

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.9954

(02/2005)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Сети доступа – Сети внутри помещений

**Сетевые приемопередатчики для телефонных
линий – Усовершенствованные спецификации
физического уровня, уровня доступа к среде
передачи и канального уровня**

Рекомендация МСЭ-Т G.9954

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G
СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999
Сети внутри помещений	G.9950–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т G.9954

Сетевые приемопередатчики для телефонных линий – Усовершенствованные спецификации физического уровня, уровня доступа к среде передачи и канального уровня

Резюме

В настоящей Рекомендации определяется Физический уровень (PHY), Уровень управления доступом к среде передачи (MAC), Канальный уровень (LINK), а также Уровень конвергенции (CONVERGENCE) стека протоколов для системы G.9954, предоставляющие следующие возможности:

- Скорости Физического уровня передачи полезной нагрузки от 4 до 240 Мбит/с;
- Приемопередатчики, адаптирующие скорость передачи, которые оптимизируют скорость передачи данных и частоту возникновения ошибок в пакетах данных для динамически изменяющихся характеристик канала и для каждого отдельного пакета;
- Квадратурная амплитудная модуляция (QAM) с разнесением частот для обеспечения устойчивого соединения на каналах с высокой частотной избирательностью;
- Разбиение диапазона частот для обеспечения совместимости с услугами любительской радиосвязи;
- Синхронный протокол MAC, контролируемый динамически выбираемым ведущим, использующий сочетание предотвращения коллизий и контролируемые стратегии доступа на основе конкуренции;
- Поддержка изохронных и асинхронных услуг передачи данных;
- Прямая связь между равноправными узлами внутри сети, контролируемой ведущим;
- Режим работы "без ведущего" с использованием асинхронного протокола MAC типа G.9951/2;
- Объединение пакетов (пакетизация), осуществляемая в рамках уровня стека протоколов G.9954 в соответствии с лимитами запаздываний служебного процесса и доступной полосой пропускания канала для передачи;
- Гарантии Качества обслуживания (QoS) для ширины полосы пропускания канала, дрожания, запаздывания и BER;
- Поддержка QoS для услуг с явными спецификациями трафика и скорости передачи, предоставляющая Канальный уровень, хорошо приспособленный для передачи аудио- и видеоинформации;
- Уровни конвергенции, определяемые конкретным протоколом;
- Обратная совместимость с G.9951/2, позволяющая вести передачу в режиме совместимости с G.9951/2 с соответствующими скоростями передачи данных;
- Поддержка сосуществования и взаимодействия между устройствами G.9951/2 и G.9954 в смешанной сети;
- Совместимость с другими услугами, предоставляемыми по телефонной линии: POTS, V.90, ISDN, а также G.992.1, G.992.2, G.992.3 и G.992.4;
- Локальное и удаленное управление устройствами G.9954;
- Условия для будущих расширений безопасности.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.9954 была утверждена 13 февраля 2005 года 15-й Исследовательской Комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи. Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения Исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации носит добровольный характер. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (например, для обеспечения возможности взаимодействия или применимости), и соблюдение положений данной Рекомендации достигается в случае выполнения всех этих обязательных положений. Для выражения необходимости выполнения требований используется синтаксис долженствования и соответствующие слова (такие, как "должен" и т. п.), а также их отрицательные эквиваленты. Использование этих слов не предполагает, что соблюдение положений данной Рекомендации является обязательным для какой-либо из сторон.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или реализация этой Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, обоснованности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, отстаиваются ли они членами МСЭ или другими сторонами вне процесса подготовки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения этой Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что это может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ.

© ITU 2009

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Справочная литература	1
3 Термины и определения	1
4 Сокращения и условные обозначения.....	4
5 Введение	5
5.1 Обзор стека протоколов G.9954	5
5.2 Эталонная модель сети.....	8
5.3 Стек протоколов	11
6 Спецификация физического (PHY) уровня	13
6.1 Обзор.....	13
6.2 Эталонная модель передатчика	13
6.3 Кадрирование.....	14
6.4 Шифратор.....	20
6.5 Кодировщик группировок битов.....	21
6.6 Модулятор QAM/FDQAM	29
6.7 Минимальные требования к устройству	29
6.8 Электрические спецификации передатчика.....	30
6.9 Электрические спецификации приемника	35
6.10 Входное полное сопротивление	39
7 Спецификация протокола доступа к среде передачи	41
7.1 Режимы работы.....	42
7.2 Асинхронный режим работы.....	44
7.3 Синхронный режим работы MAC.....	54
7.4 Объединение пакетов	72
8 Спецификация совместимости	73
8.1 Спектральная совместимость с другими услугами на кабельной линии	73
8.2 Сосуществование и взаимодействие с режимами G.9951/2 и AMAC	74
8.3 Обнаружение узлов G.9951/2	74
8.4 Требования к ведущему в смешанной сети.....	75
8.5 Передача узлам G.9951/2	76
8.6 Сосуществование Синхронного и Асинхронного режимов работы MAC.....	76
9 Качество обслуживания (QoS) G.9954.....	81
9.1 Общее описание.....	82
9.2 Потоки услуг и параметры QoS	82
9.3 Классификация трафика уровня конвергенции	87
9.4 Протокол сигнализации потоков.....	88
9.5 Контроль допуска	89
9.6 Поддержка QoS в режиме AMAC.....	89

	Стр.
10 Спецификация протокола Канального уровня	90
10.1 Обзор.....	90
10.2 Базовый формат кадра Канального уровня	92
10.3 Контрольные кадры Канального уровня	93
10.4 Контрольная функция Согласования скорости	96
10.5 Функция целостности канала передачи данных.....	107
10.6 Объявление возможностей и статуса.....	109
10.7 LARQ: Протокол ограниченного автоматического запроса повтора	118
10.8 Форматы, определяемые производителем	131
10.9 Протокол диагностики и сертификации PNT	132
10.10 Расширения кадров Канального уровня	149
10.11 Кодирование Рида-Соломона (RS) с внутрикадровым чередованием (Необязательное)	156
10.12 Протокол управления коллизиями.....	162
10.13 Протокол пакетирования кадров.....	167
10.14 Синхронизация цикла MAC	170
10.15 Протокол контроля доступа в сеть (регистрации).....	173
10.16 Протокол выбора ведущего	180
10.17 Протокол сигнализации потоков.....	184
10.18 Сообщение Индикации отчета о временной отметке (необязательное)	204
Приложение А – Механический интерфейс (MDI).....	207
А.1 Разъем MDI	207
Приложение В – Сетевые испытательные шлейфы.....	208
В.1 Кабельная модель	208
В.2 Испытательные шлейфы	209
Дополнение I – Уровни конвергенции	212
I.1 Обзор.....	212
I.2 Базовые элементы Уровня конвергенции	213
I.3 Архитектура Уровня конвергенции.....	219
I.4 Запуск создания потока.....	220
I.5 Классификация	220
I.6 Интерфейсы Уровня конвергенции с более высокими уровнями протоколов.....	221
I.7 Уровни конвергенции, определяемые протоколом.....	221
Дополнение II – Рекомендации, касающиеся Интерфейса, независимого от среды передачи данных (MII)	222
II.1 Обзор MII	222
II.2 Рекомендации по сигнализации G.9951/2	224
II.3 Уровень конвергенции G.9954 "вне чипа"	226
Дополнение III – Сквозная архитектура	228
III.1 Стек протоколов G.9954 – G.9954.....	228
III.2 Интерфейс Ethernet-PNT	228

	Стр.
III.3 Стек протоколов USB – G.9954.....	229
III.4 Стек протоколов IEEE 1394 – G.9954.....	230
III.5 Стек протоколов DOCSIS – G.9954	231
Дополнение IV – Сетевая синхронизация.....	233
IV.1 Требования к синхронизации	233
IV.2 Модель сетевой синхронизации	234
IV.3 Резюме по механизмам синхронизации	236
Дополнение V – Поддержка потоков с Переменной битовой скоростью (VBR).....	236
V.1 Запрос ширины полосы пропускания для каждого цикла.....	236
V.2 UGS + Совместно используемые интервалы, доступные для передачи (TXOP) ...	236
V.3 UGS + Явный запрос ширины полосы пропускания.....	237
V.4 UGS + Дополнительная ширина полосы пропускания	237
Дополнение VI – Параметры качества обслуживания (QoS).....	238
Дополнение VII – Тестовые профили одновременных приложений	240
Дополнение VIII – Руководящие принципы планирования доступа к среде передачи данных.....	241
VIII.1 Управление ресурсами	242
VIII.2 Выделение и назначение ресурсов среды	242
VIII.3 Управление размером пакета кадров.....	242
VIII.4 Управление длительностью цикла MAC.....	242
VIII.5 Формирование трафика и контроль над соблюдением политик.....	242
VIII.6 Контроль запаздывания и дрожания.....	243
VIII.7 Создание MAP	243
БИБЛИОГРАФИЯ.....	244

Рекомендация МСЭ-Т G.9954

Сетевые приемопередатчики для телефонных линий – Усовершенствованные спецификации физического уровня, уровня доступа к среде передачи и канального уровня

1 Сфера применения

В данной Рекомендации приводятся спецификации взаимодействия и совместимости станций G.9954. Требования приведены с точки зрения совместимого передатчика, хотя установлены и некоторые минимальные требования к характеристикам приемников. В рамках данной Рекомендации не описывается практическая реализация приведенных механизмов и схем.

Структура данной Рекомендации такова:

- **Пункт 6: Спецификация Физического (PHY) уровня** – В данном пункте описывается спецификация Физического уровня G.9954.
- **Пункт 7: Спецификация протокола доступа к среде передачи** – В данном пункте описывается Протокол доступа к среде передачи G.9954, включая работу в Синхронном и Асинхронном режимах MAC.
- **Пункт 8: Спецификация совместимости** – В данном пункте описывается метод обеспечения обратной совместимости, сосуществования и взаимодействия с узлами G.9951/2 в смешанной сети, состоящей из узлов G.9951/2 и G.9954.
- **Пункт 9: Качество обслуживания (QoS)** – В данном пункте описывается структура системы Качества обслуживания G.9954.
- **Пункт 10: Спецификация протокола Канального уровня** – В данном пункте описываются необходимые функции контроля над Канальным уровнем.

2 Справочная литература

В перечисленных ниже Рекомендациях МСЭ-Т и другой справочной литературе содержатся положения, которые посредством ссылок на них в этом тексте составляют основные положения данной Рекомендации. На момент опубликования действовали указанные редакции документов. Все Рекомендации и другая справочная литература являются предметом корректировки, и стороны пришли к договоренности основываться на этой Рекомендации и стараться изыскивать возможность для использования самых последних изданий Рекомендации и справочной литературы, перечисленной ниже. Регулярно публикуется перечень действующих Рекомендаций МСЭ-Т. Ссылка на документ в рамках этой Рекомендации не дает ему, как отдельному документу, статуса Рекомендации.

- [1] ITU-T Recommendation G.9951 (2001) (панее G.989.1), *Phoneline networking transceivers – Foundation*.
- [2] ITU-T Recommendation G.9952 (2001) (панее G.989.2), *Phoneline networking transceivers – Payload format and link layer requirements*.
- [3] ITU-T Recommendation G.9953 (2003) (панее G.989.3), *Phoneline networking transceivers – Isolation function*.

3 Термины и определения

В данной Рекомендации определены следующие термины:

3.1 Режим АМАС: Метод доступа к среде передачи, используемый устройством G.9954 во время работы в сети, где отсутствует ведущий.

3.2 ВАСКОFF20: 20-символьная последовательность, применяемая для сигнализации в слоты отсрочки передачи, состоящая из последовательности TRN16, за которой следует последовательность EOF.

- 3.3 Сигнал VASCOFF20:** Символьная последовательность, которую могут передавать передатчики в течение трех сигнальных слотов, следующих за коллизией. Применяется в алгоритме распределенного уровня отсрочки.
- 3.4 Экспоненциальный двоичный алгоритм отсрочки (ВЕВ):** Метод разрешения коллизий стандарта IEEE Std 802.3.
- 3.5 Ограниченный DFPQ:** Метод разрешения коллизий, базирующийся на организации очереди на основе распределения приоритетов (DFPQ), где цикл разрешения коллизии заключен в границы интервала, доступного для передачи.
- 3.6 Широковещательный пакет:** Пакет, адрес получателя которого – все единицы (FF.FF.FF.FF.FF.FF).
- 3.7 Объявление возможностей и статуса:** Протокол контроля канального уровня, применяемый для передачи информации о статусе между станциями с небольшими затратами служебного трафика.
- 3.8 Фрагмент коллизии:** Фиксированная последовательность передачи состоит из преамбулы, заголовка кадра, DA, SA, ET и EOF.
- 3.9 Конфликтный период:** Период доступа к среде передачи, когда устройства оспаривают право на доступ к среде передачи с использованием технологий CSMA/CD на основе приоритетов и методов разрешения коллизий.
- 3.10 Бесконфликтный период:** Период доступа к среде передачи, выделенный отдельному сетевому устройству, в течение которого споры за право доступа к среде передачи и коллизии не должны (в нормальном состоянии) иметь места.
- 3.11 Уровень конвергенции:** Определяемый протоколом подуровень, который устанавливает соответствие между протоколами транспортного уровня и собственными базовыми элементами канального уровня G.9954.
- 3.12 CS_IFG:** Минимальный гарантированный интервал тишины среды передачи между двумя пакетами физического уровня информации, следующими один за другим.
- 3.13 ID (идентификатор) устройства:** Уникальный идентификатор, выделяемый устройству G.9954 ведущим после регистрации.
- 3.14 Конечная точка:** Устройство G.9954, не являющееся ведущим.
- 3.15 Последовательность EOF:** 4-символьная последовательность, присоединяемая к кадру Физического уровня, состоящая из первых четырех символов последовательности TRN.
- 3.16 Поток:** однонаправленный поток информации между узлами сети, характеризующийся трафиком с четко определенными параметрами QoS для пропускной способности, запаздывания, дрожания и BER (частота появления ошибок в битах).
- 3.17 ID(идентификатор) потока:** Уникальный идентификатор потока информации между устройством-источником и устройством-получателем.
- 3.18 Сигнализация потоков:** Протокол Канального уровня G.9954, используемый для создания, изменения и удаления потоков информации.
- 3.19 Спецификация потока:** Спецификация характеристик потока в терминах его параметров QoS трафика и скорости передачи.
- 3.20 G.995x:** Общая ссылка на существующую в данный момент технологию PNT.
- 3.21 G.9954:** Ссылка на расширенную технологию PNT, представленную в настоящей Рекомендации.
- 3.22 Дрожание:** Размер отклонения запаздывания в большую и меньшую сторону от среднего значения. Максимальное дрожание определяется как максимальное отклонение значения запаздывания в большую и меньшую сторону от среднего значения и записывается как (+Max/–Min).
- 3.23 Запаздывание:** Длительность периода задержки от момента времени, когда пакет достигает сервисной точки доступа протокола PNT до того момента, когда последний бит пакета успешно передан по кабельной сети. Подразумевается, что средняя и максимальная длительность запаздывания должны рассчитываться на основе 99% всех измеренных значений длительности запаздываний.

- 3.24 Целостность канала связи:** Фоновый процесс, доводящий до пользователя информацию о том, что интерфейс подключен к телефонной линии и фиксирует как минимум одну другую станцию в сети.
- 3.25 Приоритет Канального уровня:** Программный класс приоритета, связанный с пакетом Канального уровня. Данное значение может заменяться соответствующим ему другим значением при преобразовании из/в приоритет РНУ.
- 3.26 Цикл МАС:** Период доступа к среде передачи между двумя передачами контрольного кадра МАР, следующими одна за другой.
- 3.27 МАР:** Контрольный кадр, описывающий план доступа к среде передачи для следующего за ним цикла МАС.
- 3.28 МАР_IFG:** Длительность периода тишины среды передачи между пакетами Физического уровня кадров, используемого ведущим в планировании доступа к среде передачи и объявленного в контрольном кадре МАР.
- 3.29 Ведущий:** Устройство G.9954, которое может быть использовано в качестве ведущего и было выбрано активным ведущим. На ведущего возлагаются функции контроля над синхронным режимом МАС при помощи распределения времени доступа к среде передачи внутри сети и периодического объявления плана доступа к среде передачи всем устройствам сети.
- 3.30 Сеть, контролируемая ведущим:** Сеть, которая включает устройство G.9954, выступающее в роли ведущего. Доступ к среде передачи в сети, контролируемой ведущим, осуществляется устройствами G.9954 на основе правил доступа к среде передачи SMAC.
- 3.31 Сеть без ведущего:** Сеть, не включающая устройства, работающего в настоящее время в режиме ведущего. Доступ к среде передачи в сети без ведущего осуществляется устройствами G.9954 на основе правил доступа к среде передачи AMAC.
- 3.32 Объединение пакетов:** Объединение пакетов транспортного и канального уровней в единый пакет кадров РНУ.
- 3.33 Кодирование полезной нагрузки:** Спектральная маска, скорость в бодах и способ кодирования группировок (бит на символ) полезной нагрузки.
- 3.34 Приоритет РНУ:** 3-битный абсолютный приоритет, используемый системой контроля доступа к среде передачи G.9951/2 для ранжирования очередности для кадров, ожидающих передачи по каналу. Приоритет 7 более высок, чем приоритет 0.
- 3.35 PNT:** Общая ссылка на сетевые приемопередатчики для телефонных линий, в особенности, на описанные в серии Рекомендаций МСЭ-Т G.995х.
- 3.36 Прембула:** Фиксированная сигнальная последовательность, присоединяемая спереди к кадру Физического уровня. Она состоит из 4 копий последовательности TRN.
- 3.37 Слот приоритета:** Один из 8 слотов, следующих за IFG (действительной передачи или коллизии), которые используются для реализации приоритета доступа.
- 3.38 Контракт QoS:** Контракт, определяющий ряд параметров QoS потока, которые согласовывают устройства, участвующие в потоке. Контракт QoS согласовывается между устройствами, на конечных точках потока для установления ограничений буферизации и (BER/PER) канала. Контракт QoS согласовывается между устройством-источником потока и ведущим для целей установления ограничений полосы пропускания, запаздывания и дрожания.
- 3.39 Регистрация:** Процесс, используемый устройством G.9954 для информирования текущего ведущего о своем существовании и намерении согласовывать контракты QoS в будущем.
- 3.40 Режим SMAC:** Режим управления доступом к среде передачи, используемый в сети, контролируемой ведущим.
- 3.41. Запас устойчивости системы:** Набор значений для уровней искажения сигнала, при котором на приемнике, включенном в данный тестовый шлейф, наблюдается частота появления ошибок, не превышающая установленную.
- 3.42 Интервал, доступный для передачи:** Интервал времени среды передачи с четко определенным началом и продолжительностью относительно начала МАР, который может быть использован устройством PNT для передачи кадров.

3.43 TRN16: 16-символьная белая последовательность QPSK с постоянной амплитудой, которая используется в преамбуле Физического уровня.

3.44 Действительный кадр CS: Описание минимального сигнала передатчика, который следует считать приемлемым для применения в целях контроля несущей и обнаружения коллизий.

4 Сокращения и условные обозначения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	Асимметричная цифровая абонентская линия
AMAC	Asynchronous MAC Protocol	Асинхронный протокол MAC
BER	Bit Error Ratio	Частота появления ошибок в битах
BPS	Bits Per Symbol	Бит на символ
CBR	Constant Bit Rate	Постоянная скорость передачи битов
CFTXOP	Contention-Free TXOP	бесконфликтный TXOP
CR	Collision Resolution	Разрешение коллизий
CS_IFG	Carrier-Sense IFG	IFG Контроля несущей
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection	Множественный доступ с контролем несущей и обнаружением коллизий
CTXOP	Contention TXOP	Конфликтный TXOP
DFPQ	Distributed Fair Priority Queuing (the G.9951/2 enhanced method for collision resolution (see BEB))	Метод организации очереди на основе распределения приоритетов (расширенный метод разрешения коллизий G.9951/2 (см. BEB))
DOCSIS	Data-Over-Cable System Interface Specification	Спецификация интерфейса системы передачи данных по кабельным сетям
FDQAM	Frequency Diverse QAM	Квадратурная амплитудная модуляция с разнесением частот
FEC	Forward Error Correction	Упреждающая коррекция ошибок
HCS	Header Check Sequence (a CRC-8 that covers portions of the header and Ethernet address fields)	Проверка заголовка на наличие ошибок (контрольная сумма CRC-8, покрывающая части полей заголовка и адреса Ethernet)
G.9951/2	Device supporting the G.9951/2 Protocol	Устройство, поддерживающее протокол G.9951/2
G.9954	Device supporting the G.9954 Protocol	Устройство, поддерживающее протокол G.9954
ICG	Inter-Cycle Gap	Межцикловый интервал
IFG	Inter-Frame Gap	Межкадровый интервал
LARQ	Limited Automatic Repeat reQuest (protocol for impulse noise error correction)	Ограниченный автоматический запрос повтора (протокол, применяемый для коррекции ошибок, связанных с импульсным шумом)
MAP_IFG	Media Access Plan IFG	IFG Плана доступа к среде передачи
MII	Media Independent Interface (defined by IEEE Std 802.3 Clause 22)	Интерфейс, независимый от среды передачи (определен IEEE Std 802.3 пункт 22)
MPDU	MAC Protocol Data Unit	Единица данных протокола MAC
NEXT	Near-End crosstalk	Перекрестные помехи на ближнем конце
NID	Network Interface Device (a subscriber line protection device installed at the boundary between the subscriber loop and the in-premise wiring)	Устройство сетевого интерфейса (устройство защиты линии абонента, установленное на границе между шлейфом абонента и кабельной разводкой внутри помещения)
PAR	Peak to Average Ratio	Соотношение пикового и среднего значений
PDU	Protocol Data Unit	Единица данных протокола
PE	Payload Encoding	Кодирование полезной нагрузки
POTS	Plain Old Telephone Service (referring to telephony services using the 0-4 kHz spectrum on the phoneline)	Обычная телефонная сеть (относится к услугам телефонной связи, использующим для работы диапазон частот 0–4 кГц в телефонной линии)
PNT	Phoneline Networking Transceiver	Сетевой приемопередатчик для телефонных линий

QAM	Quadrature Amplitude Modulation	Квадратурная амплитудная модуляция
RG	Residential Gateway	Домашний шлюз
RSVP	Resource Reservation Protocol	Протокол резервирования ресурсов
Self-NEXT	Near-End crosstalk from other systems of the same type	Перекрестные помехи на ближнем конце от других систем такого же типа
SI	Scrambler Initialization	Инициализация шифратора
SMAC	Synchronous MAC protocol	Синхронный протокол MAC
SP	Service Provider	Поставщик услуг
TXOP	Transmission Opportunity	Интервал, доступный для передачи
USB	Universal Serial Bus	Универсальная последовательная шина
UTXOP	Unallocated TXOP	Нераспределенный TXOP
VBR	Variable Bit Rate	Переменная битовая скорость

5 Введение

5.1 Обзор стека протоколов G.9954

Стек протоколов G.9954 представляет собой интегрированный стек протоколов, контролирующий Физический уровень, Канальный (Data Link) уровень, Уровень конвергенции и Уровень управления. Стек протоколов G.9954 поддерживает как синхронный, так и асинхронный режимы MAC. Асинхронный режим MAC соответствует определенному для протокола MAC G.9951/2 во всем, кроме того, что использует более широкий спектр скоростей в бодах и способов кодирования группировок битов. Синхронный режим MAC построен на основе асинхронного режима MAC и представляет собой его функционально расширенную версию. Это подразумевает, что узел сети, использующий стек протоколов G.9954, имеет возможность работать полностью так же, как узел стандарта G.9951/2.

Использование синхронного режима MAC зависит от присутствия в сети устройства G.9954, способного взять на себя роль ведущего сети. Такое устройство называется "ведущим устройством" или просто "ведущим". Устройство, способное взять на себя роль ведущего сети называют также устройством с возможностями ведущего. Устройство с возможностями ведущего – это обычное устройство G.9954 с такими техническими возможностями, которые позволяют ему взять на себя роль ведущего сети в случае отсутствия в данный момент в сети активного ведущего.

Ведущий отвечает за контроль над синхронным режимом MAC, осуществляемый путем планирования времени доступа к среде передачи и периодического объявления данного плана доступа к среде передачи всем устройствам, находящимся в сети. Периодическое распределение доступа к среде передачи по времени называется циклом MAC. Узлы G.9954, работающие в синхронном режиме MAC, могут синхронизироваться с периодическим циклом MAC и распределять свои передачи во времени в соответствии с распределением времени доступа, описанным в Плане доступа к среде передачи.

В случае присутствия в сети ведущего устройства G.9954, узлы G.9954 работают в синхронном режиме MAC, в противном случае они работают в асинхронном режиме MAC. В случае присутствия в сети узлов G.9951/2 узлы G.9954 продолжают работать в синхронном режиме MAC, если присутствует ведущий; однако они также изменяют свое поведение таким образом, чтобы поддерживать сосуществование и взаимодействие с устройствами G.9951/2, работающими в асинхронном режиме MAC в сети. Этот подрежим более детально рассматривается в пункте 8.

5.1.1 Режим совместимости и взаимодействия

Протокол G.9954 обратно совместим с протоколом G.9951/2.

Совместимость достигается благодаря соответствию распределения во времени и поведения требованиям протокола G.9951/2, а также благодаря использованию формата кадра, обладающего обратной совместимостью с форматом кадра протокола G.9951/2. На самом деле, для узла G.9951/2 передачи узлов G.9954 по сети ничем не отличаются от обычных передач G.9951/2 хотя и возможно, что они выполняются на не поддерживаемых устройствами G.9951/2 скоростях полезной нагрузки в бодах.

5.1.2 Синхронный режим MAC

Протокол G.9954 (MAC) является, по сути своей, синхронным протоколом MAC, который координирует доступ к среде передачи под контролем ведущего. Протокол является синхронным в том смысле, что все узлы G.9954 в сети синхронизированы с периодическим циклом MAC и передачи запланированы заранее и точно распределены во времени.

Синхронный протокол G.9954 применяется для поддержки разного рода услуг, включая асинхронные услуги, требующие уровня оказания "наилучший уровень сервиса из возможных" ("Best Effort") и изохронные потоковые услуги с постоянной или переменной скоростью передачи данных, такие как телефония, передача аудио- и видеoinформации.

В "родной" среде G.9954, где доступ к среде передачи заранее планируется, в ходе обычных операций передачи данных используется стратегия предотвращения коллизий (CA). Предотвращение коллизий совместно с объединением пакетов позволяет более эффективно использовать среду передачи и предоставляет инфраструктуру для поддержки гарантий Качества обслуживания (QoS).

Синхронный протокол MAC G.9954 поддерживает работу в режиме моста с другими синхронными протоколами, такими, как IEEE 1394, USB и др., а также с протоколами широкополосного доступа, такими как DOCSIS и IEEE 802.16 при помощи Уровня конвергенции. Более того, модель сети, контролируемой ведущим, используемая в протоколе MAC G.9954, является естественной моделью для сетей широкополосного доступа и отлично приспособлена для архитектуры, содержащей домашние шлюзы.

5.1.3 Качество обслуживания (QoS)

Поддержка QoS в рамках MAC G.9951/2, основанная на классификации приоритетов с использованием 8 уровней приоритета, предоставляет базовый механизм QoS для разграничения различных типов услуг. Данный механизм совместим с рекомендациями IEEE 802.1D, с Ярлыком Приоритета VLAN (IEEE 802.1P) и с битами ПРИОРИТЕТА (PRECEDENCE bits), определенными в оригинальной интерпретации поля Тип Услуги (TOS) в пакете IP, использующем протокол Дифференцированных Услуг (Diffserv).

Однако для того, чтобы обеспечить гарантированное QoS, G.9954 предоставляет механизм, совместимый с RSVP-подобными протоколами, который явно определяет параметры трафика и скорости передачи для услуги, а не просто соответствующую очередность пакетов.

Механизм QoS G.9954 основан на понятии потока, который представляет собой однопоточный поток данных между узлами сети на основе четко определенных параметров QoS, позволяющих осуществлять строгий контроль над пропускной способностью, запаздыванием, дрожанием и BER в сети.

Потоки создаются и удаляются на базе механизма "услуга-за-услугой". Подуровни G.9954 контроля Канального уровня (LLC) и MAC отвечают за планирование передачи пакетов в потоках таким образом, чтобы обеспечить соответствующие параметры трафика/QoS. Ширина полосы пропускания зарезервирована для потока в течение всего времени его существования, что отражается в плане доступа к среде передачи (MAP), подготовленном ведущим узлом G.9954. Требования потока к ширине полосы пропускания также могут быть изменены в течение времени существования потока для более эффективной поддержки изменяющихся требований к ширине полосы пропускания, которые характерны для "насыщенных пакетами" потоков данных и потоков данных с переменной битовой скоростью (VBR) передачи.

