

СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФИЛИАЛ
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ»



А.Г. Жуковский

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА И СВОЙСТВ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ
МУЛЬТИПЛЕКСОВ DVB-T/T2 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ MPEG-2/4

*Методические указания
по выполнению лабораторной работы*

Ростов-на-Дону
2019

УДК 621.397.2.037

ББК 76.03

Ж 86

Жуковский А.Г. Исследование состава и свойств телевизионных мультиплексов DVB-T/T2 с использованием профессиональных анализаторов транспортных потоков MPEG-2/4. *Методические указания по выполнению лабораторной работы.* СКФ МТУСИ, 2019. – 78 с.

В методических указаниях, предназначенных для студентов, изучающих дисциплину «Технологии цифрового телерадиовещания», изложены краткие теоретические сведения о наземных сетях цифрового телевизионного вещания. Приводятся сведения о принципах формирования и составе телевизионных транспортных потоков MPEG-2/MPEG-4. Представлен состав и структура сервисных таблиц транспортного потока, а также перечень ошибок, возникающих в транспортном потоке и имеющих различные приоритеты. Показаны методы измерений в телевизионных цифровых мультиплексах при использовании профессиональных анализаторов транспортных потоков MPEG2/MPEG-4.

Изложен порядок проведения исследований, содержание требования к отчету, приведен перечень контрольных вопросов для получения зачета по лабораторному исследованию.

Лабораторный комплекс позволит студентам старших курсов, обучающихся по направлению 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» более глубоко изучить дисциплину «Технологии цифрового телерадиовещания», а так же получить практические навыки в работе с измерительным оборудованием.

Пособие также будет интересно широкому кругу студентов технических специальностей и инженерам, интересующимся принципами цифрового телевизионного вещания.

Рецензент: доц. каф. «ИТСС» СКФ МТУСИ к.т.н. доц. Б.П. Борисов

© Жуковский А.Г., СКФ МТУСИ. 2019

Рассмотрено и одобрено
на заседании кафедры «ИТСС»
Протокол от «26» августа 2019 г., № 1.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Краткие теоретические сведения	5
1.1 Организация Российской сети цифрового телевизионного вещания	5
1.2 Формирование и состав телевизионных транспортных потокaв MPEG-2/MPEG-4	10
1.3 Состав и структура сервисных таблиц транспортного потока .	15
1.4 Ошибки транспортного потока MPEG	24
2 Состав оборудования аппаратно-программного лабораторного комплекса по исследованию состава и свойств мультиплексированных транспортных потокaв цифрового телевидения стандарта DVB-T/T2	32
2.1 Анализатор транспортного потока DVB-T/T2 Enensys DiviDual	32
2.2 Специализированное инструментальное средство компании ENENSYS DiviSuite 1.3 поддержки работы анализатора DiviDual	34
2.3 Анализатор транспортного потока DVB-T Dektec DTU-245	38
2.4 Программные средства поддержки работы анализатора транспортного потока Dektec DTU-245.....	40
2.5 Анализатор транспортного потока DVB-T Alitronika	44
2.6 Специализированное ПО DvsStation3 для измерительного оборудования DVB компании Alitronika	47
2.7 Структура и состав лабораторного комплекса	49
3 Методика проведения лабораторного исследования состава и свойств телевизионных мультиплексов DVB-T/T2 с использованием профессиональных анализаторов транспортных потокaв	51
3.1 Цель лабораторного исследования	51
3.2 Порядок подготовки к лабораторному исследованию	51

3.3 Порядок проведения лабораторного исследования	52
3.4 Задание на выполнение лабораторной работы	68
3.5 Содержание отчета и контрольные вопросы для защиты	69
Список используемых источников	71
Приложение А. MPEG-2 измерения по стандарту TR101 290 [ETR290] и перечень ошибок при проведении измерений	73

1 Краткие теоретические сведения

1.1 Организация Российской сети цифрового телевизионного вещания

Базовым понятием, лежащим в основе реализации Программы, является мультиплекс, определяемый как пакет телевизионных каналов, радиоканалов, представляющий собой перечень телевизионных каналов и радиоканалов, телерадиотрансляция которых осуществляется с использованием одного радиочастотного канала. Программа предусматривает формирование трёх основных и нескольких дополнительных мультиплексов. Главный упор сделан на реализацию первого мультиплекса; предполагается, что реализация последующих мультиплексов будет происходить существенно проще [4].

Развитие сети вещания.

Создание цифровой сети 1-го мультиплекса осуществляется на основе действующих объектов государственной сети телерадиовещания. Прообразом цифровой сети распространения 1-го мультиплекса выступает действующая сеть распространения программ открытого акционерного общества (ОАО) «Первый канал», обеспечивающая на сегодняшний день максимальный охват населения наземным эфирным вещанием. В этом случае количество объектов государственной сети, подлежащих дооснащению оборудованием цифрового вещания, составляет 6500 единиц. При этом создаваемая сеть имеет следующие основные технические и эксплуатационные характеристики:

- стандарт вещания DVB-T2, цифровая компрессия MPEG-2, MPEG-4;
- оборудование позволяет использовать системы условного доступа в соответствии со стандартами, принятыми вещательными компаниями;
- исходя из требований и нормативов эксплуатационной надежности, осуществляется резервирование оборудования, а также обеспечивается возможность дистанционного контроля и управления;
- оборудование работает в круглосуточном режиме;

- приемное и передающее цифровое оборудование и антенно-фидерные устройства размещаются на технических объектах с максимальным использованием существующих систем инженерных коммуникаций.

Создание и последующая эксплуатация сетей цифрового телевизионного вещания требует оснащения эксплуатационных служб государственного оператора связи соответствующим контрольно-измерительным оборудованием. Типовой комплекс измерительного оборудования для систем DVB-T/T2 в минимальной комплектации включает генератор телевизионного сигнала и тестовый приемник (переносной комплект), а в полной комплектации — дополнительно к ним анализатор спектра и анализатор транспортного потока (стационарный комплект).

Первоначальное количество необходимых стационарных и переносных комплектов контрольно-измерительного оборудования планируется, исходя из распределения пунктов вещания по мощности и количеству вещательного оборудования, примерно 300 комплектов на общую сумму 715 млн. рублей и 500 комплектов на сумму 531 млн. рублей. В последующем состав и количество контрольно-измерительного оборудования корректируется на базе опыта эксплуатации сети цифрового телевизионного вещания.

Формирование сетей телевизионного вещания 2-го и 3-го мультиплексов.

В соответствии с частотно-территориальным планом, а также по мере отключения отдельных каналов аналогового вещания и высвобождения частотного ресурса государственным оператором связи или иными операторами связи в регионах предполагается последовательно вводить сети цифрового телевизионного вещания каналов 2-го и 3-го мультиплексов [5].

Создаваемые сети цифрового вещания должны обеспечивать возможность модификации общероссийских каналов в соответствии с потребностями региона, а также распространения в каждом регионе местных каналов. На базе радиотелевизионных передающих центров государственного оператора связи создаются центры формирования мультиплексов, обеспечивающие прием телерадиоканалов со спутников и из местных студий,

их обработку, включение местных врезок, формирование и последующую доставку пакета каналов на цифровые эфирные передатчики региона по спутниковым и (или) наземным линиям связи, как показано на рисунке 1.1 [6].

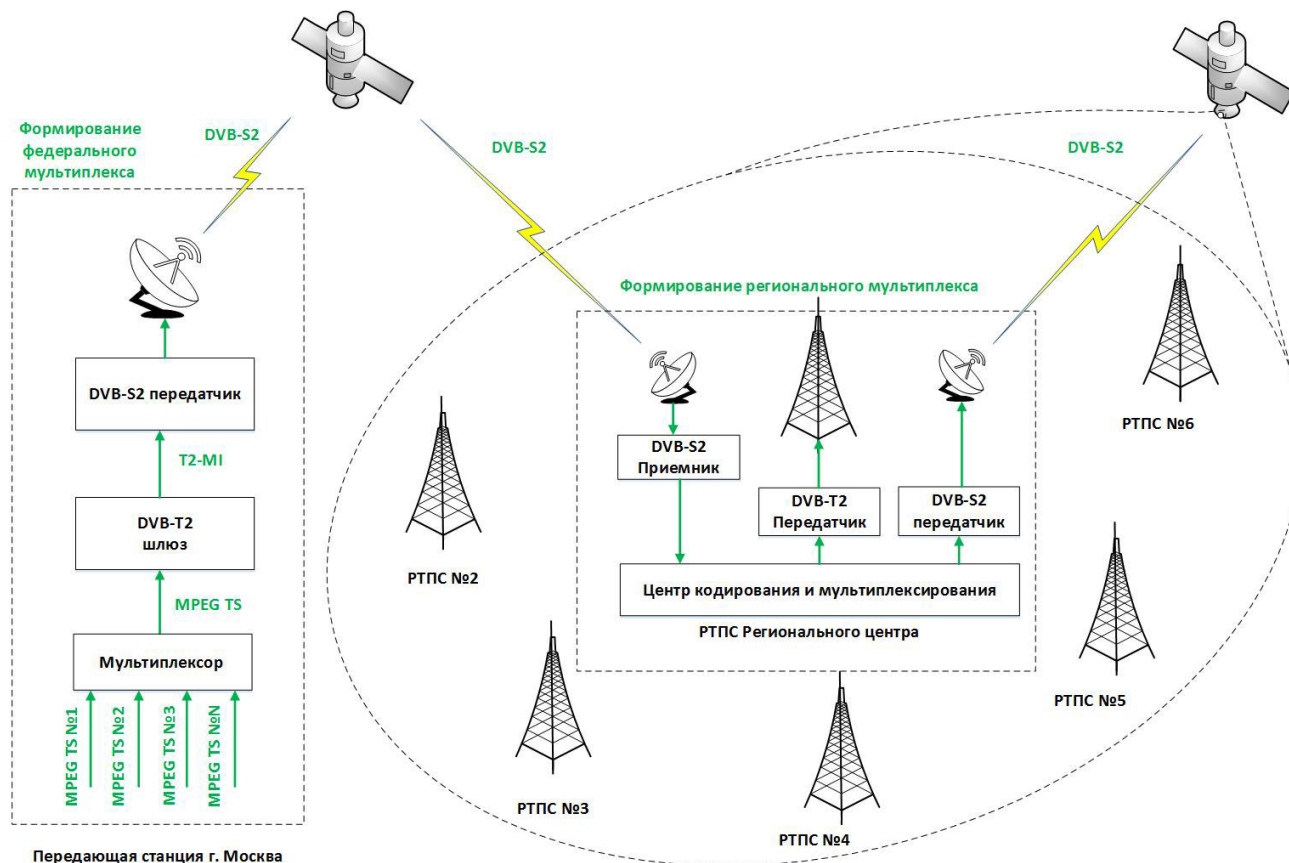


Рисунок 1.1 – Организация Российской сети цифрового телевизионного вещания

Реализация данного мероприятия позволит значительно сократить долю населения Российской Федерации, не охваченного региональным вещанием. Для обеспечения доставки формируемых пакетов каналов до пунктов эфирного вещания внутри региона планируется в ряде регионов создание наземных распределительных сетей.

Территория Российской Федерации по своей протяженности с востока на запад разделена на 5 вещательных зон в целях максимального учета поясного времени в регионе вещания, как показано на рисунке 1.2 [7].



Рисунок 1.2 – Зоны телевизионного вещания на территории Российской Федерации

В соответствии с частотно-территориальным планом и по согласованию с вещателями-заказчиками, а также по мере отключения отдельных каналов аналогового вещания и высвобождения частотного ресурса в городах и крупных населенных пунктах операторами связи на конкурсной основе осуществляется строительство сетей цифрового эфирного вещания для трансляции 4-го и 5-го мультиплексов, а также цифровых каналов в стандартах телевидения высокой четкости (HDTV) и мобильного телевидения (DVB-H). В указанных сетях планируется возможность предоставления зрителям интерактивных услуг.

С точки зрения рекламного рынка и коммерческой привлекательности создание сетей цифрового вещания 4-го и 5-го мультиплексов предполагается в городах и населенных пунктах с численностью населения более 100 тыс. жителей. Объем средств на создание сети вещания одного мультиплекса составляет 1900 млн. рублей. Развертывание сетей трансляции каналов телевидения высокой четкости и мобильного телевидения в период реализации Программы предполагается в первую очередь в крупных городах и населенных

пунктах численностью населения более 100 тыс. жителей. Объем средств на строительство каждой из указанных сетей составит 2162 млн. рублей.

Планируемые к созданию в рамках Программы космические аппараты должны стать основой для формирования современной орбитальной группировки, способной решать широкий спектр задач в области спутниковой связи и вещания. Работы по изготовлению ракет-носителей, разгонных блоков и обеспечение запусков предусмотрены Федеральной космической программой России на 2006–2018 гг., утвержденной Постановлением Правительства Российской Федерации от 22 октября 2005 г. № 635.

При определении технических характеристик космических аппаратов определяющими условиями является максимально полное использование заявленного Российской Федерацией орбитального частотного ресурса, преимущество существующих спутниковых сетей связи и своевременная замена космических аппаратов с заканчивающимся сроком активного существования. Срок активного существования космических аппаратов нового поколения составляет около 15 лет, что позволит обеспечить потребителей на территории Российской Федерации надежными каналами связи с хорошими энергетическими характеристиками, в том числе, для организации спутникового непосредственного телевизионного вещания.

В составе космических аппаратов предусмотрены ретрансляторы перспективного частотного Ka-диапазона, эффективные при их использовании в организации сетей распределения телевизионных программ, широкополосной передачи данных, перегона телевизионных программ, а также организации трансляций с передвижных репортажных телевизионных студий.

Правительственной комиссией по развитию телерадиовещания и утвержден в соответствии с законодательством пакет телевизионных программ, обязательных для распространения на всей территории Российской Федерации. Данные программы должны быть доступны для населения в режиме свободного доступа и во всех средах трансляции (спутниковая, эфирная, кабельная, проводная), что предусматривается в лицензионных условиях операторов,

осуществляющих трансляцию.

Трансляция телевизионных и радиосигналов обязательных общедоступных каналов предусматривает:

- доставку таких сигналов до всего населения Российской Федерации;
- установление периода поддержания параллельной трансляции в аналоговом и цифровом форматах с момента охвата 95 процентов населения региона цифровым вещанием;
- финансирование затрат вещателей, связанных с трансляцией в населенных пунктах с населением менее 200 тыс. человек, с участием средств Федерального и региональных бюджетов;
- трансляцию в населенных пунктах с количеством домохозяйств до 100, не попадающих в зону трансляции эфирных передатчиков, с использованием спутниковой непосредственной трансляции.

1.2 Формирование и состав телевизионных транспортных потоков MPEG-2/MPEG-4

Транспортный поток MPEG2 создается в процессе мультиплексирования однопрограммных транспортных потоков (TS) в один многопрограммный транспортный поток. При этом входные однопрограммные TS могут иметь как единую временную базу, так и самостоятельную временную базу, т.е. эти потоки могут иметь различные источники синхронизации [8].

Цифровой поток ТВ программы включает в себя элементарные потоки видеоданных, звукоданных, данных дополнительной информации (данных пользователя), которые образуются после кодирования со сжатием сигналов видео-, звукового сопровождения и дополнительной информации источника ТВ программы.

При организации мультимедийного вещания в программу могут быть

введены данные разного вида: телетекст, скрытые субтитры, страницы интернета, программное обеспечение компьютеров, информация о деталях сюжета, многоязыковое сопровождение программ и т. д.

Система мультиплексирования и транспортировки принимает цифровые потоки, представляющие данные изображения, звуковые данные, дополнительные и служебные данные, формирует их в управляемые пакеты, обеспечивает механизм индикации начала пакета (синхронизация), назначает каждому пакету соответствующий код идентификации (заголовок) и объединяет (мультиплексирует) пакеты в общий транспортный поток данных.

Аналоговые сигналы вещательных служб сначала кодируются со сжатием данных в непрерывные, так называемые элементарные потоки битов (Elementary Stream, ES), которые могут иметь фиксированную или переменную скорость передачи данных.

Элементарные потоки (ES) имеют непрерывную структуру, и в них отсутствуют сигналы синхронизации и управления декодерами. Для того чтобы ввести эти сигналы, непрерывные ES разбиваются на пакеты: первый вид пакетов, который применяется в MPEG-2, это «пакетированный элементарный поток» (packetized elementary stream) PES-пакет, т.е. потоки данных в виде больших пакетов переменной длины, они содержат заголовок и полезную нагрузку.

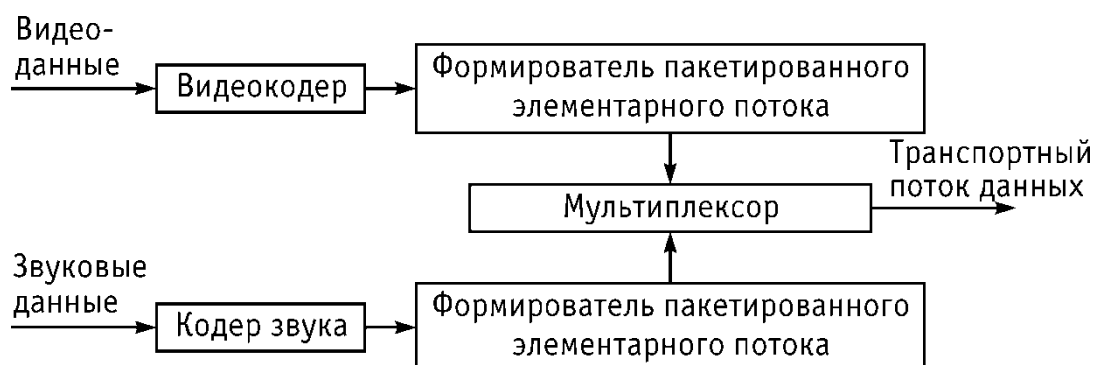


Рисунок 1.3 - Функциональная схема формирователя транспортного потока данных в устройствах кодирования MPEG-2/4

Из всех подаваемых на вход мультиплексора PES-пакетов, соответствующих, например, телевизионным сигналам нескольких программ, формируется транспортный поток данных. Процесс создания транспортного потока из нескольких PES-пакетов называется мультиплексированием и показан на рисунке 1.3 [8].

Программный поток (ПП = PS) представляет собой сборку элементарных потоков, относящихся к одной ТВ программе. Они объединяются общими часами (в данном контексте не следует путать часы с тактовой частотой). Такой поток состоит из пакетов переменной длины и предназначен для записи или передачи по каналам с малой вероятностью ошибки. В частности, именно программные потоки записываются на диски CD-ROM и DVD.

На втором, системном уровне мультиплексирования из нескольких транспортных потоков TS отдельных программ формируется единый системный поток транспортных пакетов многопрограммной системы цифрового вещания.

Транспортный поток (ТП = TS) - другой вид объединения элементарных потоков. Он может содержать несколько программ с независимыми часами, и даже различными тактовыми частотами. Транспортные потоки состоят из пакетов фиксированной длины (188 байт) и предназначены для передачи по каналам с ошибками, в частности для телевещания. Именно этот тип потока обычно называют просто «сигнал MPEG». Фиксированная и небольшая длина пакета транспортного потока облегчает задачи кодозащиты и коррекции ошибок. Принцип формирования многопрограммного телевизионного транспортного потока (мультиплекса) представлен на рисунке 1.4 [8].

Транспортный поток (ТП) представляет собой более высокий уровень организации данных. В ТП пакетированные элементарные потоки, принадлежащие разным программам, переносятся в различных транспортных пакетах небольшой длины, снабженных кодозащитой для передачи в каналах с

ошибками, в частности, для вещания. Один транспортный поток может переносить несколько программ, не связанных единой временной базой, каждая из нескольких компонентов. Передача оказывается, по сути дела, асинхронной и потому не может управляться единым синхронизирующим сигналом.

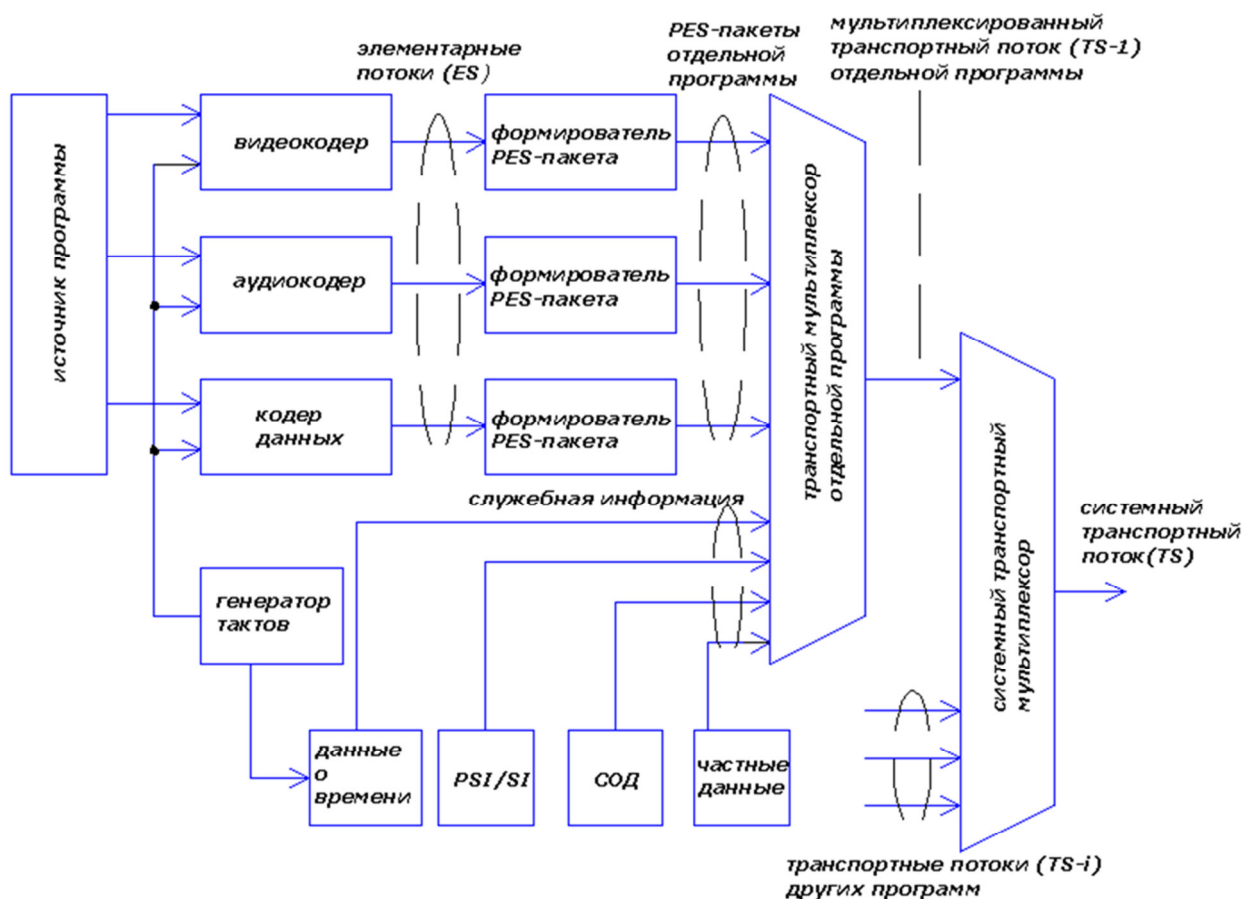


Рисунок 1.4 - Принцип формирования многопрограммного телевизионного транспортного потока (мультиплекса)

Транспортный поток может объединять пакетные элементарные потоки, переносящие данные нескольких программ с независимыми временными базами. Он состоит из коротких пакетов фиксированной длины (188 байтов). Элементарные потоки видео, звука и дополнительный данных (например, телетекст) разбиваются на фрагменты, равные по длине полезной нагрузке транспортного пакета (184 байта) и мультиплексируются в единый поток.

