

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ
Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ»
(МТУСИ)

Кафедра телевидения и звукового вещания им. С.И. Катаева

Лабораторный практикум
ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО
ВЕЩАНИЯ DVB-IP

Лабораторная работа № 68 а «Изучение особенностей передачи потока MPEG
TS с помощью протоколов DVB-IP»

Лабораторная работа № 68 б «Изучение структуры потока MPEG TS»

Москва 2017

План УМД на 2016/2017 уч. г.

Для студентов направлений подготовки 11.03.02, профиль «Цифровое телерадиовещание» по дисциплине «Телевидение» и 11.03.01, профиль «Аудиовизуальная техника» по дисциплине «Основы телевидения»

Лабораторный практикум

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО
ВЕЩАНИЯ DVB-IP

Лабораторная работа № 68 а «Изучение особенностей передачи потока MPEG
TS с помощью протоколов DVB-IP»

Лабораторная работа № 68 б «Изучение структуры потока MPEG TS»

Составители: Власюк И.В., к.т.н.

Егоров Д.А.

Издание утверждено советом факультета Р и Т.

Протокол № 9 от 18 мая 2017г.

Рецензент: Балобанов А.В., к.т.н.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение принципов вещания ТВ-программ через IP сеть, ознакомление со структурой транспортного потока, программным обеспечением, позволяющим производить изучение его структуры, моделирование вещания через реальные каналы связи различного качества.

ТОПОЛОГИЯ СТЕНДА:

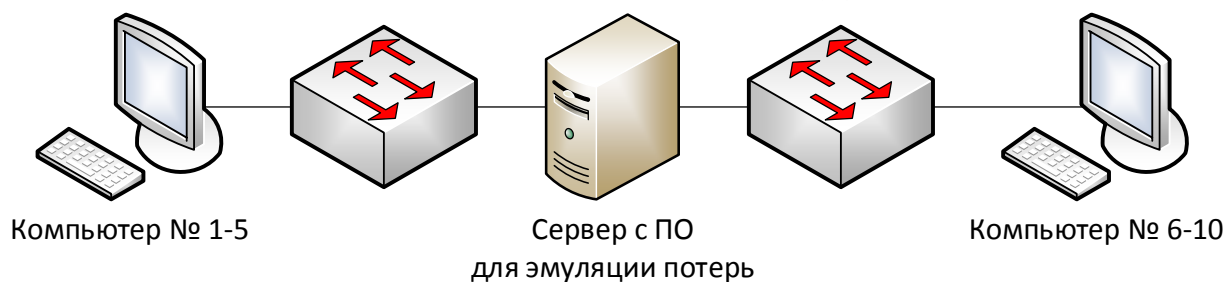


Рисунок 1 Топология стенда

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ

1. Ознакомиться с принципами кодирования видео кодеками MPEG-2 и h.264.
2. Ознакомиться с основными принципами построения IP сетей и предоставления доступа в них.

ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

Процесс выполнения работы сводится к изучению и фиксации в отчете информации, появляющейся на экране монитора.

ВНИМАТЕЛЬНО следуйте указаниям методического описания, при возникновении затруднений при выполнении работы обратитесь к преподавателю.

ОСНОВНЫЕ ИЗУЧАЕМЫЕ ВОПРОСЫ

1. Общие вопросы формирования потока данных для ТВ вещания по технологии DVB-IP.
2. Стек протоколов DVB-IP.
3. Структура потока MPEG TS.
4. Способы оценки качества передачи ТВ программы.

ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

Лабораторная работа № 68 а «Изучение особенностей передачи потока MPEG TS с помощью протоколов DVB-IP»

Лабораторная работа выполняется командой из двух бригад на двух компьютерах из разных подгрупп (компьютер № 1-5 в одной подгруппе и компьютер № 6-10 в другой).

1. Проверка возможности передачи данных между отправителем и получателем

1.1. Запустите программу **cmd.exe** (командную строку), воспользовавшись ярлыком на рабочем столе, или нажмите WIN+R и в появившемся окне введите **cmd.exe**.

1.2. Узнайте свой IP. Для этого введите в командной строке "ipconfig". Ваш IP адрес будет четырьмя числами через точку, напротив надписи IPv4.

```
C:\Documents and Settings\Гость>ipconfig
```

```
Настройка протокола IP для Windows
Подключение по локальной сети 2 - Ethernet адаптер:
DNS-суффикс этого подключения . . . :
IP-адрес . . . . . : 10.0.0.16
Маска подсети . . . . . : 255.255.255.0
Основной шлюз . . . . . :
```

Проверьте доступность компьютера второй бригады. Для этого введите в командной строке команду "Ping (IP- компьютера второй бригады)". Вы должны получить следующий результат.:

```
C:\Documents and Settings\Гость>ping 10.0.0.19
```

```
Обмен пакетами с 10.0.0.19 по 32 байт:
Ответ от 10.0.0.19: число байт=32 время<1мс TTL=128
Ответ от 10.0.0.19: число байт=32 время<1мс TTL=128
Ответ от 10.0.0.19: число байт=32 время<1мс TTL=128
Ответ от 10.0.0.19: число байт=32 время<1мс TTL=128
Статистика Ping для 10.0.0.19:
Пакетов: отправлено = 4, получено = 4, потеряно = 0 (0%
потерь),
Приблизительное время приема-передачи в мс:
Минимальное = 0мсек, Максимальное = 0 мсек, Среднее = 0 мсек
```

2. Передача потока MPEG TS

- 2.1 Запустите программу "VLC media player", воспользовавшись ярлыком на рабочем столе.
- 2.2 На вещающей стороне нажимать кнопки и выполнять действия следуя подсказкам в рисунках. Сперва откройте вкладку "медиа" в ней выберите пункт "передать".

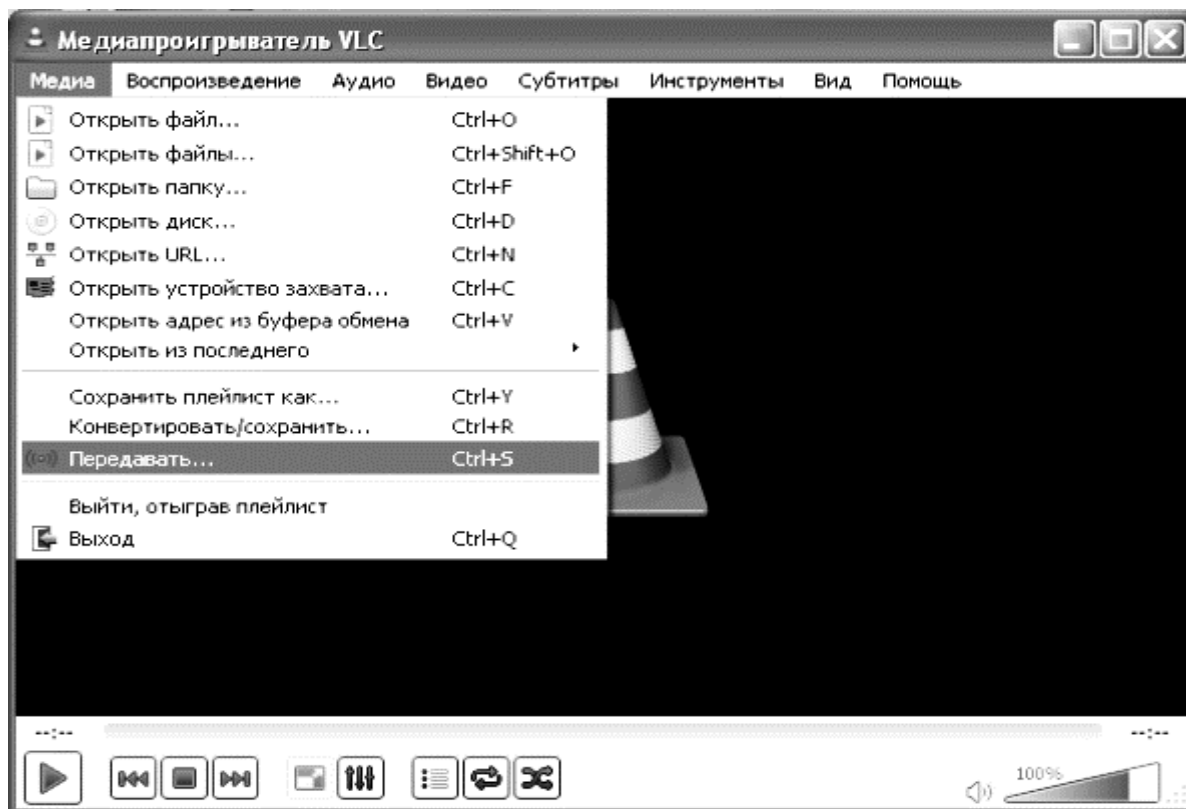


Рисунок 2. Интерфейс VLC

- 2.3 Затем в появившемся окне откройте вкладку "файл", нажмите кнопку добавить и выберите (адрес тест-файла). Нажмите "поток".