Распределение входящих потоков данных по подходящим потокам для обеспечения выполнения требований QoS является функцией Подуровня конвергенции.

Потоки могут создаваться автоматически в момент инициации услуги или могут быть созданы в момент инициализации в соответствии с предпочтительной спецификацией (например, как часть Подуровня конвергенции) или конфигурационной информацией. Потоки могут также быть удалены в случае обнаружения отсутствия активности, для того чтобы освободить ресурсы сети, связанные с данным потоком.

5.1.4 Характеристики протокола

Протокол G.9954 улучшает характеристики протокола G.9951/2 путем предотвращения коллизий (нет цикла разрешения коллизий) и поддержки объединения множественных единиц данных протокола MAC (MPDUs) в единый пакет (кадр) физического уровня.

Указанные выше достижения в области характеристики являются преимуществом протокола G.9954 как такового, а прочие достижения и достоинства могут иметь место как свойства конкретных реализаций.

5.1.5 Внешние интерфейсы и протоколы

Протокол G.9954 поддерживает интерфейсы и работу в режиме моста с внешними протоколами посредством Уровня конвергенции в стеке протоколов. Конкретный Подуровень конвергенции протокола, который должен использоваться, определяется либо через конфигурационный параметр, либо напрямую через интерфейс управления.

Распределение пакетов данных, прибывающих от конкретного интерфейса, по соответствующим *потокам* в зависимости от конкретного типа услуги данных является функцией подуровня конвергенции протокола.

Потоки, определенные для конкретного подуровня конвергенции могут быть созданы как в момент регистрации устройства, так и по требованию. Параметры трафика и скорости передачи для потока могут быть заранее заданы для протокола или определены как параметр конфигурации в (энергонезависимой) постоянной памяти. Точно так же, потоки могут быть созданы и сконфигурированы посредством операций управления, выполняемых внешним или удаленным главным узлом.

Стек протоколов G.9954 не предполагает наличия внешнего главного узла и способен напрямую связываться, на аппаратном уровне, с внешним чипом, возможно, использующим другой протокол. В такой конфигурации предполагается, что подуровень конвергенции должен находиться в интегрированном чипе G.9954 совместно с Уровнем контроля доступа к среде передачи и Канальным уровнем. Как вариант, подуровень конвергенции G.9954 может в действительности запускаться, частично или полностью, на внешнем главном узле. Подуровень конвергенции может также включать таблицы/функции сопоставления (преобразования) адресов для работы в режиме моста.

Внешние протоколы, упоминаемые в описании протокола G.9954, включают протоколы IEEE 802.3/Ethernet и протокол Internet (IP). Дополнительно, поддерживаемые уровнем конвергенции протоколы USB и IEEE 1394 признаются важными претендентами на роль транспортных протоколов для G.9954. Более того, интерфейсы с протоколами широкополосного доступа, такими, как DOCSIS и, возможно, даже с протоколами беспроводного доступа, такими, как IEEE 802.11 и IEEE 802.16 признаются важными. Предполагается, что транспортные потоки видео MPEG будут транспортироваться по протоколам IP/Ethernet или как MPEG-TS (транспортные потоки MPEG).

Сопоставление (преобразование) и конвергенция протоколов на явном уровне стека протоколов позволяет использовать степени синхронизации между внешней и домашней сетями. Более подробно это описывается в Дополнении III. Кроме этого, QoS, описанное в терминах, аналогичных терминам внешней сети, позволяет более полно поддерживать использование методов QoS внешней сети в домашней сети.

5.1.6 Безопасность и конфиденциальность данных

Узел сети G.9954 должен зарегистрироваться у ведущего, для того чтобы подключиться к сети и инициировать передачу данных. Данный процесс допуска в сеть может быть расширен для обеспечения поддержки базовой авторизации и конфиденциальности.

Список авторизации для устройств может храниться в конфигурационном файле ведущего или в какой-либо внешней базе данных, доступной для внешнего главного узла. Этот список авторизации может определять, какие устройства могут подключаться к ведущему и получать доступ к сети и ее ресурсам. Идентификация устройства производится с использованием аппаратного адреса MAC устройства. Доступ к сети может быть запрещен на основе авторизационной информации, доступной ведущему.

Конфиденциальность данных может быть обеспечена путем применения методов шифрования. Вслед за авторизацией, ведущий может запустить протокол управления ключами, для того чтобы распространить ключ шифрования среди узлов сети. Ключи шифрования передаются по сети в зашифрованном виде с использованием открытых методов шифрования. Все пакеты, передаваемые по среде передачи, за исключением некоторых управляющих пакетов, могут, затем, быть зашифрованы с использованием общего ключа шифрования.

Конфиденциальность данных может потребоваться в домашней сети, для того чтобы защитить личную информацию от возможного несанкционированного сбора или просмотра (отслеживания), вызванного перекрестными помехами. Шифрование может быть использовано для защиты данных в передачах

G.9954 вместо того, чтобы полагаться на механизмы безопасности G.9951/2, основанные на ограничении чувствительности приемника.

Как авторизация, так и конфиденциальность данных являются необязательными возможностями и будут поддерживаться в будущем.

5.1.7 Поддержка управления

В условиях модели домашней сети на основе домашнего шлюза, предоставляющего доступ к услугам, доставляемым в дом поставщиком услуг, возможность удаленного управления, конфигурирования, отслеживания и разрешения проблем, возникающих в домашних сетях, становится чрезвычайно важной.

В целях поддержки этих возможностей устройства G.9954 должны поддерживать следующие функции управления:

- Конфигурирование, контроль и отслеживание всех устройств G.9954 в сети;
- Предоставление локального и удаленного доступа ко всем устройствам;
- Доступ ко всем устройствам через Шлюз (Ведущий);
- Использование протокола на основе сообщений (на основе протокола Сертификации и Диагностики G.9951/2);
- Поддержка стандартной структуры MIB;
- Поддержка интерфейсов управления более высокого уровня (например, SNMP, HTTP и др.).

Функции управления должны предоставлять доступ к следующей управленческой информации:

- Информация Физического уровня;
- Информация о сети;
- Информация и статистика по QoS;
- Информация об устройстве;
- Конфигурационная информация;
- Информация об авторизации и безопасности;
- Информация о версии.

5.2 Эталонная модель сети

Настоящая Рекомендация определяет базовую функциональность Физического уровня (PHY), Уровня управления доступом к среде передачи (MAC), Канального уровня (LINK) и Уровня конвергенции (CONVERGENCE).

Основной указываемый интерфейс – это проводной электрический и логический интерфейс (W1) между станцией G.9954 и телефонным кабелем, как показано на Рисунке 5-1. В рамках данной Рекомендации определяются интерфейсы на стороне узла сети в терминах интерфейсов-примеров, таких, как логический формат кадра Канального уровня IEEE Std 802.3, адресация и широковещательный/многоадресный режимы работы. Среди интерфейсов на стороне узла сети существует несколько необязательных, при этом рекомендации по интерфейсу МП описаны в Дополнении II.

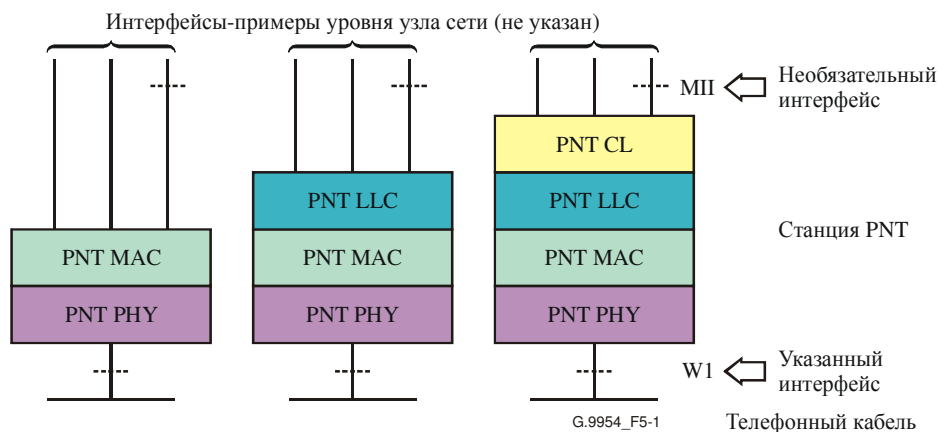


Рисунок 5-1/G.9954 – Интерфейсы

Система PNT реализует односегментную сеть с совместным использованием среды передачи как показано на Рисунке 5-2. Все станции одного и того же сегмента логически подключены к одному и тому же совместно используемому каналу по телефонному кабелю. Несколько сегментов сети PNT или другие сетевые звенья могут быть соединены посредством ретрансляторов Уровня 2 (L2 или уровень канала передачи данных) или Уровня 3 (L3 или IP) сети ISO. Ретрансляторы Уровня 1 (ретрансляторы Физического уровня) не описываются в рамках данной Рекомендации.

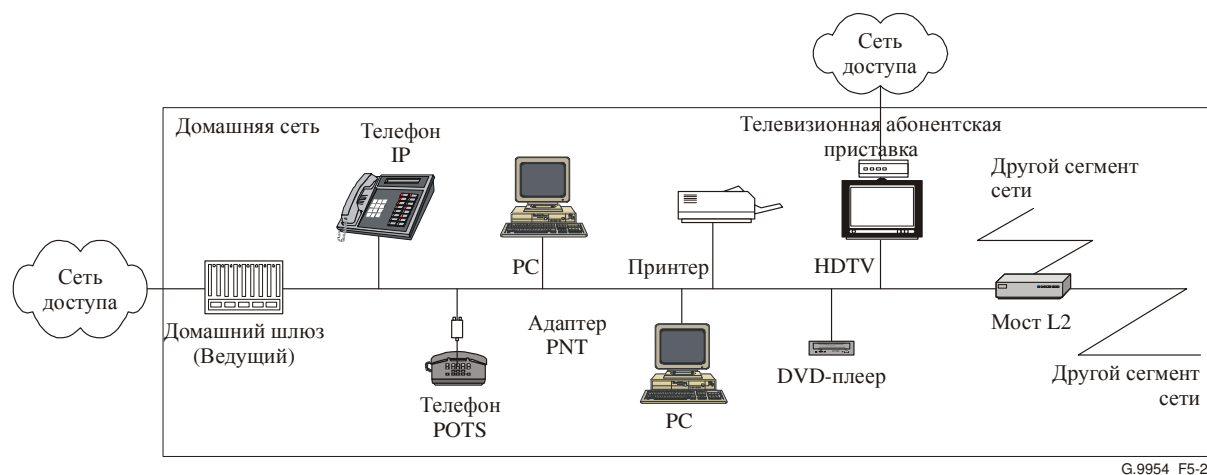


Рисунок 5-2/G.9954 – Сегмент сети с совместным использованием среды передачи PNT

Как показано на Рисунке 5-2, модель сети G.9954 предполагает, что сеть состоит из различного рода сетевых устройств, подключенных к совместно используемой среде передачи – домашней телефонной линии, являющейся магистральной линией сети. Кроме того она предполагает одно или несколько широкополосных соединений с внешними сетями доступа через один или несколько шлюзов и возможные соединения типа "мост" с другими сетевыми сегментами, возможно, с другими домашними сетями, использующими другие сетевые технологии (например, беспроводные, с использованием линий электропередач, кабельные и т. п.).

В Таблице 5-1 показано соотношение стандарта PNT с эталонной моделью Взаимосвязи открытых систем ISO/IEC.

Таблица 5-1/G.9954 – Соотношение с моделью взаимосвязи открытых систем ISO/IEC

Уровень эталонной модели OSI		Уровни G.9954
Приложения		
Представления		
Сеанс		
Транспортный		
Сетевой		
Канала передачи данных (канальный)		Уровень конвергенции
		Протоколы канального уровня
		MAC – Управление доступом к среде передачи
Физический		PHY (Физический)

Сетевой стандарт PNT разработан таким образом, чтобы работать, используя кабельную сеть внутри помещения потребителя "как она есть", то есть без какой-либо ее доработки. Ожидается, что будут использоваться различные комбинации таких топологий, как звезда, дерево и многоточечная шинная разводка; пример см. на Рисунке 5-3. Здесь слева от устройства сетевого интерфейса (NID) Обычной сети телефонных услуг (POTS) показана внешняя абонентская линия, а разводка кабеля внутри помещения осуществляется в форме звезды от NID на несколько кабельных трасс. Каждая трасса может иметь один или несколько модульных соединителей на настенных розетках, а также удлинительные шнуры различной длины (показанные двойными линиями), служащие для подключения устройств POTS или PNT к настенным розеткам. В данном примере станции A и B находятся на одной шине; станция C находится на второй шине, которая не снабжена оконечной заглушкой; станция E находится на конце трассы, идущей напрямую от NID; станции F и G подключены к одной и той же настенной розетке при помощи двойника. Возможно множество других топологий.

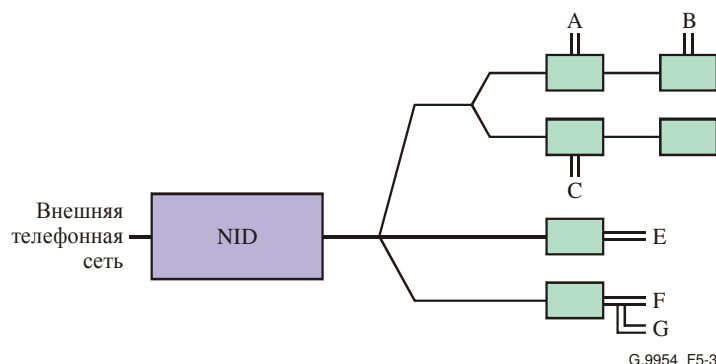


Рисунок 5-3/G.9954 – Эталонная топология разводки кабеля

Протокол G.9954 поддерживает как модель сети, контролируемой ведущим, так и без ведущего. Модель сети, контролируемой ведущим, подразумевает наличие ведущего узла, который распределяет время в сети и синхронизирует доступ к среде передачи для всех сетевых устройств G.9954. В случае отсутствия ведущего, сеть считается сетью без ведущего. Сетевая модель без ведущего представляет собой сетевую модель G.9951/2 и подразумевает только совместное использование среды передачи устройствами, осуществляющими доступ к среде передачи на основе приоритетов (CSMA/CD) с использованием методов разрешения коллизий.

Хотя доступ к среде передачи в сети, контролируемой ведущим, и контролируется ведущим, соединение между двумя устройствами устанавливается не через ведущего, устройства связываются напрямую (peer-to-peer) во время, назначенное ведущим. Любое устройство в сети потенциально может выступать в роли ведущего, однако наиболее естественной является ситуация, когда роль ведущего берет на себя устройство-шлюз или устройство-сервер.

5.3 Стек протоколов

Стек протоколов G.9954 предоставляет услуги Уровня 1 (физический) и Уровня 2 (канала передачи данных) для передачи и получения пакетов по кабельной среде передачи с использованием протоколов G.9951/2 и G.9954. Стек протоколов, используемый G.9954, проиллюстрирован на Рисунке 5-4.

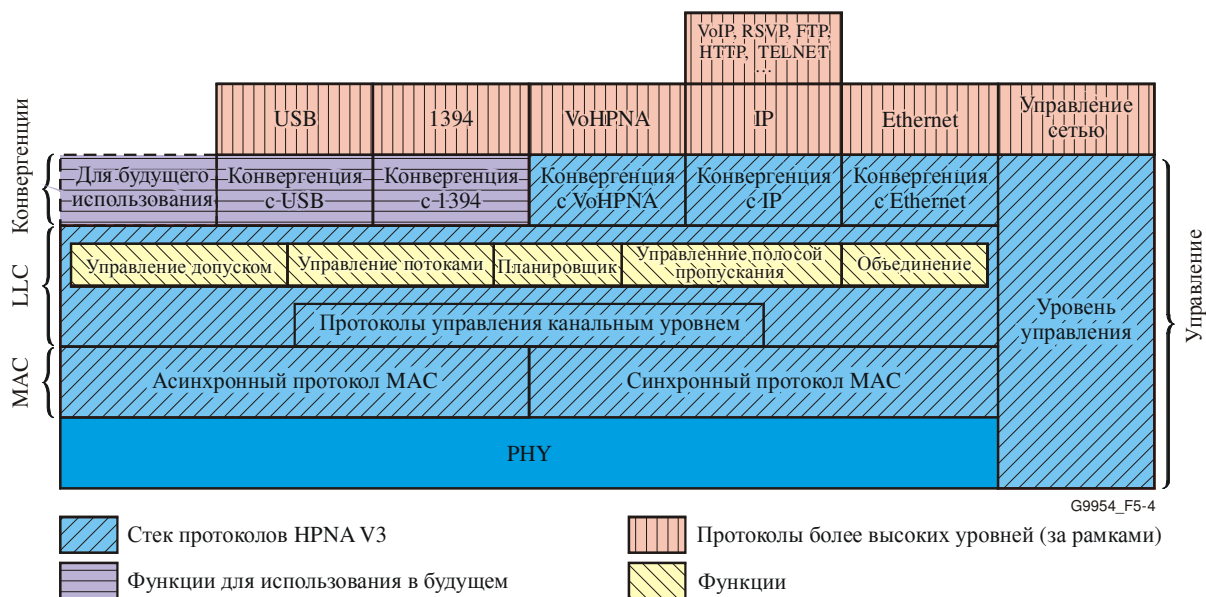


Рисунок 5-4/G.9954 – Стек протоколов G.9954

5.3.1 Физический (PHY) уровень

Физический уровень обеспечивает передачу и прием кадров Физического уровня с использованием методов модуляции QAM и FDQAM и с использованием телефонной кабельной сети в качестве среды передачи. Он поддерживает скорости передачи символов 2, 4, 8, 16 и 24 МБод и способы кодирования группировок битов от 2 до 10 бит на символ. Это позволяет передавать данные со скоростью от 4 до 240 Мбит/с в рамках расширенной маски PSD от 4 до 28 МГц, поддерживающей полосу пропускания до 24 МГц.

5.3.2 Уровень канала передачи данных (Канальный)

Канальный уровень состоит из трех подуровней: Уровня MAC, Уровня LLC и Уровня конвергенции.

5.3.2.1 Подуровень управления доступом к среде передачи (MAC) G.9954

В функции подуровня MAC входит управление доступом к физической среде передачи с использованием протокола доступа к среде (Media Access protocol). Он использует Физический уровень, для того чтобы планировать передачу единиц данных протокола MAC (MPDU) по физической среде передачи внутри транспортных кадров Физического уровня.

Подуровень MAC G.9954 поддерживает доступ к среде передачи в соответствии с двумя различными режимами протокола – Асинхронным режимом и Синхронным режимом. Он поддерживает асинхронный режим работы, идентичный протоколу MAC G.9951/2 и синхронный режим работы, описанный в настоящей Рекомендации. Асинхронный протокол MAC предоставляет доступ к среде передачи на основе приоритетов, используя методы CSMA/CD для управления доступом к среде передачи и протокол сигнализации для разрешения коллизий. В противоположность ему, синхронный протокол MAC G.9954 использует методы CSMA/CA под управлением ведущего для предупреждения коллизий путем предварительного планирования распределения во времени всех случаев доступа к среде передачи.

MAC G.9954 в синхронном режиме поддерживает вектор, определяющий распределение времени доступа к среде передачи, запланированное ведущим. Распределение времени доступа к среде передачи планируется в соответствии с ограничениями Качества обслуживания (QoS) для

необходимых сетевых услуг и данный план периодически передается ширококешательным способом всем узлам G.9954. Устройства (MAC) G.9954 отвечают за то, чтобы все случаи доступа к среде передачи гарантированно имели место в соответствии с планом путем выполнения передач только в интервалы, доступные для передачи (TXOP), явным образом выделенные ведущим им (их услугам) или группе, к которой они принадлежат. Ведущий G.9954 планирует доступ к среде передачи вплоть до уровня услуг, и MAC G.9954 может, по существу, планировать движение пакетов, полностью основываясь на плане ведущего. Как вариант, MAC G.9954 может принимать некоторые самостоятельные решения, касающиеся планирования движения пакетов в рамках выделенных ему в Плане доступа к среде передачи (MAP) интервалов, доступных для передачи (TXOP), на основе информации QoS.

Кроме этого, в функции подуровня MAC входит предоставление контрольной информации Физическому (PHY) уровню в целях контроля физических характеристик передаваемых данных.

5.3.2.2 Подуровень LLC G.9954

В функции подуровня LLC входит управление каналом передачи данных. Они заключаются, в частности, в управлении информацией, касающейся сетевых соединений, установлении ограничений Качества обслуживания, определенных для различных потоков данных в системе, а также в обеспечении устойчивой передачи данных с использованием согласования скорости передачи, методов кодирования Рида-Соломона и методов автоматического запроса повтора (ARQ).

Кроме этого, синхронный протокол MAC G.9954 требует поддержки дополнительных протоколов управления каналом передачи данных, которые управляют процедурами допуска в сеть (Network Admission), а также создания и удаления потоков данных. Эти протоколы используются для управления информацией о подключенных устройствах и связанных с ними потоках данных. Протоколы канального уровня взаимодействуют с протоколами более высокого уровня конвергенции с целью сигнализации о таких событиях, как регистрация устройства, события, связанные с распределением времени, а также операции контроля потоков данных.

В дополнение к протоколам управления каналом передачи данных, которые требуются синхронному MAC G.9954, требуется поддержка следующих функций канального уровня: планирование, управление шириной полосы пропускания, управление потоками, допуск в сеть и объединение пакетов.

Объединение пакетов используется для соединения нескольких MPDU в единый кадр уровня PHY. Данный метод объединения используется для увеличения размера кадра PHY с целью уменьшения общего объема служебной информации протокола, передаваемой с каждым отдельным пакетом. Однако степень выполняемого объединения зависит от требований услуг к запаздыванию, а также от размера выделенного интервала, доступного для передачи. В функции подуровня управления каналом передачи данных входит осуществление этого кадрирования и декадрирования, а также максимизация размера пакета Физического уровня в рамках ограничений, налагаемых планом доступа к среде передачи.

5.3.2.3 Уровень конвергенции

Уровень конвергенции представляет собой определяемый протоколом набор подуровней, которые устанавливают соответствие между различными протоколами транспортных уровней и "родными" базисными элементами подуровня LLC. Подуровень LLC обеспечивает независимый от протокола интерфейс и четко определенную структуру QoS. Функцией подуровня конвергенции является трансляция "родного" протокола в термины этой внутренней структуры.

Для осуществления этой трансляции подуровень конвергенции может использовать специальную информацию по конфигурации или протоколу.

5.3.2.4 Уровень управления

Уровень управления, описанный в рамках стека протоколов на Рисунке 5-4, включает как Управление сетевыми уровнями, так и Средства управления G.9954. Управление сетевыми уровнями функционирует на сетевых и транспортных уровнях и, по существу, выходит за рамки данной Рекомендации.

Управление G.9954 включает все средства, необходимые для сбора информации от Физического уровня, Уровня управления доступом к среде передачи, Канального уровня и Уровня конвергенции устройства G.9954 или удаленных устройств и для осуществления контроля над ними. Управление G.9954 поддерживает возможности как локального, так и удаленного управления. Это означает, что операции управления могут осуществляться как с локального управляющего узла, подключенного к устройству G.9954 напрямую, так и с управляющего узла, подключенного к устройству G.9954 по сети (кабелю) с использованием протокола управления для равноправных систем.

Устройство G.9954 может таким же образом быть сконфигурировано как локально, так и удаленно. Локальное конфигурирование выполняется либо путем считывания конфигурационных установок из постоянной (энергонезависимой) памяти, либо под контролем локального управляющего узла. Удаленное конфигурирование может быть выполнено с использованием протокола удаленного управления, как описано выше, либо конфигурационная информация может быть загружена ведущим в процессе выполнения процедуры допуска к сети.

6 Спецификация физического (РНУ) уровня

6.1 Обзор

Физический уровень G.9954 представляет собой расширенный вариант Физического уровня G.9951/2, поддерживающий три спектральных маски и семь скоростей в бодах, что позволяет использовать 10 различных комбинаций спектральная маска/скорость:

- Спектральная маска #1: 4–10 МГц; 2, 4 МБод (аналогично G.9951/2);
- Спектральная маска #2: 4–21 МГц; 2, 4, 8, 16 МБод;
- Спектральная маска #3: 4–28 МГц; 2, 6, 12, 24 МБод.

Размеры группировок битов могут быть от 2 до 10 битов на символ, что определяет скорость модуляции для полезной нагрузки на Физическом уровне – от 4 Мбит/с до 240 Мбит/с.

Информация передается по каналу в пакетах Физического уровня. Каждый пакет, или кадр Физического уровня, состоит из полезной нагрузки, инкапсулированной преамбулой РНУ, заголовка и заключительной части. Полезной нагрузкой Физического уровня называется та часть кадра Канального уровня, которая модулируется со скоростью передачи полезной нагрузки, которая, как правило, выше чем скорость передачи заголовка. В дальнейшем термином "полезная нагрузка" будет называться полезная нагрузка Физического уровня, если иное не будет указано дополнительно.

Далее описывается форматирование Физического уровня.

6.2 Эталонная модель передатчика

Блок-схема передатчика приведена на Рисунке 6-1. Он состоит из Обработчика кадров, Шифратора данных, Преобразователя групп битов в символы, и Модулятора QAM, как описано в последующих пунктах.

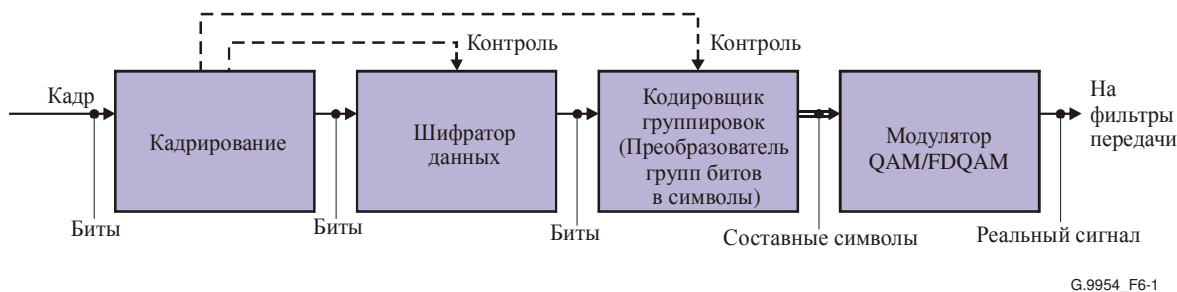


Рисунок 6-1/G.9954 – Блок-схема передатчика

6.3 Кадрирование

Формат кадра показан на Рисунке 6-2. Он состоит из низкоскоростной секции заголовка, секции полезной нагрузки с переменной скоростью и низкоскоростной замыкающей секции. Некоторые части кадра не шифруются, как описано в пункте 6.4.

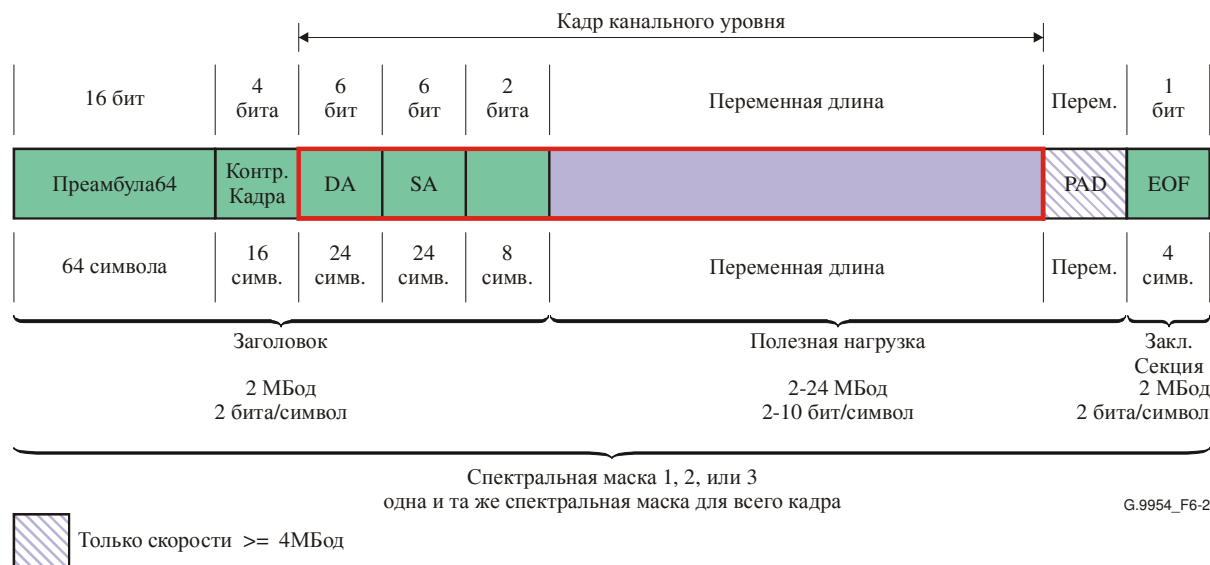


Рисунок 6-2/G.9954 – Формат кадра РНУ

Интерпретация 2-битового поля, следующего за SA и поля с переменной длиной, следующего за ним, приводится в описании формата кадра канального уровня в пункте 10.