При этом процесс формирования (TS) подчиняется ряду ограничений.

Первый байт каждого PES-пакета элементарного потока должен быть первым байтом полезной нагрузки транспортного пакета. Каждый транспортный пакет может содержать данные лишь одного PES-пакета. Если PES-пакет не имеет длину, кратную 184 байтам, то один из транспортных пакетов не заполняется данными PES-пакета полностью.

В этом случае избыточное пространство заполняется полем адаптации. Транспортные пакеты, переносящие разные элементарные потоки, могут появляться в произвольном порядке, но пакеты, принадлежащие одному элементарному потоку, должны следовать в транспортном потоке в хронологическом порядке, т.е. в порядке их «нарезания» из PES-пакетов, как показано на рисунке 1.5 [8].

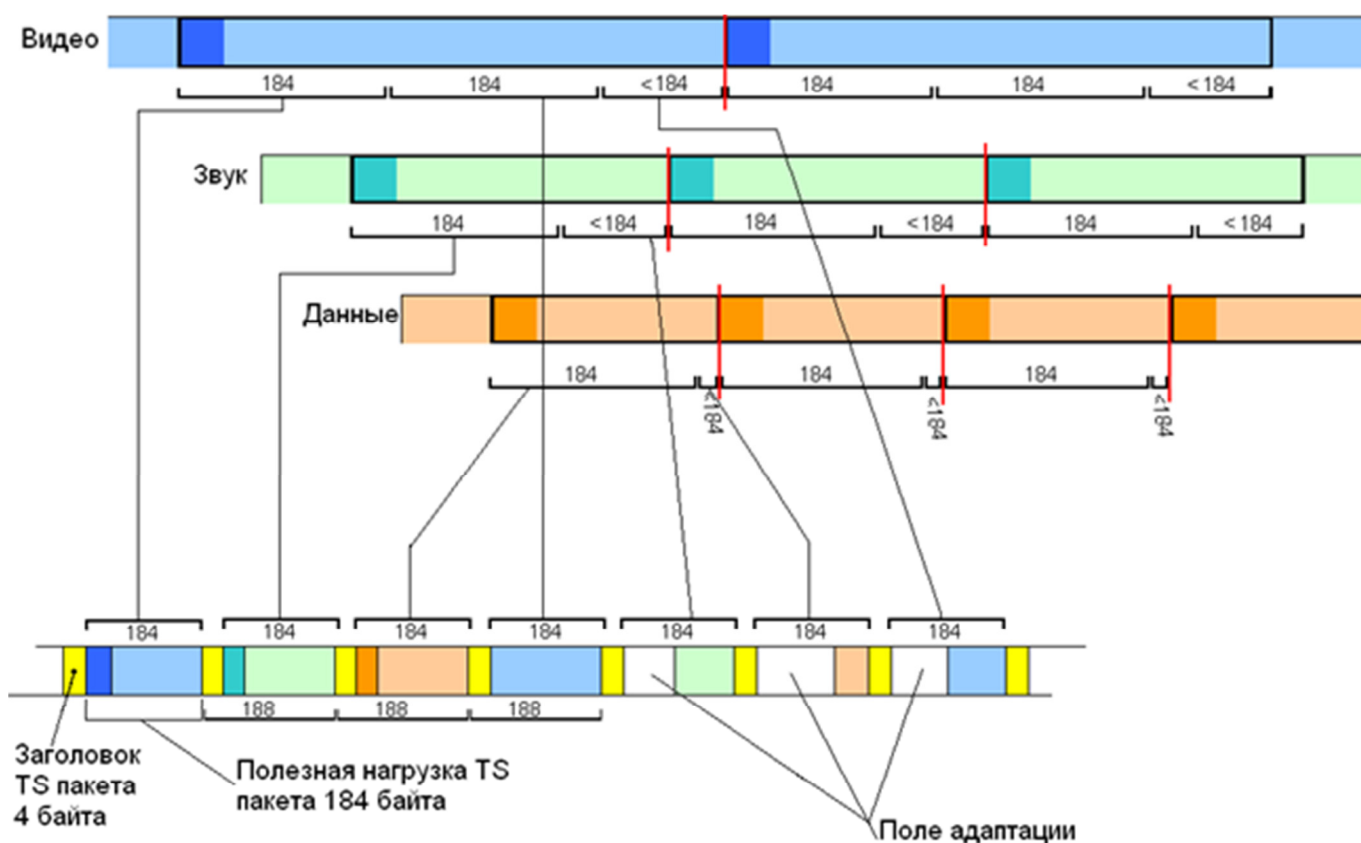


Рисунок 1.5 – Структура транспортного потока

На приеме транспортный поток должен быть адекватно разделен на свои составляющие для выдачи абоненту или для дополнительной обработки. Для

распознавания элементарных потоков и объединения их в телевизионные программы, для осуществления всех необходимых операций по декодированию и выделению информации, а также для информирования абонента о текущем режиме работы или о выборе интересующих его служб служит сервисная информация PSI (SI), которая должна обязательно передаваться в транспортном потоке [9].

При передаче сигналов цифрового телевидения сервисная информация SI встраивается в каждый транспортный поток вещаемого мультиплекса в качестве независимого сигнала. Для того чтобы интерпретировать содержание транспортного потока, приемник-декодер должен, в первую очередь, декодировать данные SI, содержащиеся в пакетах с особым идентификатором PID.

Широкий набор данных SI описывает среду передачи, компоненты служб, соотношения между службами, переносимыми конкретным транспортным потоком, а также между службами остальных транспортных потоков сети.

Данные служебной информации PSI (Program Specific Information) и SI организованы в виде ряда таблиц. Каждая таблица содержит данные, относящиеся к определенной функции, которая может потребоваться в приемнике для решения поставленной задачи.

1.3 Состав и структура сервисных таблиц транспортного потока

В мае 2001 года опубликовано «Руководство по измерениям» TR 101 290. Оно определяет правила и процедуры контроля параметров входных/выходных сигналов всех блоков телевизионного тракта. Эти правила установлены для спутникового, кабельного и наземного телевизионного вещания DVB, а также SMATV, MMDS/MVDS [10].

В первую очередь прописаны методы оценки и измерения транспортного потока MPEG-2 TS. Они позволяют идентифицировать проблемы модулятора и

передатчика, обеспечивают правильное определение измеряемых параметров на физическом уровне систем DVB-T, S, C.

В отдельном разделе Руководства подробно рассмотрены измеряемые параметры системы наземного цифрового телевидения DVB-T/2. Это параметры радиосигналов, влияние шумов на качество передачи информации, измерение коэффициента битовых ошибок BER, анализ квадратурных составляющих I/Q, ошибки модуляции и синхронизации [11].

Для характеристики качества выходных сигналов передающих систем или модуляторов одним из наиболее часто используемых параметров является коэффициент ошибок модуляции MER. Его можно интерпретировать как расширенную версию отношения сигнал/шум SNR. Он также включает систематические ошибки от специфических искажений модулятора, таких как амплитудный дисбаланс, фазовое дрожание и квадратурные ошибки. На приемной стороне величина MER характеризует качество сигнала, включая систематические ухудшения, вызванные передающей системой. Считается, что ее минимальное значение находится в пределах 37-43 дБ. Для синхронизации в одночастотных сетях полезен MIP (Mega-frame Initialization Packet) для регулировки специфических параметров. Дополнительно в одночастотных сетях может быть идентифицирован дрейф и задержка сигналов отдельных передатчиков.

Любой транспортный поток DVB содержит в себе служебные сведения (сервисную информацию) структурированную в виде специальных таблиц. Эта информация представлена в ГОСТ Р 55697-2013 [9].

ГОСТ Р 55697 распространяется на данные сервисной информации, входящие в состав транспортных потоков систем DVB первого и второго поколения, он устанавливает:

- методы передачи сервисной информации;
- структуры, используемые для передачи сервисной информации;
- синтаксис структур передачи сервисной информации.

В соответствии с [9] в составе транспортных потоков систем цифрового ТВ вещания DVB различного назначения должны передаваться данные сервисной (служебной) информации SI, описывающие систему доставки, содержание и расписание вещаемых потоков данных в мультиплексах, доступных пользователю в месте приема.

В состав сервисной информации SI должна входить группа служебных данных программно-зависимой информации в виде 6 таблиц PSI, которые необходимы для демультимплексирования транспортных потоков и успешного восстановления программ в пределах одного мультиплекса:

1. Таблица взаимосвязи программ PAT;
2. Таблица структуры программы PMT;
3. Таблица условного доступа CAT;
4. Таблица описания транспортного потока TSDT;
5. Таблица сетевой информации NIT;
6. Таблица управляющей информации IPMP.

Данные сервисной информации SI должны содержать также дополнительную служебную информацию, которая предоставляет пользователям возможность получения описания услуг (служб) и программных элементов (событий), передаваемых в различных мультиплексах разных сетей. Дополнительные данные SI должны быть организованы в 9 таблиц [9]:

1. Таблица взаимосвязи программных пакетов BAT;
2. Таблица описания услуги SDT;
3. Таблица информации о программных элементах EIT;
4. Таблица времени и даты TDT;
5. Таблица сдвига по времени TOT;
6. Таблица текущего статуса RST;
7. Таблица байтов согласования скоростей ST;
8. Таблица неоднородности информации DIT;
9. Таблица выбираемой информации SIT.

Программно-зависимая информация PSI может содержать как

нормативную информацию, так и конфиденциальную информацию, которая позволяет выполнять в декодерах демультимплексирование программ. Один или несколько элементарных потоков, образующих программу, должны быть идентифицированы своим PID. Для реализации условного доступа программы, элементарные потоки или их части могут быть скремблированы (зашифрованы). Программно-зависимая информация PSI не должна подвергаться скремблированию (шифрованию) [9].

Таблица 1.1 - Название таблиц и зарезервированные за ними номера идентификаторов PID

Название таблицы	Зарезервированный номер PID	Назначение таблицы
Таблица взаимосвязи программ (PAT)	0x00	Связывает номер программы и PID таблицы структуры программы PMT
Таблица структуры программы (PMT)	Присвоен в PAT	Содержит значения PID для компонентов одной или нескольких программ
Таблица условного доступа (CAT)	0x01	Присваивает одному или каждому из нескольких (частных) потоков EMM уникальное значение PID
Таблица описания транспортного потока (TSMT)	0x02	Связывает один или несколько дескрипторов со всем транспортным потоком
Таблица сетевой информации (NIT)	Присвоен в PAT	Является дополнительной. Содержит сведения о физических параметрах доступных сетей (частоты каналов, номера спутниковых транспондеров, характеристики модуляции и т.п.) и сведения о мультимплексах, передаваемых в этих сетях
Таблица управляющей информации IPMP	0x03	Содержит список инструментов IPMP, контейнер прав, контейнер инструментов, определенные в стандарте MPEG-2

В транспортных потоках программно-зависимая информация PSI должна быть организована в шесть табличных структур, содержащих информацию, необходимую для автоматического конфигурирования приемника, который разделяет и декодирует различные программные потоки, входящие в состав мультиплекса. Хотя эти структуры могут считаться простыми таблицами, они должны быть разделены на одну или несколько секций и введены в пакеты транспортного потока, некоторые с заранее определенными значениями PID, а другие с теми значениями PID, которые выбирает пользователь. Название таблиц программно-зависимой информации PSI, зарезервированные за ними номера идентификаторов PID, а также назначение таблиц приведены в таблице 1.1 [9].

Значения идентификатора пакета PID, которые должны использоваться для опознавания пакетов транспортного потока, переносящих секции сервисной информации SI, приведены в таблице 1.2 [9].

Таблица 1.2 - Значения идентификатора пакета PID, которые должны использоваться для опознавания пакетов транспортного потока

Таблица	Значение идентификатора PID
PAT	0x0000
CAT	0x0001
TSDT	0x0002
Зарезервировано	0x0003-0x000F
NIT, ST	0x0010
SDT, BAT, ST	0x0011
EIT, ST, CIT	0x0012
RST, ST	0x0013
TDT, TOT, ST	0x0014
Синхронизация сети	0x0015
RNT	0x0016
Зарезервировано на будущее	0x0017-0x001B
Внутриполосная сигнализация	0x001C
Измерения	0x001D
DIT	0x001E
SIT	0x001F

Кратко рассмотрим назначение служебных таблиц транспортного потока.

1. Таблица взаимосвязи программ PAT должна определять соответствие между меткой `program_number` и значением `PID` для пакетов транспортного потока. Метка `program_number` - это числовая метка, связанная с программой. Для каждой службы в мультиплексе таблица PAT должна указывать местонахождение соответствующей таблицы PMT (значения `PID` пакетов транспортного потока). Она также должна указывать местонахождение таблицы сетевой информации NIT.

2. Таблица структуры программы PMT обеспечивает связь между номерами программ и составными элементами программы при помощи идентификаторов программ `PID`. Таблица структуры программы PMT должна идентифицировать и указывать местоположение потоков, которые составляют каждую службу и местоположение полей эталонных меток времени программы конкретной службы.

3. Таблица условного доступа CAT должна описывать связь между одной или несколькими системами условного доступа, используемыми в мультиплексе, их потоки EMM и любые конкретные параметры, связанные с ними. Информация таблицы CAT - конфиденциальная (в данном стандарте она не может быть определена) и зависящая от конкретной используемой системы условного доступа, но она должна содержать местоположение потока EMM, когда таковой существует.

4. Таблица описания транспортного потока TSDT является дополнительной. Если она присутствует, то описание транспортного потока должно передаваться в пакетах транспортного потока, которые имеют значение `PID=0x0002`, и должно применяться ко всему транспортному потоку целиком.

5. Таблица сетевой информации NIT должна отражать информацию, относящуюся к физической организации мультиплексов и транспортных потоков, передаваемых по данной сети, а также характеристики сети. Комбинация идентификаторов исходной сети `original_network_id` и транспортного потока `transport_stream_id` должны позволять идентифицировать

каждый транспортный поток единственным образом. Так как сетевые идентификаторы `network_id` служат уникальными кодами опознавания сетей, то за сетями должны быть закреплены их индивидуальные значения.

6. Таблица управляющей информации IPMP должна присутствовать в транспортном потоке, если какой-либо из компонентов транспортного потока использует механизм IPMP.

7. Таблица взаимосвязи программных пакетов BAT должна содержать информацию, относящуюся к группам служб. Под группой служб понимается совокупность служб, элементы которых могут передаваться в различных сетях.

8. Таблица описания услуги SDT должна содержать перечень названий служб, провайдеров услуг и другие параметры, связанные с каждой службой в мультиплексе стандарта MPEG-2. Данные службы могут быть частью транспортного потока, в котором передается таблица SDT, или входить в состав других транспортных потоков, что определяется посредством значения идентификатора таблицы `table_id`.

9. Таблица информации о программном элементе EIT должна предоставлять в хронологическом порядке сведения, описывающие программные элементы (события), содержащиеся в каждой услуге. Таблица EIT, содержащая информацию о текущем и последующем программных элементах, должна включать в себя только данные о текущем событии и следующем за ним событии, которые передаются рассматриваемой службой в составе данного или другого транспортного потока, за исключением случая службы «почти видео по запросу» (NVOD). В этом случае может передаваться информация о более чем двух событиях. Таблицы расписания событий, относящиеся к данному или другому транспортному потоку, должны содержать список событий в виде расписания, которое включает в себя события за временными границами следующего события. Таблицы EIT не являются обязательными. Данные, касающиеся программных элементов, должны предоставляться в хронологическом порядке.

10. Таблица времени и даты TDT должна использоваться для передачи

информации точного времени, включая текущее время и дату. Данные TDT должны передаваться в отдельной таблице из-за частого обновления этой информации. Таблица времени и даты должна содержать информацию о текущем времени и дате только в формате Всемирного координированного времени.

11. Таблица сдвига по времени TOT содержит информацию о времени в формате Всемирного координированного времени и дате, а также значение сдвига (смещения) местного времени от всемирного.

12. Таблица текущего статуса RST должна обеспечивать точное и своевременное обновление статуса одного или нескольких программных элементов, что может быть необходимо в случае, если программный элемент начинается раньше или позже из-за изменения расписания. Использование данных таблиц должно обеспечивать механизм быстрого обновления данных.

13. Таблица байтов согласования скорости ST должна использоваться с целью отмены действия существующих секций на граничных пунктах системы доставки, например на головной станции кабельной сети.

14. Таблица неоднородности информации DIT должна использоваться только в частичных транспортных потоках. Не допускается передавать таблицу DIT в полных стандартных транспортных потоках MPEG-2, предназначенных для вещания. Таблицу DIT следует вводить в переходных точках транспортного потока, когда сервисная информация SI может иметь временные разрывы или иные неоднородности.

15. Таблица выбираемой информации SIT должна содержать информацию, описывающую услуги и программные элементы, переносимые в частичных транспортных потоках, которые могут быть "прерывающимися", т.е. содержать временные разрывы. Таблица SIT должна включать в себя итоговую подборку всей сервисной информации вещательного транспортного потока. Не допускается передавать таблицу SIT в полных стандартных транспортных потоках MPEG-2, предназначенных для вещания. Если таблица SIT присутствует в потоке данных, этот поток должен идентифицироваться как

частичный транспортный поток, полученный от цифрового интерфейса. В этом случае приемник-декодер не должен производить поиск сервисной информации, связанной с вещанием, и должен опираться исключительно на информацию, переносимую в таблице SIT.

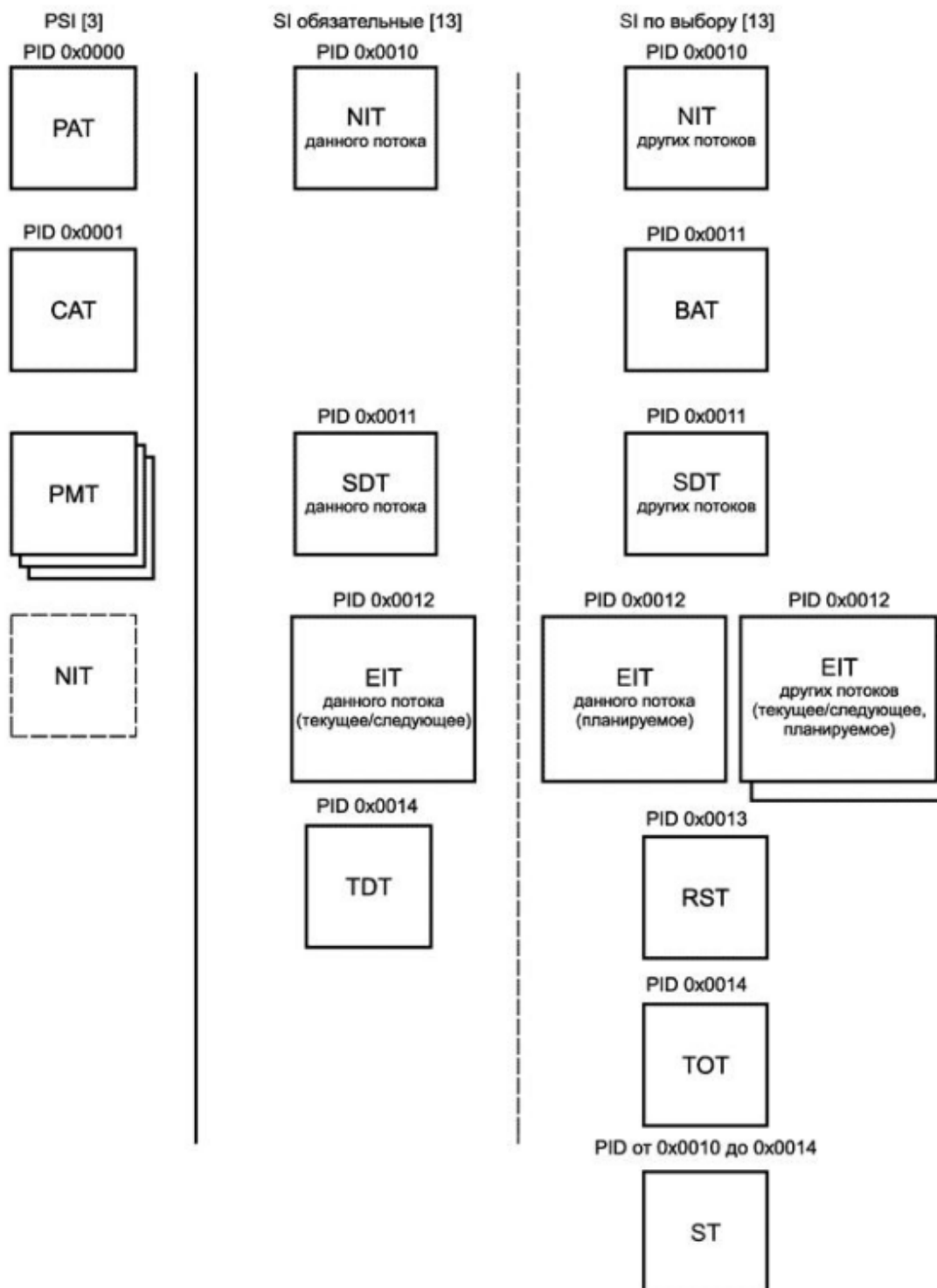


Рисунок 1.6 – Полная совокупность таблиц PSI, SI

Таким образом, в соответствии с [12], минимально необходимый объем данных для декодирования транспортного потока передается в его составе в виде 3 таблиц программно-зависимой информации (информации о программах) PSI: PAT, CAT, PMT.