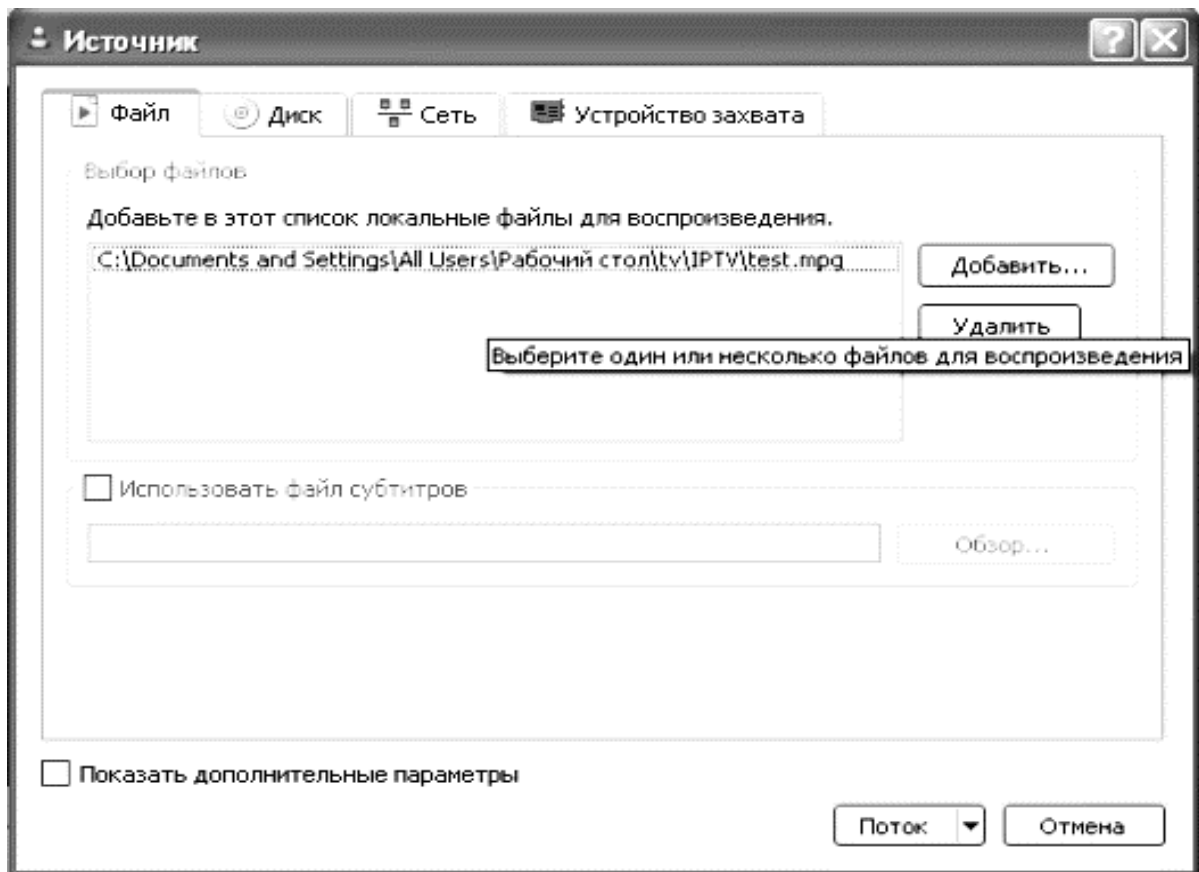


Рисунок 3. Интерфейс VLC

- 2.4 В открывшемся окне "источник" проверьте правильность адреса, нажмите next. В следующем окне нужно выбрать "RTP/MPEG transport stream" и поставить галочку на пункте "воспроизводить локально". Нажать "Добавить". Заполните вкладку как показано на рис.5, в строке адрес ввести адрес компьютера второй бригады.

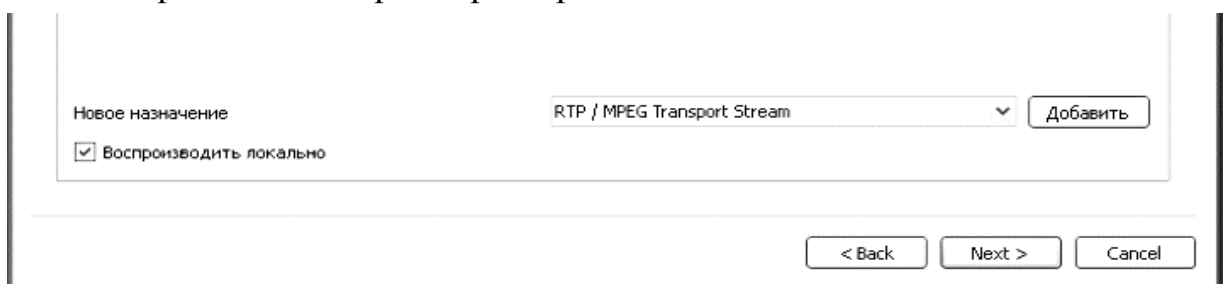


Рисунок 4. Интерфейс VLC



Рисунок 5. Интерфейс VLC.

- 2.5 В следующем окне снять галочку с "включить перекодирование", и выбрать в профиле "Video -H.264+MP3(MP4)". Нажать "next". В следующем окне снять галочку с "выводить все элементарные потоки" и нажать "stream".



Рисунок 6. Интерфейс VLC

- 2.6 На принимающей стороне нажимать кнопки и выполнять действия в следующем порядке: «медиа»→ «Конвертировать/сохранить»→ вкладка «сеть»→ вписать в свободном поле в соответствии с данными в варианте (**Например "UDP://@ IP адрес второй бригады".**) → нажать «Конвертировать/сохранить»→ заполнить свободное поле, отмеченное на рисунке 7 под цифрой 1, в соответствии с вариантом → назвать файл «VLC1(2,3,4..).ts», в который будет сохраняться принимаемый поток в графе на рисунке 4 под цифрой 2 →поставить галочку слева от «отображать вывод»→«Начать»

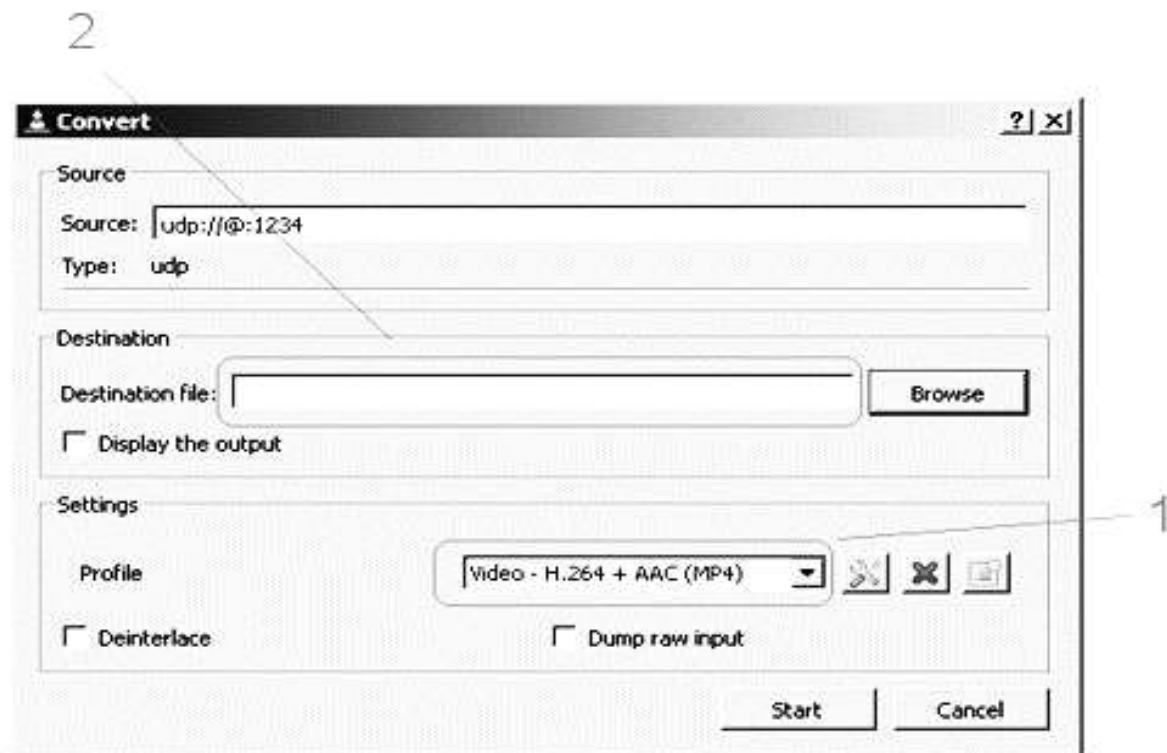


Рисунок 7. Интерфейс VLC

Признаком того, что все выполнено правильно, должно служить наличие картинки, как на передающей части, так и на принимающей стороне. Проведите субъективную оценку качества изображения, сделайте выводы.