6.3.1 Порядок битов

Все поля кодируются в порядке самый старший октет первым, младший значащий бит внутри каждого октета первым во всех случаях, когда иное не указано специально. Бит номер 0 является первым в поле. На схемах самые старшие (MSB) биты, или октеты, показаны слева.

6.3.2 Определение преамбулы

Преамбула 64 определяется как повторение четырех 16-символьных последовательностей (TRN16), которые являются результатом кодирования 0xfc483084 (в порядке, указанном в п. 6.3.1) при 2 МБод, 2 бита на символ с отключенным шифрованием.

ПРИМЕЧАНИЕ. – TRN16 является белой последовательностью QPSK с постоянной амплитудой. Преамбула была разработана для:

- измерения мощности и регулировки усиления;
- измерения смещения скорости в бодах;
- тренировки стабилизатора (эквалайзера);
- контроля несущей;
- обнаружения коллизий.

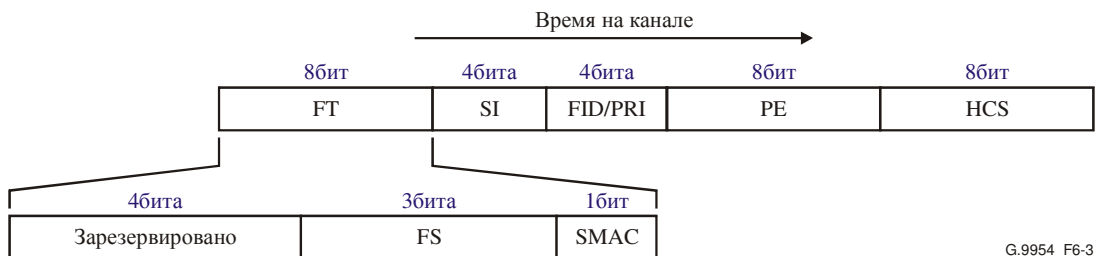
6.3.3 Определение контроля кадра

Поле контроля кадра представляет собой 32-битное поле, определенное в Таблице 6-1.

Таблица 6-1/G.9954 – Поля контроля кадра

Поле	Номер бита	Биты	Описание
FT	31:24	8	Тип кадра. 0 Асинхронный кадр MAC 0x01–0x7F Зарезервировано 0x80–0xFE Синхронные кадры MAC 0xFF Зарезервировано (Биты 31:24 декодируется, как описано ниже)
SMAC	31:31	1	Синхронный кадр MAC
FS	30:28	3	Подтип кадра. 0 Кадр Ethernet 1 MAP (FT = 0x90) 2–7 Зарезервировано для будущего использования.
RSVD	27:24	4	Зарезервировано. Для данного поля передатчик должен устанавливать значение 0, а приемник – игнорировать кадры со значением данного поля, отличным от 0.
FID/PRI	23:20	4	Идентификатор (Flow ID) и приоритет (Priority) потока Если SMAC = 1, биты 23:20 являются Flow ID. Если SMAC = 0, биты 22:20 являются Priority (0–7), для бита 23 передатчиком устанавливается значения 0 и он игнорируется приемником.
SI	19:16	4	Инициализация шифратора
PE	15:8	8	Кодирование полезной нагрузки
HCS	7:0	8	Последовательность проверки заголовка

Следовательно, в соответствии с порядком битов, описанным в п. 6.3.1, поля контроля кадра передаются в порядке, показанном на Рисунке 6-3.



G.9954_F6-3

Рисунок 6-3/G.9954 – Порядок передачи полей контроля кадра

6.3.3.1 Тип кадра

Тип кадра (FT) представляет собой 8-битовое поле, используемое для определения различных форматов кадра. Устройства G.9951/2 должны передавать в этом поле значение 0 и игнорировать любые кадры, в которых значение FT отличается от 0.

Устройства G.9954 могут передавать кадры с FT=0, 0x80 или 0x90. Все прочие значения зарезервированы.

FT призван обеспечить механизмы совместимости с будущими модификациями, с тем чтобы расширенные версии могли использовать форматы, отличные от используемых G.9951/2 и G.9954.

Поле FT состоит из следующих подполей:

6.3.3.1.1 Подтип кадра (FS)

Данное поле используется для определения подтипа кадра. Определены следующие подтипы:

- 0 = Кадр Ethernet
- 1 = Кадр MAP, используемый в синхронном протоколе MAC
- 2–7 = Зарезервировано для использования в будущем.

Зарезервированные типы кадров, как предполагается, будут использованы будущими версиями для поддержки типов кадров, связанных с другими Уровнями конвергенции.

6.3.3.1.2 Синхронный MAC (SMAC)

Данное битовое поле используется для указания на кадр синхронного MAC. Оно используется для определения интерпретации совмещенных полей PRI/FID. Бит SMAC не следует устанавливать в кадрах, отправляемых устройствам G.9951/2 или в широковещательных или многоадресных сообщениях, в случае присутствия устройств G.9951/2.

6.3.3.1.3 Зарезервированные биты (RSVD)

Передатчиком для данного поля должно быть установлено значение 0, а приемнику следует игнорировать все кадры, у которых значение данного поля отлично от 0.

6.3.3.2 Биты инициализации шифратора

В данном 4-битовом поле должно быть установлено значение, используемое для инициализации шифратора, как описано в п. 6.4.

6.3.3.3 FID/PRI

Интерпретация данного поля зависит от значения поля SMAC. В случае если SMAC = 0, в данном поле указан приоритет Физического уровня для передачи и индикация приоритета класса услуги (class-of-service) для приемника. В случае, если SMAC = 1, в данном поле содержится идентификатор потока класса услуги, связанный с данным кадром.

6.3.3.3.1 Приоритет

Приоритет касается механизма приоритета доступа к среде передачи (см. Спецификацию протокола доступа к среде передачи в п. 7). 3-битовое значение приоритета PHU (PRI) обозначает абсолютный приоритет, который будет присвоен данному кадру при определении доступа к среде передачи, а также значение, используемое в MAC PNT. Кадры с приоритетом 7 обладают преимущественным правом доступа по сравнению с кадрами с приоритетом 0.

PRI представляет собой поле, передаваемое в кадре Физического уровня и предназначенное для указания 3-битового приоритета Физического уровня или указания класса услуги обработчику Канального уровня приемника для управления приоритетом и классом услуги полученного кадра. Значение PRI не используется обработчиком PHU приемника.

Для получения информации об использовании значений приоритета см. Спецификацию протокола доступа к среде передачи – Асинхронный режим MAC в п. 7.

6.3.3.3.2 Идентификатор потока (FID)

Данное 4-битное поле совмещено с полем Приоритет (PRI) и используется для идентификации *потока* QoS, связанного с данным кадром. Значение данного поля интерпретируется как идентификатор потока только тогда, когда значение поля SMAC равно 1. Поле FID используется обработчиками уровня управления доступом к среде передачи, канального уровня и уровня конвергенции как приемника, так и передатчика для управления качеством обслуживания. Оно не используется обработчиком PHU приемника и передатчика.

Для получения информации об использовании значений идентификатора потока см. Спецификацию протокола доступа к среде передачи – Синхронный режим MAC в п. 7.

6.3.3.4 Кодирование полезной нагрузки

Данное поле определяет спектральную маску, скорость в бодах и способ кодирования группировок битов полезной нагрузке. Это поле определено следующими подполями:

Таблица 6-2/G.9954 – Поля кодирования полезной нагрузки

Поле	Номер бита	Биты	Описание
EBPS	7	1	Расширенное, бит на символ
SM	6:5	2	Спектральная маска
BAUD	4:3	2	Скорость передачи символов
BPS	2:0	3	Бит на символ

Диапазон определяется как комбинация скорости в бодах, типа модуляции и частоты несущей.

6.3.3.4.1 Расширенное бит на символ

EBPS используется для указания на расширенное кодирование поля BPS. Точнее, оно используется для расширения интерпретации поля BPS в случае, если EBPS = 1. Это детально описано в п. 6.3.3.4.4.

6.3.3.4.2 Спектральная маска

Значение определены, как показано ниже:

Таблица 6-3/G.9954 – Подполе "спектральная маска"

Значение SM	Интерпретация
0	Спектральная маска #1 (4–10 МГц)
1	Спектральная маска #2 (4–21 МГц)
2	Спектральная маска #3 (4–28 МГц)
3	Зарезервировано при передаче, игнорировать кадр по получении.

Для получения информации по спектральным маскам см. п. 6.8.3.

6.3.3.4.3 Скорость передачи символов

Для Спектральной маски #1 определены следующие значения:

Таблица 6-4/G.9954 – Скорость передачи символов для Спектральной маски #1

Значение (Бод)	Интерпретация
0	Скорость передачи символов = 2 МГц
1	Скорость передачи символов = 4 МГц
2	Зарезервировано при передаче, игнорировать кадр по получении.
3	Зарезервировано при передаче, игнорировать кадр по получении.

Для Спектральной маски #2 определены следующие значения:

Таблица 6-4/G.9954 – Скорость передачи символов для Спектральной маски #2

Значение (Бод)	Интерпретация
0	Скорость передачи символов = 2 МГц
1	Скорость передачи символов = 4 МГц
2	Скорость передачи символов = 8 МГц
3	Скорость передачи символов = 16 МГц

Для Спектральной маски #3 определены следующие значения:

Таблица 6-4/G.9954 – Скорость передачи символов для Спектральной маски #3

Значение (Бод)	Интерпретация
0	Скорость передачи символов = 2 МГц
1	Скорость передачи символов = 6 МГц
2	Скорость передачи символов = 12 МГц
3	Скорость передачи символов = 24 МГц

6.3.3.4.4 Бит на символ

Определены следующие значения:

Таблица 6-7/G.9954 – Кодирование бит на символ

Значение EBPS	Значение BPS	Интерпретация
0	0	Зарезервировано при передаче, игнорировать кадр по получении.
0	1	2 бита на символ
0	2	3 бита на символ
0	3	4 бита на символ
0	4	5 бит на символ
0	5	6 бит на символ
0	6	7 бит на символ
0	7	8 бит на символ
1	0	8-круговая группировка; 8 бит на символ
1	1	9-круговая группировка; 9 бит на символ
1	2	10-круговая группировка; 10 бит на символ
1	3–7	Зарезервировано при передаче, игнорировать кадр по получении.

6.3.3.5 Последовательность проверки заголовка (HCS)

8-битная контрольная сумма для проверки с помощью циклического избыточного кода вычисляется как функция 128-битной последовательности в порядке передачи начиная с битов FT и заканчивая битами адреса источника Ethernet (SA), где все невычисленные до этого момента поля HCS заполняются нулями. Кодирование определяется следующим порождающим полиномом:

$$G(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + 1$$

С математической точки зрения значение CRC, соответствующее данному кадру, определяется в соответствии со следующей процедурой.

Первые 8 бит входной последовательности битов в порядке передачи дополняются.

128 бит последовательности в порядке передачи затем подставляются в качестве коэффициентов полинома $M(x)$ степени 127. (Первый бит поля FT соответствует члену x^{127} , а последний бит поля SA соответствует члену x^0).

$M(x)$ умножается на x^8 , и делится на $G(x)$, в результате чего получается остаток $R(x)$ степенью ≤ 7 .

$R(x)$ умножается на $H(x)$, в результате чего получаем $N(x)$, где $H(x) = x^7 + x^6 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$.

$N(x)$ делится на $G(x)$, в результате чего получается остаток $R'(x)$ степенью ≤ 7 .

Коэффициенты $R'(x)$ принимаются за 8-битную последовательность.

Битовая последовательность дополняется и в результате получается CRC'.

8 бит CRC' помещаются в поле HCS так, что x^7 становится самым младшим битом октета, а член x^0 становится самым старшим битом октета. (Биты CRC' передаются, таким образом, в порядке $x^7, x^6, \dots, x^1, x^0$).

Хотя HCS и встроена внутрь защищенного потока битов, она вычисляется таким образом, что получаемый в результате 128-битный поток обеспечивает возможности по обнаружению ошибок идентичные возможностям 120-битного потока с присоединяемыми 8 битами CRC. Полученная в результате 128-битная последовательность, взятая коэффициентами полинома степени 127, будучи разделена на $G(x)$ всегда будет давать остаток равный $x^7 + x^6 + x + 1$.

Входящие биты не зашифрованы.

В связи с тем, что все поля, охваченные HCS, передаются на скорости 2 МБод и 2 бита на символ (как описано в п. 6.5.1), эти поля будут приняты корректно во многих случаях, когда полезная нагрузка будет принята с ошибками. HCS может использоваться в сочетании с "мягкой" статистикой ошибок для определения с высокой степенью вероятности был ли заголовок принят корректно. Эта информация может быть полезна для оптимизации производительности ARQ и/или алгоритмов согласования скоростей.

6.3.4 Кадр Канального уровня

Битовые поля, следующие за полем контроля кадра и предшествующие полю-заполнителю определены в Спецификации Канального уровня G.9954 в п. 10. Первые 6 октетов содержат адрес получателя, а последующие 6 октетов – адрес отправителя.

Наличие в низкоскоростном заголовке DA и SA позволяет надежно обнаруживать ошибки, что полезно для выбора скорости.

6.3.5 Поле-заполнитель (PAD)

Для полезной нагрузки, закодированной на скоростях более 4 МБод, должно быть вставлено поле-заполнитель с переменной длиной, состоящее из целого числа октетов. Последний октет поля-заполнителя (PAD_LENGTH – длина заполнителя) должен содержать минимальное из значений – либо 255 (0xff), либо число нулевых октетов (0x00), предшествующих PAD_LENGTH. Данные нулевые октеты должны гарантировать, что минимальная длина передачи, начиная от первого символа Преамбулы64, до последнего символа ограничителя кадра, составляет по меньшей мере 92,5 мкс. Для полезной нагрузки на 2 МБодах поле-заполнитель не требуется.

Ниже приводится пример формулы для генерирования PAD_LENGTH:

$$\min \left\{ 255, \left\lceil \frac{(92.5 \mu s - 68 \mu s - 2 \mu s) \times V \frac{\text{Мсимвол}}{\text{секунд}} \times \text{BPS} \frac{\text{бит}}{\text{символ}}}{8 \frac{\text{бит}}{\text{октет}}} \right\rceil - 1 - N \right\},$$

где скорость в бодах, V равна 4, 6, 8, 12, 16 или 24, BPS – бит на символ, N – количество октетов в части кадра канального уровня, передаваемого на скорости полезной нагрузки, 68 мкс – длина заголовка, а 2 мкс – длина заключительной части кадра. В случае если результатом применения формулы является отрицательное значение, поле-заполнитель не требуется.

Это гарантирует, что коллизийный фрагмент может быть исключен из действительного кадра путем обнаружения длины передачи функцией контроля несущей (см. п. 7.2).

6.3.6 Ограничитель "Конец кадра" (EOF)

Последовательность EOF состоит из четырех первых символов последовательности TRN или **0xfc**, закодированных как 2 бита на символ при скорости 2 МБод.

Это поле призвано обеспечить точное завершение контроля несущей в условиях низкого соотношения сигнал/шум. Станция, демодулирующая кадр, может использовать данное поле, для того чтобы точно определить, где находился последний символ полезной нагрузки.

6.4 Шифратор

Шифратор представляет собой синхронизированный с кадрами шифратор, показанный на Рисунке 6-4, который использует следующий порождающий полином:

$$G(x) = x^{23} + x^{18} + 1$$

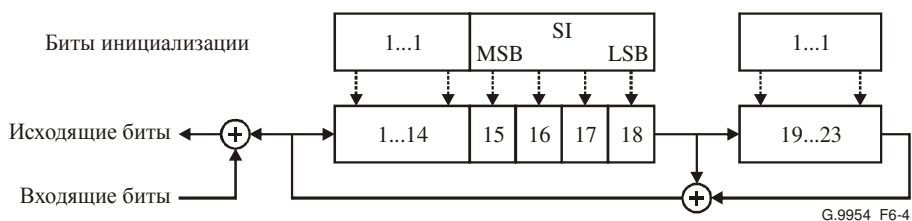


Рисунок 6-4/G.9954 – Шифратор данных

Биты сдвигового регистра с 15 по 18 должны быть инициализированы 4-битным псевдослучайным числом. Данное значение должно быть занесено в поле SI, определенное в п. 6.3.3.2 в таком порядке, чтобы позиция регистра 15 являлась MSB (старшим значащим битом) (бит 19 контроля кадра), а бит 18 являлся LSB (младшим значащим битом) (бит 16 контроля кадра).

Шифратор не используется при передаче преамбулы и первых 16 бит контроля кадра. Шифратор должен быть инициализирован и включен начиная с 17 бита поля контроля кадра.

Шифратор не должен использоваться после передачи последнего бита кадра Канального уровня или последнего бита поля-заполнителя, если оно присутствует. Последовательность EOF не шифруется.

Применение инициализации шифратора с использованием псевдослучайного числа позволяет добиться более однообразной спектральной плотности мощности (PSD), измеренной у нескольких одинаковых кадров. Это устраняет проблему тонов в PSD сильно связанных последовательно идущих пакетов.

6.5 Кодировщик группировок битов

6.5.1 Контроль кодирования группировок битов

Все биты заголовка, вплоть до первых двух битов, следующих за полем SA включительно, должны быть закодированы на скорости 2 МБод, 2 бита на символ. В случае если используется Спектральная маска #2 или #3, исходящие символы должны быть изменены как описано в п. 6.5.6.

Начиная с первого бита, следующего за двумя байтами, следующими за полем SA, биты должны быть закодированы в соответствии с полем PE (см. Таблицу 6-2) вплоть до последнего бита кадра канального уровня или последнего бита поля-заполнителя, если оно присутствует.

Последовательность EOF должны быть закодирована на скорости 2 МБод, 2 бита на символ. В случае, если используется Спектральная маска #2 или #3, исходящие символы должны быть изменены как описано в п. 6.5.6.

6.5.2 Преобразование групп битов в символы

Входящие биты должны быть сгруппированы в N-битные символы, где N – число битов на символ, указанное в поле PE. Преобразование групп битов в символы показано на рисунках от 6-5 до 6-14. Символы показаны с таким порядком битов, что крайний правый бит – это первый бит, полученный от шифратора, а крайний левый бит – бит, полученный от шифратора последним.

Все группировки, за исключением группировки 3 бита на символ, наложены на единообразную квадратную сетку, и все группировки симметричны относительно реальной и воображаемой осей.

Для круговых группировок показан только первый квадрант и 2 крайних левых бита опущены на Рисунках. Для этих случаев два крайних левых бита указаны на Рисунке 6-5.

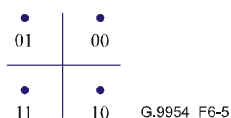


Рисунок 6-5/G.9954 – 2 бита на символ

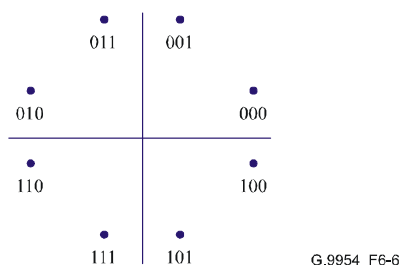


Рисунок 6-6/G.9954 – 3 бита на символ

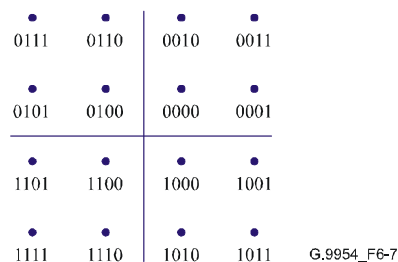


Рисунок 6-7/G.9954 – 4 бита на символ

	•	•		•	•
	01010	01110	00110	00010	
•	•	•	•	•	•
01111	01101	01100	00100	00101	00111
•	•	•	•	•	•
01011	01001	01000	00000	00001	00011
•	•	•	•	•	•
11011	11001	11000	10000	10001	10011
•	•	•	•	•	•
11111	11101	11100	10100	10101	10111
	•	•	•	•	
	11010	11110	10110	10010	

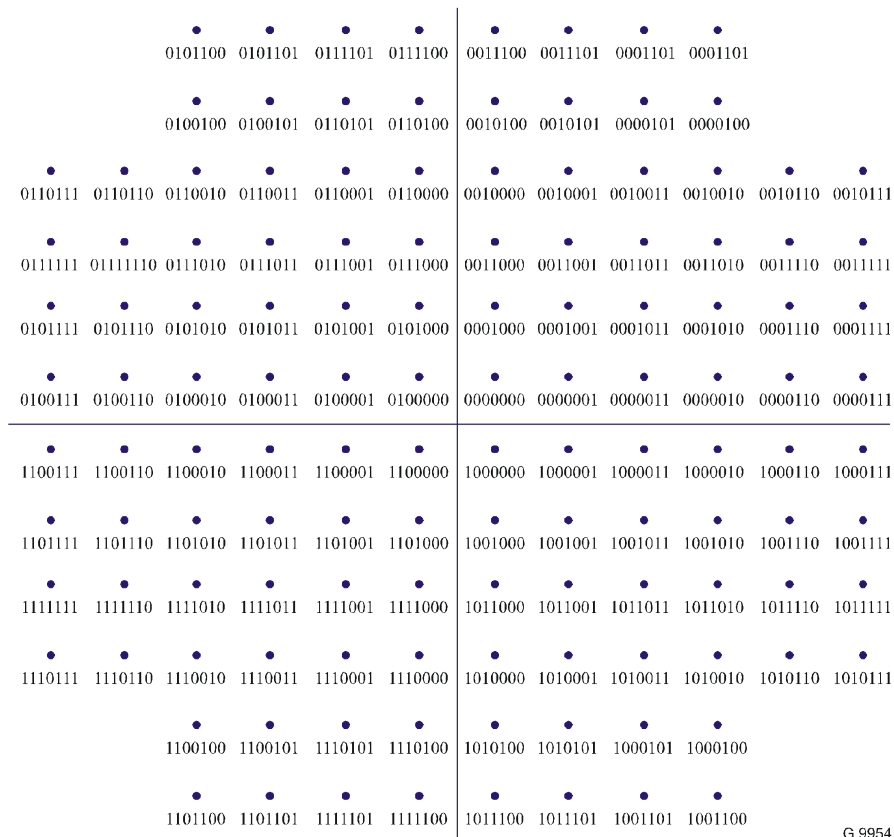
G.9954_F6-8

Рисунок 6-8/G.9954 – 5 бит на символ

•	•	•	•	•	•
011010	011011	011001	011000	001000	001001
•	•	•	•	•	•
011110	011111	011101	011100	001100	001101
•	•	•	•	•	•
010110	010111	010101	010100	000100	000101
•	•	•	•	•	•
010010	010011	010001	010000	000000	000001
•	•	•	•	•	•
110010	110011	110001	110000	100000	100001
•	•	•	•	•	•
110110	110111	110101	110100	100100	100101
•	•	•	•	•	•
111110	111111	111101	111100	101100	101101
•	•	•	•	•	•
111010	111011	111001	111000	101000	101001

G.9954_F6-9

Рисунок 6-9/G.9954 – 6 бит на символ



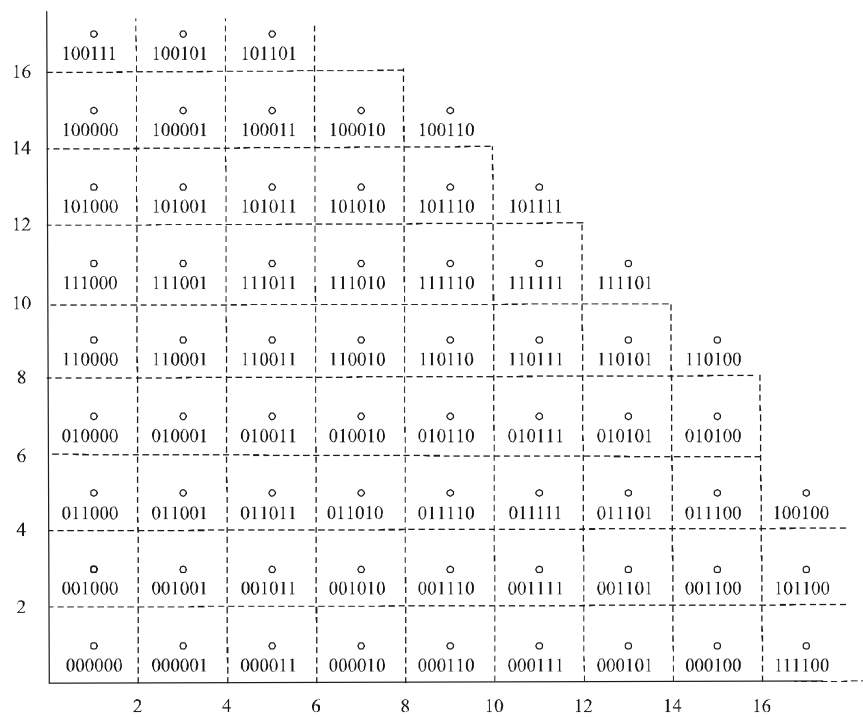
G.9954_F6-10

Рисунок 6-10/G.9954 – 7 бит на символ

• • • • • • • • 01100100 01100101 01100111 01100110 01100010 01100011 01100001 01100000	• • • • • • • • 00100000 00100001 00100011 00100010 00100110 00100111 00100101 00100100
• • • • • • • • 01101100 01101101 01101111 01101110 01101010 01101011 01101001 01101000	• • • • • • • • 00101000 00101001 00101011 00101010 00101110 00101111 00101101 00101100
• • • • • • • • 01111100 01111101 01111111 01111110 01111010 01111011 01111001 01111000	• • • • • • • • 00111000 00111001 00111011 00111010 00111110 00111111 00111101 00111100
• • • • • • • • 01110100 01110101 01110111 01110110 01110010 01110011 01110001 01110000	• • • • • • • • 00110000 00110001 00110011 00110010 00110110 00110111 00110101 00110100
• • • • • • • • 01010100 01010101 01010111 01010110 01010010 01010011 01010001 01010000	• • • • • • • • 00010000 00010001 00010011 00010010 00010110 00010111 00010101 00010100
• • • • • • • • 01011100 01011101 01011111 01011110 01011010 01011011 01011001 01011000	• • • • • • • • 00011000 00011001 00011011 00011010 00011110 00011111 00011101 00011100
• • • • • • • • 01001100 01001101 01001111 01001110 01001010 01001011 01001001 01001000	• • • • • • • • 00001000 00001001 00001011 00001010 00001110 00001111 00001101 00001100
• • • • • • • • 01000100 01000101 01000111 01000110 01000010 01000011 01000001 01000000	• • • • • • • • 00000000 00000001 00000011 00000010 00000110 00000111 00000101 00000100
• • • • • • • • 11000100 11000101 11000111 11000110 11000010 11000011 11000001 11000000	• • • • • • • • 10000000 10000001 10000011 10000010 10000110 10000111 10000101 10000100
• • • • • • • • 11001100 11001101 11001111 11001110 11001010 11001011 11001001 11001000	• • • • • • • • 10001000 10001001 10001011 10001010 10001110 10001111 10001101 10001100
• • • • • • • • 11011100 11011101 11011111 11011110 11011010 11011011 11011001 11011000	• • • • • • • • 10011000 10011001 10011011 10011010 10011110 10011111 10011101 10011100
• • • • • • • • 11010100 11010101 11010111 11010110 11010010 11010011 11010001 11010000	• • • • • • • • 10010000 10010001 10010011 10010010 10010110 10010111 10010101 10010100
• • • • • • • • 11110100 11110101 11110111 11110110 11110010 11110011 11110001 11110000	• • • • • • • • 10110000 10110001 10110011 10110010 10110110 10110111 10110101 10110100
• • • • • • • • 11111100 11111101 11111111 11111110 11111010 11111011 11111001 11111000	• • • • • • • • 10111000 10111001 10111011 10111010 10111110 10111111 10111101 10111100
• • • • • • • • 11101100 11101101 11101111 11101110 11101010 11101011 11101001 11101000	• • • • • • • • 10101000 10101001 10101011 10101010 10101110 10101111 10101101 10101100
• • • • • • • • 11100100 11100101 11100111 11100110 11100010 11100011 11100001 11100000	• • • • • • • • 10100000 10100001 10100011 10100010 10100110 10100111 10100101 10100100