В дополнение к таблицам PSI, в транспортном потоке передаются обязательные таблицы информации о службах SI: NIT, SDT, EIT, TDT, а также необязательные таблицы информации о службах: BAT, TOT, RST.

На рисунке 1.6 показана полная совокупность таблиц PSI, SI [12].

1.4 Ошибки транспортного потока MPEG

Оперативный контроль цифрового потока осуществляется в режиме реального времени и должен подтверждать, что транспортный поток удовлетворяет действующим нормативным документам. В частности, должны присутствовать правильно закодированные данные PSI и SI, которые позволяют идентифицировать отдельные составляющие транспортного потока. Во избежание срыва синхронизации дрожание временных меток не должны выходить за определенные пределы.

К приоритету первого, высшего уровня отнесены параметры, необходимые для декодирования потока – потеря синхронизации, ошибка синхробайта, ошибка PAT и т.п. Проявление таких ошибок может привести к полной потере сигнала в результате невозможности его декодирования.

Приоритет второго уровня составляют параметры, важные для обеспечения устойчивой работы системы в целом, которые рекомендуется отслеживать непрерывно. Наличие таких ошибок может приводить к изменению качества картинки на экране, искажению ли потере звука, появлению на экране телевизора различных артефактов.

К приоритету третьего уровня отнесены параметры, представляющие интерес для отдельных приложений. Как правило, такие ошибки не

проявляются визуально или акустически.

На рисунке 1.7 показано окно программы анализатора транспортного потока в режиме декодирования ошибок при их наличии.

Priority 1				
● TS_sync_loss	0	-	-	
● Sync_byte_error	0	-	-	
● PAT_error_2	2	2009-03-04 14:04:36	No section with table_id 0x00 on PID 0 for more than 500.0ms	
● Continuity_count_error	0	-	-	
● PMT_error_2	1	2009-03-04 14:04:36	No section with table_id 0x02 on PID 112 for more than 500.0ms	
● PID_error	1	2009-03-04 14:04:40	PID 289 was not detected for more than 5.00s	
Priority 2				
● Transport_error	0	-	-	
● CRC_error	0	-	-	
● PCR_repetition_error	0	-	-	
● PCR_discontinuity_indicator_error	0	-	-	
● PCR_accuracy_error	0	-	-	
● CAT_error	0	-	-	
Priority 3				
● NIT_actual_error	2	2009-03-04 14:04:36	No section with table_id 0x40 for more than 10.00s	
● NIT_other_error	0	-	-	
● SI_repetition_error	28	2009-03-04 14:04:44	No table with table_id 0x02 on PID 112 for more than 500.0ms (PMT_repetition_r...	
● Unreferenced_PID	0	-	-	
● SDT_actual_error	0	-	-	
● SDT_other_error	0	-	-	
● EIT_actual_error	3	2009-03-04 14:04:36	No section with table_id 0x4E for more than 2.00s	
● EIT_other_error	0	-	-	
● RST_error	0	-	-	
● TDT_error	1	2009-03-04 14:04:36	No section with table_id 0x70 for more than 30.00s	

Рисунок 1.7 - Ошибки первого, второго и третьего уровня

В данном примере обнаружены ошибки первого уровня:

PAT_error_2 – секция с таблицей ID 0x00 не появляются, по меньшей мере, каждые 500 мс под PID 0.

PMT_error_2 – секция с таблицей ID 0x02 не появляются по меньшей мере каждые 500 мс.

PID_error –PID 289 не обнаружен в течении 5с.

Не обнаружены ошибки второго уровня.

Есть ошибки третьего уровня:

NIT_aktual_error – секция с таблицей ID 0x40 не появляются по меньшей мере каждые 10 с.

SI_repetition_error – частота повторения SI таблиц с PID 112 более 500 мс.

EIT_aktual_error – секция с таблицей ID 0x4E не появляются по меньшей мере каждые 2 с.

EDT_error – секция с таблицей ID 0x70 не обнаружена более 30 с.

Наиболее серьезная ошибка из числа отнесенных к первому уровню - потеря синхронизации транспортного потока, т. е. не обнаружение в нем байта синхронизации. Как правило, эта ошибка имеет место при отсутствии сигнала (см. рисунок 1.8).

Priority 1


TS_sync_loss	5	2009-10-16 16:36:58	Loss of synchronisation
--------------	---	---------------------	-------------------------

Рисунок 1.8 – Ошибка потери синхронизации транспортного потока

Байт синхронизации всегда содержит шестнадцатеричное значение 47 (десятичное 71), он используется в качестве «синхроимпульса» передаваемого сигнала. Обработав один байт со значением 47h, приемник MPEG-2 сигнала ожидает поступления следующего такого же значения 188 байтами позднее.

Другой ошибкой первого уровня будет потеря синхробайта.

Войдя в синхронизм с принимаемым сигналом, приемник может потерять его при пропуске даже одного байта синхронизации, так что контроль тесно связанной с этим событием ошибки байта синхронизации (sync byte error) должен осуществляться постоянно (см. рисунок 1.9).



Sync_byte_error	6	2009-10-16 16:36:58	0x84 is not a valid sync_byte
-----------------	---	---------------------	-------------------------------

Рисунок 1.9 - Ошибка первого уровня - потеря синхробайта

Необходимое для вхождения в синхронизм количество успешно принятых байтов синхронизации в зависимости от конкретного устройства составляет обычно от двух до шести.

Непосредственный интерес представляют идентификаторы пакета (PID), поле управления защитным кодированием, счетчик последовательности и информационный блок (значения PID часто задаются десятичными числами, как показано на рисунке 1.10).

●	PAT_error_2	3	2009-10-16 16:36:56	Interval between sections with table_id 0x00 on PID 0 too long (req: 500.0ms, act...
●	Continuity_count_error	57	2009-10-16 16:38:15	Incorrect continuity-count on PID 20 (expected: 5, found: 3)
●	PMT_error_2	2	2009-10-16 16:36:56	No section with table_id 0x02 on PID 257 for more than 500.0ms
●	PID_error	1	2009-10-16 16:36:56	PID 258 was not detected for more than 5.00s

Рисунок 1.10 – Фрагмент таблицы с перечнем ошибок с указанием PID

Поскольку способ интерпретации содержимого информационного блока каждого пакета определяется его PID, правильная передача этого значения совершенно необходима для декодирования транспортного потока. В информационном блоке может, в частности, содержаться информация о назначении определенных PID пакетам тех или иных передаваемых в потоке программ. Обратите внимание, что PID может выполнять функцию «указателя на» последующие наборы PID. Информация о каждой конкретной программе обычно передается с периодичностью порядка 100 мс. Этого достаточно, поскольку на большинстве каналов программы сменяются не так уж часто.

Такую смену программ можно проиллюстрировать на примере на трансляцию местных передач, как показано на рисунке 1.11.

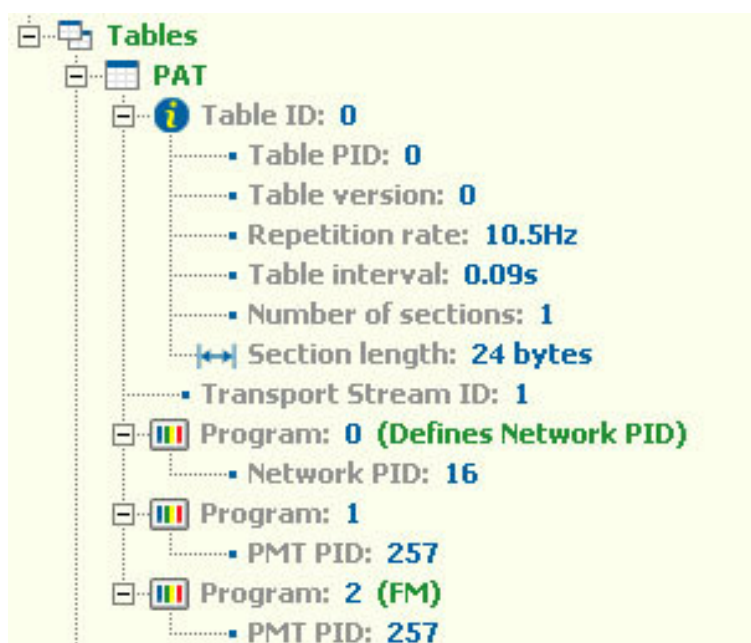


Рисунок 1.11 - Сведения о PAT- таблице

Информация об этом содержится в таблице программ (program association

table, PAT), являющейся компонентом самого верхнего уровня иерархии транспортного потока MPEG-2. Для ее передачи всегда используется идентификатор пакета 0. В этой таблице перечисляются все программы (номер канала и описание содержания), присутствующие в транспортном потоке, и каждой из них присваивается отдельный PID для передачи таблицы структуры программы (program map table, PMT), как показано на рисунке 1.12.

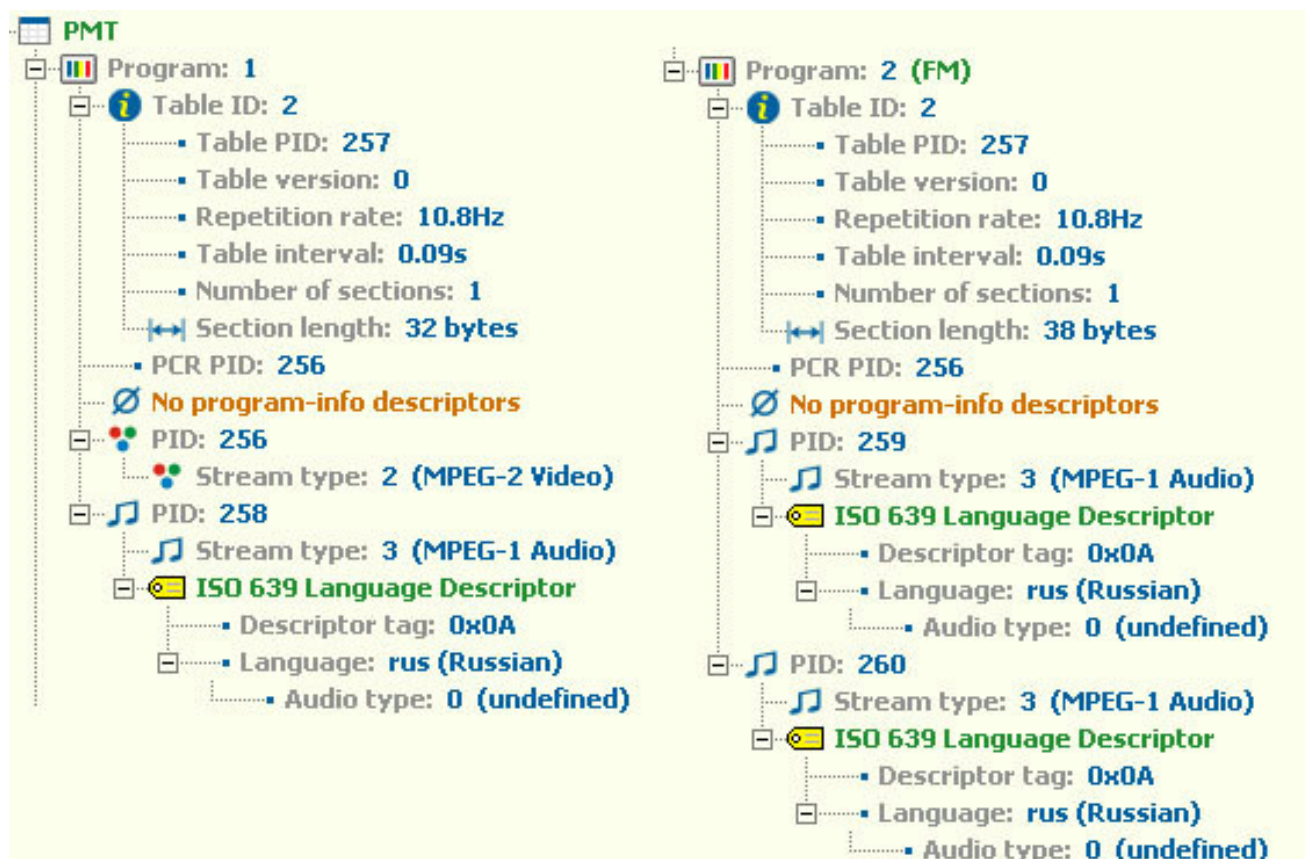


Рисунок 1.12 – Структура PMT-таблицы

PMT таблица, занимающая более низкий уровень иерархии, включает PID для пакетов аудио-, видео- и цифровых данных программы (пакеты цифровых данных, как правило, содержат информацию системы телетекста или скрытые титры).

После захвата синхронизации декодер прежде всего выискивает в потоке PID = 0, зарезервированный спецификацией MPEG-2 для таблицы программ. Если PID = 0 не появится в определенный промежуток времени (не более

половины секунды), или информационный блок такого пакета не удастся интерпретировать как РАТ, или у него окажется выставлен флаг защитного кодирования (в специальном поле длиной 2 бит, см. структуру пакета, декодер не сможет обработать поток.

Следующей в очереди на проверку идет ошибка счетчика последовательности (continuity count error). Каждый пакет аудио-, видео- и цифровых данных в транспортном потоке имеет собственный счетчик последовательности, который увеличивается на единицу для каждого следующего пакета одной программы. Ошибка счетчика последовательности имеет место, когда его значения для последовательных пакетов одинаковы (что говорит о повторной передаче) либо отличаются больше чем на 1 (что говорит о пропуске пакетов).

Затем приходит очередь ошибок РМТ (PMT errors). Таблица структуры программы содержит значения PID, с которыми передаются пакеты аудио-, видео- и цифровых данных конкретной программы. Подобно ошибке РАТ, ошибка РМТ имеет место, когда таблица расписания программы передается слишком редко либо индикатор защитного кодирования не равен 0. Это не следует понимать так, что внесение в передаваемую программу тех или иных искажений не допускается стандартом MPEG-2, - данное условие ошибки применяется только к таблицам.

Еще один тип ошибок первого уровня - ошибки PID (PID errors). Если упомянутый в РАТ или в РМТ идентификатор пакета не появится в потоке в течение определенного, задаваемого пользователем периода, выставляется ошибка PID.

Проявление ошибок второго уровня считается желательным, потому что параметры, отнесенные к данной категории, оказывают влияние на безошибочность декодирования программ. Перечислим самые важные ошибки этого уровня.

Одна из наиболее часто встречающихся проблем с декодированием имеет отношение к полю эталонных часов программы (program clock reference, PCR).

Оно содержит временную информацию, используемую для синхронизации контура автоматической подстройки фазы декодера. Поле PCR представляет собой фрагмент поля адаптации, которое включается в состав некоторых пакетов. Практика показывает, что в передачах ряда кодеров время от времени возникают ошибки эталонных часов программы (program clock reference timing errors), что может приводить к нестабильной работе потребительского приемника-преобразователя. Спектр потенциальных последствий такой нестабильности в работе широк: от появления в передачах искажений до перебоев в выходном сигнале декодера или даже его полного отсутствия.

Два других условия, рекомендуемых для проверки: ошибка циклического избыточного кода (CRC error), которая так же не желательна в системах MPEG-2, как и в любых других цифровых каналах передачи данных, использующих этот метод обнаружения ошибок, и ошибка таблицы условного доступа (conditional access table (CAT) error). Ошибка CAT возникает, когда в пакете выставлен индикатор защитного кодирования, а таблица условного доступа либо отсутствует, либо указывает на несуществующее или непригодное для использования сообщение об условии разрешения доступа (entitlement management message, EMM). (В системах непосредственного спутникового вещания домашние приемники программируются таким образом, чтобы декодировать программы только с определенными EMM-кодами или вообще не защищенные программы).

Из восьми ошибок, отнесенных в спецификации DVB к третьему, факультативному, уровню, только три имеют отношение к системам MPEG-2. Это ошибки таблицы сетевой информации (network information table (NIT) errors), незарегистрированные идентификаторы пакетов (unreferenced PIDs) и переполнение/исчерпание буфера (buffer overflow/underflow). Таблица сетевой информации содержит описание источника сигнального потока: название сети-источника, орбитальные координаты спутника и т. п.

Хотя подобные сведения ни в коей мере не являются (или не должны являться) существенными для процесса декодирования программы или

программ, к которым они относятся, отдельные декодеры отказываются декодировать передачи в отсутствие этой информации. По утвержденному ISO стандарту MPEG-2, ее использование считается факультативным, по стандарту же DVB - обязательным, как полагают, с целью защиты интересов участников рынка. Конечно же, в Европе содержание каналов тщательно защищается кодированием (стандарт MPEG-2 запрещает кодирование лишь пакетов с PID = 0, а также содержащих таблицы PAT и PMT).

Незарегистрированные идентификаторы пакетов - это идентификаторы, которые присутствуют в потоке, но не упоминаются в PAT или PMT. Хотя ситуация, когда такие пакеты вызывали бы перерывы в декодировании программы или делали бы его невозможным, маловероятна, их появление может говорить о неисправности кодера, мультиплексора или демультимплексора.

Буферы помогают компенсировать эффект неравенства скоростей поступления и выдачи информации. Если их емкости окажется все же недостаточно, возможно исчерпание или, что случается реже, переполнение буфера. Исчерпание буфера означает, что имеющихся данных не хватает для постоянного обновления звукового или видеосигнала, а переполнение приводит к потере информации.

Наиболее часто встречающаяся причина переполнения буфера - недостаточная степень сжатия данных кодером. Обычно это происходит, когда видеоизображение оказывается слишком сложным для примененного в нем алгоритма уплотнения. Скорректировать скорость воспроизведения для преодоления проблем с емкостью буфера, вызванных недостаточным сжатием данных, нельзя (скорость воспроизведения определяется временной меткой декодирования (decode time stamp, DTS) и временной меткой представления (presentation time stamp, PTS)).

Полный перечень ошибок всех приоритетов представлен [10], а выписка из стандарта на русском языке в Приложении А данной работы.

2 Состав оборудования аппаратно-программного лабораторного комплекса по исследованию состава и свойств мультимплексированных транспортных потоков цифрового телевидения стандарта DVB-T/T2

2.1 Анализатор транспортного потока DVB-T/T2 Enensys DiviDual

Анализатор транспортного потока DVB-T/T2 Enensys DiviDual 5200130 относится к экспертным анализаторам мониторинга DVB -T2MI [13].



Рисунок 2.1 - Внешний вид анализатора Enensys DiviDual

Устройство DiviDual T2MI представляет собой карманный анализатор с функциями анализа, записи и потокового воспроизведения DVB T2-MI и MPEG2 TS в режиме реального времени. Внешний вид анализатора представлен на рисунке 2.1 [13].

Интерфейс модулятора DVB-T2 (T2-MI) передает входные сигналы системы DVB-T2, MPEG-2TS, инкапсулированные в кадры основной полосы частот DVB-T2.

Новое устройство DiviDual T2MI обеспечивает выполнение анализа всех параметров T2MI в режиме реального времени:

- кадров BB;

- кадров L1;
- декодирования временных меток.

Для мониторинга MPEG2-TS реализовано три уровня приоритетов ETR290; контроль скорости может выполняться либо глобально, либо для каждой службы, также могут использоваться настраиваемые аварийные сигналы. Кроме того, устройство DiviDual поддерживает функции сбора эфирного потока. В это устройство также интегрирован видеodeкодер, обеспечивающий декодирование в режиме реального времени всех некодированных служб. В DiviDual T2MI используются преимущества последнего обновления программного обеспечения версии 6. Благодаря этому возможна проверка всех приложений DiviSeries на новом интуитивно понятном уровне использования. Возможна полная настройка и загрузка всех экранов мониторинга. Поскольку оборудование DTTV стандарта T2 распространено по всему миру, устройство DiviDual T2MI обеспечивает экономически эффективное решение тестирования и потокового воспроизведения для лабораторного и эксплуатационного применения.

К преимуществам прибора можно отнести следующее:

- все функции реализованы в одном устройстве: Сбор, анализ и воспроизведение сигналов основной полосы частот;
- проверка правильности и анализ DVB T2-MI и MPEG2 TS;
- выделение MPEG2-TS с помощью PLP;
- отображение всех служб с помощью PLP;
- анализ всех параметров T2 (кадр BB, кадр L1 и т. д.);
- добавление таблицы и анализ спецификаций (PSI/SI, PSIP т. д.);
- запись и сохранение собственных сценариев;
- компактное устройство с питанием через USB;

Краткие технические характеристики анализатора транспортного потока DVB-T/T2 Enensys DiviDual T2MI приведены в таблице 2.1 [13].

