-X, PCMCIA.

С помощью методологии проектирования RUP разработана структура взаимодействия и структура самого программного обеспечения серверной и клиентской части комплекса (диаграммы вариантов использования, диаграммы последовательностей, диаграммы классов, диаграммы компонентов).

Определена структура развертывания комплекса мультимедийного вещания, определены требования к аппаратному обеспечению базового шасси ПК сервера (P4 2.4G, 512 Мбайт ОЗУ, 40 Гбайт ПЗУ, ОС Windows 2k/XP) и ПК, на которых гарантируется работа клиентской части ПО (Celeron 1G, 128 Мбайт ОЗУ, 20 Гбайт ПЗУ, ОС Windows 2k/XP/2003). Даны рекомендации по выбору модели спутникового ресивера (Samsung DSB-S300V) для приема спутниковых цифровых телевизионных и радио каналов, а также рекомендации по выбору каналобразующего оборудования для построения сети передачи данных.

На базе сети передачи данных Измайловского студгородка МГТУ им.Н.Э.Баумана построен экспериментальный стенд мультимедийного вещания и получены результаты качественных и количественных оценок работы комплекса программного и аппаратного обеспечения (непрерывное бессбойное функционирование серверной части более 30 дней без вмешательства оператора, усредненное ежедневное число запросов мультимедийных потоков-каналов 250-300, количество уникальных IP адресов, с которых происходило подключение к серверу вещания в месяц имеет тенденцию к росту и составляет порядка 400 – около 50% всех пользователей сети).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арюшенко В.М., Шелухин О.И., Афонин М.Ю. Цифровое сжатие видеoinформации и звука, М.: Дашков и К, 2003 г.
2. Афанасьев А.В. MSTU – многофункциональный измерительный комплекс // Сборник научных трудов молодежной научной-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2003» 16-17 апреля 2003 года М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана – С.116 – 119
3. Афанасьев А.В. Автоматизированная система мониторинга крупногабаритных энергетических комплексов. // Материалы конференции «Федеральная итоговая научно-техническая конференция творческой молодежи России по естественным, техническим, гуманитарным наукам» М.: МИЭМ 2003 – С.113.
4. Афанасьев А.В. Аппаратно-программный комплекс вибродиагностики энергетического оборудования // Материалы 7-ой Молодежной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2005» 20-21 апреля 2005 г., М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана – С.130-138
5. Афанасьев А.В. Аппаратно-программный комплекс вибродиагностики энергетического оборудования // сборнике «Студенческий научный вестник» 2005, М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана – С.178-189
6. Афанасьев А.В. Аппаратно-программный комплекс для предоставления мультимедиа контента в IP сетях // Материалы 7-ой Молодежной научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2005» 20-21 апреля 2005 г., М.: МГТУ им.Н.Э.Баумана – С.123-129
7. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. - М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002
8. Высоцкий Г. Алгоритм сжатия данных звука ISO/MPEG (MUSICAM) // Теле-Спутник №8(34) Август 1998, <http://www.telesputnik.ru/archive/all/n34/54.html>
9. Князев В.С., Афанасьев А.В. Компьютерная измерительная лаборатория // Сборник научных трудов студенческой научной конференции «Информатика и системы управления в XXI веке» М.: ООО «Эликс +» - С.84 - 88.
10. Локшин Б.А. Цифровое вещание: от студии к телезрителю. - М.: Сайрус системс, 2001
11. ООО «Система Мультимедиа» // <http://www.stream-tv.ru/>
12. Семёнов Ю.А. Telecommunication technologies - телекоммуникационные технологии // <http://book.itep.ru>
13. Сэломон Д. Сжатие данных, изображения и звука. – М.: Техносфера, 2004
14. Cisco Press. Cisco IP/TV 3400 Video Servers // <http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/mxsv/iptv3400/index.shtml>
15. Cisco Press. Internet Protocol Multicast // http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/ipmulti.htm
16. Cisco Press. Quality of Service // http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/qos.htm
17. Coding Technologies // <http://www.mp3prozone.com/>
18. D.D.Clark, D.L.Tennenhouse, "Architectural considerations for a new generation of protocols," // SIGCOMM Symposium on Communications Architectures и Protocols , (Philadelphia, Pennsylvania), pp. 200--208, IEEE, Sept. 1990. Computer Communications Review, Vol. 20(4), Sept. 1990
19. Digital Radio Mondiale // <http://www.drm.org/>
20. DivX Digest // <http://www.divx-digest.com/help.html>
21. Dolby Laboratories // <http://www.dolby.com/>
22. DVB Project // <http://www.dvb.org/>
23. FASTWEB // <http://company.fastweb.it/>