G.9954_F6-11

Рисунок 6-11/G.9954 – 8 бит на символ



G.9954_F6-12

Рисунок 6-12/G.9954 – 8 бит на символ – круговая группировка

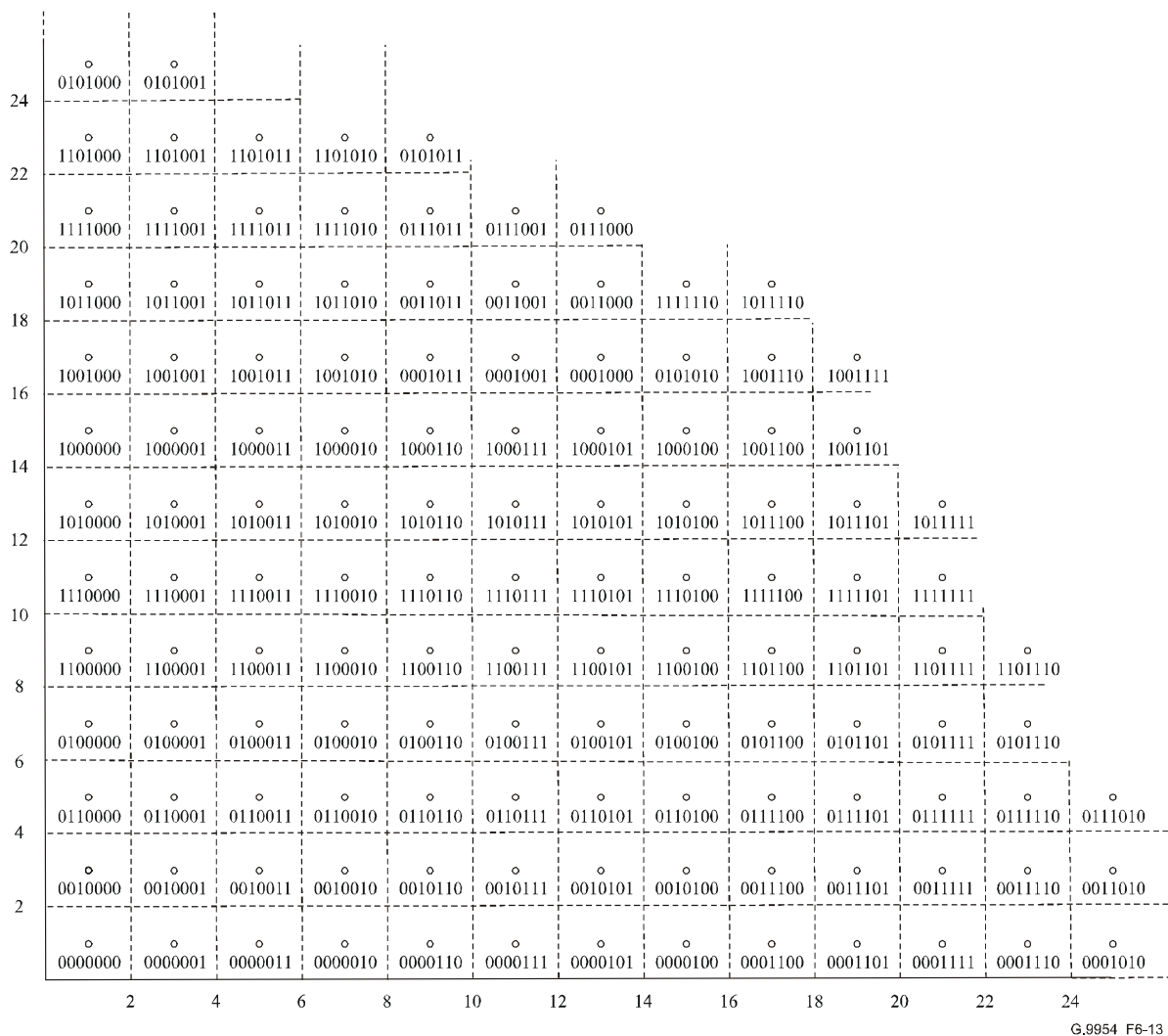


Рисунок 6-13/G.9954 – 9 бит на символ – круговая группировка

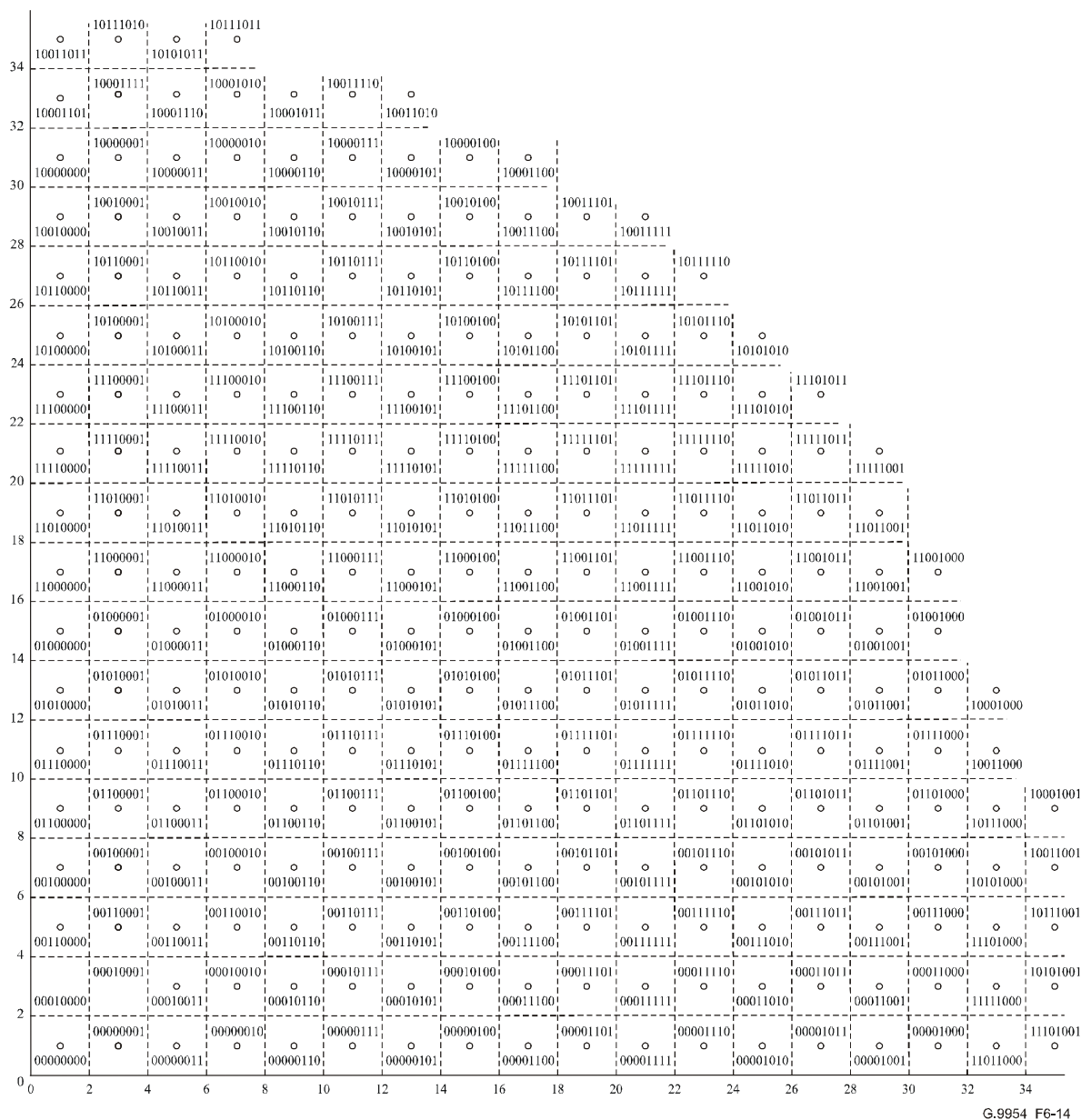


Рисунок 6-14/G.9954 – 10 бит на символ – круговая группировка

6.5.3 Масштабирование группировок битов

Относительное масштабирование различных группировок на одной скорости приводится в Таблицах 6-8 и 6-9, где значения параметра $s(PE)$ в Таблице 6-8 берутся из Таблицы 6-9. Значение каждой точки группировки должно быть задано с точностью плюс-минус 4 процента от расстояния между ближайшими соседями в данной группировке.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Например, на скорости 2 МБод, 2 бита на символ, допустимое отклонение по каждой точке составляет $\pm 0,08$, в то время как на скорости 2 МБод, 5 бит на символ, допустимое отклонение равно $\pm 0,02$. Следует отметить, что допустимое отклонение не определяется количеством значащих цифр в Таблице 6-9, т. е. значение в Таблице 6-9 должны приниматься как точные.

Таблица 6-8/G.9954 – Контрольные точки группировки

Бит на символ	Контрольная точка(и)	Значение
2	00	$(1 + i) \times s(PE)$
3	000 001	$(12 + 5i) \times s(PE)$ $(5 + 12i) \times s(PE)$
4	0000	$(1 + i) \times s(PE)$
5	00000	$(1 + i) \times s(PE)$
6	000000	$(1 + i) \times s(PE)$
7	0000000	$(1 + i) \times s(PE)$
8	00000000	$(1 + i) \times s(PE)$

Таблица 6-9/G.9954 – Коэффициент масштабирования группировки $s(PE)$

Спектральная маска	Скорость передачи символов (МГц)	2 BPS (бит на символ)	3 BPS	4 BPS	5 BPS	6 BPS	7 BPS	8 BPS	8 BPS круговая	9 BPS круговая	10 BPS круговая
#1	2	1,0000	0,1111	0,3333	0,2500	0,1429	0,1111	0,0667	0,0800	0,0556	0,0400
	4	0,7071	0,0786	0,2357	0,1768	0,1010	0,0786	0,0471	0,0566	0,0393	0,0283
#2	2	1,0000	0,1111	0,3333	0,2500	0,1429	0,1111	0,0667	0,0800	0,0556	0,0400
	4	0,7071	0,0786	0,2509	0,1812	0,1113	0,0835	0,0534	0,0617	0,0431	0,0306
	8	0,5000	0,0556	0,1952	0,1396	0,0897	0,0664	0,0438	0,0470	0,0332	0,0235
	16	0,3119	0,0335	0,1225	0,0860	0,0583	0,0418	0,0288	0,0296	0,0210	0,0148
#3	2	1,0000	0,1111	0,3333	0,2500	0,1429	0,1111	0,0667	0,0800	0,0556	0,0400
	6	0,5774	0,0642	0,2466	0,1664	0,1073	0,0763	0,0512	0,0550	0,0390	0,0275
	12	0,4082	0,0454	0,1789	0,1234	0,0816	0,0586	0,0397	0,0419	0,0297	0,0210
	24	0,2887	0,0321	0,1185	0,0832	0,0560	0,0404	0,0276	0,0287	0,0202	0,0143

В случае использования Спектральной маски #1, точки группировки масштабируются таким образом, что наиболее удаленные от центра точки имеют примерно одинаковую величину. В случае использования Спектральных масок #2 и #3 группировки масштабируются на основе статистического измерения соотношения пиковых и средних значений (PAR).

6.5.4 Распределение времени передачи символов во время изменения скорости

При переходе со скорости 2 МБод на более высокую скорость первый символ, передаваемый с более высокой скоростью, должен передаваться спустя 0,5 микросекунд после передачи последнего символа, переданного со скоростью 2 МБод.

При переходе с более высокой скорости на скорость 2 МБод первый символ, передаваемый со скоростью 2 МБод, должен передаваться спустя 0,5 микросекунд после передачи последнего символа, переданного с более высокой скоростью.

Пример перехода с 2 МБод на 4 МБод и с 4 МБод на 2 МБод приведен на Рисунке 6-15.

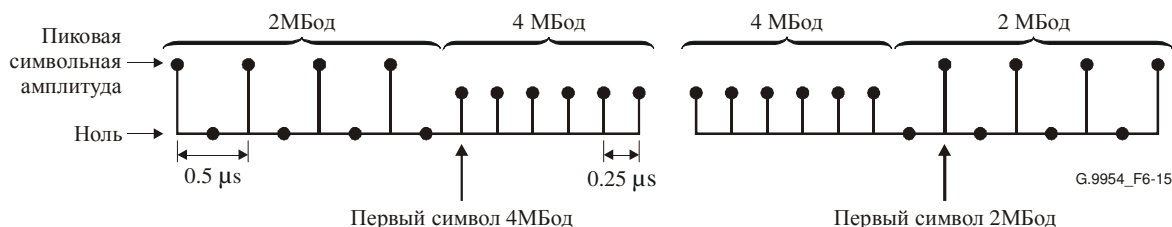


Рисунок 6-15/G.9954 – Переход между скоростями

6.5.5 Переход между скоростями кодирования

Если количество битов в последовательности не является произведением целого числа на значение бит-на-символ для данной последовательности, то для завершения последнего символа в конце последовательности добавляется соответствующее количество нулевых битов. Добавление нужного количества нулевых битов гарантирует, что длина полученной последовательности будет являться произведением целого числа на значение бит-на-символ.

6.5.6 Изменение заголовка и заключительной части для Спектральной маски #2 и #3

В случае использования Спектральных масок #2 и #3, кодировщик группировок битов должен инвертировать каждый второй символ заголовка и заключительной части, начиная со второго символа. Это означает, что символы 2, 4, 6 ... 136 заголовка и символы 2 и 4 EOF должны быть умножены на -1 .

Данная операция выполняется, для того чтобы новые несущие частоты создавали сигнал, заголовок и заключительная часть которого были бы совместимы с заголовком и EOF Спектральной маски #1, что дает возможность осуществлять демодуляцию заголовка не зная о том, какая спектральная маска использовалась.

6.6 Модулятор QAM/FDQAM

Модулятор реализует Квадратурную амплитудную модуляцию (QAM). На Рисунке 6-16 показан пример реализации. Частоты несущей и фильтры передачи для каждой спектральной маски не зависят от тона сигнализации (скорости в бодах).

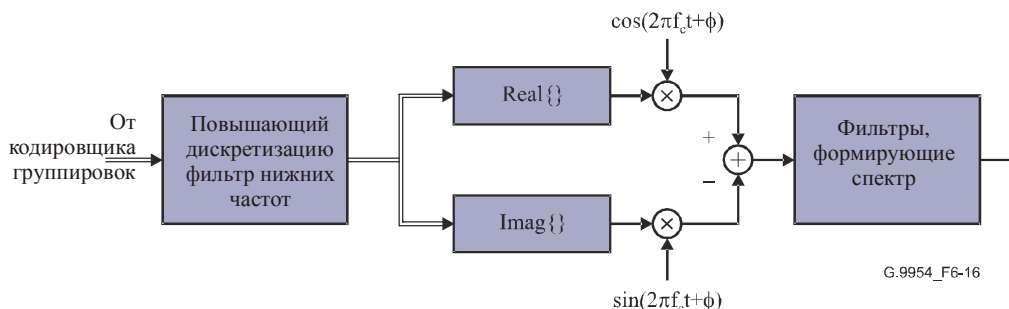


Рисунок 6-16/G.9954 – Модулятор QAM/FDQAM

6.6.1 Частота несущей и допустимое отклонение

Каждой спектральной маске соответствует ее собственная частота несущей f_c :

- Спектральная маска #1: $f_c = 7$ МГц
- Спектральная маска #2: $f_c = 12$ МГц
- Спектральная маска #3: $f_c = 18$ МГц

Тактовый генератор несущей должен быть жестко привязан к символьному тактовому генератору. Таким образом, допустимое отклонение несущей частоты является производной от допустимого отклонения тактового генератора, определенного в п. 6.9.2.

6.6.2 Фильтры передачи

Детали фильтров передачи зависят от конкретной реализации. В п.п. 6.8.3 и 6.8.4 приводятся ограничения, накладываемые на конструкцию фильтров передачи.

6.7 Минимальные требования к устройству

Станции должны иметь возможность передавать и принимать Спектральную маску #1 и #2. Станции могут иметь возможность принимать и передавать Спектральную маску #3.

Станции, как минимум, должны иметь возможность принимать и передавать кадры, со скоростью модуляции 2, 4, 8 и 16 МБод.

Это подразумевает использование как QAM, так и FDQAM.

Станции, как минимум, должны иметь возможность передавать все виды группировок битов от 2 бит на символ до 8 бит на символ (значения PE 1-7) и принимать все виды группировок битов от 2 бит на символ до 6 бит на символ (значения PE 1-5).

6.8 Электрические спецификации передатчика

6.8.1 Мощность передачи

Мощность передачи должна находиться в границах от -7 дБм до $-9,5$ дБм, будучи измерена при нагрузке между выводами TIP и RING 100 Ом, проинтегрированная от 0 до 30 МГц.

6.8.2 Напряжение передачи

Среднеквадратическое (RMS) дифференциальное напряжение передачи не должно превышать -15 дБВrms в любой 2-микросекундный интервал времени между 0 и 6 МГц, будучи измерено при нагрузке в 135 Ом между выводами TIP и RING, для любого кодирования полезной нагрузки. Пиковое дифференциальное напряжение не должно превосходить 580 мВpeak, будучи измерено при нагрузке в 135 Ом между выводами TIP и RING, для любого кодирования полезной нагрузки.

Станции, не ведущие передачу, должны излучать менее чем -65 дБВrms по данным измерений при нагрузке в 100 Ом между выводами TIP и RING.

6.8.3 Спектральные маски

Определены три спектральные маски. Станции должны передавать, используя спектральную маску, согласованную при помощи Контрольной функции Согласования скорости Канального уровня.

6.8.3.1 Верхний предел PSD

При передаче с использованием Спектральной маски #1, металлическая спектральная мощность плотности (PSD) PNT должна быть ограничена верхним и нижним пределами, показанными на Рисунке 6-17 и в Таблицах 6-10 и 6-11, где измерения сделаны при нагрузке 100 Ом между выводами TIP и RING на интерфейсе W1 передатчика.

Верхний предел должен применяться ко всем скоростям передачи символов и группировкам битов, а нижний предел – к 2 МБод, 2 бита на символ.

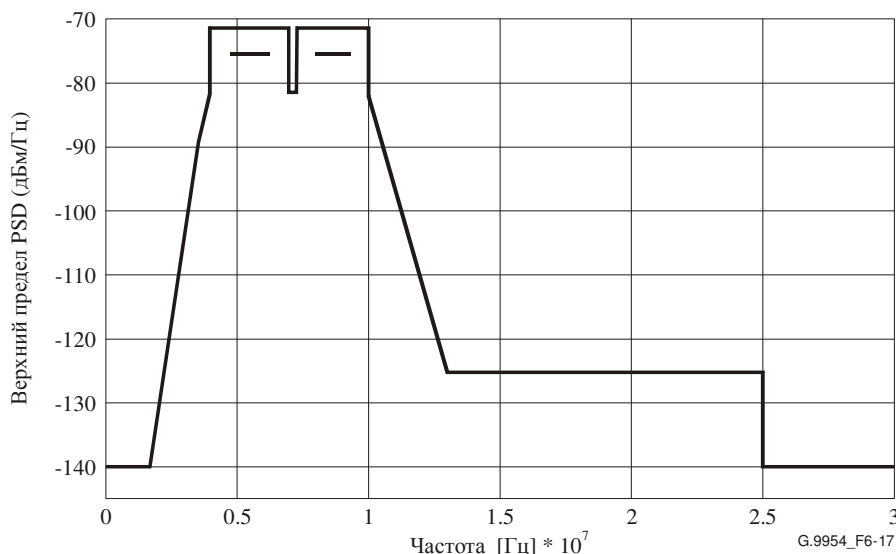


Рисунок 6-17/G.9954 – Верхний и нижний пределы PSD передачи для Спектральной маски #1

Таблица 6-10/G.9954 – Верхние пределы PSD передачи для Спектральной маски #1

Частота [МГц]	Предел PSD [дБм/Гц]
$0,015 < f \leq 1,7$	-140
$1,7 < f \leq 3,5$	$-140 + (f - 1,7) \times 50,0/1,8$
$3,5 < f \leq 4,0$	$-90 + (f - 3,5) \times 17,0$
$4,0 < f < 7,0$	-71,5
$7,0 \leq f \leq 7,3$	-81,5
$7,3 < f < 10,0$	-71,5
$10,0 \leq f < 13,0$	$-81,5 - (f - 10,0) \times 43,5/3,0$
$13,0 \leq f < 25,0$	-125
$25,0 \leq f < 30,0$	-140

Таблица 6-11/G.9954 – Нижние пределы PSD передачи для Спектральной маски #1

Частота [МГц]	Предел PSD [дБм/Гц]
$4,75 < f < 6,25$	-76,0
$8,00 < f < 9,25$	-76,0

При передаче с использованием Спектральной маски #2, металлическая спектральная мощность плотности PNT должна быть ограничена верхним и нижним пределами, показанными на Рисунке 6-18 и в Таблицах 6-12 и 6-13, где измерения сделаны при нагрузке 100 Ом между выводами TIP и RING на интерфейсе W1 передатчика. Верхний предел должен применяться ко всем скоростям передачи символов и группировкам битов, а нижний предел – к 2 МБод, 2 бита на символ.

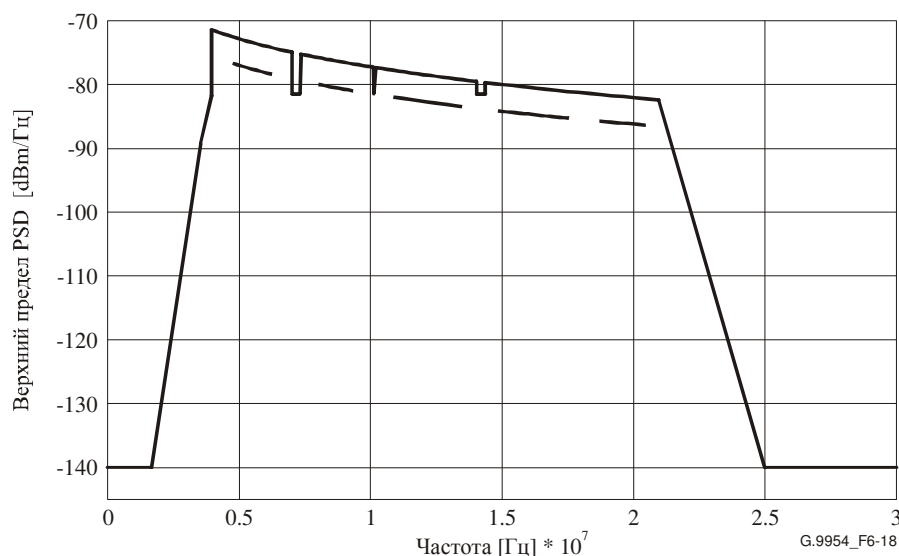


Рисунок 6-18/G.9954 – Верхний предел PSD передачи для Спектральной маски #2

Таблица 6-12/G.9954 – Верхний предел PSD передачи для Спектральной маски #2

Частота [МГц]	Предел PSD [дБм/Гц]
$0,015 < f \leq 1,7$	-140
$1,7 < f \leq 3,5$	$-140 + (f - 1,7) \times 50,0/1,8$
$3,5 < f \leq 4,0$	$-90 + (f - 3,5) \times 17,0$
$4,0 < f < 7,0$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$7,0 \leq f \leq 7,3$	-81,5
$7,3 < f < 10,1$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$10,1 \leq f \leq 10,15$	-81,5
$10,15 < f < 14,0$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$14,0 \leq f \leq 14,35$	-81,5
$14,35 < f < 18,068$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$18,068 \leq f \leq 18,168$	-81,5
$18,168 < f < 21,0$	$-71,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$21,0 \leq f < 25,0$	$-82,3 - (f - 21) \times 57,7/4,0$
$25,0 \leq f$	-140

Таблица 6-13/G.9954 – Верхний предел PSD передачи для Спектральной маски #2

Частота [МГц]	Предел PSD [дБм/Гц]
$4,75 < f < 6,25$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$8,00 < f < 9,35$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$10,90 < f < 13,50$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$14,85 < f < 17,57$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$18,67 < f < 20,25$	$-75,5 - 15 \times \log_{10}(f/4)$

При передаче с использованием Спектральной маски #3, металлическая спектральная мощность плотности (PSD) PNT должна быть ограничена верхним и нижним пределами, показанными на Рисунке 6-19 и в Таблицах 6-14 и 6-15, где измерения сделаны при нагрузке 100 Ом между выводами TIP и RING на интерфейсе W1 передатчика.

Верхний предел должен применяться ко всем скоростям передачи символов и группировкам битов, а нижний предел – к 2 МБод, 2 бита на символ.

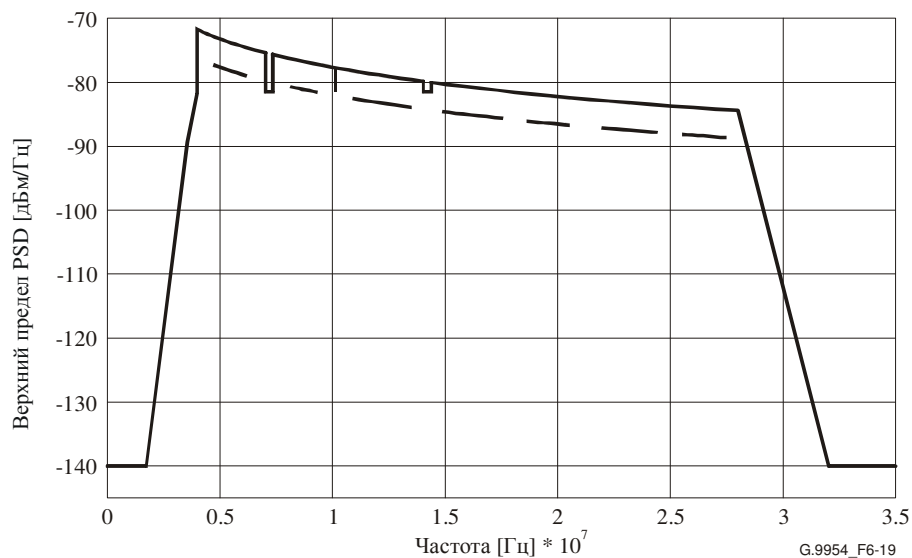


Рисунок 6-19/G.9954 – Верхний предел PSD передачи для Спектральной маски #3

Таблица 6-14/G.9954 – Верхний предел PSD передачи для Спектральной маски #3

Частота [МГц]	Предел PSD [дБм/Гц]
$0,015 < f \leq 1,7$	-140
$1,7 < f \leq 3,5$	$-140 + (f - 1,7) \times 50,0/1,8$
$3,5 < f \leq 4,0$	$-90 + (f - 3,5) \times 17,0$
$4,0 < f < 7,0$	$-72,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$7,0 \leq f \leq 7,3$	-81,5
$7,3 < f < 10,1$	$-72,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$10,1 \leq f \leq 10,15$	-81,5
$10,15 < f < 14,0$	$-72,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$14,0 \leq f \leq 14,35$	-81,5
$14,35 < f < 28,0$	$-72,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$28 \leq f < 32,0$	$-84,7 - (f - 28) \times 55,3/4,0$
$32,0 \leq f$	-140,0

Таблица 6-15/G.9954 – Нижний предел PSD передачи для Спектральной маски #3

Частота [МГц]	Предел PSD [дБм/Гц]
$4,75 < f < 6,25$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$8,00 < f < 9,35$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$10,90 < f < 13,50$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$14,85 < f < 17,57$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$18,67 < f < 20,50$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$21,95 < f < 24,40$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$
$25,50 < f < 27,25$	$-76,0 - 15 \times \log_{10}(f/4)$

Разрешающая ширина полосы пропускания канала для выполнения этих измерений должна составлять 10 кГц для частот в диапазоне от 2,0 до 30,0 МГц и 3 кГц для частот в диапазоне от 0,015 до 2,0 МГц. Должен использоваться интервал средней продолжительностью 213 секунд, а также должны предполагаться 1500-октетные MTU (Maximum Transmission Unit, Максимальная единица передачи), разделенные интервалами тишины IFG. За предельную линию могут выходить, в сумме, до 50 кГц возможно несмежных диапазонов, причем ни один поддиапазон не должен превышать предел более чем на 20 дБ. В случае передачи с использованием Спектральной маски #1 за предельную линию могут выходить, в сумме, до 100 кГц возможно несмежных диапазонов между 13,0 и 30,0 МГц, причем ни один поддиапазон не должен превышать предел более чем на 20 дБ. В случае передачи с использованием Спектральной маски #2 за предельную линию могут выходить, в сумме, до 100 кГц возможно несмежных диапазонов между 25,0 и 30,0 МГц, причем ни один поддиапазон не должен превышать предел более чем на 20 дБ.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – отметки 4,0; 7,0; 10,1; 14,0; 18,068; 21,0 и 24,9 МГц предназначены для снижения выхода помех на диапазонах, используемых для любительской радиосвязи.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Маски должны быть протестированы при значениях PE 2 и 3 бита на символ, поскольку при этих кодированиях полезной нагрузки мощность передачи является максимальной.