Таблица 2.1 - Краткие технические характеристики анализатора транспортного потока DVB-T/T2 Enensys DiviDual T2MI

Запись и воспроизведение потоков	<ul style="list-style-type: none"> - Запись потоков T2-MI; - Режимы циклического/ посегментного воспроизведения T2-MI; - Анализ потоков в режиме offline; - Режим воспроизведения необработанных данных; - Обработка списка воспроизведения потока; - Автоматическое определение скорости передачи с помощью PCR
Анализ DVB-T2	<ul style="list-style-type: none"> - ASI через USB из DiviDual; - IP-поток через Ethernet из PC DVB-T2; - Анализ MI в режиме реального времени; - анализ T2-MI, кадр BB, кадр L1, аварийные сигналы с временными метками и т. д.
Обработка служб	<ul style="list-style-type: none"> - Декодирование служб MPEG2/MPEG4 (некодированные программы); - Запись всего мультимплексного потока в файл TS; Передача в режиме реального времени всего мультимплексного потока на заданный IP-адрес.
Скорость потока	от 10 Кбит/с до 108 Мбит/с
TR 101 290	Реализованы приоритеты 1, 2 и 3
Размеры	115x62x27 мм
Питание	USB2.0
Вес	140 грамм

2.2 Специализированное инструментальное средство компании ENENSYS DiviSuite 1.3 поддержки работы анализатора DiviDual

Программное обеспечение DiviSuite предоставляет возможность анализа и мониторинга радиочастотных сигналов и видеосигналов и поддерживает стандарты MPEG2-TS, DVB, ATSC и ISDB. Кроме того, программное обеспечение DiviSuite также поддерживает сбор данных в

режиме реального времени, анализ данных в режиме offline и декодирование видеосигналов.

Для принятия анализируемого сигнала приложение DiviSuite должно быть подключено к USB-адаптеру компании ENENSYS. В зависимости от этого устройства поддерживаются различные интерфейсы и стандарты [14]:

- интерфейс RF, ASI, IP, File;
- стандарты DVB-T2, DVB-T, DVB-C, DTMB, ATSC, ISDB.

Программное обеспечение DiviSuite состоит из базового приложения DiviSuite Basic, которое может быть расширено за счет активизации дополнительных программных модулей (далее – плагинов).

Могут использоваться плагины мониторинга радиочастотных сигналов (плагин RFScope), анализа MPEG2-TS (плагин TS Analyzer) и анализа T2-MI (плагин T2-MI Analyzer).

Плагин RF Scope реализует функции мониторинга качества радиочастотных сигналов DiviSuite. Этот плагин в режиме реального времени контролирует параметры входящих радиочастотных сигналов [14]:

- состояние демодуляции (блокировка внешнего интерфейса...);
- уровень сигнала, SNR (отношение сигнал/шум), MER (интенсивность ошибок модуляции);
- импульсная характеристика (эхо-сигналы);
- интенсивности битовых ошибок: итерация по алгоритму LDPC и интенсивность битовых ошибок BCH в DVB-T2;
- диаграмма реализуемых состояний сигналов;
- параметры модуляции: сигнализация на уровне L1 в DVB-T2 (параметры модуляции PLP ...).

Плагин TS Analyzer представляет собой инструментальное средство анализа транспортного потока стандарта MPEG2. Плагин TS Analyzer обеспечивает анализ содержимого потока посредством декодирования таблиц системной информации (SI). В дополнение к функции анализа PID

приложения DiviSuite Basic анализ потока может выполняться с помощью таблиц (PAT, PMT, EIT...) и с помощью услуг.

Этот плагин также обеспечивает инструментальные средства анализа для проверки соответствия MPEG2-TS требованиям стандарта ETSI TR 101 290 (иначе ETR 290). Анализ с помощью таблиц поддерживается для MPEG2-TS на основе всех стандартов: необработанный MPEG2-TS (PAT, PMT), DVB, ATSC и ISDB. Также поддерживается декодирование частных таблиц и разделов с помощью конфигурируемых скриптов. Анализ контента также можно упростить путем использования инструментального средства поиска DiviSuite, которое выполняет поиск конкретного шаблона (метка, значение...) в содержимом потока.

Анализ ETR290 выполняется в соответствии с требованиями стандарта ETSI TR 101 290. Поддерживаются уровни 1, 2 и 3. Поддерживаются конфигурируемые аварийные сигналы (активизация и пороговые значения для проверки параметров), которые могут быть зарегистрированы. Также могут выполняться измерения точности PCR, обеспечивающие отображение значений в режиме реального времени, а также графическое отображение хронологических данных и графическое отображение параметров точности PCR. Весь анализ ETR290 может быть выполнен для конкретных PID или услуг.

Плагин T2-MI Analyzer представляет собой инструментальное средство мониторинга интерфейса модулятора DVB-T2. Этот плагин поддерживает потоки T2-MI из одного PLP (канал на физическом уровне) или нескольких PLP. Этот плагин поддерживает мониторинг параметров DVB-T2 в режиме реального времени и демультиплексирование контента PLP. Затем этот контент может быть проанализирован в режиме реального времени с использованием плагина TS Analyzer, может быть выполнено его декодирование и отображение параметров.

Мониторинг T2-MI включает в себя анализ T2-MI, анализ кадров T2 (суперкадр T2, структура кадра T2, кадры BB...), декодирование L1

(предварительная и пост-обработка на уровне L1, параметры модуляции PLP...) и анализ временных меток T2-MI.

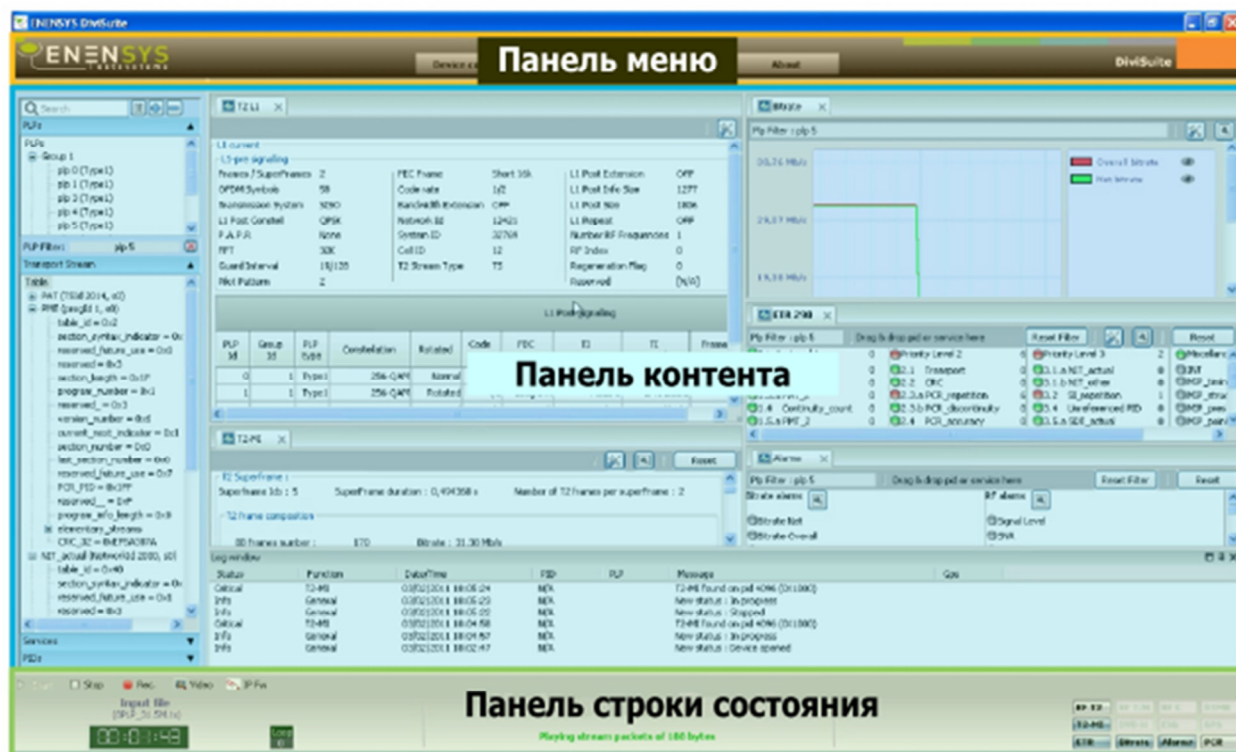


Рисунок 2.2 - Графический интерфейс приложения DiviSuite

Графический интерфейс приложения DiviSuite содержит три основные панели, как показано на рисунке 2.2 [14]:

- панель меню: в этой панели содержатся пункты меню, используемые для выбора контента, отображаемого в панели контента. Эта панель отображается всегда;
- панель контента: вид этой панели может изменяться в зависимости от панели меню. Эта панель обеспечивает доступ к функциям конфигурирования и анализа приложения DiviSuite;
- панель строки состояния: в этой панели указываются элементы управления и состояние функций анализа. Также в этой панели содержатся элементы управления для видов, отображаемых в панели контента. Эта панель отображается всегда.

Более подробное описание использования приложения в комплексе с

подключенным анализатором транспортного потока будет дано ниже при описании порядка выполнения лабораторных исследований.

2.3 Анализатор транспортного потока DVB-T Dektec DTU-245

DTA-245 - удобный, компактный USB адаптер предназначен для генерации, приема и анализа транспортных потоков MPEG-2 (DVB-ASI) и несжатого цифрового видео (SDI). Внешний вид анализатора DVB-T Dektec DTU-245 представлен на рисунке 2.2 [15].



Рисунок 2.2 - Внешний вид анализатора Dektec DTU-245

К основным характеристикам анализатора Dektec DTU-245 относятся [15]:

- мощные инженерные инструментальные средства анализа и визуального отображения;
- портативный анализатор DVB-ASI и SDI потоков;
- USB усиление, не требующее отдельного блока питания;
- независимая работа входа и выхода;
- полнодуплексный режим: максимум объединенный поток – 160 Мбит/с;
- полудуплексный режим: полный диапазон DVB-ASI и SDI;
- локальный, аппаратный в 16 Мбайт буфер для устойчивого приема

потока в реальном времени.

Области применения [15]:

- USB адаптер общего назначения для сбора, генерации и обработки ASI и SDI потоков;
- запись и анализ транспортного потока на месте измерения;
- портативное оборудование для демонстрации.

С анализатором может использоваться следующее программное обеспечение:

- DtGrabber+ полная информация;
- телевизионная мозаика DtTV Transport-Stream;
- StreamXpress ASI / SDI проигрыватель;
- StreamXpert программное обеспечение TransportStream анализатора для проведения анализа транспортного потока;
- драйверы Windows/Linux и ассоциативные SDK для разработки заказных приложений.

Краткие технические характеристики анализатора Dektec DTU-245 приведены в таблице 2.2 [15].

Таблица 2.2 - Краткие технические характеристики анализатора Dektec DTU-245

ASI потоки	
Скоростной поток	0...160Мбит/с
Размер пакетов в байтах	188 или 204
SDI потоки	
Скоростной поток	270 Мбит/с
Размер пакетов в байтах	8 или 10
Общие параметры	
Разъем	75Ом BNC
Питание через USB порт	5В, 400мА
Размеры (мм)	87 x 104 x 30

Структура анализатора Dektec DTU-245 показана на рисунке 2.3 [15].

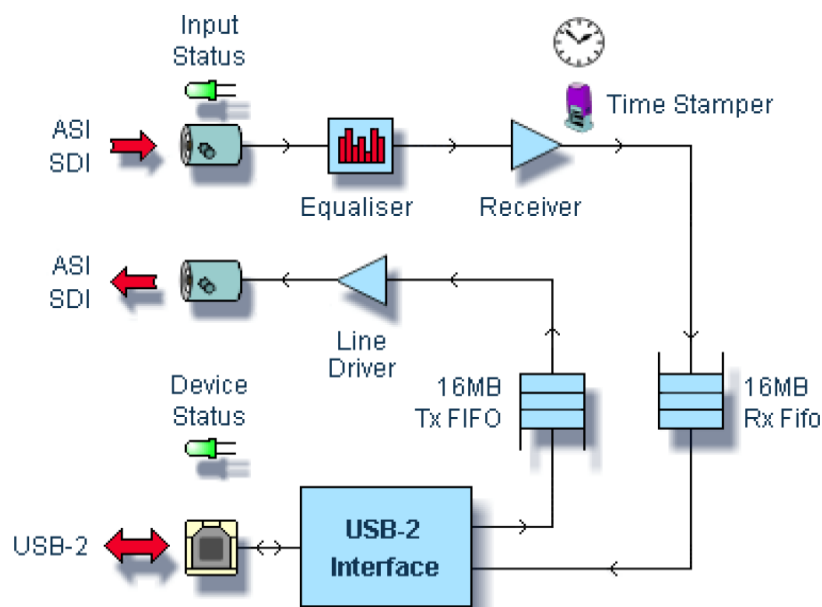


Рисунок 2.3 – Структура анализатора Dektec DTU-245

2.4 Программные средства поддержки работы анализатора транспортного потока Dektec DTU-245

Для поддержки работы анализатора транспортного потока Dektec DTU-245 используются два основных программных приложения - DTC-300 StreamXpress и DTC-320 StreamXpert [16, 17].

DTC-300 StreamXpress в качестве базового софта даётся почти ко всем картам вывода. Он позволяет проигрывать файлы транспортных потоков, искусственно создавать битые пакеты (для тестирования оборудования), и подменять PCR, TDT/TOT и Continuity counter, что позволяет, имея в наличии небольшой закольцованный файл транспортного потока, создавать видимость постоянного потока. Вид интерфейса и основные его элементы для управления программой приведены на рисунке 2.4 [16].

Цифрами обозначены следующие элементы интерфейса:

1. Выбор адаптера или порта для проигрывания потока;
2. Информация о серийном номере выбранного адаптера;
3. Выбор пути открытия файла с транспортным потоком;

4. Эта зона указывает длину файла при использовании транспортного потока. Курсор указывает процесс воспроизведения файла;
5. Строка с указанием пути и названия файла транспортного потока;
6. Кнопка паузы/воспроизведения;
7. Количество ошибок в потоке;
8. Указывает количество проигранного времени;
9. Кнопка закольцовки проигрывания;
10. Указатель количества проигрывании файлов;
11. Полное время воспроизведения;

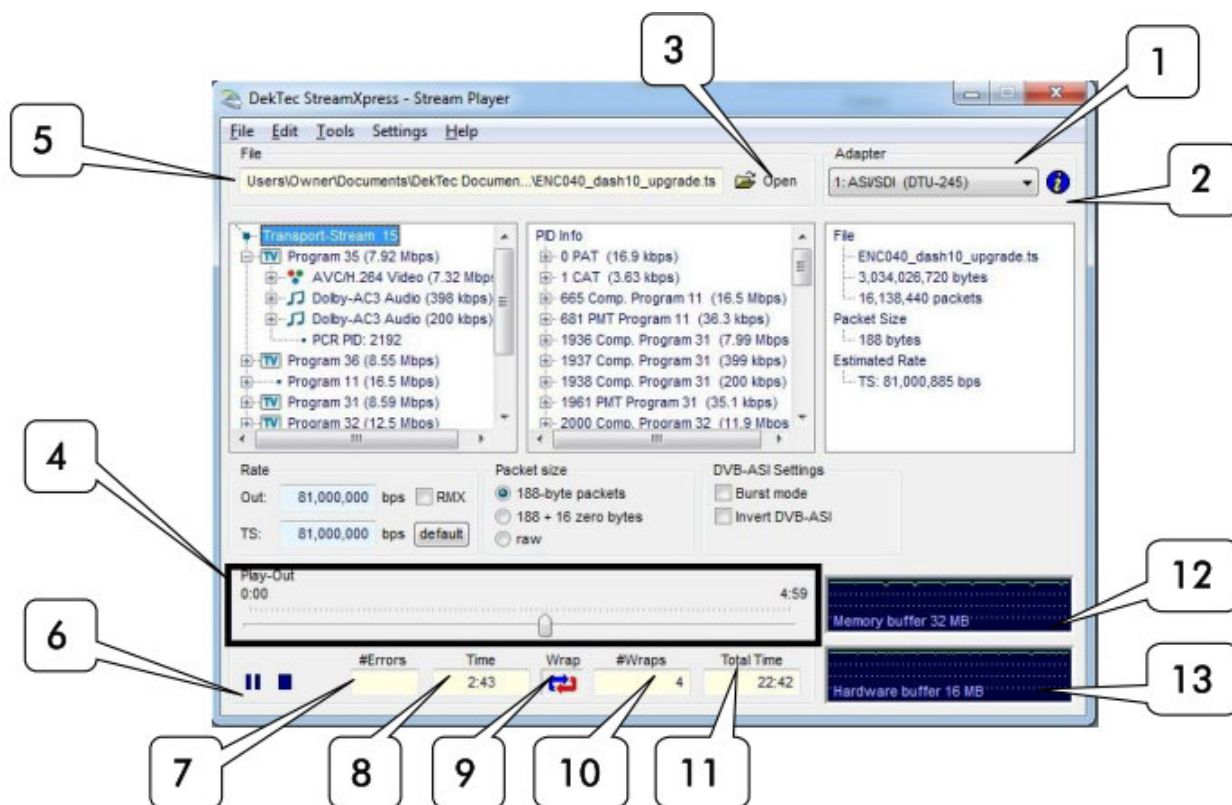


Рисунок 2.4 - Интерфейс программы DTC-300 StreamXpress

12. Отображает размер программного буфера памяти, используемого для воспроизведения и график, показывающий заполненность буфера.
13. Отображает размер аппаратного буфера памяти устройства, используемого для воспроизведения и график, показывающий наполненность

буфера.

Программа DTC-320 StreamXpert является анализатором транспортных потоков.

Программное обеспечение StreamXpert позволяет использовать DTU-245 как экономичный, эффективный и удобный в эксплуатации анализатор транспортных потоков (SD/HD MPEG2/H.264). Входные сигналы могут быть приняты с помощью ASI интерфейса и проанализированы в соответствии со стандартом ETR101-290. StreamXpert также позволяет записать транспортный поток для дальнейшего использования [17].

Программное обеспечение StreamXpert производит анализ, мониторинг и запись потоков MPEG-2 TS; также можно производить в режиме реального времени, мониторинг соответствия PCR и контроль согласно стандарту ETR101-290, интегрированное декодирование видео MPEG-2/H.264/VC-1 с поддержкой аудио форматов MPEG, AAC и AC3.

Интерфейсное окно программы DTC-320 StreamXpert представлено на рисунке 2.5 [17].

Цифрами обозначены следующие элементы интерфейса:

1. Панель инструментов настройка: верхняя область применения StreamXpert содержит все параметры, которые позволяют адаптировать анализатор для вашей индивидуальной ситуации. Некоторые из параметров режима с ATSC/DVB и тракт записи и продолжительность, настройки декодирования видео, и экологические параметры.

2. Анализ левой панели окна: в этой области отображаются параметры транспортного потока. Вы можете выбрать вид потока на основе ПИД, иерархии служебных таблиц, или ПИД в виде сетки.

3. Окно панели сообщений: Вы можете просматривать основную информацию-поток или система (плата ввода/вывода) информации в данном окне.

4. На правой панели сайта: эта область отображает ту же информацию, что и левая оконная панель. Кроме того, Вы также можете просматривать видео

в реальном времени декодирования и ПЦР-анализа в данном окне.

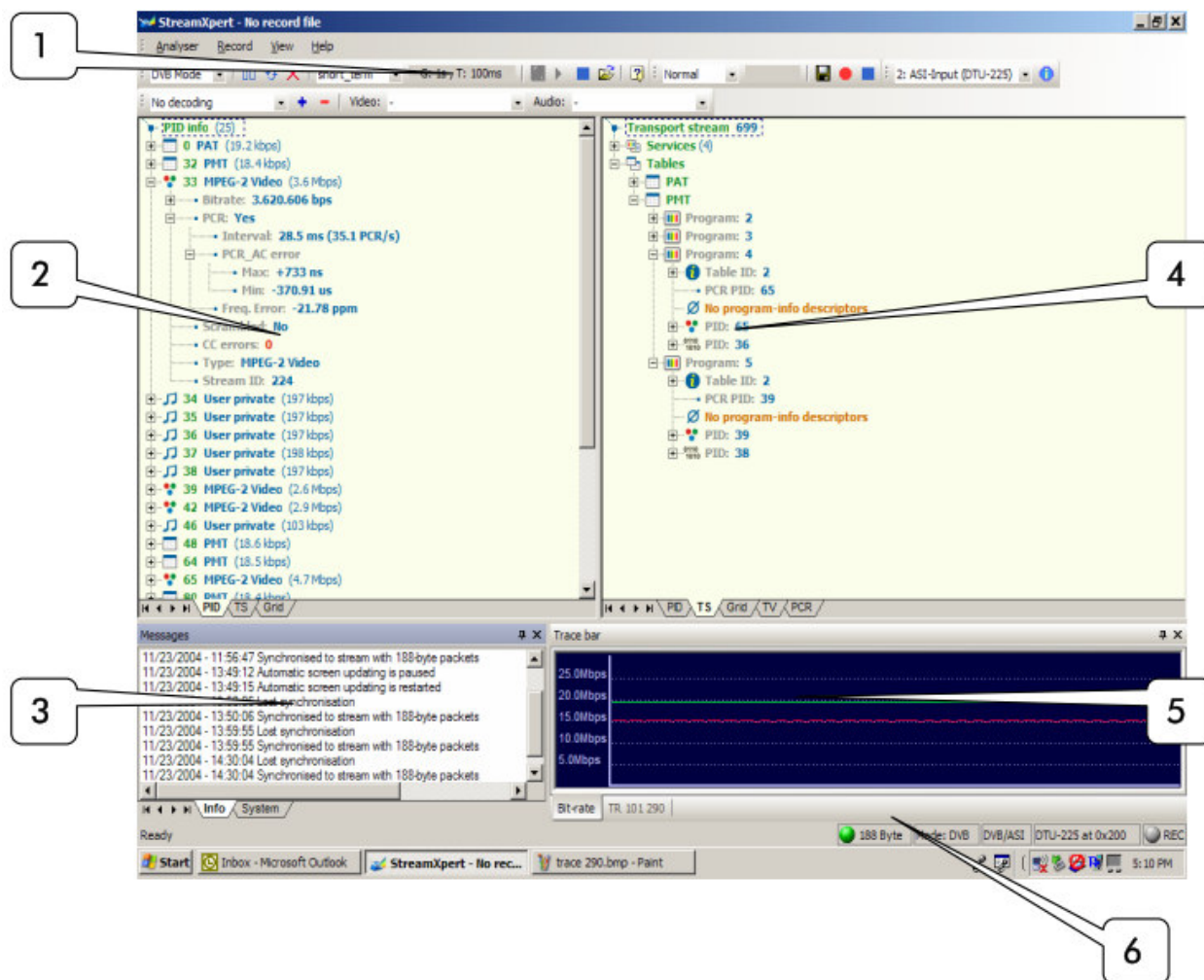


Рисунок 2.5 - Интерфейсное окно программы DTC-320 StreamXpert

5. Окно трассировки: в окне трассировки отображается графическое представление входящего транспортного потока, битрейт или наличием приоритета 1, 2 и 3 ETR-290 ошибок.