2.7 Продолжительность вещания не должна превышать 5 минут, после чего нужно нажать на плеере кнопку обозначающую остановку видео и проверить наличие записанного видео, т.е. открыть записанный файл (VLC1(2,3,4..).ts) программой VLC.

2.8 Сообщите преподавателю о готовности продолжать работу. Далее, преподаватель установит новый процент ошибок в потоке. Вам необходимо повторить передачу/запись видео (Пункты 2.1-2.6). При повторных записях, сохраняйте видео в порядке нумерации (Пример "VLC2.ts", "VLC3.ts", и т.д.).

В комплекте ПО предусмотрена возможность самостоятельной настройки эмуляции потерь. Для этого следует запустить на передающей стороне файл Loss.cmd. В открывшемся окне установить процент потерь пакетов исходящего трафика 0,05. После передачи видео повторить эксперимент для процента потерь 0,1; 1; 5; 10.

3. Анализ работы протоколов

3.1 Возобновите передачу видео. Для этого повторите п.2.1-2.7. Во время передачи запустите программу The Wireshark network analyzer,

воспользовавшись ярлыком на рабочем столе. Выберите подключение по локальной сети. Нажмите Старт

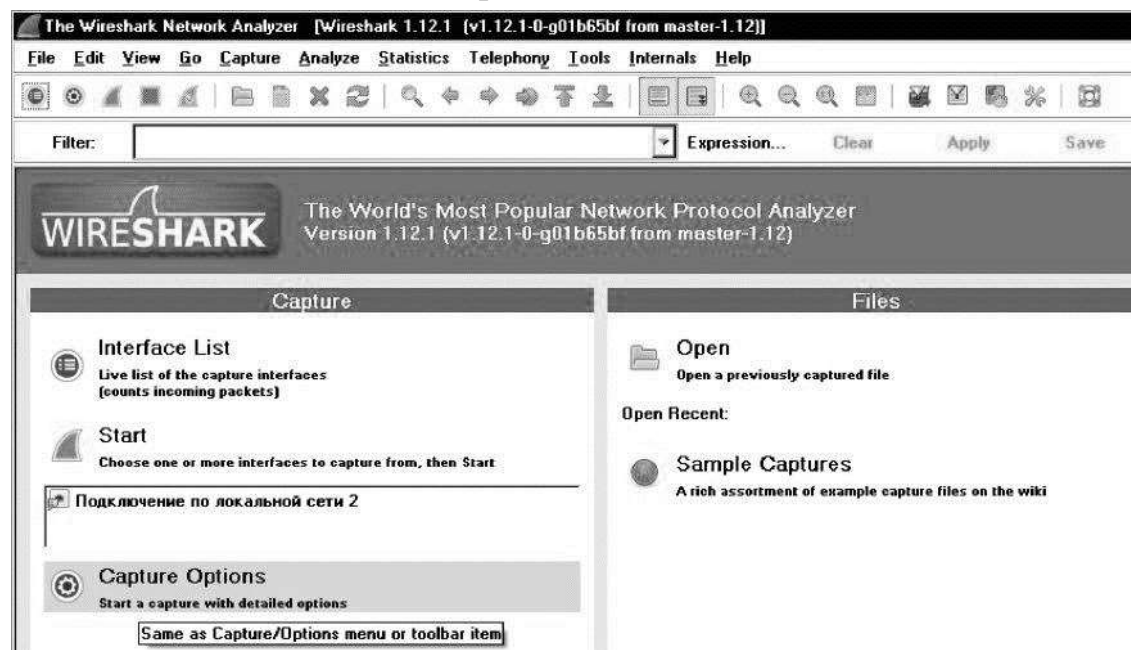


Рисунок 8. Интерфейс wireshark.

- 3.2 Настройте wireshark. Для этого нажимать кнопки и выполнять действия в следующем порядке:
"Edit"→"config. prof"→"default". Затем "Capture"→"options"→ Выберите сеть. Нажимите "Start".
- 3.3 В итоге вы должны получить данные, похожие на рисунок 9. По ним проанализируйте данные на интерфейсе на основные потоки. После получения данных передачу можно остановить.
- 3.4 Записать адреса получателя, определить используемые протоколы стека DVB-IP. Найти протокол UDP, определить используемые порты.
- 3.5 Поменяться ролями бригад (передающая и приемная сторона) и выполнить пп. 2.1 – 3.4.

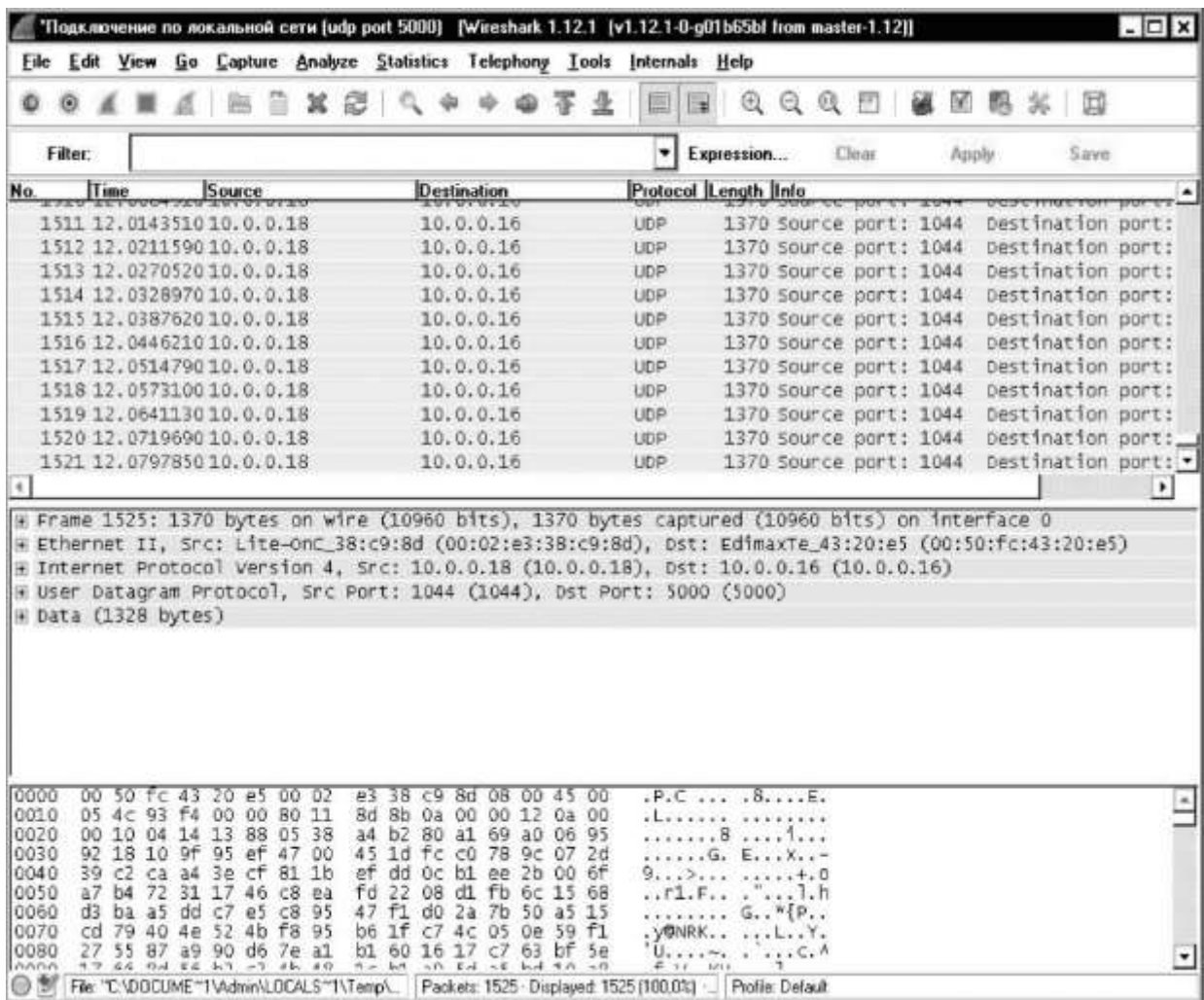


Рисунок 9. Окно просмотра сети в Wireshark.