6.8.4 Символьный отклик передатчика

В случае передачи с использованием Спектральной маски #1, символьный отклик на выходе передатчика должен быть ограничен временной маской, показанной на Рисунке 6-20. В случае передачи с использованием Спектральных масок #2 или #3, символьный отклик выходного сигнала передатчика должен быть ограничен временной маской, показанной на Рисунке 6-21. Отклик должен быть измерен при нагрузке в 100 Ом между выводами TIP и RING на интерфейсе W1 передатчика.

Выходной сигнал до $t = 0$ и после $t = 5,0$ мкс должен составлять <0,032% от пиковой амплитуды.

На Рисунках 6-20 и 6-21 время $t = 0$ является случайным.

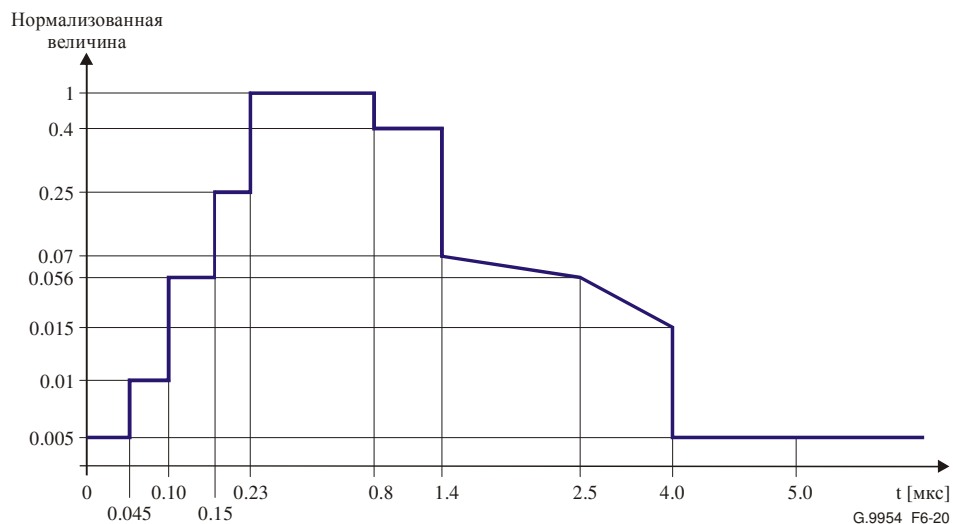
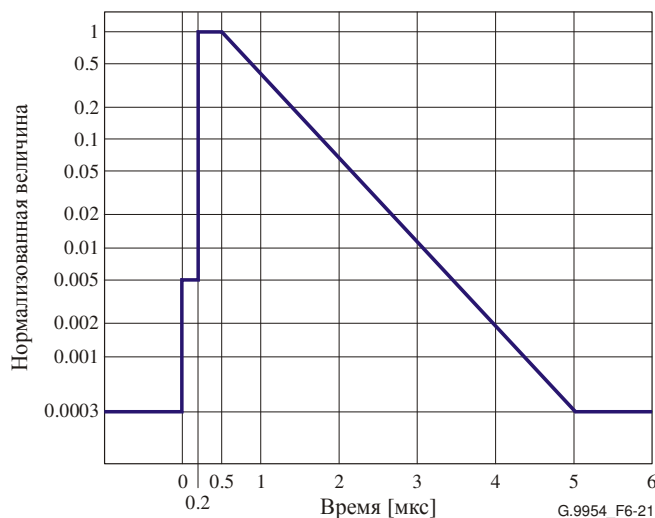


Рисунок 6-20/G.9954 – Маска величины символьного отклика передатчика для Спектральной маски #1



**Рисунок 6-21/G.9954 – Маска величины символического отклика передатчика для
Спектральный масок #2 и #3**

6.8.5 Паразитный выходной сигнал речевого диапазона

С-взвешенный паразитный выходной сигнал передатчика в диапазоне от 200 Гц до 3000 Гц не должен превышать 10 дБmС в случае, если применяется активная оконечная нагрузка в 600 Ом.

6.8.6 Синфазные излучения

6.8.6.1 Синфазное выходное напряжение

Передатчик не должен излучать более чем -55 дБВrms при наличии нагрузки в 50 Ом между центральным выводом симметрирующего трансформатора с CMRR > 50 дБ и заземлением приемопередатчика в диапазоне от 0,1 МГц до 50 МГц.

6.8.7 Допустимое отклонение тактового генератора

Точность частоты тактового генератора передатчика должна четко находиться в границах ± 100 ppm (Pulses per Minute, пульсаций в минуту) при всех рабочих температурах для данного устройства. Минимальный диапазон рабочих температур должен составлять от 0 до 70 градусов Цельсия.

В целом, для выполнения данного требования необходим будет кристалл ± 50 ppm.

6.8.8 Дрожание тактового генератора

Среднее значение RMS (среднеквадратического) дрожания тактового генератора передатчика, измеренное в течение скользящего 10-микросекундного интервала, должно быть меньше 70 пикосекунд.

6.8.9 Баланс I/Q

В передатчике не должно быть усиления или дисбаланса фаз кроме случаев, указанных в п. 6.5.3.

6.9 Электрические спецификации приемника

6.9.1 Чувствительность приемника

6.9.1.1 Максимальный сигнал

Приемник должен обнаруживать кадры с пиковым напряжением до -6 дБВ через выводы TIP и RING при частоте появления ошибок в кадрах не более 10^{-3} с добавочным белым Гауссовым шумом с PSD менее -140 дБм/Гц, измеренным на приемнике.

6.9.1.2 Минимальная чувствительность

Приемник должен обнаруживать 1518-октетные кадры закодированные на 2 бита на символ и 2 МБод с минимальным напряжением RMS 2,5 мВ и при частоте появления ошибок в кадрах не более 10^{-3} . Напряжение RMS вычисляется только с учетом того времени, когда передатчик активен.

Приемник должен обнаруживать не более чем 1 из 10^4 1518-октетных кадров (2 бита на символ, 2 МСимвола/с) с напряжением RMS менее 1,0 мВ.

Оба критерия подразумевают наличие добавочного Гауссова белого шума с PSD менее -140 дБм/Гц, измеренным на приемнике, а также наличие канала с равномерной частотной характеристикой.

6.9.2 Допустимое отклонение тактового генератора

Приемник должен удовлетворять требованиям п.п. 6.9.4.1 и 6.9.4.2 в шлейфе 1 когда тактовый генератор передатчика находится в диапазоне ± 100 ppm от своего номинального значения.

6.9.3 Невосприимчивость к узкополосной помехе

6.9.3.1 Дифференциальный входной сигнал

Приемник должен демодулировать кадры с полезной нагрузкой закодированной с использованием Спектральной маски #2, 4 МБод, 3 бита на символ и минимальным дифференциальным напряжением RMS 20 мВ (измеренным по заголовку) с частотой возникновения ошибок в кадрах менее 10^{-4} при следующих условиях:

- 1) Белый Гауссов шум с PSD менее -130 дБм/Гц должен быть добавлен на приемнике.
- 2) Однотональный источник помех с любой из комбинаций полосы частот и входного напряжения, приведенных в Таблице 6-16:

Таблица 6-16/G.9954 – Амплитуды источника помех

Диапазон частот [МГц]	Максимальный размах уровня напряжения источника помех [В]
0,01–0,1	6,0
0,1–0,6	3,3
0,6–1,7	1,0
1,7–4,0	0,1
7,0–7,3	0,1
10,0–10,15	0,1
14,0–14,35	0,1
18,068–18,168	0,1
21,0–21,45	0,1
24,89–24,99	0,1
28,0–29,7	0,1

Указанное напряжение должно быть измерено между выводами TIP и RING на входе приемопередатчика.

6.9.3.2 Синфазный входной сигнал

Приемник должен демодулировать кадры с полезной нагрузкой, закодированной с использованием Спектральной маски #2, 4 МБод, 3 бита на символ и минимальным дифференциальным напряжением RMS 20 мВ (измеренным по заголовку) с частотой возникновения ошибок в кадрах менее 10^{-4} при следующих условиях:

- 1) Белый Гауссов шум с PSD менее -130 дБм/Гц должен быть добавлен на приемнике, дифференциальный режим.

2) Однотональный источник помех, измеренный между центральным выводом тестового трансформатора и заземлением на входе приемопередатчика с любой из комбинаций полосы частот и входного напряжения, приведенных в Таблице 6-17:

Таблица 6-17/G.9954 – Требования к синфазному входному сигналу

Диапазон частот [МГц]	Максимальный размах уровня напряжения источника помех [В]
0,01–0,1	20,0
0,1–0,6	20,0
0,6–1,7	10,0
1,7–4,0	2,5
7,0–7,3	2,5
10,0–10,15	2,5
14,0–14,35	2,5
18,068–18,168	2,5
21,0–21,45	2,5
24,89–24,99	2,5
28,0–29,7	2,5

Ослабление синфазного сигнала тестового трансформатора, используемого для ввода сигнала, должно превосходить 60 дБ на 100 МГц.

6.9.4 Требования к запасу устойчивости системы

Тестовые шлейфы, приведенные в В.2 должны использоваться для проверки соответствия приемника минимальным требованиям. При проведении каждого теста шлейфа должны применяться следующие искажения: дополнительное (плоское) затухание сигнала, добавочный белый Гауссов шум, узкополосные источники помех и импульсные помехи на частоте 120 Гц ("шум регулятора яркости").

Уровень искажений (определенный в каждом подпункте) должен превосходить указанный уровень для каждого указанного способа кодирования полезной нагрузки при частоте возникновения ошибок в кадрах (FER) равной 10^{-2} . Требования к запасу устойчивости системы для одиночного нестационарного канала также определены.

Присутствие в таблице знака "–" означает, что при указанных условиях не предъявляется никаких требований.

6.9.4.1 Требования, связанные с затуханием сигнала

Установки ослабителя, описанные в Таблице 6-18, представляют собой дополнительное затухание сигнала, применяемое последовательно с выполнением указанного теста шлейфа.

Таблица 6-18/G.9954 – Требования, связанные с затуханием сигнала

Номер шлейфа		1	4	5	6	8	9
Кодирование полезной нагрузки	FER	Требуемые установки ослабителя сигнала [дБ]					
Маска #1, 2 МБод, 2 бита/символ	10^{-2}	34	16	22	11	12	18
Маска #1, 2 МБод, 6 бит/символ	10^{-2}	30	9	18	6	8	–
Маска #2, 4 МБод, 3 бита/символ	10^{-2}	30	12	17	7	10	16
Маска #2, 16 МБод, 3 бита/символ	10^{-2}	28	12	13	–	8	–

6.9.4.2 Требования, связанные с добавочным белым шумом

Мощность белого шума при установке ослабителя 0 дБ: –70 дБм/Гц. Выходной сигнал ослабителя шума должен быть добавлен на приемнике. Для Шлейфа 1, последовательно с выполнением теста должно применяться 20 дБ затухание сигнала в канале с равномерными частотными характеристиками.

Таблица 6-19/G.9954 – Требования, связанные с добавочным белым шумом

Номер шлейфа		1	4	5	6	8	9
Кодирование полезной нагрузки	FER	Требуемые установки ослабителя сигнала [дБ]					
Маска #1, 2 МБод, 2 бита/символ	10^{-2}	42	40	36	46	43	39
Маска #1, 2 МБод, 6 бит/символ	10^{-2}	58	57	53	63	60	–
Маска #2, 4 МБод, 3 бита/символ	10^{-2}	48	42	42	52	45	52
Маска #2, 16 МБод, 3 бита/символ	10^{-2}	57	51	52	65	56	–

6.9.4.3 Требования, связанные с узкополосными источниками помех

Амплитуда размаха сигнала узкополосных источников помех при установке ослабителя 0 дБ: 2,0 В при 7,0; 7,3; 10,1; 14,0; 14,35; 18,1; 21,0 МГц. Одновременно добавляется белый Гауссов шум на уровне –135 дБм/Гц.

Таблица 6-20/G.9954 – Требования, связанные с узкополосными источниками помех

Номер шлейфа		1	4	5	6	8	9
Кодирование полезной нагрузки	FER	Требуемые установки ослабителя сигнала [дБ]					
Маска #1, 2 МБод, 2 бита/символ	10^{-2}	26	26	26	26	26	26
Маска #1, 2 МБод, 6 бит/символ	10^{-2}	26	30	26	32	30	–
Маска #2, 4 МБод, 3 бита/символ	10^{-2}	26	26	26	26	26	28
Маска #2, 16 МБод, 3 бита/символ	10^{-2}	26	26	26	43	31	–

6.9.4.4 Требования, связанные с импульсными помехами

Амплитуда размаха сигнала импульсных помех при установке ослабителя 0 дБ: 3,0 В. Одновременно добавляется белый Гауссов шум на уровне –135 дБм/Гц. Импульс должен быть определен как два цикла прямоугольной волны на частоте 5,0 МГц в сумме с 4-мя циклами прямоугольной волны на частоте 7,0 МГц.

Таблица 6-21/G.9954 – Требования, связанные с импульсными помехами

Номер шлейфа		2	9
Кодирование полезной нагрузки	FER	Требуемые установки ослабителя сигнала [дБ]	
Маска #1, 2 МБод, 2 бита/символ	10^{-2}	3	3
Маска #1, 2 МБод, 6 бит/символ	10^{-2}	3	–
Маска #2, 4 МБод, 3 бита/символ	10^{-2}	3	3
Маска #2, 16 МБод, 3 бита/символ	10^{-2}	3	–

6.9.4.5 Требования к запасу устойчивости системы с динамическим каналом

Приемник должен по ошибке обнаруживать не более чем 1518-октетных кадров из 3000 отправленных на скорости 5 кадров в 10 мс по шлейфу #2 при следующих условиях:

- В течение выполнения данного теста конденсатор емкостью 330 пФ, установленный на конце одного из шлейфов, должен включаться в шлейф и выключаться из него с периодичностью в 1 секунду, то есть разомкнутый вход должен использоваться в течение 1 секунды каждые 2 секунды.
- Белый шум на уровне -140 дБм/Гц должен быть добавлен на приемнике.
- Кодирование полезной нагрузки должен быть: Спектральная маска #2, 16 МБод, 3 бита/символ.

Включение и выключение конденсатора в шлейф имитирует изменение состояния рычаг обычного телефона опущен/поднят.

6.9.4.6 Осуществление сигнала телефонного вызова

Устройство PNT должно обладать возможностью пропускания сигнала телефонного вызова из центра вызовов телефонной компании. Сигнал должен состоять из 20-герцовой синусоиды уровнем 90 Brms, наложенной на уровень смещения постоянного тока -52 В (мин.) Устройство должно быть нечувствительно к сигналу телефонного вызова, который непрерывно повторяется с периодом вызова 2 секунды и паузой между этими периодами 4 секунды, через схему, показанную на Рисунке 6-22.

Сигнал вводится в схему через 2 500-Омных сопротивления, как показано на Рисунке 6-22. Поскольку большинство ослабителей имеют низкое полное сопротивление по постоянному току и могут значительно снизить напряжение вызова, для выделения постоянного тока требуются 2 конденсатора емкостью 0,01 мкФ.

В момент поступления телефонного вызова, как описано выше, частота возникновения ошибок не должна превышать 0,1%, будучи измерена по 100 000 кадрам UDP с максимальным количеством MTU, Спектральной маской #2, 4 МБод, 3 бита/символ.

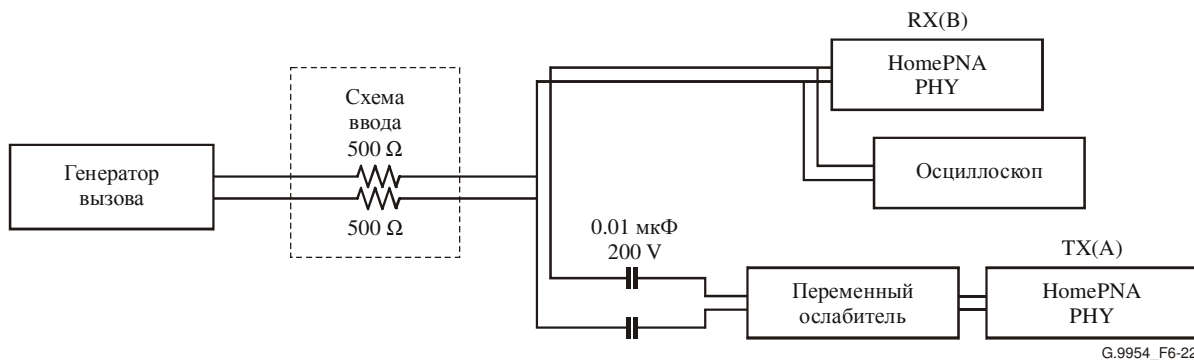


Рисунок 6-22/G.9954 – Поступление телефонного вызова

6.10 Входное полное сопротивление

6.10.1 Затухание отражения полосы пропускания

Станции должны согласовываться с маской полного сопротивления, соответствующей наиболее высокой спектральной маске, с использованием которой они могут передавать.

Для станций, способных передавать с использованием Спектральной маски #2, среднее затухание приемопередатчика по отношению к 100-омной активной нагрузке должно превышать 12 дБ между 4,75 и 20,25 МГц. Данное требование распространяется на приемопередатчики во включенном состоянии или в режиме малой мощности (передатчик выключен). Среднее затухание приемопередатчика по отношению к 100-омной активной нагрузке должно превышать 6 дБ между 4,75 и 20,25 МГц в том случае, если приемопередатчик отключен от питания.

Для станций, способных передавать с использованием Спектральной маски #3, среднее затухание приемопередатчика по отношению к 100-омной активной нагрузке должно превышать 12 дБ между 4,75 и 27,25 МГц. Данное требование распространяется на приемопередатчики во включенном состоянии или в режиме малой мощности (передатчик выключен). Среднее затухание приемопередатчика по отношению к 100-омной активной нагрузке должно превышать 6 дБ между 4,75 и 27,25 МГц в том случае, если приемопередатчик отключен от питания.

6.10.2 Входное полное сопротивление полосы затухания

Станции должны согласовываться с маской полного сопротивления, соответствующей наиболее высокой спектральной маске, с использованием которой они могут передавать.

У станций, способных передавать только с использованием Спектральной маски #2, величина полного входного сопротивления должна превышать 10 Ом от 0 до 30 МГц. Кроме этого, такие станции должны соответствовать маске нижней границы, приведенной в Таблице 6-22.

Таблица 6-22/G.9954 – Маска нижней границы полного входного сопротивления для Спектральной маски #2

Диапазон частот [кГц]	Минимальное полное сопротивление [Ом]
$0 < f \leq 0,285$	1 М
$0,285 < f \leq 2,85$	100 k
$2,85 < f \leq 28,5$	10 k
$28,5 < f \leq 95$	4,0 k
$95 < f \leq 190$	2,0 k
$190 < f \leq 285$	1,4 k
$285 < f \leq 380$	1,0 k
$380 < f \leq 475$	850
$475 < f \leq 570$	700
$570 < f \leq 665$	600
$665 < f \leq 760$	525
$760 < f \leq 855$	450
$855 < f \leq 950$	400
$950 < f \leq 1000$	350
$1000 < f \leq 1400$	175
$1400 < f \leq 2300$	100
$2300 < f \leq 2850$	50
$2850 < f \leq 3085$	25
$3085 < f \leq 4000$	10
$4000 < f \leq 4750$	30
$20\,250 < f \leq 21\,000$	30
$21\,000 < f \leq 25\,000$	25
$25\,000 < f \leq 30\,000$	50

У станций, способных передавать с использованием Спектральной маски #3, величина полного входного сопротивления должна превышать 10 Ом от 0 до 30 МГц. Кроме этого, такие станции должны соответствовать маске нижней границы, приведенной в Таблице 6-23.

Таблица 6-23/G.9954 – Маска нижней границы полного входного сопротивления для Спектральной маски #3

Диапазон частот [кГц]	Минимальное полное сопротивление [Ом]
$0 < f \leq 0,285$	1 М
$0,285 < f \leq 2,85$	100 к
$2,85 < f \leq 28,5$	10 к
$28,5 < f \leq 95$	4,0 к
$95 < f \leq 190$	2,0 к
$190 < f \leq 285$	1,4 к
$285 < f \leq 380$	1,0 к
$380 < f \leq 475$	850
$475 < f \leq 570$	700
$570 < f \leq 665$	600
$665 < f \leq 760$	525
$760 < f \leq 855$	450
$855 < f \leq 950$	400
$950 < f \leq 1000$	350
$1000 < f \leq 1400$	175
$1400 < f \leq 2300$	100
$2300 < f \leq 2850$	50
$2850 < f \leq 3085$	25
$3085 < f \leq 4000$	10
$4000 < f \leq 4750$	30
$27\,250 < f \leq 28\,000$	30
$28\,000 < f \leq 32\,000$	25
$32\,000 < f$	50

Данное требование применяется к полностью включенному приемопередатчику, приемопередатчику в режиме малой мощности (передатчик отключен) или приемопередатчику, отключенному от источника питания.

7 Спецификация протокола доступа к среде передачи

Спецификация G.9951/2 (как описано в [1]) описывает протокол Управления доступом к среде передачи, являющийся асинхронным, построенным на основе приоритетов и использующий CSMA/CD и методы разрешения коллизий для решения споров о доступе к среде передачи и разрешения коллизий при доступе к среде передачи. Поддержка G.9951/2 доступа к среде передачи на основе приоритетов предоставляет базовый механизм Качества обслуживания (QoS), позволяющий относительно упорядочить услуги в соответствии с приоритетом. Для предоставления гарантий QoS с четко заданными характеристиками запаздывания и дрожания, например, таких, которые требуются для голосовых услуг или услуг передачи аудио- и видеoinформации, необходим протокол MAC, способный гарантировать распределение доступа к среде передачи по времени и обеспечить невозможность возникновения таких событий, как коллизии при доступе к среде передачи, которые могут повлиять на гарантированную производительность.

Протокол MAC G.9954 представляет собой синхронный протокол, включающий асинхронный режим MAC, совместимый с асинхронным протоколом MAC G.9951/2 и построенный на его основе. Доступ к среде передачи в сети, содержащей устройство-ведущее, координируется под управлением ведущего с использованием Плана доступа к среде передачи (MAP). План доступа к среде передачи периодически передается ведущим широкополосным способом как сообщение Канального уровня (Сообщение MAP). MAP используется для разделения времени доступа к среде передачи на последовательность интервалов, доступных для передачи (TXOP), с точно определенным временем начала и длительностью, достаточной для соответствия требованиям QoS различных услуг. TXOP могут быть выделены отдельной услуге (или группе услуг) или отдельному узлу сети (или группе узлов). Используя этот метод, узлы G.9954 способны избегать коллизий, гарантируя, что они никогда не станут передавать во время, выделенное для передачи другому узлу и ограничивая свои передачи пределами выделенных им интервалов TXOP.

В данном пункте описывается протокол MAC G.9954, включая асинхронный и синхронный режимы MAC, использующиеся для координации доступа к совместно используемой среде передачи. Переключение между синхронным и асинхронным режимами также описывается в данном пункте.

7.1 Режимы работы

MAC G.9954 должен поддерживать два режима работы:

- 1) Синхронный режим MAC (SMAC) – используется в сети, содержащей устройство, выступающее в роли ведущего сети G.9954;
- 2) Асинхронный режим MAC (AMAC) – используется в сети, где нет активного ведущего G.9954.

В случае присутствия в сети ведущего G.9954, все устройства G.9954 должны работать в режиме SMAC. В противном случае они должны работать в режиме AMAC.

Присутствие ведущего G.9954 в сети определяется по получению сообщений с Планом доступа к среде передачи (MAP). По получении и декодировании сообщения MAP устройство G.9954 должно прекратить работу в режиме AMAC и продолжить работу в режиме SMAC. Данное переключение режима должно произойти в течение MAC_MODE_SWITCH_TIMELIMIT временных единиц после получения сообщения MAP.

Это подразумевает, что после того, как сообщение MAP получено и декодировано, весь последующий доступ к среде передачи осуществляется только в соответствии с распределением времени, описанным в упомянутом сообщении MAP.

Предполагается, что во время работы в режиме SMAC сообщения MAP будут приниматься периодически. Неполучение сообщения MAP в течение интервала SYNC_TIMEOUT (см. п. 7.3.8) с момента получения последнего сообщения MAP должно расцениваться устройством G.9954 как прекращение работы ведущего. Ведущий также может сигнализировать другим устройствам в сети о своем намерении прекратить работу в качестве ведущего, используя сигнальный бит (SMAC_EXIT) в сообщении MAP (см. п. 7.3.3.3). При обнаружении завершения работы ведущего или его намерения завершить работу узел G.9954 должен выйти из режима SMAC и продолжить работу в режиме AMAC.

Режимы работы MAC, а также переходы между режимами описаны на приведенной ниже диаграмме перехода между состояниями (Рисунок 7-1).

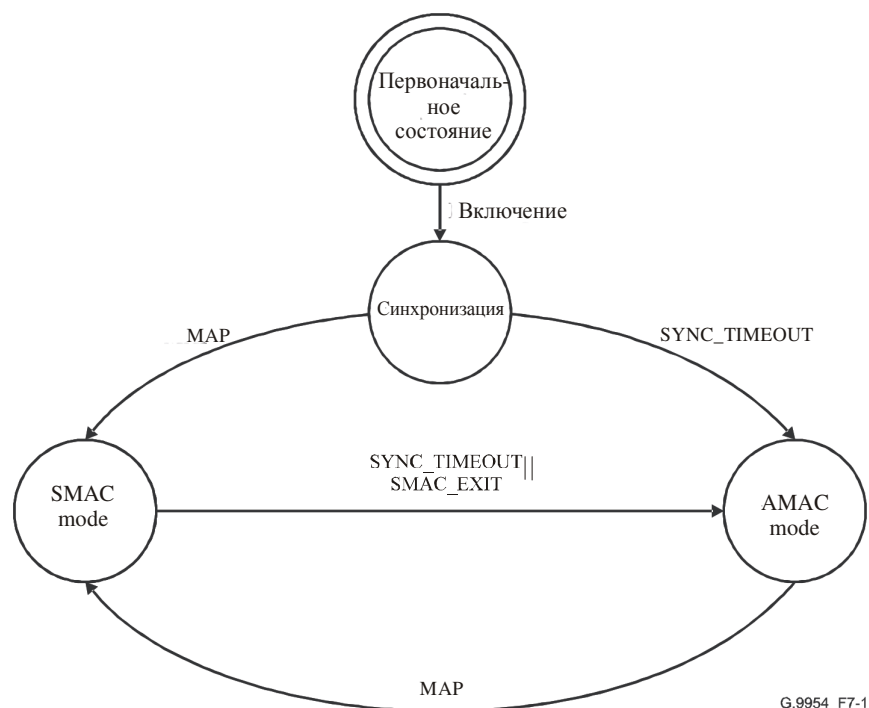


Рисунок 7-1/G.9954 – Режимы работы G.9954 – Диаграмма состояний

При включении питания устройство G.9954 должно сначала попытаться синхронизироваться с существующим циклом MAC, ожидая получения сообщения MAP в течение интервала времени, равного SYNC_TIMEOUT. В случае если в течение интервала, равного SYNC_TIMEOUT, поступает сообщение MAP, предполагается, что сеть является сетью, контролируемой ведущим, и устройство G.9954 переходит в режим SMAC. В случае, если в течение интервала, равного SYNC_TIMEOUT, сообщение MAP не поступает, предполагается, что сеть является сетью без ведущего и устройство G.9954 переходит в режим AMAC.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Это подразумевает, что после включения питания устройство G.9954 НЕ ДОЛЖНО начинать передачу в режиме AMAC в течение как минимум интервала, равного SYNC_TIMEOUT.

На текущий режим работы устройства G.9954 указывает флаг в сообщении канального уровня "Объявление возможностей и статуса" (CSA). Для получения дополнительной информации см. п. 10, Спецификация Канального уровня, Флаги Объявления возможностей и статуса.

В случае, если определено, что сеть является сетью без ведущего, устройство G.9954, имеющее возможность выступать в роли ведущего (устройство с возможностями ведущего), должно попытаться принять на себя роль ведущего путем сигнализации о своем намерении при помощи протокола выбора (SELECTION) ведущего Канального уровня.