6. Эта зона, в нижней правой части приложения, показывает Вам снимок установки. Вы увидите наличие сигнала, режим анализа, вход для карты выбрано, и статус записи.

Вы можете изменить размер окна, как хотелось поместив курсор мыши на край окна, удерживая левую кнопку мыши, и перетаскив курсор мыши.

Более подробное описание использования данных приложений в

комплексе с подключенным анализатором потока будет дано ниже при описании порядка выполнения лабораторных исследований.

2.5 Анализатор транспортного потока DVB-T Alitronika

Анализаторы транспортных потоков TS от компании Alitronika DVS – это профессиональные решения различной степени интеграции для контроля цифрового головного оборудования, а также переносные устройства для полевых измерений [18].

Данные устройства идеально подходят как для контроля и анализа MPEG-2/MPEG-4 DVB-S2/S/T2/T/H TS потоков на уровне головной станции, так и при выполнении различных лабораторно-полевых задач на уровне DVB-C в линии. Широкая линейка устройств содержит кроме адаптеров весь спектр модуляторов DVB-S/S2/T/T2/C/H.

Фактически анализ потоков осуществляется программными средствами на персональном компьютере. Аппаратная часть является адаптером транспортных потоков и предназначена для согласования TS MPEG-2/MPEG-4 с USB портом или шиной PCI компьютера.

В комплекте оборудования поставляется бесплатное программное обеспечение начального уровня DVStation3, которое позволяет анализировать транспортные потоки, контролировать их структуру, анализировать ошибки в режиме реального времени, произвести все основные измерения, записать и воспроизвести TS. Отдельно необходимо отметить отсутствие каких-либо лицензионных ограничений.

Внешний вид анализатора транспортного потока Alitronika AT4USB AsIPod представлен на рисунке 2.6 [18].



Рисунок 2.6 - Внешний вид анализатора транспортного потока Alitronika AT4USB AsiPod

Краткие технические характеристики анализатора транспортного потока Alitronika AT4USB AsiPod представлены в таблице 2.3 [18].

Таблица 2.3 - Краткие технические характеристики анализатора транспортного потока Alitronika AT4USB AsiPod

Общее описание	<ul style="list-style-type: none"> - DVB-ASI: запись/воспроизведение - Интерфейс miniUSB 2.0 - Windows XP, Vista, Win7 (64bit) драйверы + SDK & Linux - ПО DVSSStation3 в комплекте - Поддержка DVB стандартов A1010 Rev1 & EN50083
Вход	<ul style="list-style-type: none"> - Петлевой вход/выход - Автоматический кабельный эквалайзер для компенсации потерь в кабеле, до 350м - Поддержка инвертированного ASI сигнала - Детектор наличия транспортного потока - Детектор синхронизации и ошибок - Аппаратный PID фильтр - Аппаратный PCR тайминг
Выход	<ul style="list-style-type: none"> - Программируемый выходной битрейт - Возможность воспроизведения высокоскоростного TS файла - Возможность инвертирования выходного сигнала - Поддержка режимов Burst Mode и RAW Data - Генерация и вставка нулевых пакетов на аппаратном уровне - Коррекция PCR - Коррекция временных пакетов и даты

Продолжение таблицы 2.3

Области применения	<ul style="list-style-type: none"> - Инструментальные средства разработки - DVB/IP шлюзы - Анализ, запись, воспроизведение и обработка TS потоков - Серверы VoD - Генерация тестового TS потока - Кодирование и декодирование MPEG-2 - Головное оборудование CATV
Буфер	8 Mbytes
Коннекторы	BNC, 75 Ом
Скорость потока	0-214 Мбит/с
Ширина полосы	270 МГц

Анализаторы Alitronika DVS поддерживаются различным профессиональным программным обеспечением: TSReader, VideoLan, DVBAalyzer, DVBMosaic, DVBLoudness, DVBMonitor и многими другими программными продуктами.

Функциональная схема анализатора представлена на рисунке 2.7 [18].

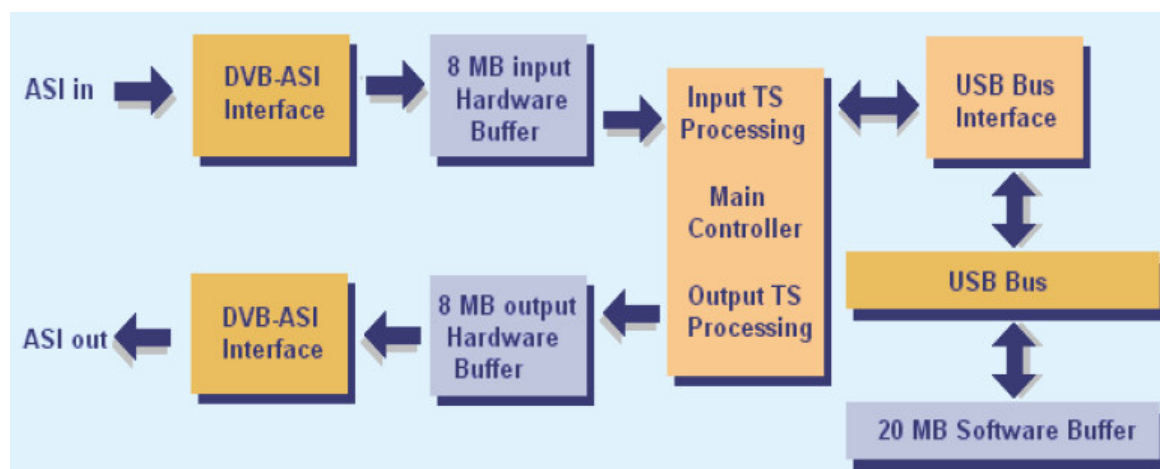


Рисунок 2.7 - Функциональная схема анализатора транспортного потока Alitronika AT4USB AsiPod

Устройства являются профессиональным и предназначены для использования операторами кабельных цифровых телевизионных сетей (CATV) и широкополосного доступа, ТВ-студиями и другими провайдерами в сетях общего доступа для анализа и мониторинга цифровых DVB MPEG-2/MPEG-4 TS потоков.

2.6 Специализированное ПО DvsStation3 для измерительного оборудования DVB компании Alitronika

Прикладное программное обеспечение DvsStation3 предназначено для обеспечения поддержки работы оборудования компании Alitronika при подключении его к компьютеру.

Программное обеспечение DvsStation3 выполняет следующие функции [19]:

- высококачественный плеер, рекордер и анализатор транспортных потоков MPEG, поддержка всех устройств Alitronika DVS;
- автоматическое получение битрейта из PCR во время записи и воспроизведения;
- точная оценка битрейта при отсутствии в PCR;
- неограниченное петлевое воспроизведение;
- поддержка субпетлевого воспроизведения части файла;
- запись TS потока в файл заданного размера или заданного времени записи;
- возможность выбора записи до 3 TS файлов, петлевая запись;
- автоматическая коррекция PCR/PTS/DTS и непрерывный пересчет;
- возможность вставки нуль-пакетов используя только аппаратное обеспечение;
- возможность фильтрации PID используя только аппаратное обеспечение;
- аппаратная поддержка нуль-пакетов и непрерывная генерация для тестирования без ввода на PC;
- поддержка ввода ошибок;
- возможность устанавливать TOT/TDT пользователем;
- поддержка установки временных меток аппаратными средствами;
- интегрированный Hex-редактор для просмотра/редактирования TS

файлов;

- множество запущенных приложений на PC позволяет управлять множеством потоков;
- поддержка любого количества LNB;
- поддержка модуляторов/демодуляторов DVB-T/T2/H/S/S2/C/C2 и ATSC;
- поддержка изменения частоты RF и уровня выходной мощности модулятора;
- индикация всех настроек во время воспроизведения и записи в целях диагностики;
- возможность выбора DVB-ASI, DVB-SPI, RAW data, Burst и др. режимов;
- возможность записи/воспроизведения через SMPTE Serial (SDI) или параллельный порт (LVDS);
- интегрированный видео выювер для просмотра потока;
- интегрированный конвертор DVB to IP.

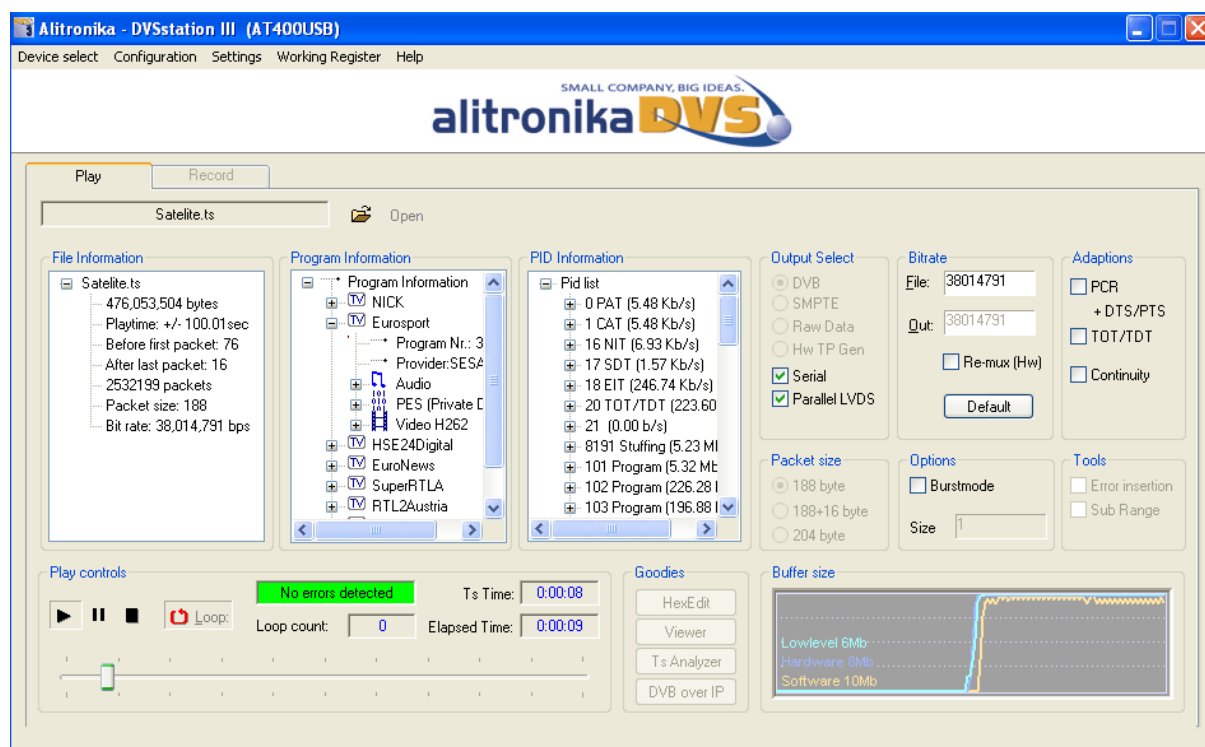


Рисунок 2.8 – Интерфейс программы DvsStation3

Внешний вид интерфейса при встроенном анализе транспортного потока представлен на рисунке 2.8 [19].

Более подробное описание использования приложения в комплексе с подключенным анализатором транспортного потока будет дано ниже при описании порядка выполнения лабораторных исследований.

2.7 Структура и состав лабораторного комплекса

В состав оборудования, помимо компьютеров с предустановленным ПО входят следующие измерительные приборы и основные программные приложения:

1. Анализатор транспортного потока DVB-T/T2 Enensys DiviDual 5200130;
2. Программное приложение компании ENENSY DiviSuite 1.3 поддержки работы анализатора;
3. Анализатор транспортного потока DVB-T Dektec DTU-245;
4. Программное приложение DTC-300 StreamXpress для проигрывания транспортного потока в комплексе с анализатором Dektec DTU-245;
5. Программное приложение DTC-320 StreamXpert для анализа транспортного потока в комплексе с анализатором Dektec DTU-245;
6. Анализатор транспортного потока Alitronika AT4USB AsiPod;
7. Специализированное ПО DvsStation3 для измерительного оборудования DVB компании Alitronika;
8. Спутниковая антенна, настроенная на прием одного из Российских спутников;
9. Профессиональный ресивер с ASI интерфейсом;
10. Антенна дециметрового диапазона;
11. Измерительный приемник DVB-T2 (по возможности).

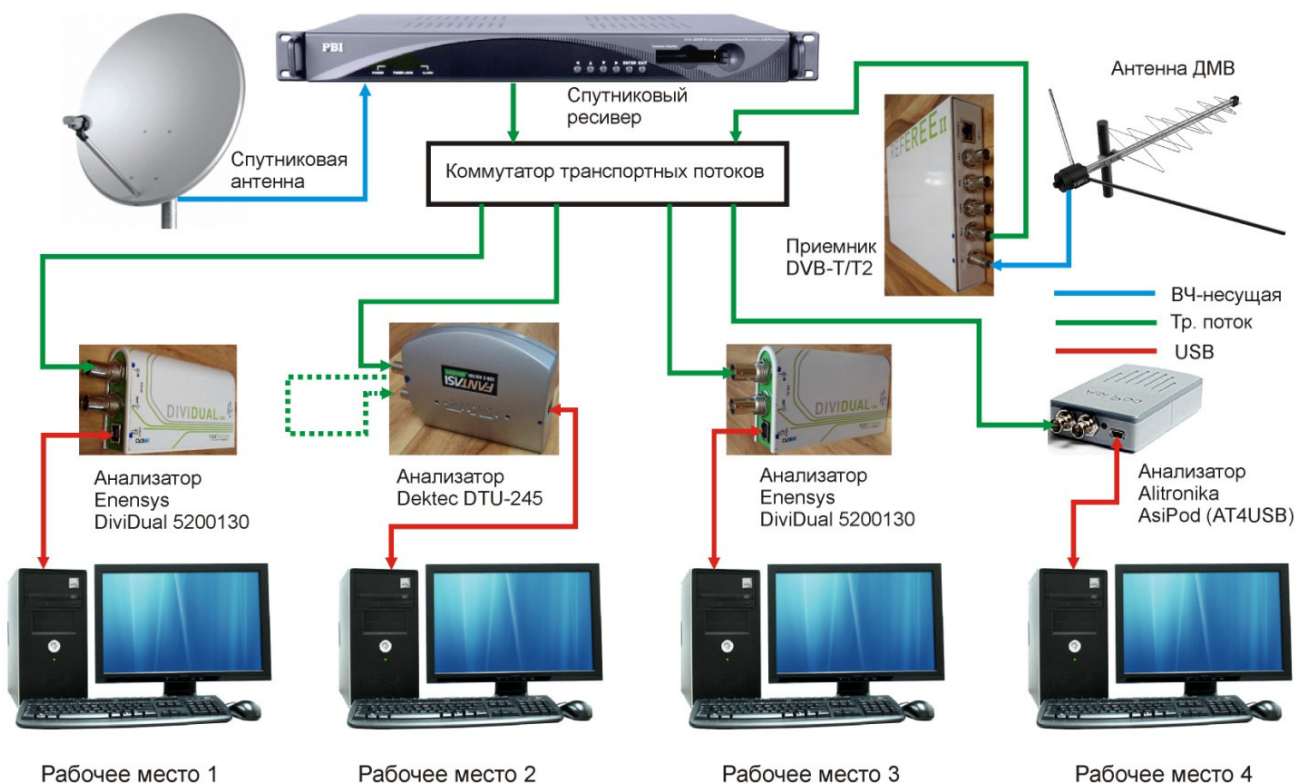


Рисунок 2.9 – Схема лабораторного комплекса

Схема лабораторного комплекса представлена на рисунке 2.9. Она включает в себя четыре рабочих места с различными комплектами измерительного оборудования. Лабораторные места оборудованы мониторами с большой (24 дюйма) диагональю, что позволяет комфортно размещаться за одним рабочим местом до пяти человек.

3 Методика проведения лабораторного исследования состава и свойств телевизионных мультиплексов DVB-T/T2 с использованием профессиональных анализаторов транспортных потоков

3.1 Цель лабораторного исследования

1. Приобретение практических навыков при проведении измерений качественных и количественных параметров мультиплексированных транспортных потоков, получаемых с использованием спутниковых ресиверов, цифровых измерительных приемников или воспроизводимых на компьютере по технологии DVB-T/T2.

2. Приобретение практических навыков при проведении анализа транспортного потока MPEG-2/MPEG-4, используемых в технологии DVB с помощью анализаторов транспортного потока различных производителей.

3.2 Порядок подготовки к лабораторному исследованию

Староста группы заблаговременно получает в лаборатории Технические описания и Руководства по эксплуатации оборудования входящего в комплект лабораторного аппаратно-программного комплекса в электронном виде для изучения технических характеристик, используемых в лабораторном исследовании приборов.

В состав оборудования, помимо компьютеров с предустановленными офисными программами, входят следующие измерительные приборы и специализированное ПО:

1. Анализатор транспортного потока DVB-T/T2 Enensys DiviDual 5200130;

2. Программное приложение компании ENENSYS DiviSuite 1.3

поддержки работы анализатора;

3. Анализатор транспортного потока DVB-T Dektec DTU-245;
4. Программное приложение DTC-300 StreamXpress для проигрывания транспортного потока в комплексе с анализатором Dektec DTU-245;
5. Программное приложение DTC-320 StreamXpert для анализа транспортного потока в комплексе с анализатором Dektec DTU-245;
6. Анализатор транспортного потока Alitronika AT4USB AsiPod;
7. Специализированное ПО DvsStation3 для измерительного оборудования DVB компании Alitronika;
8. Спутниковая антенна, настроенная на прием одного из Российских спутников;
9. Профессиональный ресивер с ASI интерфейсом;
10. Антенна дециметрового диапазона;
11. Измерительный приемник DVB-T2 (по возможности).

Персонал учебной лаборатории заблаговременно выдает студентам в электронном или печатном виде данное руководство для изучения краткой теоретической части и подготовки ответов на перечисленные в руководстве контрольные вопросы.

В день выполнения лабораторного исследования аппаратно-программный комплекс должен быть полностью смонтирован представителями лаборатории и готов к работе. Все необходимое основное и вспомогательное ПО на компьютерах должно быть заблаговременно установлено.

3.3 Порядок проведения лабораторного исследования

Лабораторное исследование состоит из 3-х частей. В первой части производится исследование транспортных потоков стандартов DVB-T и DVB-T2 с использованием анализатора Enensys DiviDual, во второй части используется анализатор Dektec DTU-245 и в третьей части производится

исследование транспортных потоков с использованием анализатора Alitronika AT4USB AsiPod.

Анализаторы транспортных потоков MPEG-TS позволяют не только более подробно произвести анализ, но и воспроизводить транспортные потоки, записанные на устройства памяти, формируя на выходе сигналы определенного интерфейса ASI или IP для передачи их по каналам связи. Обычно такой режим используется для постоянного контроля структуры транспортного потока и принятия срочных мер при возникающих в нем ошибках.

В лабораторном комплексе используются 3 анализатора – более современный DiviDual 5200130, позволяющий анализировать потоки структуры T2-MI, используемые в технологии DVB-T2 и несколько устаревшие Dektec DTU-245 (в дальнейшем просто Dektec) и Alitronika AT4USB AsiPod (в дальнейшем просто Alitronika), предназначенные для анализа транспортного потока, использующегося в стандарте DVB-T. Однако эти анализаторы хотя и не раскрывает подробно структуру транспортного потока multiple PLP, однако позволяет его воспроизводить в выходе на ASI интерфейс.

Часть I

3.3.1 Анализатор транспортного потока Enensys DiviDual 5200130.

Внешний вид анализатора показан на рисунке 3.2.



Рисунок 3.2 – Внешний вид анализатора транспортного потока DVB-T/T2 Enensys DiviDual 5200130

Для работы анализатора транспортного потока DiviDual 5200130 (в дальнейшем просто анализатора Enensys) и работы измерительного приемника используется одно и то же программное приложение, что значительно облегчает пользование приемником и анализатором Enensys.

При запуске приложения появляется окно вкладки Device config, где можно выбрать источник потока и режим работы с анализатором – анализ (Analizer Mode) или проигрывание (Player Mode), как показано на рисунке 3.3.