Лабораторная работа № 68 б «Изучение структуры потока MPEG TS»

4. Анализ структуры MPEG TS

4.1 Запустите программу **TSReaderLite.exe**, воспользовавшись ярлыком на рабочем столе.

4.2 Откройте файл «Example.ts» нажать «ОК»→ Нужно определить и записать следующие параметры.

- Количество таблиц PAT (1)
- Количество таблиц PMT (2)
- Переписать какие элементарные потоки есть в одной PMT, перед этим нажав на все «+» (3)
- Общее количество видов таблиц.(4).
- Количество ошибок при передаче таблиц во всех столбцах.(5)

Месторасположение необходимых параметров в интерфейсе TSreader-a, показаны на рисунке 10.

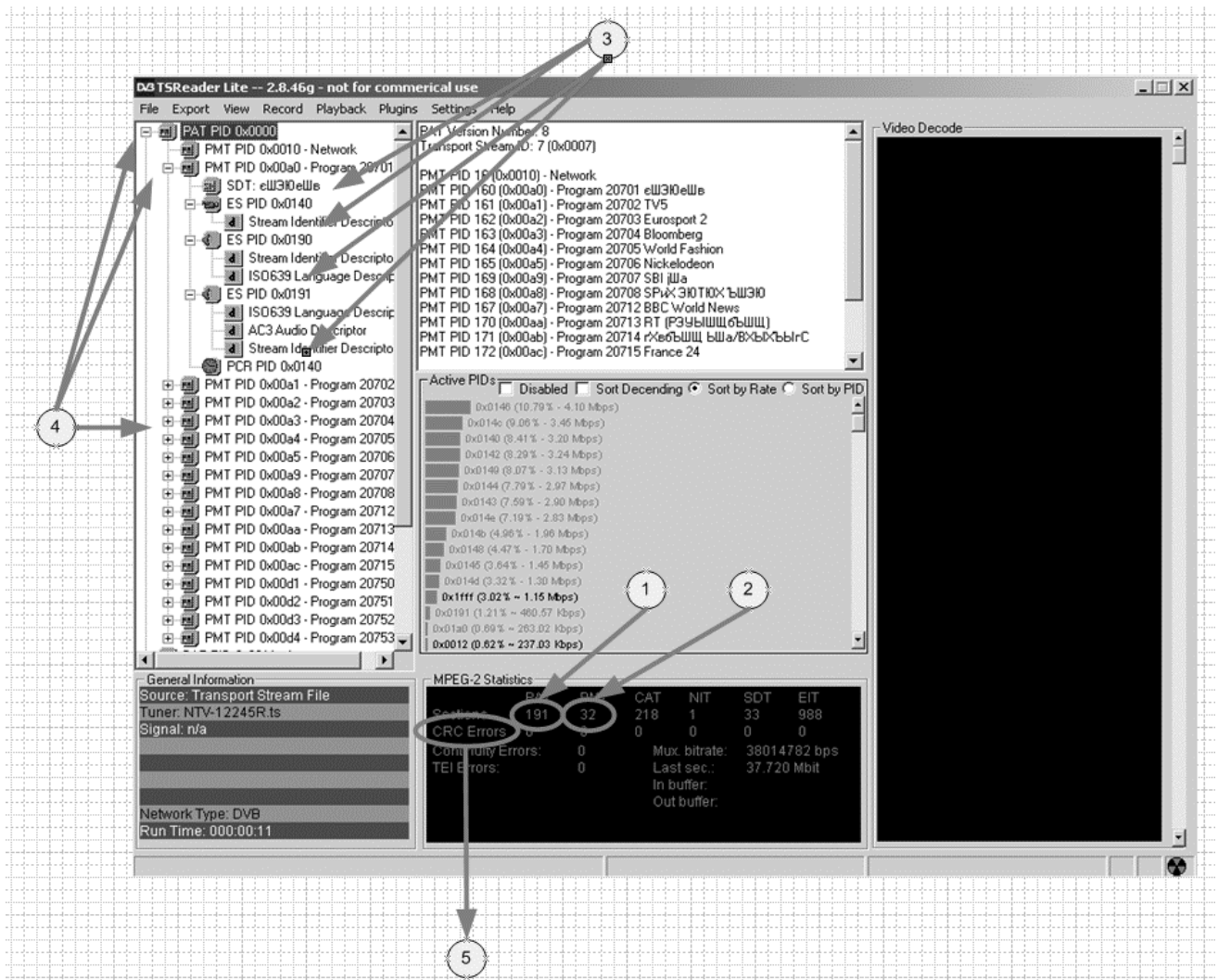


Рисунок 10. Интерфейс TSreader-a

4.3 Повторите пункт 4.2 для файла "VLC1.ts"

4.4 Запустите программу **SAnalyzer.exe**, воспользовавшись ярлыком на рабочем столе, и выберете работу в меню (пункты 4.4 и 4.5 выполняется при наличии на компьютере соответствующего ПО).

4.5 Открыть данной программой файл, который был записан во 2 пункте, и записать одну последовательность I, B и P кадров, т.е. записать, как следуют кадры, начиная с I frame кадра и до повторной встречи с I frame кадром. Фреймы находятся ниже надписей "sequence Header" и "Group of Picture header". Пример фрейма - "Picture header - I frame #13".

5. Оценка качества видео.

5.1. После записи необходимых файлов, нужно открыть приложение Elescand Video Quality Estimator (или MSU VQMT, в зависимости от комплекта установленного ПО), в верхнем поле source.files (1) нужно выбрать исходный видео поток VLC1.ts (при возникновении окна ffdshow, подождать пока оно не исчезнет), а в нижнем поле (2) файл, записанный

при выполнении пункта 2.4 VLC2.ts(VLC3.ts;VLC4.ts...)→выбрать метрику Y-PSNR в поле «metrics» (3)→ выбрать участок для проверки качества→используя кнопки (4) и (5) на рисунке 12 подогнать так чтобы, на обоих экранах исходном и сверяемом изображении были одинаковые фрагменты→ записать данные из полей оценки «сиге», «avg» (6) и время, ролика на котором сравнивались картинки → Сделать объективную и субъективную (По 5-ти бальной шкале) оценку видео → отмотать на 10 секунд вперёд и так же сравнивать так проделать 5 раз и нарисовать график зависимости «сиге» от времени

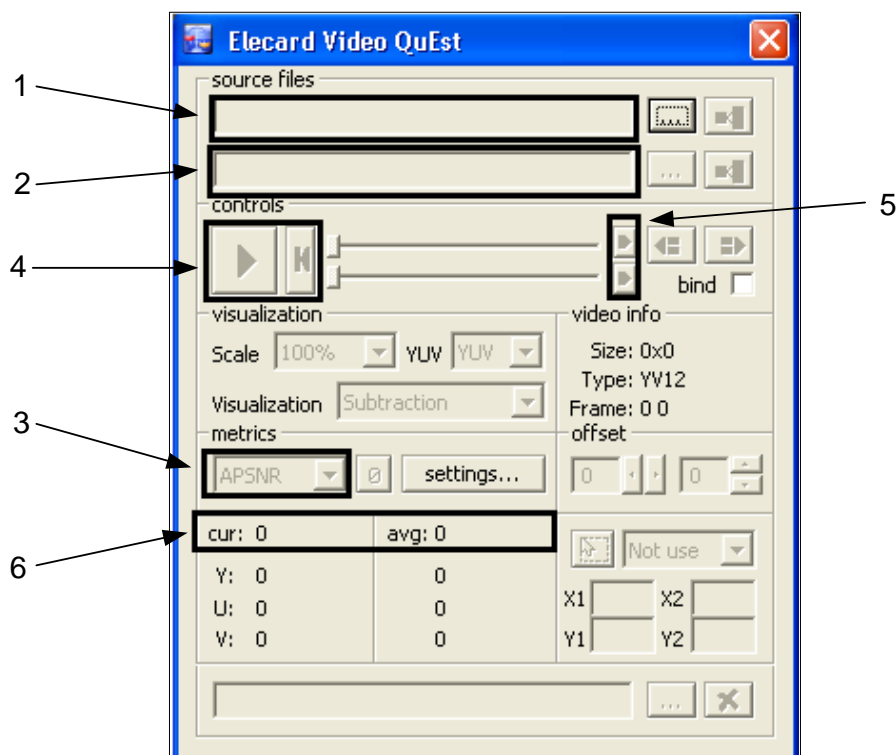


Рисунок 11. Интерфейс Elecard Video Quest

Содержание отчета Работа 68а

6.1.1. IP-адрес отправителя и получателя.

6.1.2. Данные об используемых протоколах в потоке из Wireshark.