24. George Lucas. Звук для видео // <http://engel.otaku.ru/lab/divx/sndinvid.html>
25. Index of MPEG resources on the Internet // <http://www.mpeg.org/>
26. Index of MPEG resources on the Internet. Free MPEG Software // <http://www.mpeg.org/MPEG/MSSG/>
27. Minerva Networks // <http://www.minervanetworks.com/>
28. MPEG 2 Layer 2, VideoCD (VCD) ISO format // http://programming.finta.ru/download/dl_fmt.php?sec=11&id=243&file=mpeg2-2.zip
29. MySQL AB. MySQL Reference Manual // <http://dev.mysql.com/doc/mysql/en/index.html>
30. NTT Communication Science Laboratories // http://www.twinvq.org/english/index_en.html
31. PROVIDEO. Development Kit w/SDK // http://www.provideo.com.tw/driver_S.htm
32. SECAM, PAL, NTSC... // Stereo&Video Июнь 2000
http://www.stereo.ru/whatiswhat.php?article_id=168
33. SecNews.Ru. CTI готов к Video по IP // <http://www.secnews.ru/events/110116280813.htm>
34. The Advanced Television Systems Committee, Inc. // <http://www.atsc.org/>
35. The PHP Group. PHP: Hypertext Preprocessor // <http://www.php.net/>
36. The World DAB Forum // <http://www.worlddab.org>
37. Tobias Oetiker, Dave Rand. The Multi Router Traffic Grapher // <http://mrtg.hdl.com/mrtg.html>
38. VideoLAN, École Centrale Paris // <http://www.videolan.org/>
39. Vorbis.com. Open, Free Audio // <http://www.vorbis.com/>
40. Wikipedia. Windows Media Audio // http://en.wikipedia.org/wiki/Windows_Media_Audio
41. Предложения по созданию программно-аппаратного комплекса для исследования активной виброзащиты / Под. ред. Шахнова В.А. Отчет о научно исследовательской работе «Разработка математических моделей и программно-технических средств экспериментальных исследований систем активной виброзащиты», по заказу Научного Центра Нейрокомпьютеров РАСУ, 2002.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Нулевая таблица коэффициентов ДКП

Код переменной длины*	Количес- тво	Значение
10	End of Block	
1 s **	0	1
11 s ***	0	1
011 s	1	1
0100 s	0	2
0101 s	2	1
0010 1 s	0	3
0011 1 s	3	1
0011 0 s	4	1
0001 10 s	1	2
0001 11 s	5	1
0001 01 s	6	1
0001 00 s	7	1
0000 110 s	0	4
0000 100 s	2	2
0000 111 s	8	1
0000 101 s	9	1
0000 01	Escape	
0010 0110 s	0	5
0010 0001 s	0	6
0010 0101 s	1	3
0010 0100 s	3	2
0010 0111 s	10	1
0010 0011 s	11	1
0010 0010 s	12	1
0010 0000 s	13	1
0000 0010 10 s	0	7
0000 0011 00 s	1	4
0000 0010 11 s	2	3
0000 0011 11 s	4	2
0000 0010 01 s	5	2
0000 0011 10 s	14	1
0000 0011 01 s	15	1
0000 0010 00 s	16	1
0000 0001 1101 s	0	8
0000 0001 1000 s	0	9
0000 0001 0011 s	0	10
0000 0001 0000 s	0	11
0000 0001 1011 s	1	5
0000 0001 0100 s	2	4
0000 0001 1100 s	3	3
0000 0001 0010 s	4	3