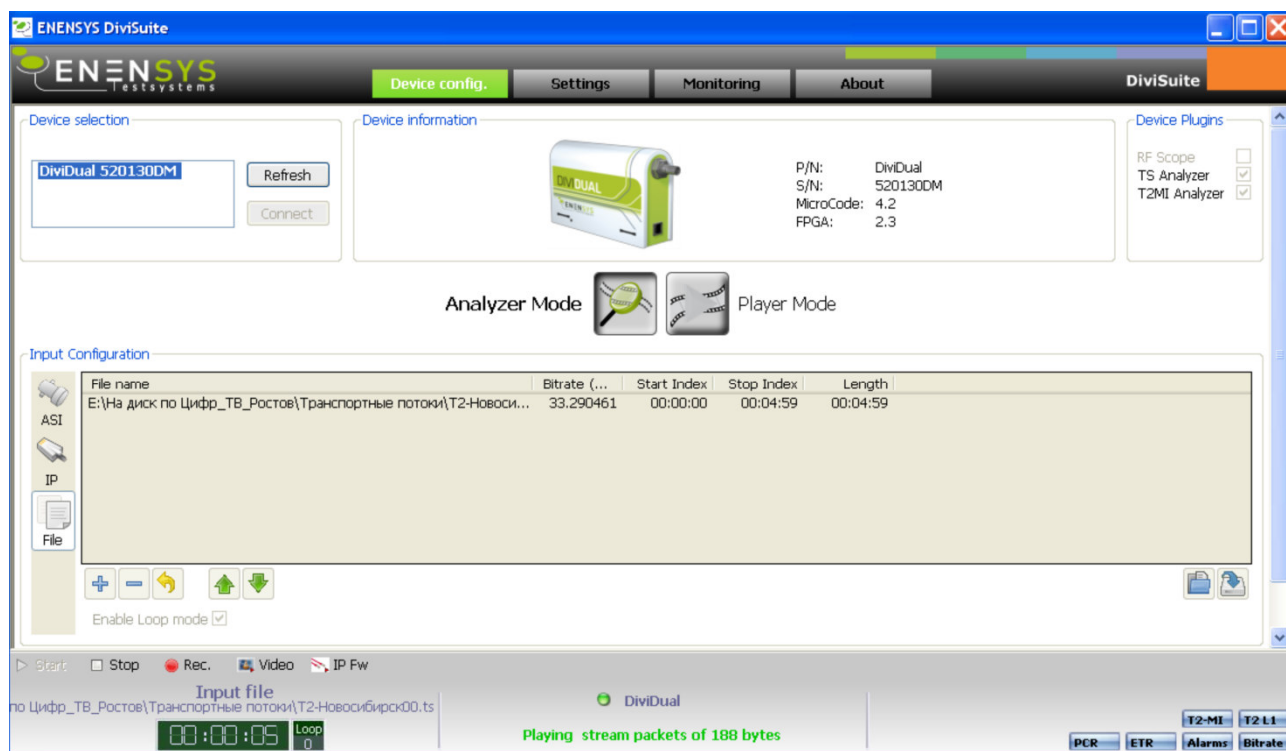


Рисунок 3.3 – Стартовое окно интерфейса программы DiviSuite для работы с измерительным оборудованием компании Enensys

Главным режимом является режим анализа, а режим воспроизведения используется для формирования на выходе анализатора транспортного потока ASI интерфейса для подачи его, например, на модулятор передающего устройства DVB-T2. При этом воспроизводится заранее записанный в памяти компьютера транспортный поток в виде отдельного файла.

Рассмотрим режим анализа транспортного потока. Иконка с увеличительным стеклом должна быть цветной, а с треугольником – серой.

1. В качестве анализируемого транспортного потока выберите заранее записанный на компьютер поток под названием «T2_Новосибирск». В окне **Input Configuration** нажимаем **File**, а затем значок «+». Загрузите файл «T2_Новосибирск». В левом нижнем углу окна нажмите кнопку **Start**. Зеленый индикатор внизу окна покажет, что анализ потока проходит успешно.

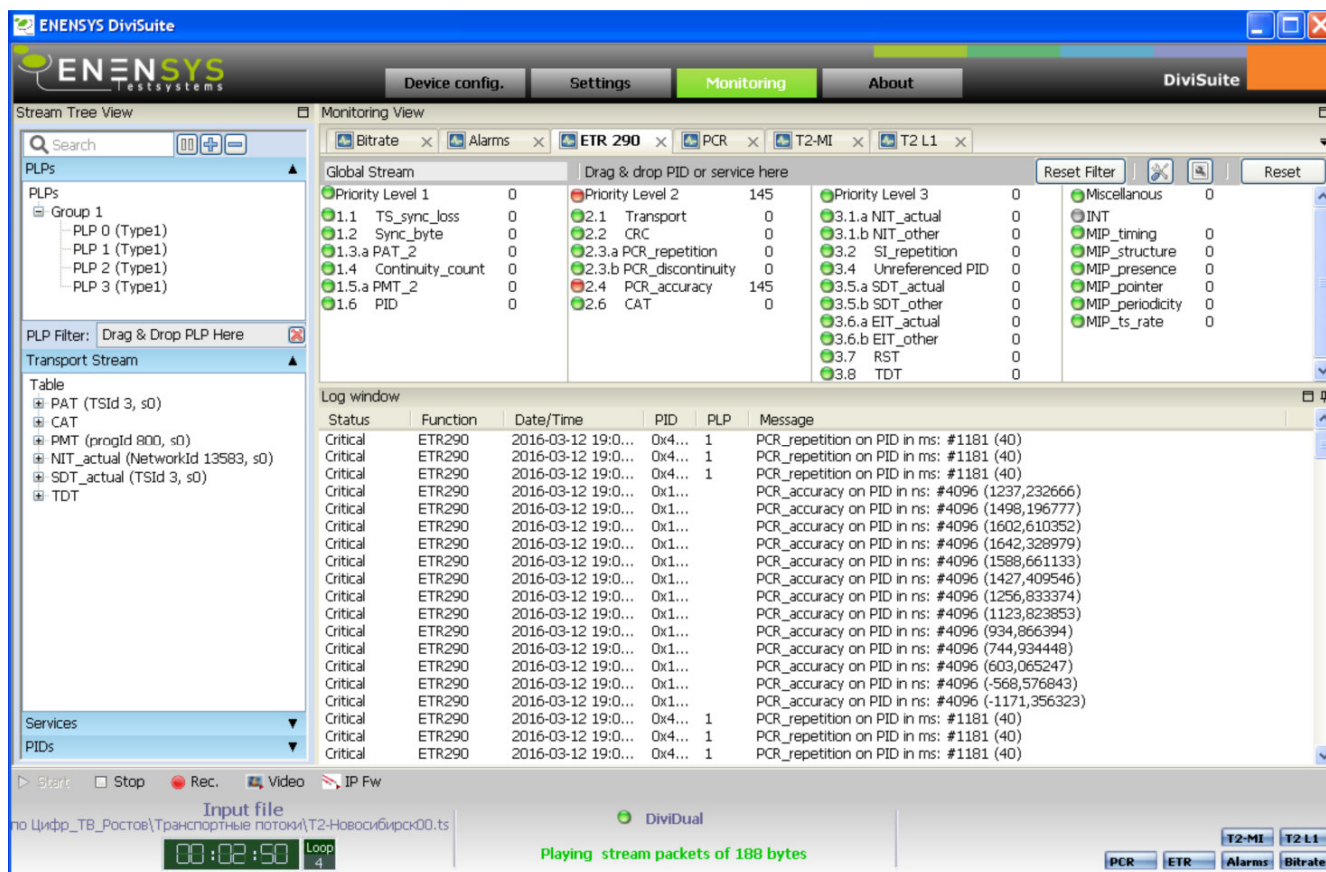


Рисунок 3.4 – Окно программы при проведении анализа транспортного потока

2. Выберите вкладку **Monitoring** (кнопка сверху в центре окна программы). Схематично окно будет разделено на две вертикальные части, как показано на рисунке 3.4. В левой верхней части можно выбрать необходимый PLP из состава получаемого транспортного multiple PLP потока, а в левой нижней части раскрыть одну служебных таблиц.

Для просмотра параметров определенного PLP, выбирается нужный PLP в окне PLPs и перетаскивается мышкой в окно **PLP Filter**.

В верхней правой части при использовании набора вкладок в окне **Monitoring View** можно просмотреть множество параметров принимаемого сигнала, начиная от параметров битрейта и заканчивая структурой транспортного потока. В нижней правой части высвечиваются «логи», так называемые текстовые предупреждения, о процессе работы анализатора.

3. При выборе вкладки **Bitrate** можно посмотреть текущую и предельную скорость транспортного потока.

4. Вкладка **Alarms** позволяет установить предупреждения о выходе различных контролируемых параметров за пределы допустимых значений или о появлении тех или иных ошибок в транспортном потоке.

При нажатии на иконку с гаечным ключом производится переход на вкладку **Settings** (установки). Однако в данное окно можно попасть и нажав на кнопку **Settings**. К предупреждениям еще вернемся, когда будем рассматривать вкладку ошибок транспортного потока.

5. В окне вкладки **ETR-290** отображаются ошибки транспортного потока, которые могут возникать как при передаче, так и в процессе приема и обработки сигнала. Известно, что ошибки транспортного потока разделяются на 3 категории – ошибки 1-го приоритета, которые приводят к потере или к значительному искажению данных, ошибки второго приоритета, которые могут привести к потере или искажению данных и ошибки третьего приоритета, которые не приводят к потере или искажению данных, но сигнализируют от некоторых ошибках в конфигурации или содержании транспортного потока.

Чтобы оперативно контролировать возникающие ошибки, необходимо установить, какие из них компьютер должен отображать.

Для сокращения времени настройки, выберите все виды ошибок для отображения. Для этого нажмите кнопку с гаечным ключом для автоматического перехода во вкладку **Setting**. Это же самое можно было

сделать и с вкладки **Alarms**. В области **Alarms** выберите **ETR 290 Piority level 1** и установите 2 галочки напротив надписи (**set/unset all**). Для подтверждения установки нажмите зеленую галочку внизу посередине окна.

Далее в окне **Alarms** выберите **ETR 290 Piority level 2** и выполните аналогичные операции. Тоже сделайте и для **ETR 290 Piority level 3** и для **ETR 290 Miscellaneous**. Перейдите во вкладку **Monitoring**.

Светящиеся зеленым цветом индикаторы говорят о том, что ошибки данного типа в транспортном потоке отсутствуют. Индикаторы, светящиеся красным говорят об обратном. При этом в правой нижней части окна отображается информация о типе ошибки, частоте ее проявления и идентификационном номере информационного пакета, как показано на рисунке 3.4. При наведении мышкой на название ошибки, высвечивается краткое пояснение, в каких случаях она будет возникать. Все индикаторы работают в триггерном режиме, т.е. после появления ошибки она высвечивается до тех пор, пока не будет произведен сброс, даже если эта ошибка была единичной и больше не возникает. Для обновления индикации необходимо нажать кнопку **Reset**.

6. Вкладка **PCR** выдает информацию о синхронизации в транспортном потоке. Для синхронизации трансляции передачи и приема цифрового потока по каналам DVB в часть пакетов, точнее в их заголовки, вводятся метки синхронизации PCR (Programme Clock Reference). PCR вводятся в адаптированные под это области заголовков, с частотой следования по пакетам не выше 0,1 сек [ГОСТ].

На приемной стороне мультиплексор декодирует TS и извлекает из него PCR для синхронизации полученных пакетов. Восстановленный поток синхронизируется уже по временному генератору мультиплексора приемной стороны. Метки PCR вводятся после буфера кодера и извлекаются перед буфером мультиплексора.

Возникающий джиттер PCR-меток может привести к невозможности декодирования потока. Существует три причины возникновения PCR-джиттера:

- многократное преобразование PCR-меток при мультиплексировании и ремультимплексировании;
- временное разрешение определения меток PCR;
- джиттер и случайные флуктуации модулированного времени отсчета 27 МГц.

Отсюда и вытекающие рекомендации:

- без необходимости не производить многократного мультиплексирования / ремультимплексирования;
- не пользоваться каналами трансляции, не удовлетворяющими условиям приема сигнала;
- использовать проверенное профессиональное оборудование.

В стандартах MPEG предусмотрены средства для поддержания синхронизации в случае возникновения джиттера, но они жестко не определяют пределы джиттера, а только предлагают, что он должен лежать в пределах ± 4 мс максимум в хорошо разработанной системе.

Замена PCR-меток в мультиплексоре позволяет гарантированно доставить, а главным образом декодировать мультиплексированный поток. Замена PCR-меток на мультиплексоре называется PSR restamping. Важная характеристика системы меток времени PCR в том, что цифровые потоки на входе и на выходе мультиплексора могут быть полностью асинхронными по отношению System Time Clock (STC). Это также означает, что другие программы, которые могут иметь другой STC, можно ввести в мультиплексный поток с другими программами.

При этом возможно восстановление STC для каждой программы [20].

Так как мы не используем мультиплексирование/ ремультимплексирование, то данный параметр для нас не несет необходимой информации.

7. Вкладка **T2-MI** позволяет просмотреть основные параметры multiple PLP сигнала и структуру ВВ-кадров.

8. Вкладка **T2 L1** дополняет информацию вкладки **T2-MI** составом и настройками преамбул **L1-pre signaling** и **L1 Post signaling**.

9. Для просмотра воспроизводимого или принимаемого транспортного потока используется иконка **Video**, расположенная в левом нижнем углу окна. Для записи потока в память компьютера – кнопка **Rec**.

Часть II

3.3.2 Анализатор Dektec. Внешний вид анализатора показан на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Внешний вид анализатора транспортного потока Dektec DTU- 245

Для работы анализатора используются два программных приложения – StreamXpert и StreamXpress. StreamXpress используется для воспроизведения и грубого просмотра состава транспортного потока, а StreamXpert для подробного анализа и записи транспортного потока в память компьютера.

1. Прибор производит анализ записанного на компьютере транспортного потока только в том случае, когда его ASI выход соединен с ASI входом с помощью BNC-перемычки. **Произведите контроль такого соединения.**

2. Запустите программу StreamXpress. В области **File** нажмите на кнопку **Open** и откройте файл с транспортным потоком «Хабаровск». В трех окнах приложения появится информация о составе транспортного потока, как показано на рисунке 3.6. В левом окне будут перечислены телевизионные программы при разворачивании которых можно получить информацию об их содержании и идентификационном номере. В центральном окне высвечивается информация о служебных таблицах, передаваемых совместно с данными. При этом идентификационные номера служебных таблиц и данных стоят перед их названием. В правом окне приводится общая информация о транспортном потоке.

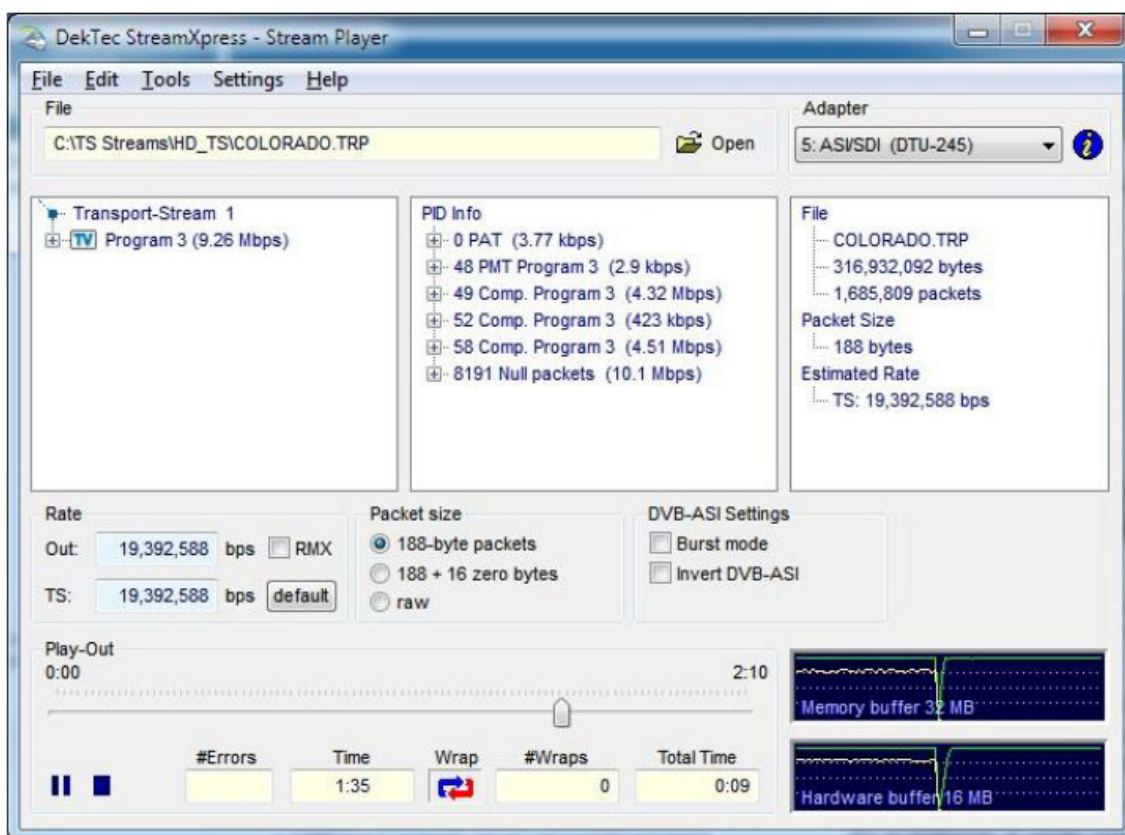


Рисунок 3.6 – Интерфейс программы StreamXpress

3. Для подробного анализа транспортного потока используется программа StreamXpert. Однако она покажет информацию в том случае, когда в программе StreamXpress транспортный поток будет запущен на воспроизведение. Для этого в левом нижнем углу окна StreamXpress нажмите кнопку с треугольником (Play) и откройте StreamXpert.

Рабочее окно программы StreamXpert визуально разделено на 4 части. В двух верхних больших частях отражается подробная информация о структуре транспортного потока, в левом нижнем углу сообщения программы, а в правом нижнем отображается скорость транспортного потока (Bitrate), как показано на рисунке 3.7.

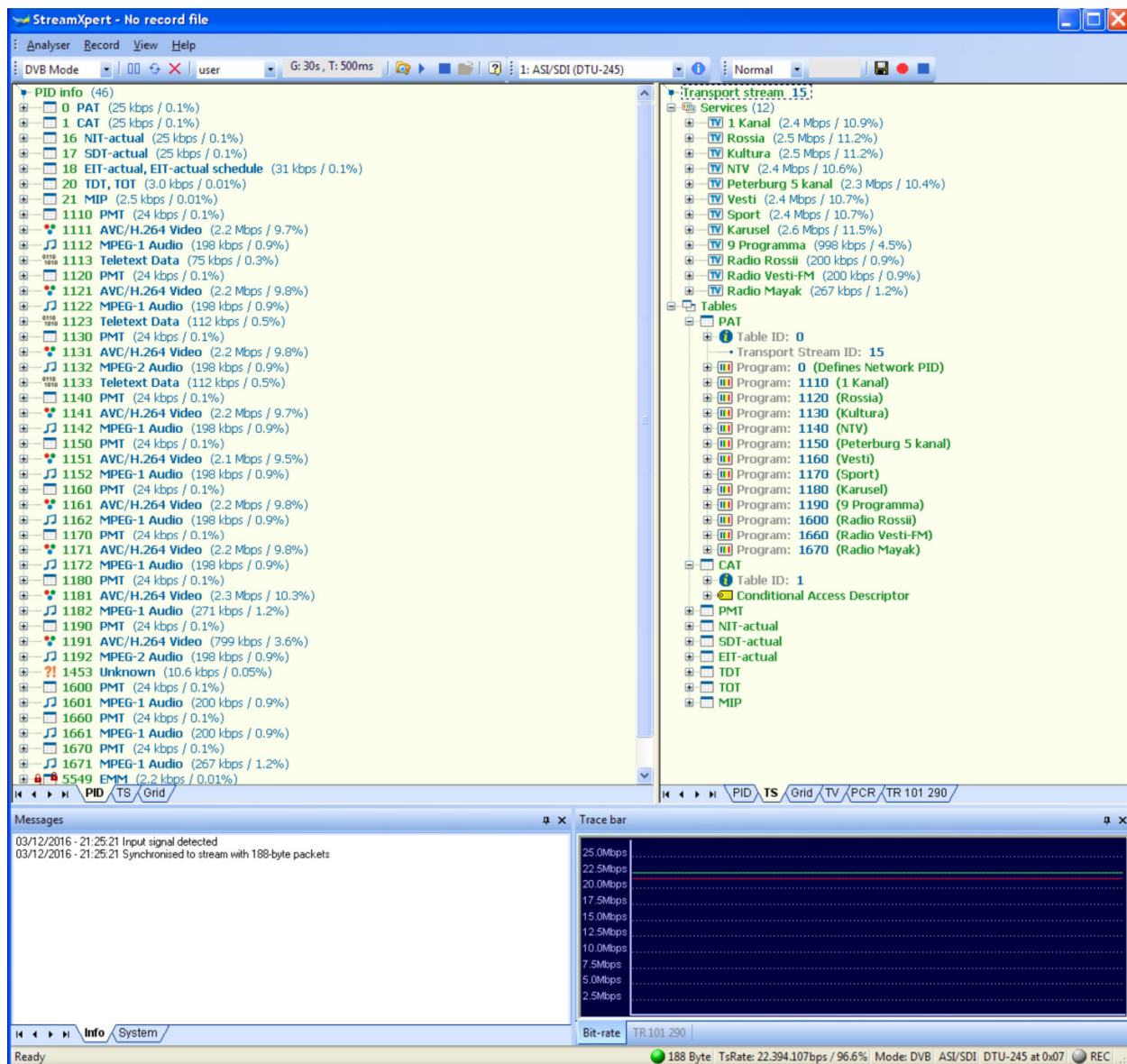


Рисунок 3.7 – Интерфейс программы StreamXpert

4. При выборе в верхнем левом окне вкладки **TS**, в нем отобразится та же информация, что и в правом окне. («...на правой фабрике делают такую же...»). Выберите вкладку **Grid**. В окне откроется сетка с расположением всех идентификационных номеров, которые используются в данном потоке. Таким образом, три вкладки могут отображаться одинаково в двух окнах.

5. При выборе вкладки **TV** в правом верхнем окне, необходимо по пустому пространству окна щелкнуть правой кнопкой мыши для выбора телевизионной программы и дальнейшего ее просмотра.

6. Вкладка **PCR** для нашей работы не используется.

7. Вкладка **TR 101 290** позволяет проводить мониторинг ошибок различного приоритета, возникающих в транспортном потоке. Отображение ошибок сгруппировано по приоритетам. Для обновления информации необходимо на одной из ошибок щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать **Clear All Errors**, как показано на рисунке 3.8.