6.1.3. Выводы.

6.2. Работа 68б

6.2.1. Данные из TS-reader для двух видеопотоках.

6.2.2. Передаваемые GOP (по Sanalyzer)

6.2.3. Графики объективной оценки качества и субъективные оценки.

6.2.4. Выводы.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1. Технология IP TV

1.1. Сеть распределения

Технология IP-TV основывается на протоколах и методах стека TCP/IP. Стек протоколов TCP/IP — набор сетевых протоколов, используемых в сетях передачи данных, включая сеть Интернет. Название TCP/IP происходит из двух наиважнейших протоколов семейства — Transmission Control Protocol (TCP) и Internet Protocol (IP), которые были разработаны и описаны первыми в данном стандарте. Протоколы работают друг с другом в стеке (англ. *stack*, стопка) — это означает, что протокол, располагающийся на уровне выше, работает «поверх» нижнего, используя механизмы инкапсуляции. Например, протокол TCP работает поверх протокола IP. Рассмотрим OSI модель.

Таблица 1. Модель OSI сетевых протоколов.

1	Физический	USB, Витая пара, оптический кабель.
2	Канальный (Link layer)	Любые доступные технологии (в данной работе IEEE802.3u FastEthernet)
3	Сетевой (Internet layer)	В IP TV: IP , IGMP
4	Транспортный (Transport layer)	В IP TV: UDP, TCP
5	Сеансовый	RPC, PAP
6	Уровень представления	ASCII, EBCDIC, JPEG
7	Прикладной (Application layer)	В IP TV: HTTP,HTTPS,RTSP,RTP.

Модель OSI в наше время не используется. Вместо этого используется сетевая модель TCP/IP, которая насчитывает лишь четыре уровня:

Таблица 2. Модель TCP/IP сетевых протоколов.

1	Канальный	
2	Сетевой	В IP TV: IP , IGMP
3	Транспортный	В IP TV: UDP, TCP
4	Прикладной	В IP TV: HTTP,HTTPS,RTSP,RTP.

Уровень 2: канальный – отвечает за физическую передачу данных в данной работе IEEE802.3u FastEthernet.

Каждый уровень инкапсулирует (т.е. вкладывает) в свой пакет, пакет вышестоящего уровня путем добавления заголовка, и если требуется набивки (пустого поля данных для выравнивания длины пакета) и трейлера (окончания пакета). Так же на этом уровне у пользователя имеется "физический" MAC адрес.

Уровень 3: сетевой – отвечает за распределение пакетов между пользователями, в основном в IP TV используется multicast – т.е. один и тот же пакет доставляется нескольким адресатам (за счет этого отпадает нужда в генерации уникальных пакетов для каждого абонента и значительно снижается нагрузка на сети распределения контента, такие как магистральные сети сервис провайдеров)

IGMP - протокол управления групповой (multicast) передачей данных, основанных на протоколе IP. IGMP используется маршрутизаторами и IP-узлами для организации сетевых устройств в группы.

Уровень 4: транспортный – задача данного уровня в контроле потока (скорость, целостность), для медиа информации используется UDP т.к. он вносит меньшее количество задержек из-за отсутствия механизмов проверки и контроля потоков (которые можно добавить “поверх” с учетом требования конкретного приложения).

Уровень 7: прикладной – этот уровень оперирует мультимедиа данными RTSP(Real Time Streaming Protocol) позволяет управлять потоками данных (команды типа “старт”, “стоп”, “перемотка”), а так же осуществлять доступ к данным по заданному времени VoD (Video on Demand), RTP (Real-time Transport Protocol) добавляет механизмы контроля целостности потока с учетом специфики приложений реального времени, HTTP/HTTPS (HyperText Transfer Protocol /Secure) служит для различных интерактивных дополнений (вроде ТВ программы, погоды и т.п.).

1.2 Основные протоколы стека DVB-IP

IP- протокол сетевого уровня стека TCP/IP. Объединяет сегменты сети в единую сеть путем построения логической адресации, обеспечивая доставку пакетов данных между любыми узлами сети через произвольное число промежуточных узлов (маршрутизаторов).

Таблица 3. Структура пакета в сетевом уровне.

Отступ в байтах	0		1		2	3
0	Ver.	IHL	DSCP	ECN	Размер пакета (полный)	
4	Идентификатор				Флаги	Смещение фрагмента
8	TTL		Протокол		Контрольная сумма заголовка	
12	IP-адрес источника					
16	IP-адрес назначения					
20	Опции (если размер заголовка > 5)					
20 или 24+	Данные					

Ver. - Первым полем пакета является версия протокола размером в четыре бита. Для IPv4 это 4.

Размер заголовка (Internet Header Length, IHL) - Следующие четыре бита содержат размер заголовка пакета в 32-битных словах. Поскольку число опций не постоянно, указание размера важно для отделения заголовка от данных. Минимальное значение равно 5 ($5 \times 32 = 160$ бит, 20 байт), максимальное — 15 (60 байт).

Differentiated Services Code Point (DSCP) - Изначально называлось «тип обслуживания» (Type of Service, ToS), в настоящее время «Differentiated Services». Используется для разделения трафика на классы обслуживания, например для установки чувствительному к задержкам трафику, такому как IPTV, большего приоритета.

Идентификатор - Преимущественно используется для идентификации фрагментов пакета, если он был фрагментирован. Существуют эксперименты по его использованию для других целей, таких как добавление информации о трассировке пакета для упрощения отслеживания пути пакета с подделанным адресом источника.

Флаги - Поле размером три бита содержащее флаги контроля над фрагментацией.

Смещение фрагмента - Поле размером в 13 бит, указывает смещение текущего фрагмента от начала передачи фрагментированного пакета в блоках по 8 байт.

«Время жизни» (Time to Live, TTL) - Определяет максимальное количество маршрутизаторов на пути следования пакета. Наличие этого параметра не позволяет пакету бесконечно ходить по сети. Каждый маршрутизатор при обработке пакета должен уменьшить значение TTL на

единицу. Пакеты, время жизни которых стало равно нулю, уничтожаются, а отправителю посылается сообщение ICMP *Time Exceeded*. На отправке пакетов с разным временем жизни основана трассировка их пути прохождения (traceroute). Максимальное значение TTL=255.

Протокол - Указывает, данные какого протокола IP содержит пакет (например, TCP или ICMP). Присвоенные номера протоколов можно найти на сайте IANA.

Контрольная сумма заголовка - 16-битная контрольная сумма, используемая для проверки целостности заголовка. Каждый хост или маршрутизатор сравнивает контрольную сумму заголовка со значением этого поля и отбрасывает пакет, если они не совпадают. Целостность данных IP не проверяет — она проверяется протоколами более высоких уровней (такими, как TCP или UDP), которые тоже используют контрольные суммы.

IP-Адрес источника - 32-битный адрес отправителя пакета.

IP-Адрес назначения - 32-битный адрес получателя пакета.

IP-адрес (*айпи-адрес*, сокращение от англ. *Internet Protocol Address*) — это уникальный сетевой адрес узла в компьютерной сети, построенной по протоколу IP, на основе которого производится маршрутизация (определения маршрута следования пакета). В сети Интернет требуется глобальная уникальность адреса; в случае работы в локальной сети требуется уникальность адреса в пределах сети.

IPv4 - В 4-й версии IP-адрес представляет собой 32-битовое число. Удобной формой записи IP-адреса (IPv4) является запись в виде четырёх десятичных чисел значением от 0 до 255, разделённых точками, например, 192.0.2.60.