Для получения дополнительной информации по протоколу Выбора ведущего см. Спецификацию Канального уровня в п. 10.

7.1.1 Синхронный режим MAC (SMAC)

В случае работы в режиме SMAC устройство G.9954 должно осуществлять доступ к среде передачи ТОЛЬКО в интервалы, доступные для передачи (TXOP), описанные в MAP. Устройство G.9954 может передавать в течение TXOP если TXOP выделен данному устройству или группе устройств, к которой оно принадлежит. Все устройства могут передавать в течение свободных (невыделенных) TXOP на конкурентной основе.

Для получения более подробной информации по TXOP, назначении TXOP и группам устройств см. п. 7.3.3.4, а также его подпункты.

7.1.2 Асинхронный режим MAC (AMAC)

В случае работы в режиме AMAC устройство G.9954 осуществляет доступ к среде передачи так же, как это указано для протокола G.9951/2, только, возможно, на более высоких скоростях и с использованием объединения пакетов (пакетирования кадров) для повышения эффективности работы протокола.

Полная спецификация режима AMAC G.9954 приводится в п. 7.2. Спецификация Объединения пакетов приводится в п. 7.4.

7.1.3 Переключение между синхронным и асинхронным режимами

Устройство G.9954 должно переключаться между режимами SMAC и AMAC и, наоборот, в ответ на появление в сети ведущего G.9954 или прекращение его работы. Переключение является прозрачным в том смысле, что оно не влияет на способность устройства G.9954 принимать и передавать информацию, однако оно может повлиять на распределение времени доступа к среде передачи и, как следствие, на Качество обслуживания и пропускную способность сети.

При переключении из режима SMAC в режим AMAC, устройство G.9954 должно продолжать передавать данные, связанные с услугой, в соответствии с правилами протокола AMAC, используя механизм приоритетов AMAC. При переключении из режима AMAC в режим SMAC, устройство G.9954 должно создать потоки для услуг, требующих гарантий QoS, и передавать данные в соответствии с правилами протокола SMAC в течение выделенных TXOP.

Переключение между режимами не должно приводить к прекращению оказания услуги, если иное не предписано более высокими уровнями протокола.

7.2 Асинхронный режим работы

Все станции сегмента сети PNT, когда не находятся в синхронном режиме MAC, запускают асинхронный режим MAC для координации доступа к совместно используемой среде передачи. Переключение между синхронным и асинхронным режимами MAC описано в п. 7.1.3.

Параметры распределения времени для асинхронного режима приведены в Таблице 7-1.

Таблица 7-1/G.9954 – Параметры MAC

Пункт	Параметр	Min	Max	Единицы
7.2.1 Базовый CSMA	NOMINAL_RMS_VOLTAGE	100	–	мBrms
	CS_RANGE	38	–	дБ
	CS_IFG	29,0 – Δ	29,0 + Δ	микросекунды
	CS_DEFER	–	12,0	микросекунды
	minFrameSize	64	–	октеты
	maxFrameSize	1526	см. п. 7.2.7.1	октеты
	TX_FRAME	92,5	см. п. 7.2.7.1	микросекунды
	Время на передачу и подтверждение приема (RTT) для 1000 футов		3,0	микросекунды
	TX_ON	0	4,0	микросекунды
7.2.2 Доступ на основе приоритетов	PRI_SLOT	21,0 – Δ	21,0 + Δ	микросекунды

Таблица 7-1/G.9954 – Параметры MAC

Пункт	Параметр	Min	Max	Единицы
7.2.4 Обнаружение коллизий	CD_FRAG	70,0 – Δ	70,0 + Δ	микросекунды
	CD_MIN	32.0	–	микросекунды
	CD_THRESHOLD	–	92.0	микросекунды
	CD_RANGE	36	–	дБ
	CD_OFFSET_EARLY	–	12.0	микросекунды
	CD_OFFSET_LATE	–	15.0	микросекунды
7.2.5 Разрешение коллизий в режиме AMAC	attemptLimit	256	256	
	SIG_SLOT	32,0 – Δ	32,0 + Δ	микросекунды

Метод доступа к среде передачи CSMA/CD представляет собой средство совместного использования двумя или более станциями одного канала передачи. Для того чтобы осуществить передачу, станция ждет периода тишины в канале (что означает, что никакая другая станция не передает) и затем передает заготовленное сообщение, модулированное в соответствии со спецификациями PHY. Задержка передачи упорядочивается уровнями приоритета числом до 8, реализующими абсолютный приоритет среди станций, конкурирующих за доступ. Если после начала передачи сообщение вступает в конфликт с сообщением другой станции, каждая из передающих станций прекращает передачу и разрешает коллизию путем выбора уровня отсрочки передачи и задерживает передачу "пропуская вперед" те станции, которые выбрали более низкий уровень отсрочки. Распределенный алгоритм выбора уровня отсрочки передачи гарантирует, что запаздывание доступа четко ограничено. Все аспекты процесса применения этого метода доступа детально описаны в последующих пунктах настоящей Рекомендации.

На Рисунке 7-1 приведена блок-схема функций MAC внутри станции. Блок Контроля несущей обнаруживает время начала и конца действительной передачи кадра по кабельной сети. Это используется для определения наличия кадров в канале, а также наличия сигнала BACKOFF20 в Сигнальном слоте. Блок Обнаружения коллизий обнаруживает наличие действительной передачи от какой-либо другой станции в течение активной передачи и для всех станций, включая не передающие, обнаруживает полученный фрагмент, представляющий собой часть передачи, обрезанной коллизией. Блок Разрешения коллизий реализует распределенный алгоритм, который управляет отсрочками передачи.

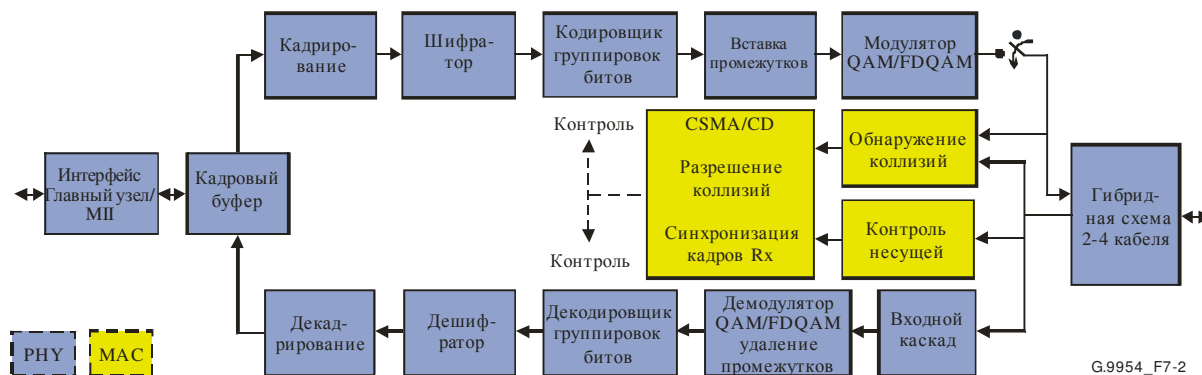


Рисунок 7-2/G.9954 – Блок-схема приемопередатчика с функциями MAC

Хотя производительность блоков в функции MAC зависит от конкретной реализации, в последующих пунктах приводятся некоторые минимальные требования к производительности для обеспечения взаимодействия и совместимости при совместном использовании канала.

7.2.1 Базовый CSMA

Работа в режиме Базовый CSMA описана для передатчика и для приемника.

7.2.1.1 Работа передатчика

Описание передачи кадра, являющегося действительным с точки зрения функции Контроля несущей (Valid CS Frame, действительный кадр CS) приведено на Рисунке 7-3.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Переданный действительный кадр CS при получении любым приемником будет подвергаться воздействию различных искажений и пределы производительности функции CS зависят от конкретной реализации.

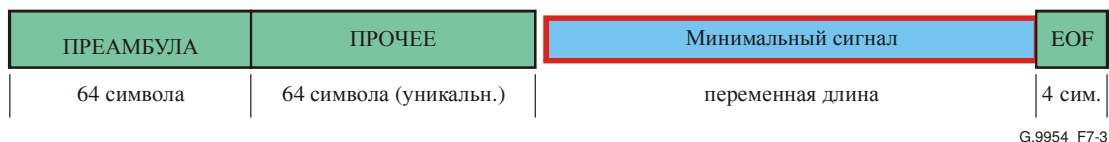


Рисунок 7-3/G.9954 – Действительный кадр CS

Действительный кадр CS на интерфейсе W1 *передатчика* имеет длину TX_FRAME и состоит из:

- 1) последовательности символов, длительность которой больше либо равна 92,5 микросекундам (минимальная длительность TX_FRAME), но меньше, чем максимум, указанный в п. 7.2.7.1;
- 2) первые (64 + 16 + 24 + 24 + 8) символов вышеупомянутой последовательности модулированы на Базовой скорости (2 Мбод QPSK, 2 бита/символ), где первые 64 символа представляют собой преамбулу, последующая 64-символьная последовательность является уникальной для передающей станции, а следующие 8 символов (скорее всего не уникальные) – биты поля Ethertype;
- 3) случайного Минимального сигнала, определенного как последовательность символов, значение RMS которой в любой 8-секундный интервал не должно быть больше чем на 9 дБ менее 100 мВrms через 100 Ом (NOMINAL_RMS_VOLTAGE);
- 4) 4-х символов последовательности EOF;
- 5) Заключительного перехода, пиковое напряжение которого не превосходит 0,1% от абсолютного пикового напряжения через 100-омную нагрузку на интерфейсе W1 в любой момент времени спустя более чем 5 микросекунд после передачи последнего символа EOF;
- 6) Интервала перед следующей передачей данной станции длительностью CS_IFG микросекунд считая с момента передачи последнего символа EOF до первого символа ПРЕАМБУЛЫ следующей передачи, измеренного на интерфейсе W1 *передатчика*.

В случае, если станция фиксирует ситуацию, которая может быть коллизией, ей следует прекратить передачу заранее (см. п. 7.2.4).

Действительный Фрагмент коллизии на интерфейсе W1 *передатчика* состоит из:

- 1) Последовательности символов длительностью 70,0 мкс (CD_FRAG);
- 2) (64 + 16 + 24 + 24 + 8) символов модулированы на Базовой скорости (2 Мбод QPSK, 2 бита/символ), где первые 64 символа представляют собой преамбулу, последующая 64-символьная последовательность является уникальной для передающей станции, а далее следуют еще 8 символов;
- 3) 4-х символов последовательности EOF;
- 4) Заключительного перехода, пиковое напряжение которого не превосходит 0,1% от абсолютного пикового напряжения через 100-омную нагрузку на интерфейсе W1 в любой момент времени спустя более чем 5 микросекунд после передачи последнего символа EOF;
- 5) Интервала длительностью как минимум CS_IFG + CD_THRESHOLD микросекунд от первого символа ПРЕАМБУЛЫ64 действительного Фрагмента коллизии до первого символа сигнала

BACKOFF20 в первом Сигнальном слоте отсрочки передачи, если таковой присутствует, измеренного на интерфейсе W1 передатчика.

От приемника требуется только корректное определение Действительных кадров CS, Действительных Фрагментов коллизии и сигналов BACKOFF20, описанных в п. 7.2.5.

Длительность межкадрового интервала должна составлять 29,0 микросекунд (CS_IFG), где интервал определен в точках, в которых сигнал предыдущего кадра падает ниже 50% от его пикового значения, и где сигнал текущего кадра возрастает до значения, превышающего 50% от его пикового значения.

7.2.1.2 Работа приемника

Распределение во времени последовательно выполняющихся передач, следующих за Действительным кадром CS или Действительным Фрагментом коллизии основывается на опорных точках распределения времени, устанавливаемых приемником. Время, следующее за передачей, делится на *слоты*: Межкадровый интервал (IFG), три Сигнальных слота отсрочки передачи (следующих за коллизией) и 8 Слотов приоритета (см. Рисунки 7-4, 7-5). В течение этих периодов MAC *синхронизирован*, и распределение слотов по времени определяется правилами для действительных передач из предыдущего пункта. После Слота приоритета 0 может идти период случайной длины без передач, за которым следуют попытки одной или более станций осуществить передачу. В последнем случае MAC *несинхронизирован*.

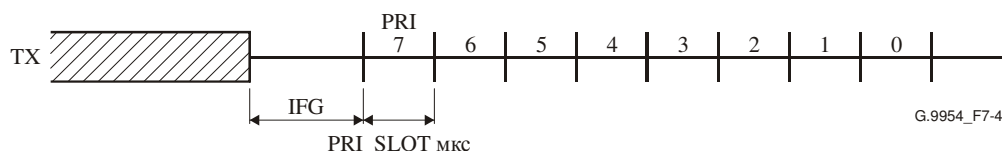
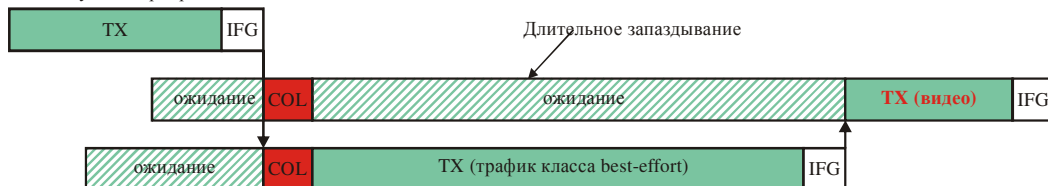


Рисунок 7-4/G.9954 – Слоты приоритета

Без доступа по приоритетам:



С доступом по приоритетам

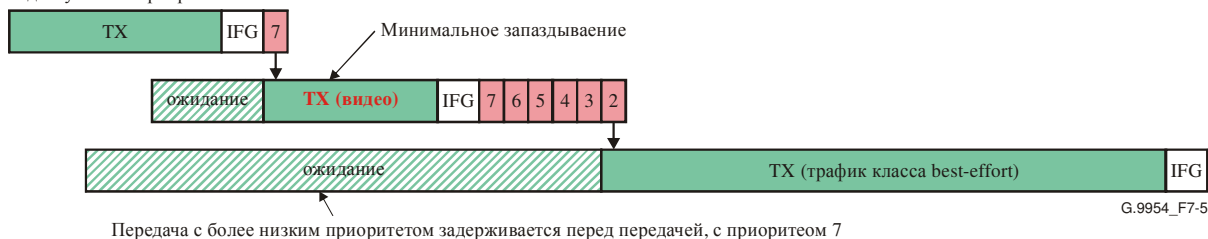


Рисунок 7-5/G.9954 – Пример доступа по приоритетам

Когда MAC синхронизирован, станции должны начинать любую передачу не раньше чем через 0 и не позже чем через 4 мкс (TX_ON) после начала слота, измеренного на интерфейсе W1 передатчика.

Функция Контроля несущей приемника должна обнаруживать действительный кадр CS с максимальной амплитудой при наличии вносимых потерь канала с равномерными частотными характеристиками от 0 до как минимум 38 дБ (CS_RANGE), добавочного шума с плоской PSD –140 дБм/Гц на приемнике с частотой пропуска кадров менее 10^{-4} и частотой преждевременного объявления конца кадра менее 10^{-4} (см. п. 6.9.1). При условии, что на входе применяется добавочный белый Гауссов шум с PSD –110 дБм/Гц, частота ошибочного обнаружения несущей не должна превышать 1 раз в секунду.

Когда MAC несинхронизировано, станция может начинать передачу после появления возможного действительного кадра CS на интерфейсе W1 приемника самое позднее спустя 12 мкс (CS_DEFER) после первого символа ПРЕАМБУЛЫ64 обнаруженного кадра, измеренного на интерфейсе W1 станции. CS_DEFER – максимально допустимая задержка контроля несущей.

7.2.2 Доступ с приоритетами

Система PNT может быть использована для передачи потоков медиаинформации, такой как аудио- и видеоинформация. Для снижения различия в запаздывании в этих потоках реализуется механизм приоритетов, позволяющий более высоким уровням пометить исходящие кадры соответствующим приоритетом и гарантировать, что эти кадры будут иметь преимущественное право доступа к каналу передачи по сравнению с кадрами с более низким приоритетом. Применяемый метод доступа с приоритетами призван задержать передачи до *слота* за границами минимального межкадрового интервала, основываясь на уровне приоритета кадра, ожидающего передачи.

Слоты нумеруются в порядке убывания приоритета, начиная с 7. Передачи с более высоким приоритетом начинают передаваться в более ранние слоты и получают в распоряжение канал без необходимости соперничать с трафиком с более низким приоритетом. *Слот приоритета* станции основывается на номере приоритета PHY, связанном с кадром, готовым к передаче (PRI), как определяется сетевым стеком и сообщается MAC; PRI является полем в поле Контроля кадра, описанном в п. 6.3.3. Станция может использовать любой слот с номером меньше или равным PRI; обычно слот нумеруется точно как PRI, и она может начинать передачу только с началом Слота приоритета, т. е., если станция готова передавать кадр с PRI=7 уже после начала Слота приоритета 7, она должна дождаться начала Слота приоритета 6, и только после этого начать передачу. Относительное распределение времени Слотов приоритета приведено на Рисунке 7-4. (После Слота приоритета 0 больше нет Слотов приоритета, и любая станция, имеющая для передачи любой трафик с любым приоритетом, может оспаривать право на пользование каналом на основе правила "первый пришел – первый обслужен". Все коллизии, возникающие после окончания Слота приоритета 0, считаются возникшими с PRI=0).

Ширина Слота приоритета составляет 21,0 мкс (PRI_SLOT).

Никакая станция не может передавать в Слот приоритета с номером выше, чем приоритет (PRI) назначенный кадру, который предполагается передавать.

Станции, не реализующие механизм доступа по приоритетам, должны использовать значение приоритета по умолчанию равное 2.

Станция, ожидающая начала передачи, должна отслеживать Контроль несущей (CS) и задерживать передачу в случае, если несущая присутствует до начала следующего Слота приоритета, в который она может передавать, а в случае, если это происходит после Слота приоритета 0, задерживать передачу, если обнаружена несущая. Любая станция, готовая начинать передачу с началом следующего Слота приоритета, в который она может передавать, должна начинать передачу с началом этого Слота приоритета без задержек, если несущая отсутствовала до начала этого слота.

На Рисунке 7-5 приведен пример того, как видеотрафик с приоритетом 7 получает доступ к каналу раньше трафика класса "best-effort", с приоритетом 2.

Таймер слотов перезапускается в случае, если есть какая-либо другая передача, которая получает канал в то время, как станция ожидает с более низким приоритетом.

7.2.3 Установление соответствия (преобразование) приоритетов

Значение PRI представляет собой приоритет, который использует MAC для планирования передач, а также значение, находящееся в поле PRI заголовка кадра. Данное значение определяется более высоким уровнем сетевого стека, и описание метода присвоения метки приоритета выходит за рамки настоящей Рекомендации. Поле PRI также используется для транспортировки метки приоритета от источника к получателю с целью помочь получателю в формировании очереди приема. 3-битовые значения приоритетов называются "приоритетами PHY". PRI=7 имеет наивысший приоритет, PRI=0 – низший.

Между приоритетами PNY и значениями приоритетов канального уровня (LL), которые доставляются канальному уровню сетевым уровнем, возможно установление соответствия (преобразование). Установление соответствия описано в Спецификации протоколов Канального уровня в п. 10.

В общем случае сетевой уровень IP или уровень приложений определяет, какая политика используется для установления соответствия приоритетов трафика и приоритетов LL. Например, Интегрированные Услуги IETF (RFC 2815) в настоящее время определяет приоритет 0 как приоритет по умолчанию для трафика "best effort", а приоритет 1 – как штрафной приоритет трафика "хуже, чем best effort" – и большинство реализаций установят соответствие таким образом: PNY PRI=2 для best effort и PNY PRI=0 для "хуже, чем best effort".

Механизм приоритетов PNY – строгий механизм приоритетов (в отличие от схем, в которых более низким приоритетам выделяется какой-то минимальный процент пропускной способности сети) – трафик более высокого уровня всегда задерживает трафик более низкого уровня. Трафик более высокого уровня ограничивается контролем допуска или другим механизмом политик Канального уровня с целью недопущения превышения лимита использования сетевых ресурсов.

7.2.4 Обнаружение коллизий

Две или более станции могут начать передачу в один и тот же Слот приоритета, следующий за периодом IFG. Все станции отслеживают состояние канала для обнаружения конфликтующих передач других станций.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Конфликтующий кадр(ы) принимаются по каналу с искажениями, и производительность Обнаружения коллизий зависит от конкретной реализации в границах настоящей Рекомендации.

См. Рисунок 7-6. Пассивные станции могут обнаруживать коллизии, наблюдая за длиной фрагмента передачи и действительностью принятой ПРЕАМБУЛЫ64.

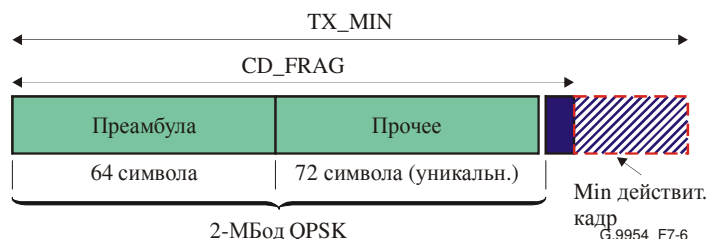


Рисунок 7-6/G.9954 – Длина коллизий и неколлизий

Действительный кадр CS гарантированно содержит уникальную символьную последовательность внутри первых 128 символов (передаваемых на Базовой скорости). Для гарантии уникальности используется адрес MAC Ethernet источника (SA). Поле зашифровано, но кортеж [зашифрованные SA, SI] является уникальным. SI представляет собой 4-битовое поле инициализации шифратора, определенное в спецификации PNY G.9954 в п. 6.

После обнаружения коллизии станция должна продолжить передачу до поля Ethertype и следующей за ним последовательности EOF (символ 139) и затем прекратить передачу.

Таким образом, станция завершит передачу не позднее чем через 70 мкс (CD_FRAG) после начала кадра, измеренного на интерфейсе W1. Минимальный размер действительного кадра CS составляет 92,5 мкс (TX_MIN).

Сигнал затора при обнаружении коллизии не передается.

Пассивные станции, которые не ведут передачу, должны отслеживать события Контроля несущей и создавать указание на Фрагмент коллизии функции Разрешения коллизий в случае, если длительность несущей составляет менее 92 мкс (CD_THRESHOLD).

Станции не должны опознавать события несущей длительностью менее 32,0 мкс (CD_MIN) как коллизии.

Все передающие и пассивные станции должны обнаруживать коллизии любого действительного кадра CS с максимальной амплитудой при наличии вносимых потерь канала с равномерными частотными характеристиками от 0 до 36 дБ (CD_RANGE), добавочного шума с плоской PSD –140 дБм/Гц на

приемнике с частотой пропуска коллизий менее 10^{-4} и частотой ошибочного обнаружения коллизий менее 10^{-3} , где начало конфликтующего кадра может быть расположено в какой угодно точке, смещенной относительно первого символа передаваемого кадра либо влево (раньше первого символа передаваемого кадра) на величину до 12 мкс (CD_OFFSET_EARLY), либо вправо (позже первого символа передаваемого кадра) на величину до 15 мкс (CD_OFFSET_LATE). Эти же требования должны выполняться для Шлейфа 9, показанного в Приложении В.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В случае если пропущена коллизия, возрастает вероятность возникновения обнаруженных и необнаруженных ошибок в полезной нагрузке. В связи с этим, реализации Обнаружения коллизий должны быть построены таким образом, чтобы скорее обнаружить ложную коллизию, чем пропустить реально произошедшую, поскольку первое ведет к менее опасным последствиям.

7.2.5 Разрешение коллизий в режиме АМАС

Коллизия возникает тогда, когда две или более станции активны с готовыми кадрами и оспаривают право доступа к каналу приблизительно в одно и то же время; в общем случае коллизии возникают между кадрами с одним и тем же уровнем приоритета. Запускается распределенный алгоритм разрешения коллизий, в результате выполнения которого станции упорядочиваются по Уровням отсрочки (Backoff Levels), причем только одна станция имеет Уровень отсрочки 0 и может занять канал. После того, как "выигравшая" станция завершает передачу, все станции уменьшают свои Уровни отсрочки, если они более 0, и новая станция (станции) с Уровнем отсрочки 0 пытается (пытаются) начать передачу. Все станции, даже те, у которых нет кадров для передачи, отслеживают активность в среде передачи. Кроме этого, цикл разрешения коллизии является закрытым, таким образом, станциям, которые не конфликтовали, не разрешается оспаривать право доступа к среде передачи до тех пор, пока все конфликтовавшие станции не передадут один кадр успешно, или не откажутся от своего права на передачу ожидающего кадра. В конце концов, все станции, оспаривавшие право на доступ в первоначальной коллизии, получают доступ к каналу, и цикл разрешения коллизии заканчивается. Результатом этого является четкое ограничение запаздывания доступа.

Данный механизм отличается от механизма Двоичной экспоненциальной отсрочки (БЕВ), используемого в других версиях Ethernet, где Уровень отсрочки не определяет конфликтный слот, выбираемый станцией – все станции данного уровня приоритета оспаривают право на доступ в слот, соответствующий приоритету доступа. Вместо этого, станции с Уровнем отсрочки отличным от нуля задерживают оспаривание права на доступ, пока передают станции с Уровнем отсрочки 0. Используемый метод называется Организация очереди на основе распределения приоритетов (DFPQ).

Каждая станция поддерживает 8 счетчиков Уровней отсрочки (BL), по одному на каждый приоритет. При инициализации счетчикам BL присваивается значение 0.

Уровень приоритета коллизии может быть выведен из Слота приоритета, в который случается коллизия.

Рассмотрим случай, когда все станции оспаривают право на доступ с одним приоритетом. После коллизии и IFG присутствуют три специальных Сигнальных слота (S0...S2) до того, как начинается нормальная последовательность конфликтных Слотов приоритета (см. Рисунок 7-7). Сигнальные слоты присутствуют только после коллизии, их нет после успешных передач.

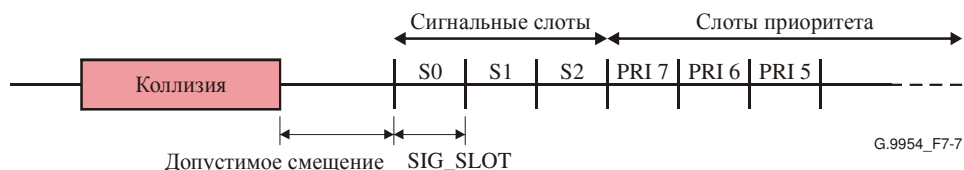


Рисунок 7-7/G.9954 – Сигнальные слоты

Каждая станция выбирает псевдослучайным способом один из слотов и передает сигнал BACKOFF20, определенный ниже; возможный метод генерирования псевдослучайного номера слота обсуждается в Дополнении VII. В один и тот же слот сигнал BACKOFF20 может быть передан более чем одной станцией. Активные станции передают сигналы BACKOFF20 для указания информации об очередности, определяющей новые Уровни отсрочки, которые будут использоваться.

Для передач с приоритетом PNY 7 станция может (не обязательно) использовать Протокол управления коллизиями (определенный в п. 10.12) для динамического определения уникальной последовательности значений Слотов коллизии заранее, что обеспечивает детерминированное разрешение коллизий между станциями, использующими этот протокол. Для данного цикла разрешения коллизии с приоритетом 7, вместо того, чтобы выбрать слот случайным образом, станция, использующая этот протокол, будет выбирать следующие слоты в порядке, заданном заранее определенной Последовательностью слотов коллизии. Значение в диапазоне [0, 2] для s<x> указывает на конкретный Сигнальный слот, который должен быть использован после коллизии номер <x>, в то время как значение 3 указывает на использование случайного значения, выбранного станцией во время коллизии.

Все станции (даже те, у которых нет готового к передаче кадра) отслеживают события коллизии и Сигнальные слоты отсрочки для вычисления Уровней отсрочки. Если активная станция обнаруживает сигнал BACKOFF20 в слоте, предшествующем выбранному ей, она должна увеличить свой Уровень отсрочки. Станции с Уровнем отсрочки 0 (те, которые в настоящий момент оспаривают право на доступ), не обнаружившие сигнала BACKOFF20 в слоте, предшествующем выбранному ими, должны оставаться на Уровне отсрочки 0 и оспаривать право на доступ в слоте с приоритетом равным PRI, который идет сразу за сигнальной последовательностью BACKOFF20. В итоге, только одна станция остается на Уровне отсрочки 0 и успешно получает доступ к каналу. Станции с ожидающими передачи кадрами более высокого приоритета могут предотвратить разрешение коллизии путем передачи в слот с более высоким приоритетом.