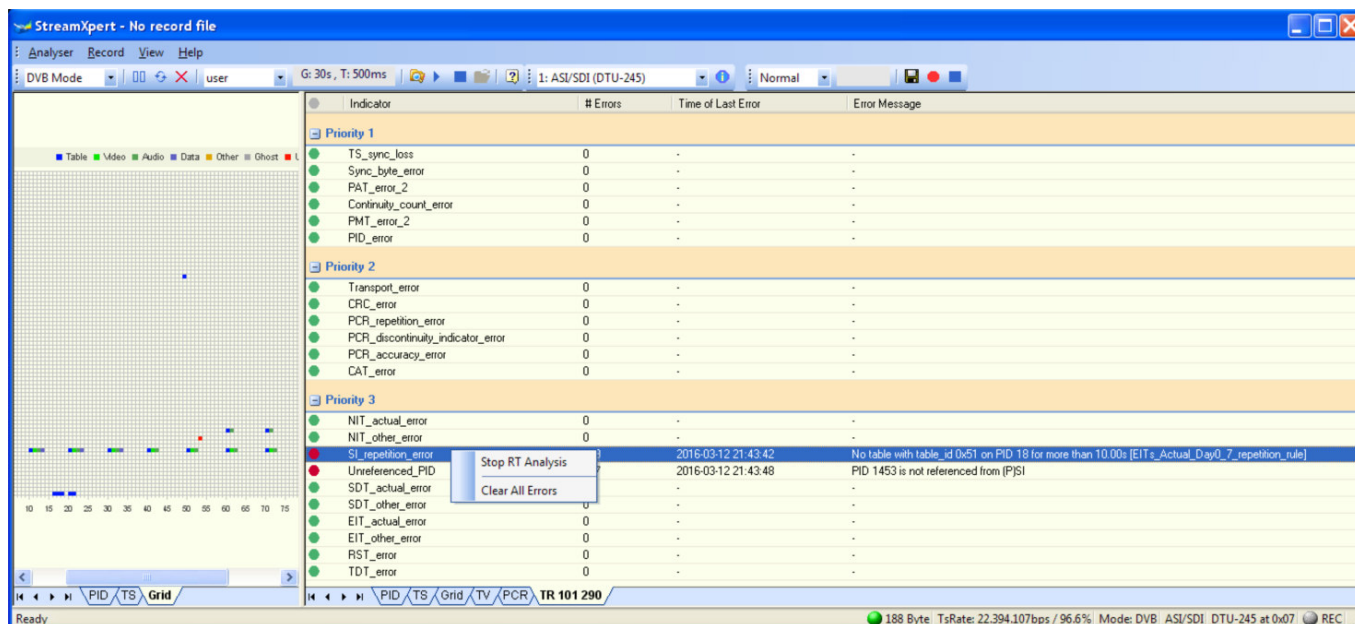


Рисунок 3.8 – Отображение ошибок транспортного потока в окне программы StreamXpert

8. Одной из интересных особенностей анализатора Dectek является возможность искусственно внедрять в поток ошибки и проверять, как они влияют на транспортный поток. Для этого в программе StreamXpress в строке меню нажать **Tools** и выбрать команду **Error Injection**. В открывшемся окне можно выбрать причину появления ошибки – Потерянные пакеты (**Lost packets**), битовые ошибки (**Bit errors**) и байтовые ошибки (**Byte errors**). При этом можно устанавливать и их количество, как показано на рисунке 3.9.

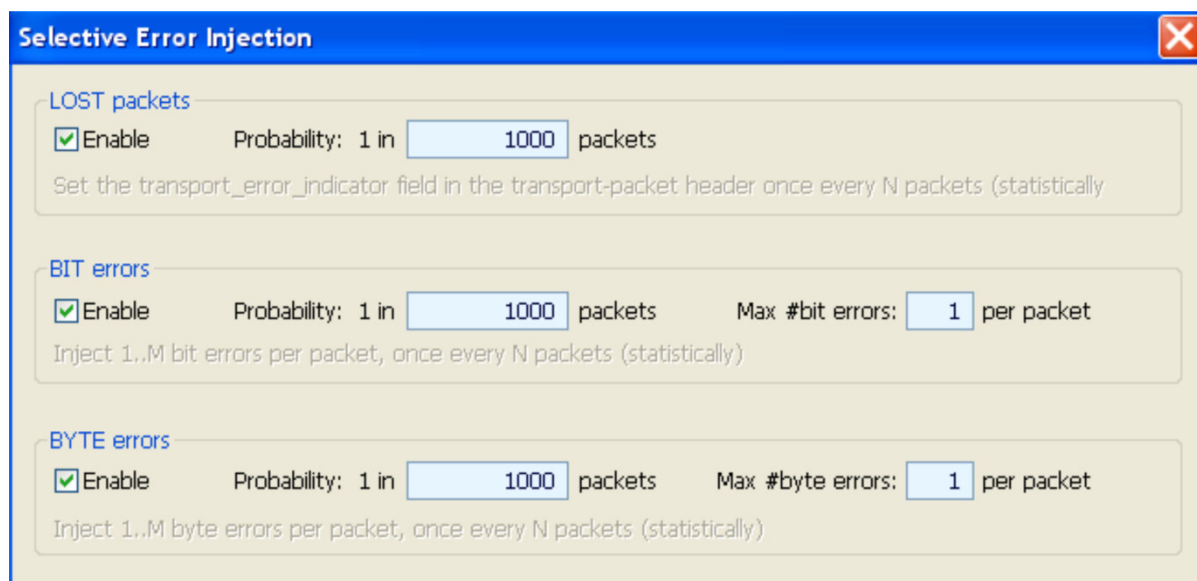


Рисунок 3.9 – Искусственное внедрение ошибок в транспортный поток в программе StreamXpress

После ознакомления с возможностями измерительного оборудования, выполните контрольное задание, приведенное ниже. Задание оформляется в виде отчета в электронном виде с использованием текстового редактора. При этом пояснения и выводы в отчете должны подкрепляться скрин-шотами.

Часть III

3.3.3 Анализатор Alitronika AT4USB AsiPod.

Внешний вид анализатора Alitronika AT4USB AsiPod представлен на рисунке 3.10 [21].



Рисунок 3.10 - Внешний вид анализатора Alitronika AT4USB AsiPod

1. Для поддержки работы анализатора открыть программное приложение DvsStation3 (иконка на рабочем столе). Окно программного интерфейса в режиме воспроизведения записанного в файл транспортного потока представлено на рисунке 3.11.

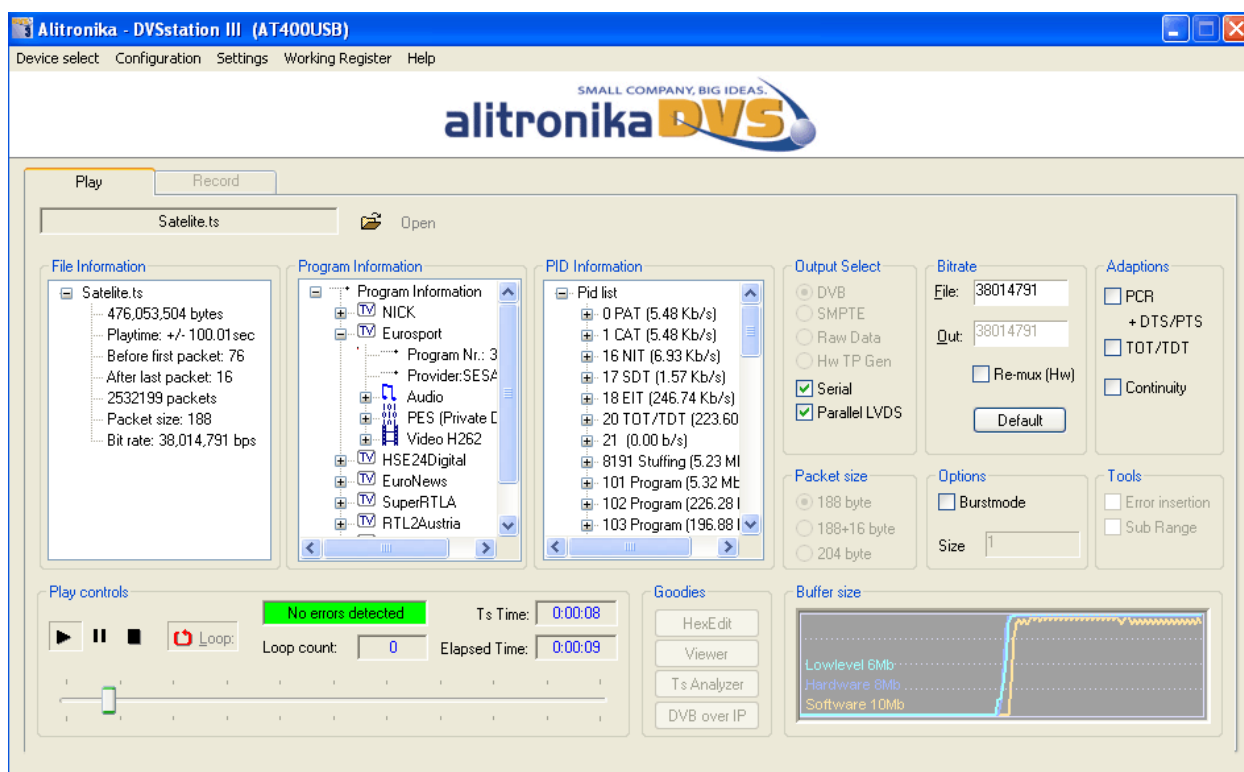


Рисунок 3.11 - Окно воспроизведения TS потока из файла

2. Используя вкладку **Play** и кнопку **Open**, загрузите файл «Хабаровск» и воспроизведите его. То же самое сделайте с файлом «Москва». Обратите внимание на разницу отображения содержимого этих транспортных потоков.

3. Для записи TS потока в файл, например, при приеме его со спутникового ресивера для более детального анализа используется вкладка **Record controls**. Окно записи TS потока в файл представлено на рисунке 3.12.

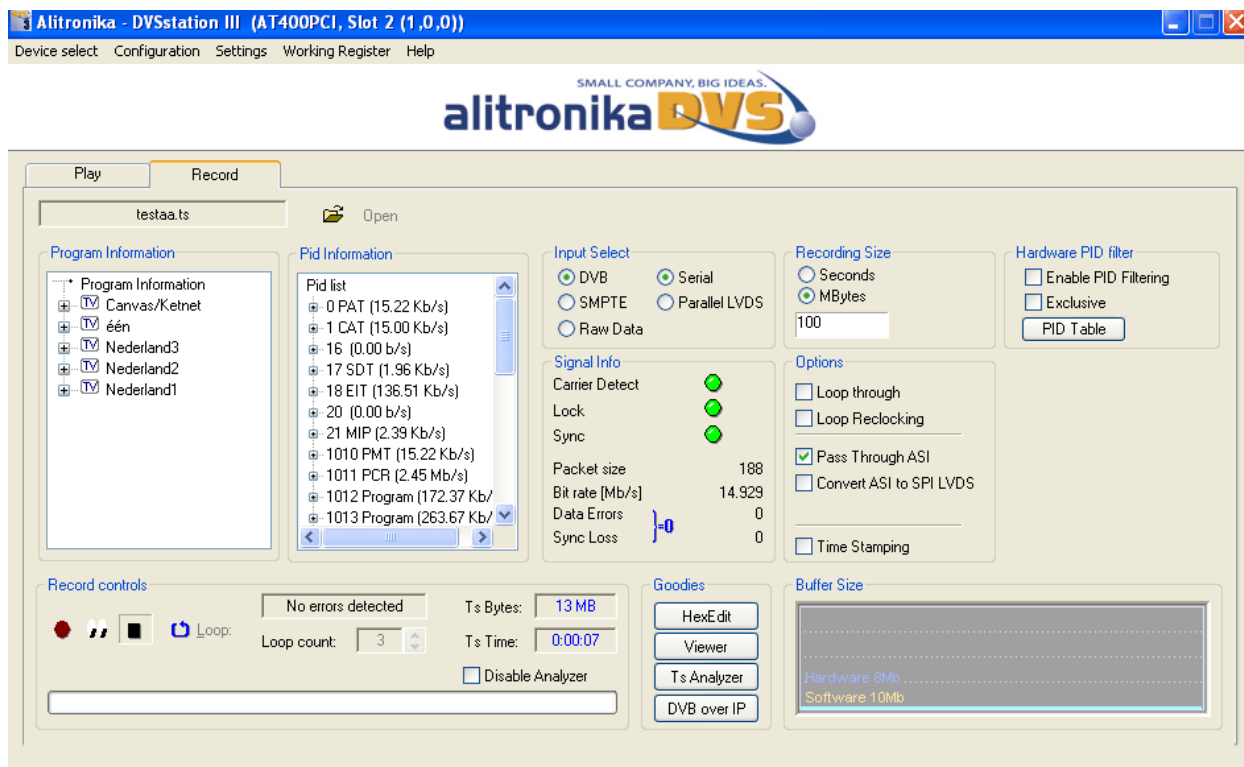


Рисунок 3.12 - Окно записи TS потока в файл

Для контроля (просмотра) транспортного потока в реальном времени в области **Record controls** нажмите кнопку с двумя черными точками. Чтобы остановить просмотр, снова нажмите эту кнопку. Для более тщательного анализа транспортного потока предусмотрена возможность работы приемника со сторонним ПО компании COOL.STF под названием «TSReader». Его облегченную версию TSReader Lite можно скачать бесплатно по адресу <http://www.tsreader.com/>.

4. Скачайте и установите программу TSReader Lite. В режиме остановки анализа транспортного потока в окне интерфейса DvsStation3 нажмите кнопку **Ts Analyzer** внизу в середине окна. Откроется окно, где по умолчанию будет указана установленная программа TSReader Lite. Нажмите ОК и запустите приложение. Далее переведите анализатор в режим анализа транспортного потока в реальном времени. Просмотрите содержимое таблиц. Сделайте выводы. Вид интерфейса программы TSReader Lite представлен на рисунке 3.13.

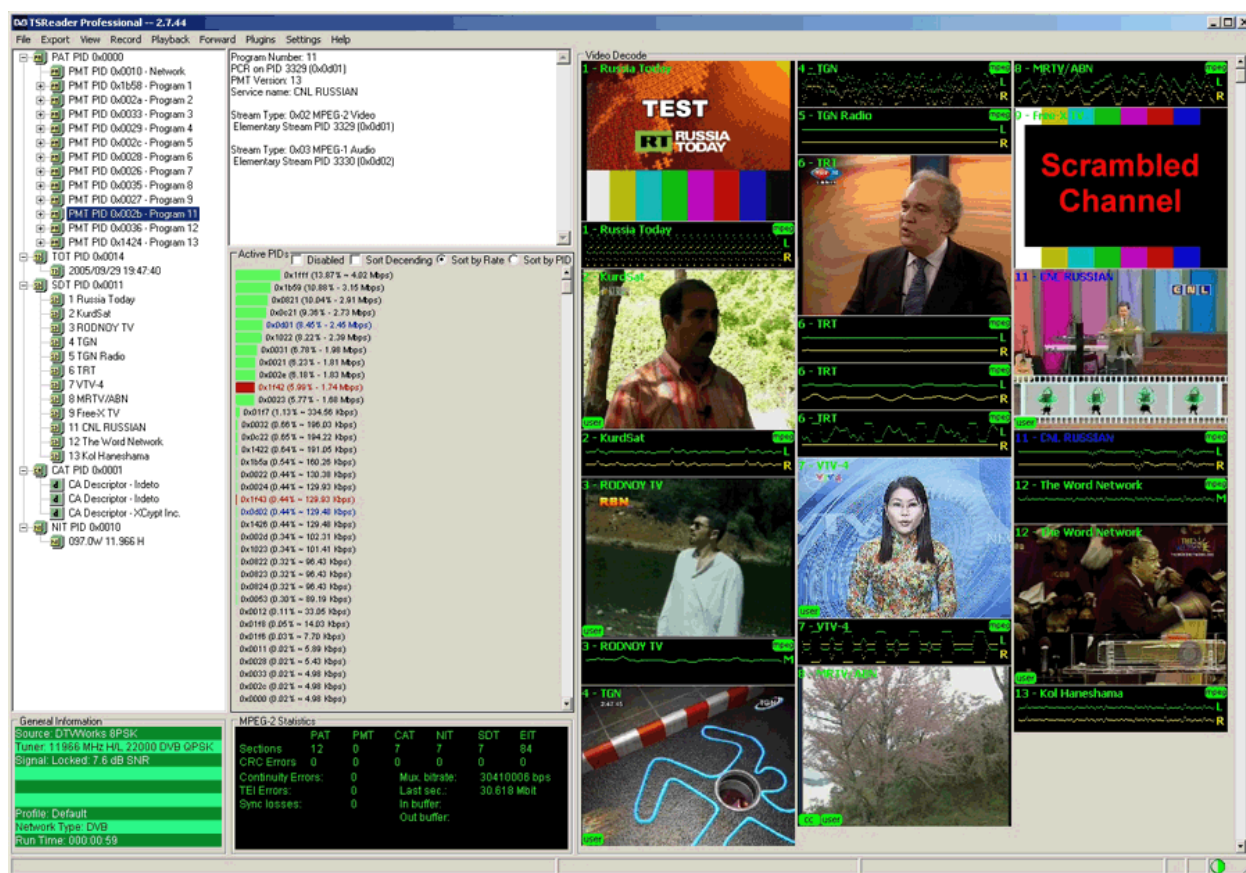


Рисунок 3.13 – Интерфейс программы TSReader Lite

Для просмотра видео декодируемой программы, остановите режим анализа, нажмите кнопку **Viewer** и в открывшемся окне выберите **Use videoLAN** и путь к проигрывателю **TSReader Lite**. Укажите порт 5001, т.к. порт 5000 уже занят под анализ транспортного потока. В правой части окна с

перечнем программ, входящих в транспортный поток выберите для просмотра, сделав двойной щелчок мышью по значку «h264».

5. Также как и в анализаторе Dectek DTU-245, в транспортный поток, анализируемый с помощью анализатора Alitronika AT4USB AsiPod, могут искусственно вноситься ошибки для просмотра их влияния на качество потока.

Окно интерфейса для ввода битовых или байтовых ошибок представлено на рисунке 3.14.

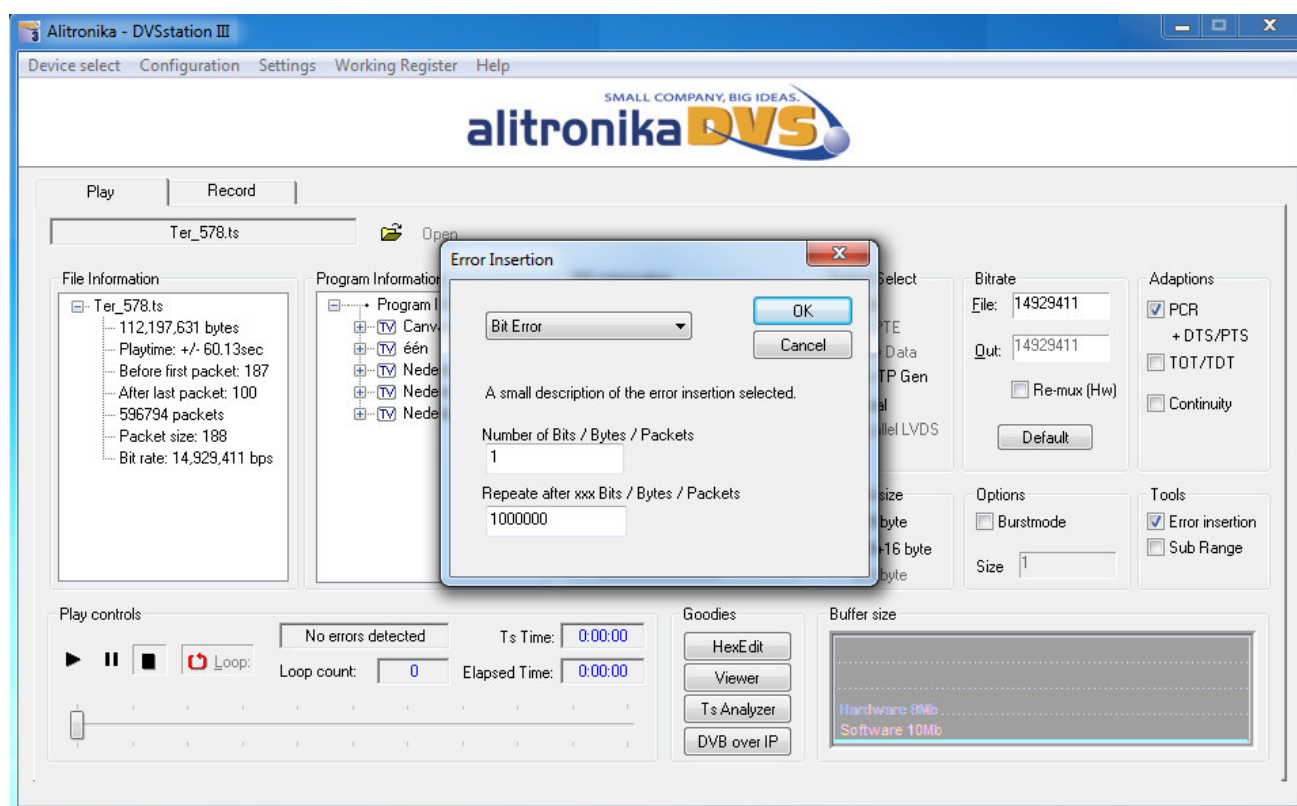


Рисунок 3.14 - Окно интерфейса для ввода битовых или байтовых ошибок

Данное окно вызывается командой меню **Setting** далее **Error Insertion**.

3.4 Задание на выполнение лабораторной работы

1. Обратите внимание, как меняется характер изображения при вводе тех или иных ошибок при использовании анализатора Dectek и Alitronika, насколько сильно они влияют на качество картинки и какие ошибки при этом появляются. Выводы по данному пункту записать в отчет.