Сети делятся на несколько классов. Сети класса А — это огромные сети. Маска сети класса А: 255.0.0.0. В каждой сети такого класса может находиться 16777216 адресов. Адреса таких сетей лежат в промежутке 1.0.0.0... 126.0.0.0, а адреса хостов (компьютеров) имеют вид: 125.*.*.*

Сети класса В — это средние сети. Маска такой сети — 255.255.0.0. Эта сеть содержит 65536 адресов. Диапазон адресов таких сетей 128.0.0.0...191.255.0.0. Адреса хостов имеют вид: 136.12.*.*

Сеть класса С — маленькие сети. Содержат 256 адресов (на самом деле всего 254 хоста, так как номера 0 и 255 зарезервированы). Маска сети класса С — 255.255.255.0. Интервал адресов: 192.0.1.0...223.255.255.0. Адреса хостов имеют вид: 195.136.12.*

Если адрес начинается с последовательности битов 10, то данная сеть относится к классу В, а если с последовательности 110, то — к классу С. Если адрес начинается с последовательности 1110, то сеть является сетью класса D, а сам адрес является особым — групповым (multicast). Если в пакете указан адрес сети класса D, то этот пакет должны получить все хосты, которым присвоен данный адрес. Адреса класса E зарезервированы для будущего применения.

Если весь IP-адрес состоит из нулей (0.0.0.0), то он обозначает адрес того узла, который сгенерировал этот пакет. Адрес 255.255.255.255 — это широковещательный адрес. Пакет с таким адресом будет рассылаться всем узлам, которые находятся в той же сети, что и источник пакета. Это явление называется ограниченным широковещанием. Существует также другая рассылка, которая называется широковещательным сообщением. В этом случае вместо номера узла стоят все единицы в двоичном представлении (255). Например, 192.168.2.255. Это означает, что данный пакет будет рассылаться всем узлам сети 192.168.2.0.

Так же уже разработан IPv6 использующий 16-ричную систему для назначения адресов. Пока не используется. Существуют несколько видов маршрутизации, вот 3 основных:

Unicast - однонаправленная (односторонняя) передача данных подразумевает под собой передачу пакетов единственному адресату.

Multicast – мультивещание (многоадресное вещание) передача данных подразумевает под собой передачу пакетов группе адресатов.

Broadcast – мультивещание, передача данных подразумевает под собой передачу пакетов всем адресатам локальной сети.

Протокол UDP (User Datagram Protocol, RFC-768) является одним из основных протоколов, расположенных непосредственно над IP. Он предоставляет прикладным процессам транспортные услуги, немногим отличающиеся от услуг протокола IP. Протокол UDP обеспечивает доставку дейтограмм, но не требует подтверждения их получения. Протокол UDP не требует соединения с удалённым модулем UDP ("бессвязный" протокол). К заголовку IP-пакета UDP добавляет поля порт отправителя и порт получателя, которые обеспечивают мультиплексирование информации между различными прикладными процессами, а также поля длина UDP-дейтограммы и контрольная сумма, позволяющие поддерживать целостность данных. Таким образом, если на уровне IP для определения места доставки пакета используется адрес, на уровне UDP - номер порта. Малые накладные расходы,

связанные с форматом UDP, а также отсутствие необходимости подтверждения получения пакета, делают этот протокол наиболее популярным при реализации приложений мультимедиа, но главное его место работы - локальные сети и мультимедиа. Хотя протокол UDP не гарантирует доставки, по умолчанию предполагается, что вероятность потери пакета достаточно мала. Прикладные процессы и модули UDP взаимодействуют через UDP-порты. Эти порты нумеруются, начиная с нуля. Прикладной процесс, предоставляющий некоторые услуги (сервер), ожидает сообщений, направленных в порт, специально выделенный для этих услуг. Программа-сервер ждёт, когда какая-нибудь программа-клиент запросит услугу.

Данные, отправляемые прикладным процессом через модуль UDP, достигают места назначения как единое целое. Например, если процесс-отправитель производит 5 записей в порт, то процесс-получатель должен будет сделать 5 чтений. Размер каждого записанного сообщения будет совпадать с размером каждого прочитанного. Протокол UDP сохраняет границы сообщений, определяемые прикладным процессом.

Биты	0 - 15	16 - 31
0-31	UDP - порт отправителя	UDP - порт получателя
32-63	Длина UDP-сообщения	Контрольная сумма
64-...	Данные	

Рисунок 12. Формат UDP-дейтаграмм

Длина сообщения равна числу байт в UDP-дейтаграмме, включая заголовок. Поле UDP контрольная сумма содержит код, полученный в результате контрольного суммирования UDP-заголовка и поля данные. Не трудно видеть, что этот протокол использует заголовок минимального размера (8 байт).

Протокол RTP. (англ. *Real-time Transport Protocol*). Протокол RTP переносит в своём заголовке данные, необходимые для восстановления аудиоданных или видеоизображения в приёмном узле, а также данные о типе кодирования информации (JPEG, MPEG и т. п.). В заголовке данного протокола, в частности, передаются временная метка и номер пакета. Эти параметры позволяют при минимальных задержках определить порядок и момент декодирования каждого пакета, а также интерполировать потерянные пакеты.

RTP был разработан как протокол реального времени, из конца в конец (end-to-end), для передачи потоковых данных в IP сетях. В протокол заложена возможность компенсации джиттера (шумоподобная девиация времени между отправкой и получением пакета) и детектированию нарушения последовательности пакетов данных – основных проблемах при передаче потоковых данных в IP сетях. RTP поддерживает Multicast. В RTP-приложениях используется UDP, так как надежность передачи в TCP формирует временные задержки. Основным ограничением прямой передачи по RTP является жесткая спецификация профиля (полезной нагрузки).

Спецификация RTP описывает два подпротокола:

- Протокол передачи данных, RTP, который взаимодействует с передачей данных реального времени. Информация, предоставляемая посредством этого протокола, включает в себя тайм-штамп (для синхронизации), последовательный номер (для детектирования потери и дублирования пакетов) и формат полезной нагрузки, который определяет формат кодирования данных.
- Протокол контроля, RTCP, используемый для определения качества обслуживания (QoS), обратной связи и синхронизации между медиа-потоками. Занимаемая полоса пропускания RTCP мала в сравнении с RTP, обычно около 5 %.

Таблица 4. Структура пакета RTP

Биты	0-1	2	3	4-7	8	9-15	16-31
0	Ver	P	X	CC	M	PT	Порядковый номер
32	Метка времени						
64	SSRC-идентификатор						
96, если CC>0	CSRC-идентификаторы						
96+(CC×32) если X=1	Расширение заголовка определенное профилем					Расширение заголовка - количество блоков данных по 32 бита (EHL)	
96+(CC×32)+32	Расширение заголовка - блоки данных						
96+(CC×32) +X*(32+32×EHL)	Данные						
если P=1	Набивка					L	

Длина пакета переменная и определяется заголовком, может быть посчитана по формуле в столбце «Биты»

- Ver. (2 бита) - указывает версию протокола.
- P (1 бит) - используется в случаях, когда RTP-пакет дополняется

пустыми байтами на конце.

- X (1 бит) - используется для указания расширений протокола, задействованных в пакете.

- CC (4 бита) - содержит количество CSRC-идентификаторов, следующих за постоянным заголовком.

- M (1 бит) - используется на уровне приложения и определяется профилем.

- PT (7 бит) - указывает формат полезной нагрузки и определяет её интерпретацию приложением.

Порядковый номер – используется для восстановления порядка пакетов имеет длину в 16 бит, что продиктовано возможным значением джиттера.

Метка времен - используется для синхронизации между потоками (Изображения и звука)

- SSRC - указывает источник синхронизации потока (аналог PID).

- CSRC – ID источников пакета в IP TV как правило 1.

- EHL (Extension Header Length) - количество 32-битных слов в блоке данных расширения заголовка.

- L - последний байт в пакете, определяющий длину области набивки в байтах (используется для выравнивания в последнем пакете).

Поверх RTP работает транспортный поток MPEG (TS, TP, MPEG-TS, или M2TS) – протокол для передачи аудио и видео данных, описанный в MPEG2

2.Формирование MPEG2-TS.

В стандарте MPEG-2 цифровой поток ТВ программы включает в себя элементарные потоки видеоданных, звуковых данных и данных пользователя, которые формируются кодерами информационного сжатия сигналов ТВ программы.

Элементарные потоки имеют непрерывную структуру и в них отсутствуют сигналы синхронизации и управления декодерами. Эти сигналы вводятся в элементарные потоки, для чего они разбиваются на пакеты.