Все станции, даже те, которые не оспаривают право на доступ к каналу, также поддерживают счетчик Максимального Уровня отсрочки (MBL) по приоритетам, который увеличивается с каждым зафиксированным сигналом BACKOFF20 и уменьшается с каждой успешно выполненной передачей. В любой момент в ходе цикла разрешения коллизии значение MBL отлично от нуля. Когда станция впервые становится активной, если MBL не равен нулю, то инициализируется BL со значением [MBL], в противном случае BL инициализируется со значением 0. Это гарантирует, что все активные в настоящий момент станции получают доступ к каналу до того, как станции смогут повторно войти в очередь ожидания.

Сигнал BACKOFF20 должен представлять собой символьную последовательность состоящую из 16 символов последовательности преамбулы (TRN16) за которой следует 4 символа последовательности EOF. Станции должны обнаруживать сигнал BACKOFF20 в Сигнальном слоте отсрочки даже в том случае, если этот слот выбран несколькими станциями.

Станции должны применять насыщающие 4-битные счетчики BL и MBL.

Ширина Сигнального слота должна составлять 32,0 мкс (SIG_SLOT). Отсчет времени первого Сигнального слота ведется от точки обнаруженного начала первого из перекрывающихся фрагментов коллизии.

Станции должны применять функцию MAC с разрешением коллизий, работа которой совпадает с процедурной моделью, описанной в следующем пункте. Ссылки на моменты времени в псевдокоде в п. 7.2.6, являются ссылками на сигнал контроля несущей, а не сигнал интерфейса W1.

7.2.6 Процедура модель доступа к среде передачи

Данная процедурная модель использует псевдокод, разработанный на основе параллельного Паскаля. Обзор данного псевдокода приводится в IEEE Std 802.3 1998 пункт 4.2.2. В синтаксис, используемый здесь, были внесены некоторые дополнительные, но очевидные упрощения. Псевдокод предполагает, что между обнаружением несущей и поступлением сигнала на интерфейс W1 нет временной задержки. Таким образом, практические реализации должны учитывать дополнительные задержки, связанные с конкретной реализацией.

Код моделирует три независимых параллельных процесса (Задержка, Передатчик, Приемник), которые взаимодействуют через совместно используемые переменные. Процесс Задержка управляется обнаружением передач в канале и распределяет во времени границы Сигнальных слотов и Слотов приоритета. Совместно используемая переменная **currentPriority** сигнализирует Передатчику, когда есть слот передачи.

{Задержка:

Цикл, ожидаем обнаружения несущей, и когда обнаруживаем, определяем, была ли

передача коллизией или действительным кадром.

Если это была коллизия, обрабатываем Сигнальные слоты и запускаем алгоритм разрешения коллизий.
В любом случае далее обрабатываем Слоты приоритета, контролируя наличие/отсутствие несущей.

"Текущий" уровень приоритета берется из слота, в котором случилась последняя коллизия.

Счетчики Уровня отсрочки (BL) Максимального уровня отсрочки (MBL) насыщаются на значениях 0 и 15.)

Const

```
nPriorities = 8; {Количество Уровней приоритета}
nSignals = 3; {Количество Сигнальных слотов}
nLevels = 16; {Количество Уровней отсрочки}
```

process Deference;

begin

```
currentPriority := 0; {Приоритет слота, в котором мы находимся}
cycle {Цикл задержки}
  sawFrame := false;
  sawCollision := false;
  while not carrierSense() do nothing; {следим за появлением несущей}
  deferring := true;
  startTime := time();
  stopTime := startTime;
  while carrierSense() do
    stopTime := time();
  if ((stopTime - startTime > CD_MIN) and
      (stopTime - startTime < CD_THRESHOLD)) or collisionSense()
    then sawCollision := true
  else sawFrame := true;
  {После коллизии обрабатываем три Сигнальных слота}
  if sawCollision then
    begin
      {ждем окончания IFG, начало отсчета от начала фрагмента уменьшает
       смещение, поскольку неопределенность начала несущей меньше
       неопределенности окончания несущей}
      while (time() - startTime < CS_IFG + CD_THRESHOLD) do nothing();
      computeSignals();
      for (i := 0; i < nSignals; i++)
        begin
          startTime := time();
          signal[i] := 0;
          if signalSlot = i then sendSignal();
          while (time() - startTime < SIG_SLOT) do
            if carrierSense() then signal[i] := 1;
          end;
        processSignals();
      end;
    end;
  if (not sawCollision) then
    begin
      {ждем окончания IFG}
      while (time() - stopTime < CS_IFG) do nothing();
      {Если последняя передача была успешной, сбрасываем Уровни отсрочки }
      BL[currentPriority] := saturate(0, nLevels-1, BL[currentPriority]-1);
      MBL[currentPriority] := saturate(0, nlevels-1, MBL[currentPriority]-1);
    end;
    {избегаем сбоя из-за несовпадения распределения времени с передатчиком,
     currentPriority должна быть установлена до окончания задержки}
    currentPriority := nPriorities-1;
    deferring := false;
    {Теперь прекращаем действие конфликтных Слотов приоритета}
    for (i := nPriorities-1; i >= 0; i--)
      begin
        slotTime := time();
        currentPriority := i;
        while (time() - slotTime < PRI_SLOT) do
          if carrierSense() then endcycle; {перезапуск цикла задержки}
        {Если Слот приоритета прошел без претендентов, то уровень приоритета
         должен оставаться неизменным. Практика показывает, что необходимо
```

```

        убедиться, что сброшены счетчики отсрочки}
        BL[currentPriority] := 0;
        MBL[currentPriority] := 0;
    end;
end; {cycle}
end; {Deference}

{computeSignals: Определяем, какой сигнал передавать}
function computeSignals();
begin
    signalSlot := -1; {-1 означает, что нет сигнала для передачи, инициализация}
    if (txReady and (txPriority = currentPriority) and BL[txPriority]=0) then
        if (txPriority = 7 and activeCSSClient) then
            {Необязательное значение слота коллизии для приоритета PHY 7,
            присвоенное CSS}
            if (slotSequence[Ncollisions] = 3 or Ncollisions > 8) then
                signalSlot = integerRandom(nSignals); {Используем случайное значение}
            else
                signalSlot = slotSequence[Ncollisions]; {Используем назначенное
                значение}
            end;
        else
            {Normal random signal slot selection}
            signalSlot = integerRandom(nSignals); {выбираем Сигнальный слот
            отсрочки}
        end;
    end; {computeSignals}

{processSignals: Обрабатываем полученные сигналы, настраивая Уровни отсрочки}
function processSignals();
begin
    psignals := 0;
    for (i=0; i < nSignals; i++)
        if signal[i] then psignals++;
    if (txReady and (txPriority = currentPriority)) then
        begin
            backoffLevel := BL[currentPriority];
            if backoffLevel = 0 then
                begin
                    tem := 0;
                    for (i=0; i < signalSlot; i++)
                        if signal[i] then tem++;
                    BL[currentPriority] := saturate(0,nLevels-1,tem);
                end;
            if backoffLevel > 0 then
                if psignals > 0 then
                    BL[currentPriority] :=
                        saturate(0,nLevels-1,backoffLevel + psignals-1);
                end;
            if psignals > 0 then
                begin
                    if MBL[currentPriority] = 0 then MBL[currentPriority] := psignals;
                    else MBL[currentPriority] = saturate(0,nLevels-1,MBL[currentPriority]
                    + psignals-1);
                end;
            end;
        end; {processSignals}

{Transmitter: Ожидаем получения txReady и txPriority от процесса Канального
уровня. Отправляем txFinished когда кадр отправлен.}
process Transmitter;
begin
    cycle
    while (not txReady) do nothing();
    BL[txPriority] := MBL[txPriority];
    Ncollisions = 0;
    while (not (txPriority >= currentPriority and BL[txPriority]=0)
        or deferring)
        do nothing();
    ttime := time();
    xmtDataOn(); {start data transmitting}
    while xmtBusy() and (time() - ttime < CD_FRAG) do
        begin

```

```

    if collisionSense() then
    begin
        xmtDataOff(); {отключаем после отправки минимального фрагмента
                        коллизии}
        Ncollisions++; {для прекращения работы в случае превышения лимита
                        коллизий}
        if Ncollisions = attemptLimit-1 then txFinished();
        endcycle;
    end;
end;
while xmtBusy() do nothing();
txReady := false;
txFinished();      {сигнализируем Канальному уровню о том, что кадр был
                    передан}
end; { cycle }
end; { Transmitter }

{collisionSense: }
function collisionSense();
begin
    {Во время передачи обнаруживаем наличие второй передачи.
    Во время приема обнаруживаем перекрывающиеся передачи}
end; { collisionSense }

{Receiver: }
process Receiver;
begin
    {Ожидаем обнаружения несущей. Демодулируем полученные сигналы в кадры.
    Отвергаем фрагменты коллизии. Определяем границы кадра. Проверяем FCS.
    Фильтруем на основе адреса получателя. Осуществляем необязательную
    сигнализацию канального уровня и прочие функции контроллера.}
end; { Receiver }

```

7.2.7 Параметры асинхронного MAC

В данном пункте определяются параметры АМАС, которые заменяют все прочие значения этих параметров в других частях настоящей Рекомендации. Там, где указано допустимое отклонение, $\Delta = 63$ наносекунды (см. Таблицу 7-1).

7.2.7.1 Минимальный и максимальный размеры кадров канального уровня

Кадр канального уровня состоит из полей от DA до FCS до инкапсуляции кадра уровня PHY. Все станции PNT должны передавать кадры канального уровня размером минимум 64 октета. Поле, содержащее полезную нагрузку, с кадрами Канального уровня размером менее minFrameSize, должно дополняться октетами любого значения, добавляемыми после включенной ранее полезной нагрузки, с тем, чтобы увеличить размер кадра до minFrameSize.

Максимальный стандартный кадр Ethernet содержит 1518 октетов, однако некоторые инкапсуляции Канального уровня PNT могут добавлять дополнительные октеты.

Все станции PNT должны иметь возможность принимать и отправлять кадры размером до 1526 октетов. Никакая станция PNT не должна передавать кадры Канального уровня размером более $(512 \times \text{бит/символ} \times \text{скорость (Бод)})$ октетов. Указанное количество октетов включает поля от DA до FCS, но не включает преамбулу, заголовок, CRC-16 или PAD или EOF. В результате, получается максимальная продолжительность кадра (максимальное значение TX_FRAME) 4166 микросекунд для кадра с PE=15. Станция G.9954 должна принимать значение максимального размера кадра, отправляемого данному DA, по умолчанию равным 1526 октетов до тех пор, пока она не установит, что приемник поддерживает единицы передачи большего размера (например, используя объявление CSA в CSA_MTU, см. "Протоколы канального уровня для G.9954").

Эти максимумы устанавливают верхнюю границу длительности данной передачи и верхнюю границу максимального размера кадра, который должны принимать приемники.

7.3 Синхронный режим работы MAC

В случае присутствия устройства-ведущего G.9954, все станции сетевого сегмента G.9954 должны запускать Синхронный режим MAC для координации доступа к совместно используемой среде передачи.

Параметры распределения времени для режима SMAC основываются на аналогичных параметрах для режима АМАС и определены в п.п. 7.3.7 и 7.3.8.

Доступ к среде передачи в синхронной сети контролируется ведущим при помощи Плана доступа к среде передачи (MAP). Время доступа к среде в MAP разбито на интервалы, доступные для передачи (TXOP) с заданной длиной и временем начала, которые выделяются конкретным сетевым устройствам в соответствии с их потребностями в ресурсах. Распределение времени доступа к среде планируется ведущим таким образом, чтобы в нормальных условиях избегать коллизий. Однако коллизии могут все-таки происходить в интервалы, доступные для передачи, обозначенные как Конфликтные периоды (CP). В конфликтные периоды метод доступа к среде передачи, используемый узлами G.9954, должен базироваться на режиме работы АМАС, за тем исключением, что передачи ограничены окончанием конфликтного периода. Коллизии также разрешаются с использованием метода разрешения коллизий АМАС (DFPQ), описанного в п. 7.2.5. Процесс разрешения коллизии может быть или не быть ограничен рамками конфликтного периода в зависимости от решения ведущего по поводу данной политики, сигнализированного в MAP.

Детальная информация по протоколу SMAC приводится в последующих пунктах.

7.3.1 Сетевые устройства и идентификаторы устройств (DEVICE_ID)

Устройства G.9954 идентифицируются глобально уникальным 48-битным универсальным адресом MAC.

Устройства G.9954, которым требуются контракты QoS, должны ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬСЯ у ведущего и идентифицировать себя при помощи глобально уникального 48-битного универсального адреса MAC. Адрес MAC используется ведущим при допуске к сети в качестве уникального ключа для идентификации устройств.

Устройству G.9954, которое было допущено в синхронную сеть G.9954 ведущим, присваивается *короткий* адрес, известный как DEVICE_ID. DEVICE_ID используется для идентификации назначения TXOP устройствам. Устройство G.9954 информируется о присвоенном DEVICE_ID ведущим в ходе выполнения Протокола допуска к сети (см. п. 10.15).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Короткие адреса используются как для повышения эффективности работы протокола, так и для того, чтобы гарантировать, что устройства, которым требуются гарантии QoS, прошли через прозрачную процедуру допуска к сети, для того чтобы использовать сетевые ресурсы.

Сетевой DEVICE_ID представляет собой 6-битную структуру со значениями в диапазоне от 0 до 63. DEVICE_ID является уникальным в границах сети.

Определены следующие DEVICE_ID:

Таблица 7-2/G.9954 – Определение DEVICE_ID

Наим. устройства	DEVICE_ID	Описание
Устройство NULL	0	NULL (не определенный) DEVICE_ID.
Устройство-ведущий	1	Идентификатор выбранного ведущего сети G.9954.
Зарезервировано	2–63	DEVICE_ID, зарезервированные для присвоения допущенным устройствам, требующим гарантий QoS

7.3.2 Поток услуг и идентификаторы потока (FLOW_ID)

Поток услуги (или, для краткости, просто *поток*) – это односторонний логический канал связи между устройством-источником и устройством-получателем. Он ориентирован на услугу и идентифицируется FLOW_ID. Устройство может поддерживать несколько потоков услуг, где каждый из них будет идентифицироваться FLOW_ID. FLOW_ID представляет собой 4-битный номер в диапазоне от 0 до 15. Поток уникальным образом идентифицируется в сети при помощи кортежа (Адрес источника, Адрес получателя, FLOW_ID). Это подразумевает, что между источником и получателем может быть до 15 потоков, при том, что FLOW_ID со значением ноль обозначает NULL (не определенный) FLOW_ID.

7.3.3 Распределение времени синхронного MAC

7.3.3.1 Цикл MAC

Доступ к среде передачи в режиме SMAC осуществляется в контексте периодических циклов MAC. Каждый период цикла MAC начинается с передачи ведущим Плана доступа к среде передачи (MAP) и заканчивается с окончанием запланированного периода доступа к среде, описанного в MAP. Сетевые устройства G.9954 должны синхронизироваться с циклом MAC путем обнаружения наличия сообщения MAP и осуществления доступа к среде передачи в соответствии с Планом доступа к среде, описанным в MAP. MAP описывает распределение периодов, доступных для передачи (TXOP) устройствам и/или потокам услуг в сети. TXOP описывается через время начала, длительность и устройство или услугу, которые могут передавать в течение этого TXOP. Временные обозначения в MAP делаются относительно начала цикла MAC, который описывает MAP. Начало первого символа Преамбулы принятой передачи MAP является временем 0.

MAP должен описывать интервалы TXOP в цикле MAC, идущем сразу же за тем циклом, в котором получен MAP. Это означает, что сообщение MAP, которое начинает цикл MAC N описывает интервалы TXOP в цикле MAC N+1. Это иллюстрирует Рисунок 7-8.

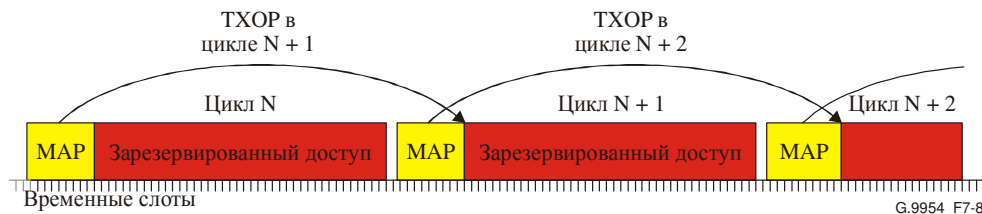


Рисунок 7-8/G.9954 – Цикл MAC и расположение MAP

Циклы MAC разделены межцикловыми интервалами (CS_ICG). Межцикловой интервал – это гарантированный минимальный период времени, в течение которого среда бездействует по данным функции контроля несущей. Длительность интервала измеряется от последнего символа последовательности EOF последнего кадра в цикле MAC до первого символа Преамбулы передачи MAP. Пакеты Физического уровня внутри цикла MAC разделяются межкадровыми интервалами (MAP_IFG), как определено в п. 7.3.3.3.

Ведущий G.9954 должен выделять время среды для CS_IFG и MAP_IFG и кодировать его внутри определения TXOP, описанных в MAP. Каждый TXOP должен содержать время среды, которое включает интервал перед следующей передачей.

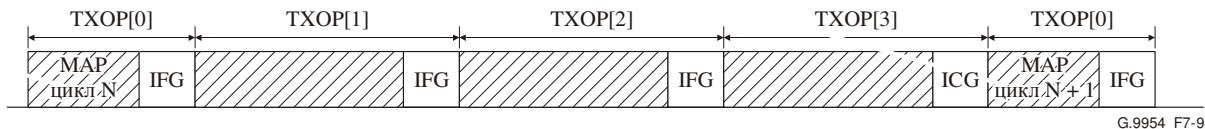


Рисунок 7-9/G.9954 – Учет MAP_IFG и CS_ICG

Реальная длительность CS_IFG и MAP_IFG определены в п. 7.3.8.

7.3.3.2 Длительность цикла MAC

Циклы MAC являются периодическими и, как правило, имеют постоянную длительность. Реальная длительность цикла MAC может динамически изменяться от цикла к циклу в границах от CYCLE_MIN до CYCLE_MAX в зависимости от ограничений и решений, связанных с планированием времени.

Длительность цикла MAC, описываемого MAP, явным образом закодирована в MAP.

Поскольку MAP описывает План доступа к среде передачи для следующего цикла MAC, изменения длительности цикла MAC всегда вступают в силу только через два цикла MAC. Это иллюстрируется на Рисунке 7-10.

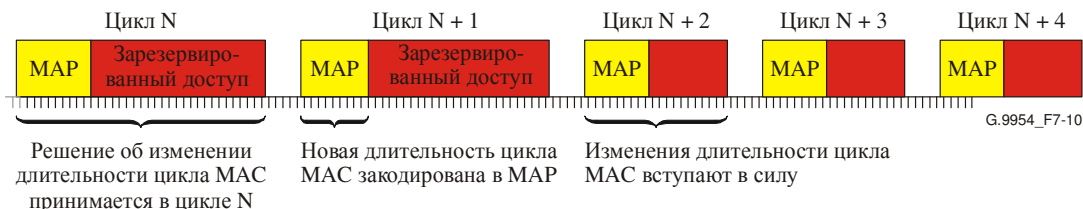


Рисунок 7-10/G.9954 – Переменная длительность цикла MAC

7.3.3.3 План доступа к среде передачи (MAP)

Контрольный кадр MAP сигнализирует о начале цикла MAC ("текущего" цикла MAC) и описывает интервалы TXOP, запланированные в следующем цикле MAC. "Текущий" цикл MAC идентифицируется при помощи Порядкового номера, содержащегося в кадре MAP, с которого начинается цикл. "Следующий" цикл MAC это цикл MAC, идущий за "текущим" и имеющий Порядковый номер на единицу больше чем у "текущего" цикла MAC (вычисленный средствами модульной арифметики).

План доступа к среде передачи, описанный в кадре MAP, охватывает только один цикл MAC. Поскольку кадр MAP описывает План доступа к среде для следующего цикла MAC, MAP становится актуальным в момент начала следующего цикла MAC и остается актуальным до начала цикла MAC, следующего за этим. Информация, содержащаяся в MAP, становится устаревшей в конце того цикла MAC, который она описывает.

Сетевое устройство G.9954 НЕ ДОЛЖНО передавать в цикле MAC, для которого у него не имеется действительного и актуального (не устаревшего) MAP.

Кадр MAP должен идентифицироваться кадром с Типом Кадра (FT = 0x90) (например, Подтип Кадра (FS = 0x01)) и имеет структуру, приведенную на Рисунке 7-11.

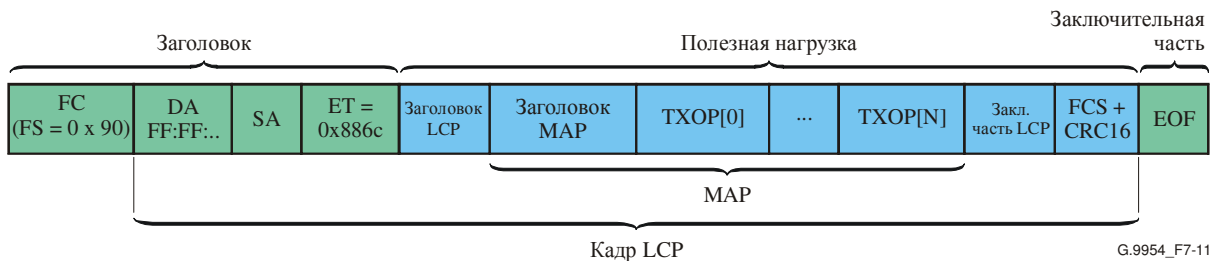


Рисунок 7-11/G.9954 – Структура кадра MAP

Кадр MAP должен быть закодирован как кадр Протокола Канального уровня (LCP), где полезная нагрузка будет состоять из заголовка MAP фиксированной длины и таблицы интервалов TXOP переменной длины. Количество TXOP в MAP кодируется в заголовке MAP. Размер Контрольного кадра MAP не должен превосходить размер стандартного кадра Ethernet (например, полезная нагрузка 1500 байт).

В стандартном кадре Ethernet с объемом полезной нагрузки 1500 байт, 1480 байт доступны для таблицы TXOP переменной длины (после отбрасывания заголовков LCP и MAP). Это означает, что количество записей в таблице TXOP не будет превышать 370. Учитывая, что максимальный размер цикла MAC составляет 50 миллисекунд и минимальный размер кадра составляет 92,5 мкс + 29 мкс (интервал), максимальное теоретически возможное количество записей в таблице MAP ограничено $50000/(92,5 + 29) = 411$ -ю TXOP. Предполагается, что на практике количество TXOP в MAP будет значительно меньше теоретического предела на количество порядка десятков записей.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Формат Контрольного кадра Канального уровня используется для удобства, чтобы MAP мог быть с легкостью передан более высоким уровням протокола (возможно, находящимся в стеке драйвера за интерфейсом стандарта IEEE 802.3).

Кадр MAP всегда должен передаваться широковещательным способом ("broadcast" в качестве адреса получателя) и все его содержимое должно передаваться с использованием наиболее надежного способа кодирования (Маска #2, 2 МБод, 2 бита/символ – PE = 33).

MAP содержит информацию, приведенную в Таблице 7-3:

Таблица 7-3/G.9954 – Информация MAP

Имя поля	Размер поля [биты]	Описание
MAP HEADER (Заголовок MAP)	3 × 32	
ControlField (Контрольное поле)	32	Набор контрольных полей, предназначенных для контроля над работой конечных узлов. Кодирование данного поля приведено ниже:
Modified (Изменен)	1	Указывает, что таблица TXOP, определенная в данном MAP, отличается от таблицы TXOP, определенной в "предыдущем" MAP, где "предыдущий" MAP определен как MAP, отправленный в предыдущем цикле MAC с <i>Порядковым номером</i> на единицу меньше чем "текущий" <i>Порядковый номер</i> (вычисленный средствами модульной арифметики). 0 MAP такой же, как и в "предыдущем" цикле. 1 MAP был изменен по сравнению с MAP из "предыдущего" цикла. Данный флаг может быть использован любой конечной точкой для локальной оптимизации.
CycleLatency RepairMethod (Метод устранения запаздывания цикла)	2	Метод устранения запаздывания цикла, который должен использоваться конечными точками, если начало цикла MAC (указанное временем поступления MAP) задержано по сравнению с запланированным временем поступления. Для получения дополнительной информации см. п. 8.6.4. 0 Нет – Не использовать методы устранения запаздывания на начале цикла 1 Подстройка часов – Изменение времени часов, используемых для распределения времени передач SMAC на начале цикла на величину, равную сдвигу задержки. 2–3 Зарезервировано для использования в будущем
Collision Resolution Method (Метод разрешения коллизий)	2	Метод разрешения коллизий (CR), используемый для разрешения коллизий в интервалы TXOP, обозначенные как конфликтные периоды. 0 DFPQ (G.9951/2-style CR). 1 Ограниченный DFPQ (DFPQ, где CR заключено в границы STXOP или UTXOP). 2,3 Зарезервировано для использования в будущем Для получения дополнительной информации по разрешению коллизий в режиме SMAC см. п. 7.3.7.

Таблица 7-3/G.9954 – Информация MAP

Имя поля	Размер поля [биты]	Описание
• • SMAC_EXIT	1	Выход из синхронного режима MAC. Данный флаг используется ведущим, для того чтобы объявить о своем намерении прекратить выступать в роли ведущего и рассылать кадры MAP. Конечные узлы интерпретируют данный флаг как команду выйти из режима SMAC и начать работать в режиме AMAC. Конечная точка должна проигнорировать содержимое таблицы TXOP в MAP, флаг SMAC_EXIT которого установлен в положение "Истина". Конечное устройство должно войти в режим AMAC по окончании текущего цикла MAC. 0 Остаться в режиме SMAC. 1 Выйти из режима SMAC.
• • AMAC_DETECTED	1	Ведущий обнаружил присутствие устройства, работающего в режиме AMAC. Метод определения ведущим устройств, работающих в режиме MAC зависит от конкретной реализации. 0 Устройство, работающее в режиме AMAC, НЕ обнаружено. 1 Устройство, работающее в режиме AMAC, обнаружено.
• • CP Priority Limit (Лимит приоритета CP)	3	Наивысший приоритет, который должны использовать узлы G.9954 для передачи в конфликтный период (СТХОР). Может контролироваться с целью дать приоритет бесконфликтным периодам (CF TXs) в среде (например, смешанной сети из устройств G.9951/2 и G.9954), где интервалы CF и CP могут конфликтовать. Определены значения: 0..7 Уровни приоритета
• • MAP_IFG	6	Размер межкадрового интервала (IFG), запланированного между TXOP ведущим. Молчание MAP_IFG должно быть гарантировано всеми конечными точками в конце их TXOP. MAP_IFG измеряется в мкс (микросекундах) в диапазоне от CS_IFG (29) до 63 мкс.
• • Reserved (Зарезервировано)	16	Зарезервировано для использования в будущем. Должно передаваться как 0 и игнорироваться приемником.
• Reserved (Зарезервировано)	32	Зарезервировано для использования в будущем. Должно передаваться как 0 и игнорироваться приемником.
• SequenceNumber (Порядковый номер)	16	Порядковый номер MAC. Счетчик по модулю, который увеличивается с каждым циклом MAC.
• NumTXOPs (Количество TXOP)	16	Количество Записей в карте распределения. Как правило, минимальное количество записей в MAP равно 2 (одна для следующего MAP и одна для НЕРАСПРЕДЕЛЕННОГО TXOP). В случае, если флаг SMAC_EXIT установлен в положение "Истина", количество записей может быть равно 0. Максимальное количество записей ограничено максимальным размером контрольного кадра MAP, как описано выше.
TXOP_TABLE	N × 32	Таблица дескрипторов TXOP переменной длины, где N определяется NumTXOPs.
• TXOP[1]	32	Кодирование дескриптора TXOP приводится ниже:
• • Reserved (Зарезервировано)	1	Зарезервировано для использования в будущем. В данном поле передатчиком должно быть установлено значение 0 и оно должно быть проигнорировано приемником.

Таблица 7-3/G.9954 – Информация MAP

Имя поля	Размер поля [биты]	Описание
• • TXOP_Length (Длительность TXOP)	15	Длительность TXOP в единицах TIME_SLOT. TIME_SLOT определяется в п. 7.3.3.5.
• • TXOP_ID	16	Идентификатор, используемый для связывания TXOP с потоком услуги. TXOP_ID представляет собой уникальный идентификатор, действующий в границах всей системы, состоящий из полей, описанных ниже:
• • • SrcDeviceID	6	<i>Device_ID</i> устройства на источнике потока
• • • UniqueFlowID	10	Уникальный идентификатор потока в контексте устройства на источнике данного потока (например, <i>SrcDeviceID</i>).
• ...		
• TXOP[N]	32	N-й TXOP в таблице TXOP, где N=NumTXOPs.