2. Просмотрите состав служебных таблиц при анализе транспортных потоков «Хабаровск» и «Новосибирск» (или «Хабаровск» и «Москва») в анализаторах Dektec, Alitronika и DiviDual. Сделайте вывод о составе отображаемых таблиц, представления их содержания. То же самое проделайте при просмотре сервисов и идентификационных номеров передаваемых ресурсов (PID).

Выпишите, какие телевизионные программы передаются в ТП «Хабаровск» и в ТП «Новосибирск» («Москва»). При этом зафиксируйте их распределение по вложенным в T2MI потокам PLP или отсутствию таковых. Сделайте вывод о скорости передачи различных PLP в общем транспортном потоке.

3. Просмотрите и зафиксируйте параметры T2MI – **L1-pre installing** и **L1-post installing** при анализе транспортного потока «Новосибирск» и «Москва» с использованием анализатора DiviDual. Почему отсутствуют данные параметры в потоке «Хабаровск»? Сделайте выводы по данному исследованию.

4. Сделайте вывод о количестве отображаемых параметров каждым анализатором. Отметьте в чем существенное различие с точки зрения качества и полноты представления информации каждым анализатором.

5. Сравните, как отображаются ошибки приема и ошибки транспортного потока в анализаторах Dectek, Alitronika и DiviDual и сделайте соответствующие выводы.

6. Проведите анализ транспортного потока «Спутник» на 3-х анализаторах. Сделайте вывод о том, как в соответствующих служебных таблицах приведена информация о закрытом контенте и методе ее кодирования.

7. Проведите анализ транспортного потока, получаемого со спутникового ресивера в реальном времени. Сделайте его запись с помощью одного из анализаторов в виде файла с названием «1», ограниченным размером 100 Мбайт.

3.5 Содержание отчета и контрольные вопросы для защиты

Отчет выполняется в электронном виде с использованием любого современного текстового редактора.

Отчет должен содержать:

1. Тему лабораторного исследования;
2. Цель и изучаемые вопросы по исследованию;
3. Структурную схему лабораторной установки;
4. Назначение и краткие технические параметры исследуемых анализаторов транспортного потока;
5. Отображение порядка проведения исследований со скриншотами и кратким пояснением хода работы;
6. Выводы по первой, второй и третьей части исследования.

3.6 Порядок защиты отчета по лабораторному исследованию и контрольные вопросы

Для защиты преподавателю представляется выполненный отчет в электронном виде на флеш-носителе. В случае положительной оценки по оформлению отчета, студент должен быть готов ответить на контрольные вопросы. Если ответ положительный, то лабораторное исследование будет зачтено с выставлением зачета в журнал лабораторных работ, хранящийся в учебной лаборатории.

Контрольные вопросы:

1. В чем преимущество цифровых методов вещания?
2. Раскрыть аббревиатуру DVB-T/T2, DVB-S/S2, DVB-C/C2, DVB-H.
3. Что такое MPEG?
4. В чем отличие MPEG-4 от MPEG-2?
5. Чем отличаются ошибки 1,2 и 3-го приоритетов?
6. Что такое транспортный поток MPEG-2TS и как он формируется?
7. Какую информацию несут PAT и PMT таблицы?
8. Какую информацию несут NIT и CAT таблицы?
9. Какую информацию несут EIT, SDT и TDT таблицы?
10. В чем отличие multiple PLP от single PLP режимов?
11. Что такое T2-MI и для чего он используется?
12. Назовите параметры модуляции 1-го мультиплекса.
13. Назовите параметры модуляции 2-го мультиплекса.
14. Что такое мультиплекс.
15. Для чего используется одночастотная сеть?
16. Каково значение защитного интервала для цифрового телевизионного вещания DVB-T2 в Российской Федерации?
17. Что такое PID и PCR?
18. Что такое MER и BER?
19. Что такое EVM?
20. Что такое ВВ-кадр?

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Россия переходит на цифру. Филиал РТРС «Ростовский ОРТПЦ» Федеральное государственное унитарное предприятие. Российская телевизионная и радиовещательная сеть. <http://rostov.rtrs.ru/dtv/common/>
2. Постановление Правительства РФ от 3 декабря 2009 г. N 985 "О федеральной целевой программе «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2018 годы». Система ГАРАНТ: <http://base.garant.ru/6731125/#ixzz45POWebw0>
3. Мамчев Г.В. Теория и практика наземного цифрового телевизионного вещания. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 340 с.
4. ГОСТ Р 52210—2004 Телевидение вещательное цифровое. Термины и определения. <http://docs.cntd.ru/document/1200035179>
5. ГОСТ Р 54715—2011 Телевидение вещательное цифровое. Планирование наземных сетей цифрового телевизионного вещания. Технические основы. <http://docs.cntd.ru/document/1200098731>
6. Воробьев О.В. Использование частот телевизионного вещания для организации транспортных сетей доставки ТВ-мультиплекса. ФГУП «Российская Телевизионная и Радиовещательная Сеть».
7. Федеральное государственное унитарное предприятие Российская телевизионная и радиовещательная сеть. <http://rtrs.ru/dtv/>
8. Жуковский А.Г. Технология цифрового телерадиовещания. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ. СКФ МТУСИ, 2013. - 45 с.
9. ГОСТ Р 55697—2013 Телевидение вещательное цифровое. Сервисная информация. Общие технические требования. <http://docs.cntd.ru/document/1200105697>.
10. ETSI - European Telecommunications Standards Institute. ETR 290. Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems.

11. Цифровое телевидение в видеоинформационных системах: моногр. / А.Г. Ильин, Г.Д. Казанцев, А.Г. Костевич, М.И. Курячий, И.Н. Пустынский, В.А. Шалимов. – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 465 с.
12. ГОСТ Р 53527-2009. «Телевидение вещательное цифровое. Требования к реализации системы ограничения доступа DVB Simulcrypt на головных станциях. Основные параметры. Технические требования». Москва: М.: Стандартинформ, 2010.
13. Enensys DiviDual T2MI - Проигрыватель/Анализатор/Рекордер потоков T2MI. <http://www.enensys.ru/enensys-dividual-t2mi-----2i.html>
14. DiviSuite 1.0. Руководство пользователя. <mailto:support@enensys.com>
15. Объединенные телекоммуникации. Широкополосные телевизионные сети. DTA-245 – адаптер USB2 с ASI/SDI входом/выходом. http://www.vlux.ru/files/public/dta_245.pdf
16. DTC-300-SP. StreamXpress ® Software. User manual. DekTec, April 2015.
17. DTC-320/ StreamXpert MPEG-2 Transport-Stream Analyser. User manual. DekTec, 2005.
18. Анализаторы транспортных потоков Alitronika DVS. http://www.ditel-telecom.ru/equipment/adapter/index_ts.php
19. Digital Video Interfacing Products. DVStation3. Free, unlimited licence with every Alitronika device. 2009. <http://www.alitronika.com>
20. Биза Г. Собиратели потоков (по материалам компании Thomson GrassValley). Кабельщик №10 (14) Ноябрь 2006.
21. AT4USB AsiPod MPEG2 TS Player & Recorder DVB-ASI Input & Output. <http://www.alitronika.com/at4usb.htm>
22. Быструшкин К.Н. Роль и место телевидения в современном цифровом мире. «ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ», № 11, 2012. – С. 2-6.

МPEG-2 измерения по стандарту TR101 290 [ETR290] и перечень ошибок при проведении измерений

По материалам Калачикова А.А. кафедра РТС СибГУТИ 8-383-2698267

ПРИОРИТЕТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

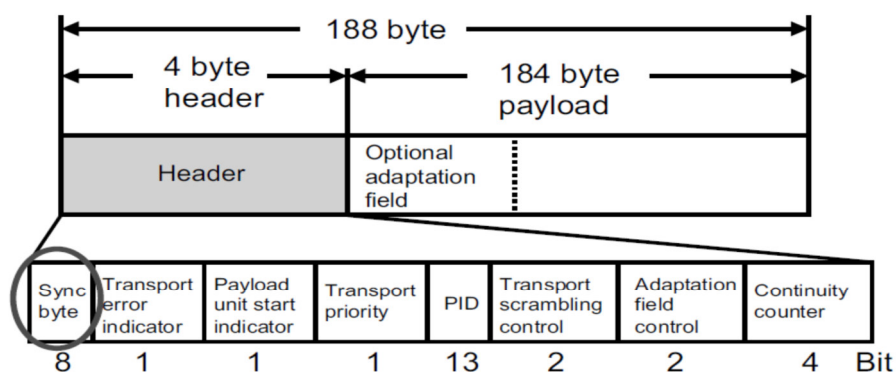
Вид ошибки ТП	Приоритет
TS_sync_loss	1
Sync_byte_error	1
PAT_error	1
PMT_error	1
Continuity_count_error	1
PID_error	1
Transport_error	2
CRC_error	2
PCR_error	2
PCR_accuracy_error	2
PTS_error	2
CAT_error	2
SI_repetition_error	3
NIT_error	3
SDT_error	3
EIT_error	3
RST_error	3
TDT_error	3
Undefined_PID	3

ПРИОРИТЕТ 1

TS_sync_loss Потеря синхронизации

Первый байт заголовка – синхробайт, имеет постоянное значение **0x47**.

В потоке появляется через каждые 188 байт. При кодировании кодом Рида Соломона – через 204 байта. Синхронизация устанавливается после приема 5 пакетов ТП с равным интервалом и значением синхробайта **0x47**. После потери 3 последовательных синхробайт, синхронизация считается сорванной и отображается ошибка **TS_sync_loss**.

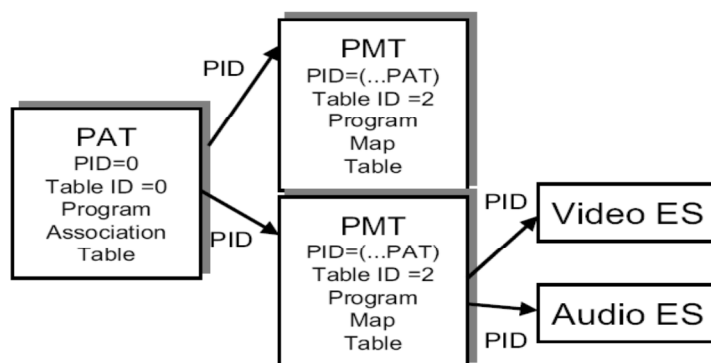


sync_byte_error Ошибочный синхробайт

При возникновении большого количества ошибок в линии связи возможно искажение значения синхробайта. И если значение синхробайта не равно **0x47** возникает сообщение об ошибке в синхробайте **sync_byte_error**.

PAT_error Отсутствует или ошибочная таблица программ PAT

Для отображения структуры передаваемых программ в ТП передаются списки в специальных пакетах. Наиболее важной является Таблица объединения программ PAT, которая всегда передается в транспортных пакетах с PID=0 и ID таблицы = 0. Если эта таблица отсутствует, становится невозможной идентификация и декодирование программ в транспортном потоке. В PAT передаются PID всех таблиц отображения программ PMT всех передаваемых программ. Ошибочный прием PAT, или передаваемый реже 0.5 секунд вызывает появление ошибки **PAT_error**.

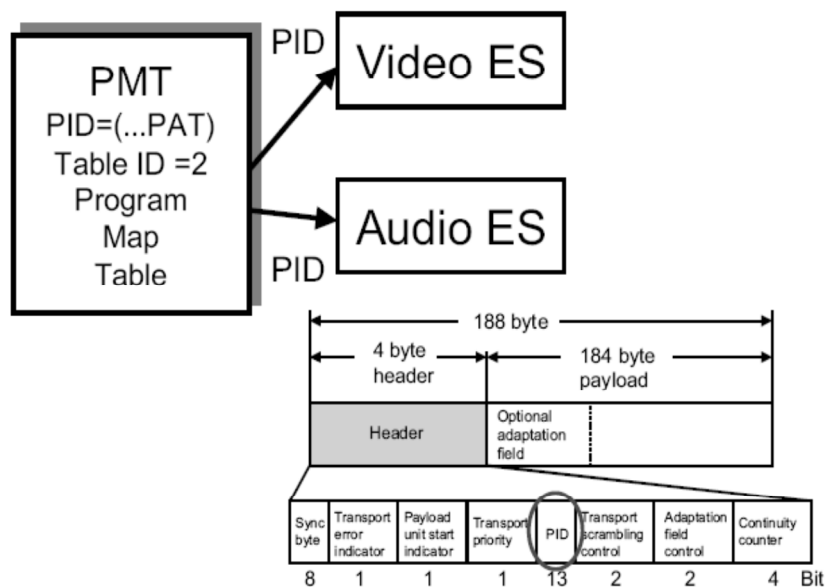


PMT_error Отсутствие или ошибочный прием таблиц отображения программ

Для каждой программы каждые 0.5 с передается таблица отображения программ PMT. PMT содержит соответствующие PID всех элементарных потоков, соответствующих передаваемой программе. Если отсутствует PMT на который ссылается PAT, декодер не выполнит поиск элементарных потоков и не демультимплексировать их. Ошибка **PMT_error** возникает при отсутствии PMT на который ссылается PAT, PMT не повторяется через 500 мс, PMT скремблируется и ID таблицы не равен 2.

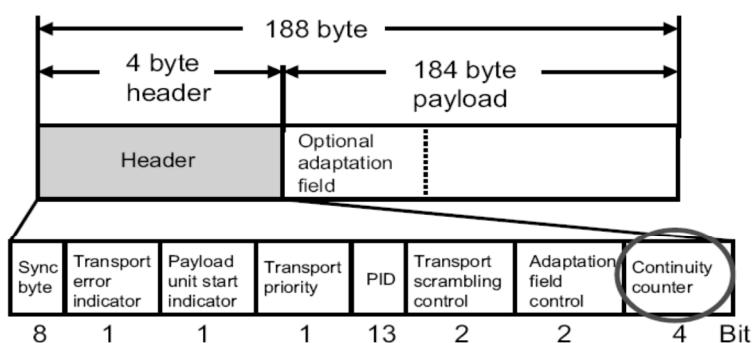
PID_Error Ошибочное значение PID в транспортном потоке

Ошибка возникает в случае, если PID, указанный в некотором PMT не обнаруживается ни в одном пакете транспортного потока. Декодер в таком случае не может получить доступ к соответствующему элементарному потоку, так как ссылка на него не содержится в транспортном потоке или он мультиплексируется с неверным PID.



Continuity_Count_Error

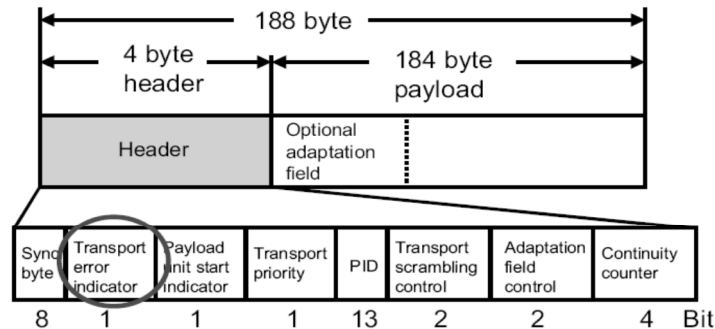
Каждый пакет транспортного потока с соответствующим PID имеет свой 4-х разрядный счетчик непрерывности continuity counter. Данный счетчик служит для распознавания потери или повторения пакетов транспортного потока с одним и тем же PID. Это может быть последствием неправильного мультиплексирования.



Приоритет 2

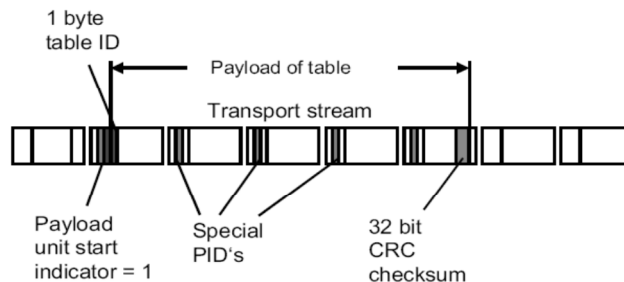
Transport_Error

Каждый пакет транспортного потока содержит бит, называемый индикатор ошибки транспортного потока **Transport_Error**, который находится непосредственно после синхробайта. Этот бит отмечает каждый пакет ТП, содержащий ошибки не исправленные кодом РС. Такой пакет не может быть декодирован MPEG и отбрасывается.



Cyclic Redundancy Check Error

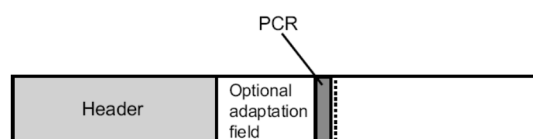
Ошибка проверочной суммы. Данная ошибка возникает если проверочная сумма сервисной таблицы не совпадает с соответствующим разделом пакета ТП. Причиной таких ошибок является интерференция в линии передачи и таблицы PAT, PMT, CAT, NIT содержат ошибочную проверочную сумму.



Program Clock Reference Error (PCR_Error, PCR_Accuracy)

Кодер MPEG-2 тактируется генератором с частотой 27 МГц. Этот генератор соединен с 42 разрядным счетчиком, который является генератором системного времени (STC). Для каждой передаваемой программы используется свой STC. Для синхронизации MPEG-2 декодера каждые 40 мс в поле адаптации пакета передается значение текущего системного времени STC. Информация о пакетах, в которых находится STC передается в PMT.

Опорное значение STC называется опорным программным генератором (PCR) и является копией STC.



Если скорость повторения PCR слишком мала, возможен сбой в АПЧ приемника, максимальный интервал между повторениями PCR не должен превышать 40 мс. Также данная ошибка появляется при джиттере PCR, если его величина превышает ± 500 нс.

PCR_Error возникает если разница времени приема последовательных значений PCR превышает 100 мс и в поле адаптации нет сигнала о прерывности передачи.

Или если временной интервал между пакетами со значениями PCR превышает 40 мс.

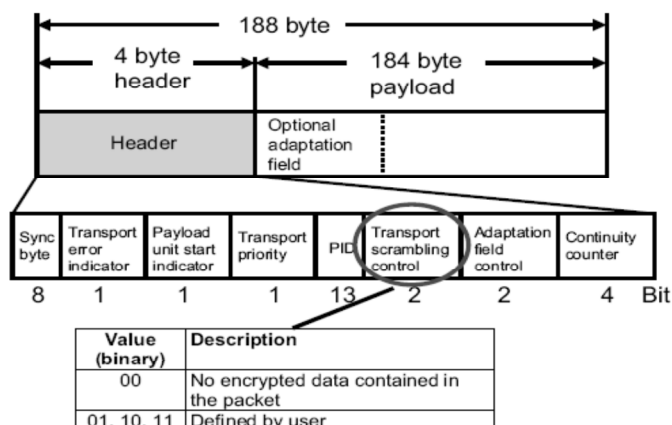
PCR_Accuracy ошибка возникает если отклонение между двумя значениями PCR больше, чем ± 500 нс

Presentation Time Stamp Error (PTS_Error) ошибка временной метки представления

Временная метка представления PTS передается в транспортном потоке и служит для синхронного озвучивания между аудио и видео каналами. Значения PTS получается из STC, младшие 33 бита из 42. Интервал между значениями PTS не должен быть больше, чем 700 нс., иначе появляется сообщение об ошибке **PTS_Error**.

CAT_Error Ошибка в таблице условного доступа

Транспортные пакеты могут содержать скремблированные данные, но скремблируется только полезная нагрузка, не поля заголовка или поле адаптации. Скремблированная часть полезной нагрузки отмечается двумя специальными битами в заголовке ТП. Если оба бита = 0, то скремблирование отсутствует. Если один из этих бит не равен 0, то данные скремблированы и необходима таблица условного доступа (CAT) для правильного дескремблирования. Если данная таблица отсутствует или встречается редко, возникает ошибка **CAT_Error**. CAT имеет PID=1 и table ID=1.



CAT
PID=1
Table ID =1
Conditional
Access
Table

CAT_Error возникает, если приняты скремблированные ТП пакеты, но не принята CAT таблица и если CAT найдена, но ID таблицы $\neq 1$.

SI_Repetition_Error ошибка периода передачи сервисной информации.

Все таблицы MPEG-2 и DVB должны регулярно передаваться с минимально и максимально возможными интервалами. Частота передачи таблицы зависит от типа таблицы.

Сервисная информация	Максимальный интервал (полная таблица)	Минимальный интервал (одна секция)
PAT	0.5 s	25 ms
CAT	0.5 s	25 ms
PMT	0.5 s	25 ms
NIT	10 s	25 ms
SDT	2 s	25 ms
BAT	10 s	25 ms
EIT	2 s	25 ms
RST	-	25 ms
TDT	30 s	25 ms
TOT	30 s	25 ms

Ошибка **SI_Repetition_Error** возникает, если временной интервал между таблицами или слишком мал или превышает допустимые пределы.

Мониторинг таблиц **NIT, SDT, EIT, RST and TDT/TOT**

Сервисная информация	PID	Table ID	Max, sec
NIT	0x0010	0x40, 0x41, 0x42	10
SDT	0x0011	0x42, 0x46	2
BAT	0x0011	0x4a	10
EIT	0x0012	0x4e- 0x4f, 0x50-0x6f	2
RST	0x0013	0x71	-
TDT	0x0014	0x70	30
TOT	0x0014	0x73	30
ST	0x0010-0x0013	0x72	-

NIT_error, SDT_error, EIT_error, RST_error или **TDT_error** появляются, если соответствующий пакет содержится в ТП, но имеет неправильный индекс таблицы table ID.

Также при превышении временного интервала между секциями SI таблиц или наоборот при повышении частоты их передачи.

Unreferenced_PID Неопределенные PID

Все PID, содержащиеся в транспортном потоке передаются декодеру MPEG через PAT и PMT. Но возможно, что ТП содержит пакеты, не отмеченные в этих таблицах – неопределенные PID. Ошибка **Unreferenced_PID** возникает при наличии неизвестного PID и если этот PID не обнаруживается в PMT в течении времени 0.5 сек.