В стандарте MPEG-2, в зависимости от последующего использования данных, применяются три вида пакетов, отличающихся структурой заголовка пакетов, длительностью пакетов и степенью защищенности данных от действия цифровых ошибок.

Первый вид пакетов называется "пакетированный элементарный поток" (packetised elementary stream) и обозначается английской аббревиатурой PES-пакет. Этот вид пакетов был специально разработан в стандарте MPEG-1,

ISO/IEC 11172 для ввода в компьютер и компьютерной обработки видеоданных с последующей их записью в устройствах внутренней и внешней памяти компьютера. Компьютер по качеству обработки данных относится к категории, так называемой, квазисвободной от цифровых ошибок среды. Поэтому в PES-пакетах не предусмотрены меры для защиты данных от цифровых ошибок. Основной причиной для использования структуры PES-пакетов в стандарте MPEG-2 было обеспечение его совместимости со стандартом MPEG-1. Максимальная длительность PES-пакета равна 2^{16} байт. Используемая длительность пакета может выбираться меньше максимальной в зависимости от конкретных условий. Так, например, в среде с низким уровнем цифровых ошибок предпочтительны PES-пакеты большой длины. Очень короткие PES-пакеты оказываются неэффективными из-за большой избыточности, вносимой заголовками пакетов. Полагают, что для целей вещания длительность PES-пакета должна быть порядка 2 Кб ($2 \cdot 2^{10}$ байт). PES-пакеты видео, звукоданных и данных пользователя в параллельной форме образуют цифровые потоки одной ТВ-программы. Такая структура цифрового потока удобна при обработке ТВ сигнала в процессе подготовки ТВ программы. Однако на этапе выдачи готовой ТВ программы, исходя из экономических и технических показателей аппаратуры, возникает необходимость перехода к последовательной форме передачи данных одной ТВ программы. При этом необходимо учитывать следующее. Аппаратура сквозного тракта цифрового ТВ вещания, с точки зрения возникновения цифровых ошибок, может быть разделена на два вида: на аппаратуру квазисвободную от цифровых ошибок и аппаратуру вносящую заметный уровень цифровых ошибок. Например, к первому виду относится большая часть аппаратно-студийного комплекса цифрового телецентра. Ко второму виду - аппаратура, образующая каналы спутникового и эфирного ТВ вещания. Таким образом, для цифрового ТВ вещания необходимо иметь последовательные цифровые потоки, с разной степенью защищенности от цифровых ошибок, т.к. необоснованное применение помехоустойчивого кодирования ощутимо повышает стоимость аппаратуры. С этой целью в стандарте MPEG-2 используется два вида таких потоков. Во-первых, программный поток, в котором, без применения помехоустойчивого кодирования, объединяются (мультиплексируются) элементарные потоки видеоданных, звукоданных и данных пользователя одной ТВ программы. Этот поток используется в аппаратных телецентрах при распределении ТВ программ. Во-вторых, транспортный поток, в котором применяется помехоустойчивое кодирование, и могут одновременно передаваться указанные элементарные

потоки одной или нескольких ТВ программ. Этот поток используется для ТВ вещания по наземным и спутниковым каналам связи.

В стандарте MPEG-2 элементарные потоки одной ТВ программы имеют общую временную базу, т.е. кодеры информационного сжатия видео, звукоданных и данных пользователя работают синхронно от общего синхронизатора. Поэтому мультиплексирование при формировании программного потока производится синхронным способом. Однако, разные ТВ программы имеют независимые временные базы, поэтому формирование транспортного потока производится в два этапа. Сначала синхронным способом формируются транспортные потоки каждой ТВ программ, а потом асинхронным способом производится мультиплексирование транспортных потоков нескольких ТВ программ в один транспортный поток. Отметим, что транспортный поток может также формироваться путем мультиплексирования программных потоков нескольких ТВ программ.

Транспортные пакеты для передачи видео, звукоданных и данных пользователя имеют одинаковую структуру и фиксированную длительность, равную 188 байт, если не используется кодозащита передаваемых данных, и 204 байта, если применяется кодозащита данных кодом Рида–Соломона. При этом первые 4 байта в обоих случаях образуют заголовок пакета.

Указанные структуры транспортных пакетов показаны на рис. 13.

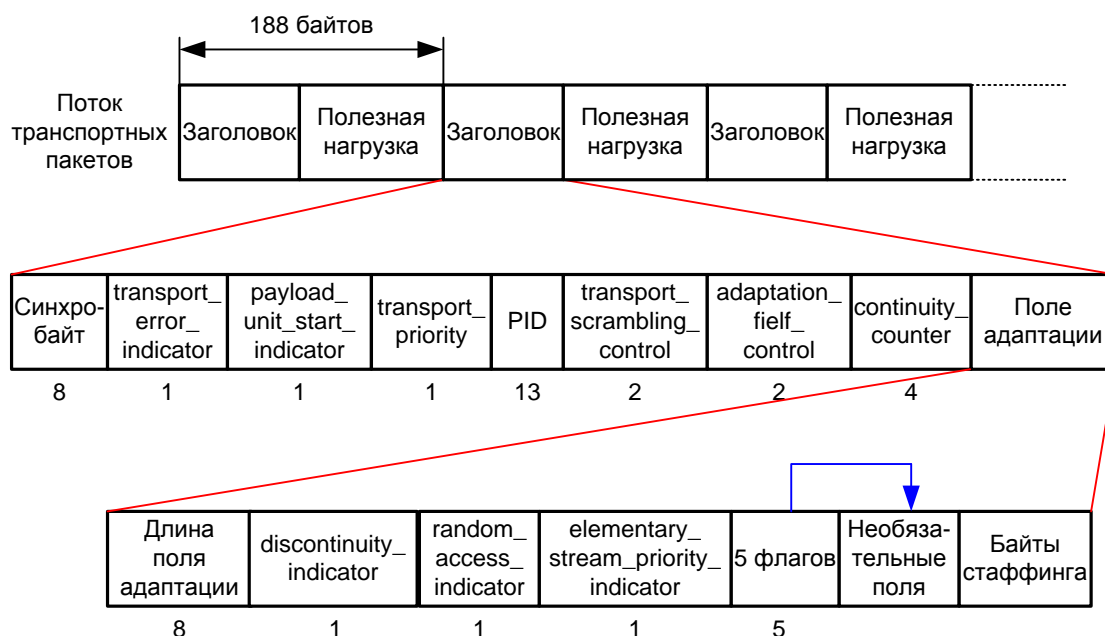


Рисунок 13 – Структура транспортных пакетов

При последующем рассмотрении необходимо учитывать, что при переходе от формата передачи данных 188 байт к формату 204 байта временная

длительность транспортных пакетов MPEG-2 не меняется, т.к. одновременно с введением дополнительных 16 байт производится увеличение тактовой частоты передачи символов пакета в $204/188 \approx 1,085$ раз.

Кроме того, по мере необходимости, в некоторые транспортные пакеты длительностью 188 и 204 байта после заголовка могут вводиться поля адаптации.

Рассмотрим структуру заголовка транспортного пакета. Заголовок транспортного пакета начинается с 8-битового синхрослова (см. рис. 13). За синхрословом следуют три индикатора: *индикатор ошибки в транспортном пакете* – 1 бит. При значении "1" указывает на наличие одной или нескольких не скорректированных цифровых ошибок в транспортном пакете, обнаруженных при хранении данных в памяти или при воспроизведении видеоданных. Наличие этого индикатора указывает на то, что в декодере должно быть осуществлено помехоустойчивое декодирование кода Рида-Соломона для устранения ошибки.

Индикатор начала PES-пакета -1 бит. При значении "1" указывает на наличие заголовка PES-пакета в данном транспортном пакете. Передача данных PES-пакета начинается сразу или после заголовка транспортного пакета, или после поля адаптации, если такое поле содержится в транспортном пакете. Этот индикатор упрощает декодирование, указывая, что с данного транспортного пакета можно начать цикл декодирования PES-пакета.

Индикатор приоритета -1 бит. При значении "1" указывает, что данный транспортный пакет относится к более высокому уровню стандарта MPEG-2 и не должен декодироваться декодерами более низкого уровня.

Идентификатор пакета (PID) содержит 13 бит и, таким образом, позволяет маркировать 2^{13} независимых потоков. Идентификатор пакета устанавливает однозначное соответствие между элементарным потоком и транспортными пакетами, используемыми для его передачи.

Индикатор скремблирования транспортного пакета (2 бита). При значении "00" указывает, что скремблирование для закрытия ТВ программы не применяется. Другие значения индикатора устанавливаются пользователями.