Код переменной длины*	Количес- тво	Значение
0000 0001 1110 s	6	2
0000 0001 0101 s	7	2
0000 0001 0001 s	8	2
0000 0001 1111 s	17	1
0000 0001 1010 s	18	1
0000 0001 1001 s	19	1
0000 0001 0111 s	20	1
0000 0001 0110 s	21	1
0000 0000 1101 0 s	0	12
0000 0000 1100 1 s	0	13
0000 0000 1100 0 s	0	14
0000 0000 1011 1 s	0	15
0000 0000 1011 0 s	1	6
0000 0000 1010 1 s	1	7
0000 0000 1010 0 s	2	5
0000 0000 1001 1 s	3	4
0000 0000 1001 0 s	5	3
0000 0000 1000 1 s	9	2
0000 0000 1000 0 s	10	2
0000 0000 1111 1 s	22	1
0000 0000 1111 0 s	23	1
0000 0000 1110 1 s	24	1
0000 0000 1110 0 s	25	1
0000 0000 1101 1 s	26	1
0000 0000 0111 11 s	0	16
0000 0000 0111 10 s	0	17
0000 0000 0111 01 s	0	18
0000 0000 0111 00 s	0	19
0000 0000 0110 11 s	0	20
0000 0000 0110 10 s	0	21
0000 0000 0110 01 s	0	22
0000 0000 0110 00 s	0	23
0000 0000 0101 11 s	0	24
0000 0000 0101 10 s	0	25
0000 0000 0101 01 s	0	26
0000 0000 0101 00 s	0	27
0000 0000 0100 11 s	0	28
0000 0000 0100 10 s	0	29
0000 0000 0100 01 s	0	30
0000 0000 0100 00 s	0	31
0000 0000 0011 000 s	0	32
0000 0000 0010 111 s	0	33

Код переменной длины*	Количес- тво	Значение
0000 0000 0010 110 s	0	34
0000 0000 0010 101 s	0	35
0000 0000 0010 100 s	0	36
0000 0000 0010 011 s	0	37
0000 0000 0010 010 s	0	38
0000 0000 0010 001 s	0	39
0000 0000 0010 000 s	0	40
0000 0000 0011 111 s	1	8
0000 0000 0011 110 s	1	9
0000 0000 0011 101 s	1	10
0000 0000 0011 100 s	1	11
0000 0000 0011 011 s	1	12
0000 0000 0011 010 s	1	13
0000 0000 0011 001 s	1	14
0000 0000 0001 0011 s	1	15

Код переменной длины*	Количес- тво	Значение
0000 0000 0001 0010 s	1	16
0000 0000 0001 0001 s	1	17
0000 0000 0001 0000 s	1	18
0000 0000 0001 0100 s	6	3
0000 0000 0001 1010 s	11	2
0000 0000 0001 1001 s	12	2
0000 0000 0001 1000 s	13	2
0000 0000 0001 0111 s	14	2
0000 0000 0001 0110 s	15	2
0000 0000 0001 0101 s	16	2
0000 0000 0001 1111 s	27	1
0000 0000 0001 1110 s	28	1
0000 0000 0001 1101 s	29	1
0000 0000 0001 1100 s	30	1
0000 0000 0001 1011 s	31	1

* - Последний бит 's' служит знаком значения. '0' – для положительного и '1' для отрицательного.

** - Код, который должен быть использован для первого (DC) коэффициента блока

*** - Код, который должен быть использован для всех других коэффициентов