Индикатор поля адаптации (2 бита). Значение индикатора "01" указывает, что поле адаптации в транспортном пакете отсутствует. При значении "10" – поле адаптации занимает всю длительность транспортного пакета. Значение "11" указывает, что передается совместно поле адаптации и данные ТВ программы. Значение "00" – резерв для дальнейшего применения. Используемая длительность поля адаптации и характер передаваемой в нем

информации указывается в заголовке поля адаптации – рис. 13, который передается непосредственно после окончания заголовка транспортного пакета.

Контроль непрерывности транспортных пакетов (4 бита) осуществляется путем периодического сравнения текущих номеров транспортных пакетов от 0 до 15, передаваемых 4 битовой комбинацией в поле контроля непрерывности транспортных пакетов, с показаниями 4 битового счетчика, подсчитывающего число принятых пакетов с одинаковыми значениями номеров идентификаторов пакетов. При соответствующей фазировке указанного счетчика эти номера должны совпадать. В случае, например, если счетчик зафиксировал 10 принятых пакетов, а в поле контроля непрерывности транспортных пакетов передается номер 11, то это указывает, что один транспортный пакет был потерян.

Потеря, или появление лишнего транспортного пакета, могут возникать из-за сбоев синхронизации мультиплектора.

Рассмотрим структуру заголовка поля адаптации – рис. 13. Заголовок поля адаптации начинается с 8 битового *индикатора длительности поля адаптации*. Длительность поля адаптации выбирается в зависимости от объема передаваемых данных и может выбираться в пределах от 1 до 181 байт. В последнем случае в транспортном пакете передаются только данные поля адаптации.

Индикатор разрывности – указывает на изменение опорного сигнала синхронизации программы в результате коммутации на телецентре источников ТВ сюжетов. Например, во время передачи кинофильма вводится рекламная вставка, после окончания которой продолжается передача кинофильма. Индикатор разрывности имеет значение "0" при отсутствии коммутации источников сюжетов и «1» в случае предстоящей коммутации.

Индикатор случайного доступа – при значении "1" указывает на передачу в данном транспортном пакете первого байта видеозаголовка последовательности изображений I, P, B или первого байта заголовка звуковой последовательности. Это является указанием, что с данного пакета можно начать цикл декодирования поступающих последовательностей видео- или звукоданных.

Индикатор приоритета элементарного потока – при значении «1» указывает, что передаваемые в данном транспортном пакете данные элементарного потока имеют наивысший приоритет. Например, при передаче в транспортном пакете видеоданных опорных I кадров.

Пять флагов:

Флаг текущего значения опорной частоты программы при значении "1" указывает на наличие в поле адаптации сигнала текущего значения опорной частоты программы.

Флаг текущего значения опорной частоты кодера при значении "1" указывает на наличие в поле адаптации сигнала текущего значения опорной частоты кодера (источника сюжета). Наличие такой синхронизации позволяет упростить формирование (ремультимплексирование) многопрограммного транспортного потока из нескольких однопрограммных транспортных потоков.

Флаг "склейки"(соединения) двух сюжетов (программ) при значении "1" указывает на наличие в поле адаптации временных параметров места склейки.

Флаг данных пользователя при значении "1" указывает на наличие поля адаптации с одним или более байтов данных пользователя.

Флаг расширения поля адаптации при значении "1" указывает на расширение поля адаптации.

Байты согласования скорости передачи данных используются при формировании многопрограммного транспортного потока из транспортных пакетов разных несинхронных ТВ программ. При этом транспортные пакеты каждой ТВ программы записываются в буферную память мультиплексора и считываются из нее в соответствии с очередностью их передачи в многопрограммном транспортном потоке, со скоростью считывания на несколько процентов превышающую суммарную скорость записи данных в буферную память.

При таком соотношении скоростей будут периодически возникать моменты времени, когда для заполнения транспортного пакета в буферной памяти мультиплексора не будет хватать данных. В этом случае для сохранения стандартной длительности транспортного пакета в его поле адаптации сводятся фиктивные байты – байты согласования скорости передачи данных, которые не содержат полезной информации и при декодировании не используются.

Число байт необходимых для согласования скоростей, выбирается таким образом, чтобы после передачи поля адаптации, оставшиеся байты в транспортном пакете были полностью заняты байтами ТВ программы.

Текущее значение опорной частоты программы должно находиться в пределах $27.000.000 \pm 810$ Гц, что соответствует относительной нестабильности $\pm 810/27 \cdot 10^6 = \pm 30 \cdot 10^{-6}$. При этом скорость изменения текущего значения опорной частоты не должна превышать $75 \cdot 10^{-3}$ Гц/с.

Измерение текущего значения опорной частоты осуществляется путем подсчета числа периодов двух частот за время регистрации опорной частоты.

При этом сначала подсчитывается наименьшее целое число периодов частоты равной $1/300$ текущего значения опорной частоты: $90 \text{ кГц} \pm 2,7 \text{ Гц}$. Далее на оставшейся части интервала регистрации подсчитывается ближайшее целое число периодов текущего значения опорной частоты: $27 \text{ МГц} \pm 810 \text{ Гц}$.

Перечисленные операции производятся по приведенным в стандарте MPEG-2 [2,3] расчетным соотношениям, однако из-за нечеткого и до конца не описанного характера выполняемых операций, получить конкретные цифровые результаты на основании данных стандарта весьма проблематично.

Полученные значения чисел периодов двух частот кодируются кодовой комбинацией состоящей из 42 бит. При этом первые 33 бита используются для записи числа периодов на интервале измерения частоты 90 кГц , а оставшиеся 9 бит комбинации – для записи числа периодов частоты 27 МГц .

Данный синхросигнал передается регулярно с частотой 10 Гц .

Текущее значение опорной частоты кодера. Номинальное значение, допуск на нестабильность частоты, метод регистрации и вычислений текущего значения опорной частоты кодера, а также структура кодовой комбинации совпадают с рассмотренными выше аналогичными параметрами опорной частоты программы.

Различие между опорными сигналами программы и кодера могут быть в конкретных значениях текущей частоты, т.к. они измеряются у разных задающих генераторов.

Отметим, что сигнал опорной частоты кодера может не передаваться, если не предусматривается ремультимплексирование транспортного потока.

Данные обратного счета до склейки – 8 битовое поле, в которое записываются или положительные убывающие номера, или отрицательные возрастающие номера. Положительные номера указывают, что транспортные пакеты предшествуют точке склейки, а отрицательные номера указывают, что пакеты следуют после склейки. Точка склейки начинается после окончания транспортного пакета с нулевым значением обратного отсчета. Следующий за ним пакет будет иметь номер минус единица.

Число байт данных пользователя – 8 битовое поле, в котором записывается число байт, используемых для передачи данных пользователя, которые не должны выходить за пределы поля адаптации.

Данные пользователя – стандартом [2] не нормируются и определяются пользователем.

Число байт расширения поля адаптации – 8 битовое поле, в котором записывается число байт расширения поля адаптации, которое следует

непосредственно передачи трех флагов – см. рис.13. Подробнее про TS см. в литературе [1].

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Принцип работы гибридных видеокодеров. Привести структурную схему.
2. Основные отличия H.264 от MPEG-2
3. Структура транспортных потоков MPEG и DVB
4. Зачем нужен протокол IP, UDP?
5. Объясните принцип передачи данных в IPTV. Опишите процесс установления соединения при использовании мультикастинга. Нарисуйте схему соединений с примерами параметров (адреса хостов, порты, протоколы и т.п.)
6. Какие таблицы есть в составе транспортного потока MPEG и их назначение?
7. Объясните резкое ухудшение качества изображения при потерях в 1 %. Потеря каких фрагментов элементарного потока приводит к наибольшей деградации качества изображения и почему?
8. Какие требования к качеству передачи предъявляются стандартом DVB IPTV?
9. Почему в стеке протокола DVB-IP используется протокол RTP?
10. Почему сеть IP считается одной из перспективных сред вещания DVB?

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов А. В., Пескин А. Е. “Цифровое телевидение от теории к практике”: Учебное пособие. – М.: “Горячая. линия - Телеком”, 2005
2. <https://www.dvb.org/standards>
3. Odom W. "Cisco CCNA Routing and Switching ICND2 200-101 Official Cert Guide" -,Cisco Press, 2013.
4. Г. Олифер, Н. А. Олифер. "Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы." Изд. третье/ В. - СПб.: Питер, 2006.