ControlField (Контрольное поле) MAP представляет собой набор флагов, используемых для сигнализации контрольной информации конечным узлам сети и для контроля над работой конечных узлов. *ControlField* предоставляет базовый механизм доведения стратегических решений ведущего, принятых по поводу обнаружения определенных событий, до конечных узлов. Обсуждение алгоритмов, используемых ведущим для принятия стратегических решений, выходит за рамки данной Рекомендации.

SequenceNumber (Порядковый номер) может использоваться для обнаружения потерянных MAP и для проверки того, что "текущий" MAP, находящийся у узла, является "действительным" и "не устаревшим". *SequenceNumber* увеличивается на 16 бит по модулю с каждым MAP.

Набор TXOP, запланированных на следующий цикл MAC, описывается в TXOP_TABLE (Таблице TXOP). Каждая запись таблицы содержит дескриптор, описывающий назначение TXOP какому-либо устройству или услуге (потоку услуги) или группе устройств или услуг. Назначение TXOP описывается с использованием кортежа (*SrcDeviceID*, *UniqueFlowID*). Для получения дополнительной информации по адресации TXOP см. п. 7.3.3.4.

Первая запись в таблице TXOP должна быть назначена ведущему (в случае, если для флага SMAC_EXIT не установлено значение "Истина") и данный TXOP должен быть использован для передачи следующего контрольного кадра MAP.

Поскольку MAP описывает TXOP в следующем цикле MAC, изменения длительности TXOP MAP (например, TXOP[1]) в действительности вступают в силу только через 2 цикла MAC. Это означает, что решение об увеличении TXOP MAP, принятое в цикле N должно быть описано в MAP Цикла N+1, однако фактически вступит в силу только в цикле N+2.

Для получения более подробной информации по структуре контрольного кадра MAP см. п. 10.14.1.

7.3.3.4 Интервалы, доступные для передачи (TXOP)

Внутренняя структура цикла MAC показана на Рисунке 7-12. Здесь показан пример структуры цикла MAC, состоящего из интервалов, доступных для передачи (TXOP) различных типов. Определены следующие типы TXOP.

- Бесконфликтный TXOP (CFTXOP) – TXOP, выделенный отдельному (единичному) устройству или потоку услуги.
- Конфликтный TXOP (CTXOP) – TXOP, в течение которого доступ осуществляется группой сетевых устройств или потоков услуг на основе оспаривания права на доступ.
- Нераспределенный TXOP (UTXOP) – Нераспределенный TXOP – это тип конфликтного TXOP, в течение которого любое сетевое устройство может передавать на основе оспаривания права на доступ к среде.

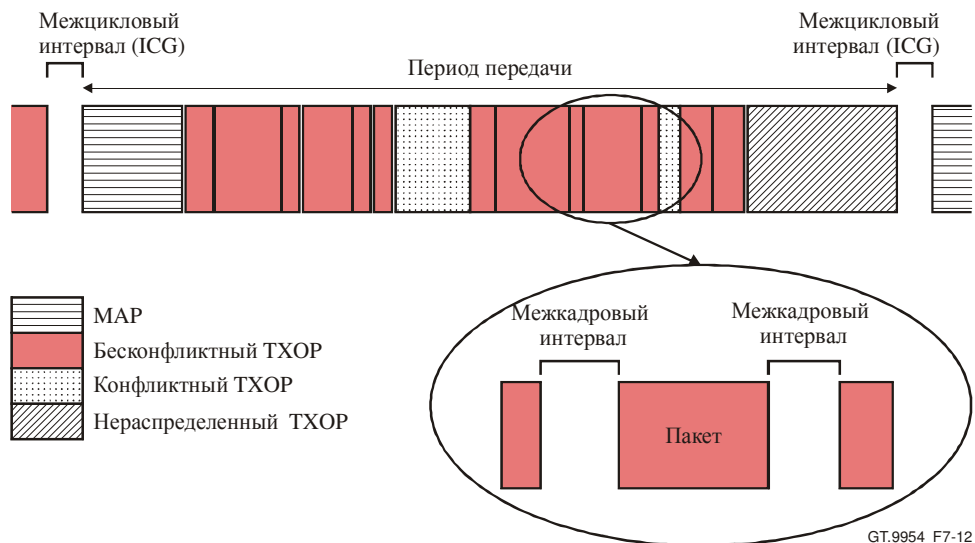


Рисунок 7-12/G.9954 – Структура цикла MAC

MAP должен передаваться в начале каждого цикла MAC в первом TXOP цикла (как описано в предыдущем MAP). TXOP, используемый для передачи MAP, является, по определению, бесконфликтным TXOP (CFTXOP) и выделяется исключительно ведущему. Он идентифицируется по адресу TXOP MAP, как определено в п. 7.3.3.4.2.

Ведущий должен планировать доступ к среде передачи в течение цикла MAC путем деления всего доступного времени доступа к среде внутри цикла MAC на интервалы TXOP. Ведущий должен распределить бесконфликтные TXOP (CFTXOP) и конфликтные TXOP (STXOP) между допущенными услугами, требующими контрактов QoS. Время доступа к среде передачи, оставшееся неиспользованным после того, как все TXOP были распределены между конкретными устройствами, услугами или группами, обозначается ведущим как UTXOP (нераспределенные TXOP). Эти интервалы могут быть использованы любым устройством на основе оспаривания права на доступ для передачи незапланированного трафика, услуг "best-effort", протоколов управления или контроля сети или трафика, для которого не требуются явные гарантии QoS.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Ширина полосы пропускания, выделенная сетевому устройству для передачи, может быть рассредоточена по нескольким TXOP внутри цикла MAC. Хотя алгоритмы управления ресурсами и планирования ведущего и должны попытаться собрать выделенную полосу пропускания вместе (для того чтобы уменьшить возможное количество пакетов физического уровня), может потребоваться рассредоточить выделение по циклу с тем, чтобы вписаться в ограничения QoS. Такая ситуация может возникнуть, в частности, с потоками CBR. Аналогично, нераспределенные TXOP могут быть разбросаны по циклу MAC. Положение и длительность TXOP внутри цикла MAC целиком и полностью являются результатом решений ведущего и в связи с этим в рамках данной Рекомендации не обсуждаются.

Доступ к среде передачи в интервалы STXOP и UTXOP должен осуществляться с использованием метода доступа к среде на основе оспаривания права на доступ, основанного на режиме работы АМАС. Коллизии внутри интервалов STXOP и UTXOP, если они происходят, разрешаются методом разрешения коллизий SMAC – см. п. 7.3.7.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Коллизии могут случиться и в интервале CFTXOP в смешанной сети из узлов G.9954 и G.9951/2.

Для получения более подробной информации по схемам разрешения коллизий см. п. 7.3.7.

7.3.3.4.1 Идентификаторы TXOP (TXOP_ID)

Все TXOP, определенные в MAP, должны быть назначены ведущим отдельным устройствам или потокам на основе доступа к среде без споров или группам устройств или потоков для использования на основе оспаривания права на доступ к среде передачи.

Назначение TXOP устройствам и потокам описывается идентификатором TXOP или TXOP_ID. TXOP_ID, формируемый кортежем (*SrcDeviceID*, *UniqueFlowID*), где *SrcDeviceID* идентифицирует устройство-источник потока, а *UniqueFlowID* – уникальный идентификатор потока в контексте

SrcDeviceID. TXOP должен быть назначен потоку ведущим при создании потока, о чем должно быть сообщено устройству-источнику потока при помощи сообщений Протокола сигнализации потоков.

Устройство должно передавать в TXOP только в том случае, если устройство является источником потока, которому назначен данный TXOP. Устройство также может передавать в определенные предписанные TXOP, если обладает данными, соответствующими семантике этих предписанных TXOP.

7.3.3.4.2 Предписанные TXOP

Предписанные TXOP представляют собой особый род интервалов, доступных для передачи, которые используются для передачи сообщений четко определенных типов услуг. Предписанные TXOP идентифицируются ограниченным набором TXOP_ID. Все предписанные TXOP начинаются с компонента SrcDeviceID, равного нулю. Это определение позволяет использовать до 1024 адресуемых предписанных TXOP.

Значения и семантика предписанных TXOP в явном виде известны всем узлам G.9954. Список предписанных TXOP приведен в Таблице 7-4.

Таблица 7-4/G.9954 – Предписанные TXOP

НАИМЕНОВАНИЕ TXOP	TXOP_ID	СЕМАНТИКА
НЕРАСПРЕДЕЛЕННЫЙ (UTXOP)	0	Идентифицирует нераспределенный интервал, доступный для передачи. Этот интервал доступен любому устройству или потоку на основе оспаривания права на доступ. В UTXOP может быть передан любой тип трафика.
Регистрация (LCP)	1	Идентифицирует конфликтный TXOP, зарезервированный только для сообщений протокола Контроля доступа к сети LLC (Регистрация)(см. п. 10.15).
Управление (LCP)	2	Идентифицирует конфликтный TXOP, зарезервированный только для сообщений протокола Управления каналами передачи LLC
G.9951/2	3	Идентифицирует конфликтный TXOP, зарезервированный для передач только "родных" устройств G.9951/2.
Best-Effort	4	Конфликтный TXOP, который может быть использован для передачи данных, связанных с услугой класса Best-Effort, где услуга класса Best-Effort определяется потоком трафика с Приоритетом канального уровня равным 0. Для получения дополнительной информации по услугам класса Best-Effort см. п. 9.2.5 и п. 10.6.7.1 о Перераспределении приоритетов канального уровня.
Зарезервировано	5 ... 1023	Зарезервировано для использования в будущем.

Устройство G.9954 должно передавать в предписанный TXOP только те кадры, которые соответствуют семантике, определенной для данного TXOP, и ни в коем случае НЕ должно использовать данный TXOP для передачи какого-либо другого трафика, отличного от предписанного для данного TXOP.

7.3.3.4.3 Передачи в UTXOP

Нераспределенное время доступа к среде внутри цикла MAC должно быть определено в MAP и обозначено ведущим как UTXOP с использованием кортежа UTXOP (см. п. 7.3.3.4.2). Любое устройство может вести передачу в UTXOP. Устройства оспаривают право на доступ к среде передачи, используя правила доступа к среде АМАС во временных границах (время начала и окончания) интервала UTXOP.

Устройство G.9954, осуществляющее доступ к среде передачи в интервал UTXOP, должно прекратить все передачи как минимум за MAP_IFG мкс до окончания интервала UTXOP, если только за ним не следует смежный интервал UTXOP. Прекращение всех передач включает и сигнализацию разрешения коллизий, если устройство вовлечено в цикл разрешения коллизии. Для получения более подробной информации по разрешению коллизий в режиме SMAC см. п. 7.3.7.

7.3.3.5 Распределение времени протокола в Синхронном режиме MAC

Параметры распределения времени протокола в режиме SMAC аналогичны параметрам в режиме AMAC. Сюда включаются следующие параметры:

- 1) Межкадровый интервал (CS_IFG);
- 2) Длительность заголовка и заключительной части PHY;
- 3) Минимальный кадр PHY (minFrameSize);
- 4) Максимальный кадр PHY (maxFrameSize);
- 5) Слот приоритета (PRI_SLOT);
- 6) Сигнальный слот (SIG_SLOT);
- 7) Фрагмент коллизии (CD_FRAG);
- 8) Порог обнаружения коллизии (CD_THRESHOLD).

Для ознакомления с полным описанием параметров распределения времени AMAC см. п. 7.2.1.1, п. 7.2.7 и п. 7.2.7.1. Ведущий должен планировать время начала TXOP[N] равным времени начала TXOP[N – 1] плюс длительность TXOP[N – 1].

Длительность каждого TXOP должна включать время доступа к среде, необходимое для передачи реальных символов кадра, а также всех необходимых *Межкадровых интервалов*, требующихся для разделения последовательно идущих пакетов Физического уровня кадров. Длительность Межкадрового интервала, используемая ведущим при расчете длительности TXOP, должна быть сигнализирована всем конечным узлам в кадре MAP (*MAP_IFG*).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Обычно TXOP заканчивается MAP_IFG. Однако длинные TXOP могут содержать промежуточные MAP_IFG для разделения пакетов Физического уровня внутри TXOP.

Устройство G.9954 не должно передавать в TXOP позже $TXOP_{\text{ПозднийПредел}} = TXOP_{\text{ВремяНачала}} + TXOP_{\text{Длительность}} - MAP_IFG$ (предполагается, что следующий TXOP назначен другому устройству).

Два последовательных TXOP с одним и тем же назначенным кортежем TXOP могут логически рассматриваться единым TXOP расширенной длительности, где расширенная длительность будет равняться сумме длительностей двух отдельных TXOP. Это позволяет поддерживать TXOP длительностью большей, чем предел, наложенный полем Длительность TXOP (TXOP Length) в MAP. В этом случае MAP_IFG не требуется между двумя этими последовательными TXOP и передача может продолжаться без учета границы между ними.

Временная шкала передачи разделена на временные слоты длительностью TIME_SLOT. Длительность TIME_SLOT должна составлять 500 ns (наносекунд). Все TXOP должны начинаться на границе TIME_SLOT. Ведущий должен округлять длительность TXOP до целого числа временных слотов при расчете MAP для цикла MAC.

Все передачи внутри TXOP должны начинаться на границе Слота приоритета или Сигнального слота в случае, если MAC все еще синхронизировано с окончанием предыдущей передачи. Если MAC не синхронизировано, передача может начинаться в любое время. В обоих случаях передача должна закончиться до окончания TXOP. Описание синхронизированного и не синхронизированного распределения времени MAC содержится в п. 7.2.1.2.

Пример:

В случае, если устройство не использует все время назначенного ему TXOP, и время начала следующего TXOP все еще синхронизировано с окончанием последней передачи, устройство G.9954 должно задержать свою передачу с тем, чтобы начать передавать на границе Слота приоритета.

Это потенциально может вызвать задержку (дрожание) максимальной длительностью PRI_SLOT – TX_ON мкс (т. е. $21 - 4 = 17$ мкс), как показано на Рисунке 7-13.

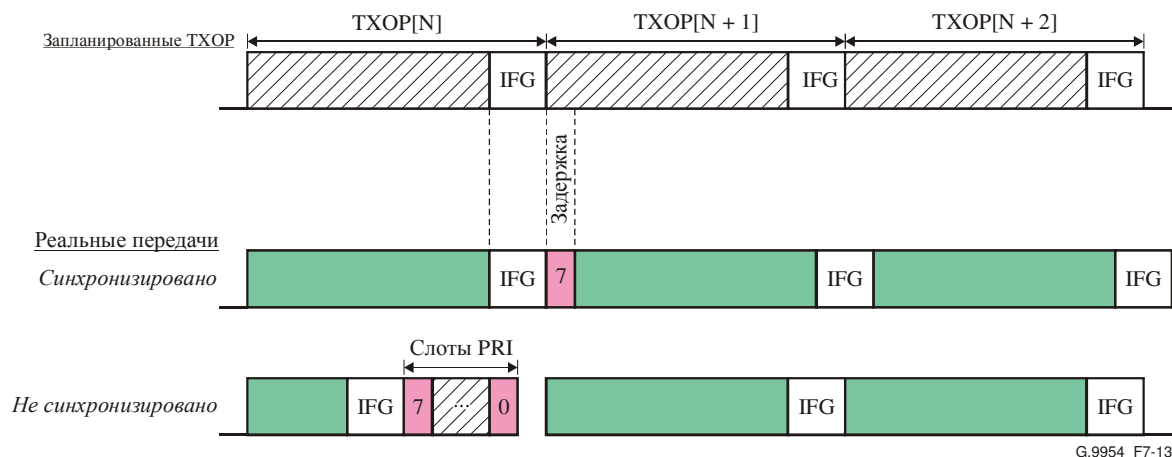


Рисунок 7-13/G.9954 – Распределение времени передачи TXOP

На диаграмме, выше, видно, что в связи с тем, что устройство не использовало весь свой TXOP (TXOP[N]), когда подошло время начала следующего TXOP, оно находится уже не в начале Слота приоритета 7, а скорее где-то после начала Слота приоритета 7. Поскольку передачи должны начинаться на границах Слотов приоритета (если MAC синхронизирован с окончанием предыдущей передачи), устройство, которому назначен TXOP, должно задержать свою передачу до начала границы следующего Слота приоритета. Задержка не накапливается, и таким образом максимальная потенциальная задержка, которую может повлечь за собой данное событие, не превышает 17 мкс.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Можно возразить, что передачу, следующую за незаполненным TXOP, следует сдвинуть вперед во времени, чтобы совместить с границей Слота приоритета 7. Это, однако, распространит данное условие на все последующие TXOP, тогда как задержка передачи до начала Слота приоритета 6 оказывает более локальное воздействие.

7.3.3.6 Синхронизация распределения времени MAC

Узлы сети должны синхронизировать свои часы с ведущими справочными часами посредством контрольного кадра MAP. Все ссылки на время, которые делаются ведущим, должны делаться относительно начала первого символа преамбулы кадра MAP. Эта опорная точка обозначает сдвиг 0 (ноль) в цикле MAC.

Текущий сдвиг внутри цикла MAC отражается в *синхронном часовом счетчике*. Этот счетчик сбрасывается с прибытием MAP и подсчитывает количество прошедших временных слотов (TIME_SLOT) относительно начала цикла MAC. Синхронизация распределения времени передачи с началом TXOP должна производиться с использованием синхронного часового счетчика.

7.3.3.7 Компенсация задержки распространения

Различные устройства в сети могут получать MAP в различное время из-за задержки распространения. Для учета отличий в задержке распространения у различных станций, ведущий должен планировать такой Межкадровый интервал (MAP_IFG) в каждом TXOP, который гарантировал бы, в худшем случае, интервал длительностью CS_IFG мкс (микросекунд) между окончанием запланированной передачи и началом следующей запланированной передачи с учетом наибольшего отклонения от запланированного времени TXOP из-за *задержки распространения*.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Реальный IFG, возникший на каждой из станций, может отличаться, в зависимости от того, когда станция получила MAP относительно часов ведущего и когда передача была запланирована ведущим. При помощи планирования MAP_IFG и обеспечения того, что каждая станция гарантированно будет иметь интервал как минимум CS_IFG, влияние задержки распространения ограничивается и длительность цикла не "плавает".

Отношение между минимально гарантированным IFG (CS_IFG), реальным IFG, "воспринятым" устройством и запланированным IFG (MAP_IFG), использованным в MAP, определены следующим образом:

$$CS_IFG \leq IFG \leq MAP_IFG + 2 \times PD,$$

где параметры, фигурирующие в неравенстве, описаны в Таблице 7-5.

Таблица 7-5/G.9954 – Параметры IFG

Параметр	Описание
<i>IFG</i>	Реальный Межкадровый интервал (IFG), "воспринятый" устройством G.9954.
<i>CS_IFG</i>	Межкадровый интервал (IFG), требующийся РНУ, для того чтобы обнаружить конец одного пакета физического уровня и начало следующего.
<i>MAP_IFG</i>	Межкадровый интервал, используемый ведущим в расчетах длительности ТХОР в MAP и определяемый как: $MAP_IFG = CS_IFG + 2 \times PD$
<i>PD</i>	Максимальная задержка распространения, взятая приблизительно для передачи со скоростью света (т. е. 300 м равны задержке в 1 мкс).

Ведущий должен планировать интервал MAP_IFG между пакетами физического уровня при расчете распределения во времени и длительности ТХОР, а также объявлять это значение MAP_IFG, использованное в расчетах, в MAP. Конечное устройство (любое конечное устройство, включая самого ведущего) должно гарантированно заканчивать передачу как минимум за MAP_IFG мкс до окончания ТХОР.

На Рисунке 7-14 показаны вариации "воспринимаемого" IFG с точки зрения различных устройств в сети при условии воздействия задержки распространения.

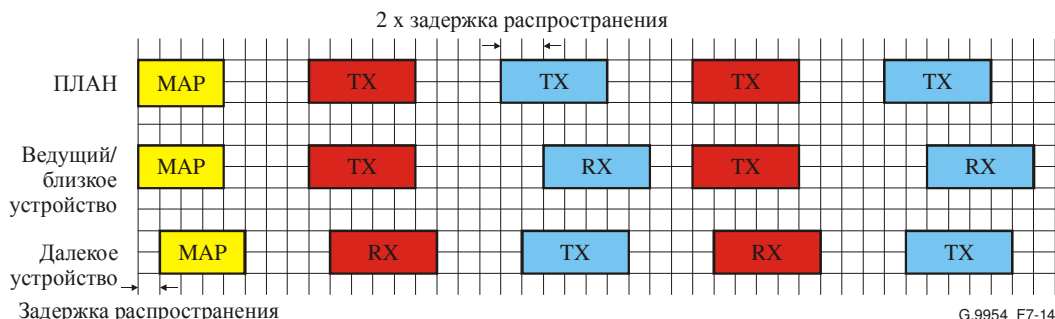


Рисунок 7-14/G.9954 – Задержка распространения

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Данный механизм достаточен для устранения необходимости синхронизации часов устройств не-ведущих с ведущими эталонными часами. Однако для некоторых применений (например, передача голоса) синхронизация с ведущими эталонными часами может оказаться важной для того, чтобы синхронизировать частоты дискретизации на более высоких уровнях. Для этих целей ведущий передает установки своих часов, используя Сообщение канального уровня Индикации отчета о временной отметке (см. п. 10.18).

7.3.4 Функциональные возможности ведущего узла G.9954

Узел G.9954 с функциональными возможностями ведущего представляет собой устройство, которое, в дополнение к поддержке всех необходимых для конечного узла G.9954 возможностей, также способно принимать на себя роль ведущего в случае отсутствия активного ведущего в сети.

Помимо перечисленных выше требований, предъявляемых к узлу G.9954, узел, желающий быть ведущим, должен поддерживать следующие функции MAC и Канального уровня, связанные с работой в качестве ведущего:

- 1) **Допуск в сеть** – Управлять допуском в сеть узлов G.9954, требующих гарантий QoS (см. п. 7.3.4.1)
- 2) **Динамический выбор ведущего** – Обнаруживать присутствие или отсутствие работающего ведущего в сети и подавать заявку на работу в качестве ведущего и принимать на себя роль ведущего сети, если необходимо (см. п. 10.16).

- 3) **Управление потоками и шириной полосы пропускания** – Управление созданием, изменением и удалением потоков услуг и распределение связанных ресурсов полосы пропускания среды в соответствии с ограничениями QoS для услуг (см. п. 7.3.4.2).
- 4) **Составление расписания** – Планирование цикла доступа к среде и составление расписания передач таким образом, чтобы соблюдались ограничения по полосе пропускания QoS, запаздыванию и дрожанию.
- 5) **Составление и распространение МАР** – составление Плана доступа к среде (МАР), который представляет собой конечный результат выполнения функций управления шириной полосы пропускания и составления расписания передач, и распространение его в каждом цикле MAC (см. 7.3.4.4).
- 6) **Работа в режиме совместимости** – обнаружение присутствия в сети работающих устройств G.9951/2 и соответствующая адаптация работы сети (см. п. 8.4).

Ведущий G.9954 должен осуществлять доступ к среде передачи, руководствуясь теми же правилами доступа к среде, что и конечные устройства (не ведущие), и в соответствии с тем же самым Планом доступа к среде передачи, который он распространяет среди конечных устройств.

Устройство G.9954 с возможностями ведущего должно иметь возможность сосуществовать в одной и той же домашней сети с другими (активными) устройствами-ведущими. В каждый момент времени в сети должно быть только одно устройство-ведущий. Выбор устройства G.9954, которое станет ведущим, должен осуществляться автоматически с использованием Протокола Канального уровня выбора ведущего G.9954 (см. п. 10.16).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – НЕ требуется, чтобы все устройства G.9954 имели функциональную возможность выступать в роли ведущего.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Значительная часть различий в работе ведущих G.9954 в различных реализациях обусловлена различными реализованными в них политиками Управления шириной полосы пропускания и Составления расписания. Поскольку данные аспекты работы ведущего выходят за рамки настоящей Рекомендации, вся приведенная здесь связанная информация приводится только в информативных целях.

7.3.4.1 Допуск в сеть

Устройство G.9954, которому требуется выделение полосы пропускания фиксированной ширины, должно сначала "зарегистрироваться" у ведущего G.9954 с использованием Протокола допуска в сеть (см. п. 10.15).

Ведущий должен ответить на запрос REGISTRATION (регистрация), проверив права запрашивающих устройств на доступ в сеть. Ведущий должен использовать адрес MAC, который запрашивающее устройство отправляет в запросе (REGISTRATION), в качестве идентификатора устройства или ключа для аутентификации устройства. В случае, если запрашивающее устройство может быть допущено в сеть, ведущий должен присвоить ему DEVICE_ID и вернуть присвоенный DEVICE_ID, а также любые другие необходимые параметры конфигурации сети запрашивающему устройству в ответе на запрос REGISTRATION. В случае, если запрашивающее устройство не может быть допущено в сеть, ведущий должен вернуть статус, указывающий на причину этого в ответе на запрос REGISTRATION.

7.3.4.2 Управление потоками и шириной полосы пропускания

Ведущий G.9954 должен поддерживать информацию о состоянии, касающуюся распределения ресурсов среды в сети и должен контролировать допуск новых услуг и распределение ресурсов среды.

Контроль допуска должен производиться таким образом, чтобы не нарушались требования к минимальным скоростям передачи данных, а также максимальным значениям запаздывания, дрожания и BER.

Ведущий должен обслуживать запросы на добавление/удаление сетевых потоков услуг, а также запросы на изменение характеристик потоков услуг с использованием Протокола сигнализации потоков канального уровня G.9954.

В случае, если поступает запрос на добавление нового потока услуги и запрошенный уровень обслуживания не может быть обеспечен, ведущий может предложить пониженный уровень обслуживания. Пониженный уровень обслуживания не должен быть ниже минимальных требований, указанных в спецификации потока услуги.

В случае, если нет достаточного количества ресурсов для того, чтобы обеспечить ими новую услугу, ведущий может попытаться понизить уровень обслуживания уже существующих услуг до их

минимальных пороговых уровней. В случае если после этого ресурсов все еще недостаточно, запрашивающему устройству должен быть возвращен статус отказа от обслуживания.

Отказ от обслуживания означает, что конкретной услуге не могут быть выданы гарантии QoS. В данном случае доступ к среде передачи все еще возможен на основе приоритетов в конфликтный ТХОР (СТХОР).

Аналогично, если, например, в результате изменения состояния, линии логического канала вызывают снижение пропускной способности сети и нарушение ограничений QoS для уже допущенных услуг, ведущий может понизить уровни обслуживания до позволенных пределов, для того чтобы попытаться обеспечить ресурсами все уже допущенные услуги. В случае если ограничения QoS для допущенного потока услуги более не могут соблюдаться, ведущий должен уведомить устройство-источник услуги о нарушении в предоставлении услуги, используя Протокол сигнализации потоков.

Изменения состояния линии реально обнаруживаются посредством Согласования скорости между устройствами на конечных точках канала. В случае, если состояние линии меняется, и передатчик вынужден использовать другой Кодирование полезной нагрузки (PE), ведущий будет оповещен об этом предающим устройством с использованием Протокола сигнализации изменения потоков. В этом случае ведущему следует выполнить перерасчет резервирования полосы пропускания среды с учетом измененного PE.

Для получения дополнительной информации по QoS и детальной информации по протоколам, используемым для добавления новых услуг, а также изменения или удаления существующих услуг в сети см. п.п. 9.4. и 10.1.2.

7.3.4.3 Составление расписания

Ведущий G.9954 должен иметь возможность распределять интервалы, доступные для передачи таким образом, чтобы устройство G.9954, передающее в назначенный ему интервал, осуществляло передачу в соответствии с ограничениями полосы пропускания QoS, запаздывания и дрожания для допущенных потоков услуг.

Ведущий-планировщик должен отвечать за балансирование запросов на ширину полосы пропускания среды, определяемых спецификациями трафика различных допущенных услуг, и общей доступной ширины полосы пропускания. Конечным результатом процесса планирования должен быть План доступа к среде передачи (MAP), где определяются выделенные различным потокам услуг интервалы, доступные для передачи.

Для каждой допущенной услуги ведущий-планировщик должен вычислять ТХОР, необходимый услуге, время начала ТХОР и длительность ТХОР. Результаты выполняемого ведущим процесса планирования должны быть использованы для составления Плана доступа к среде передачи (MAP).

Ведущий G.9954 должен гарантировать выделение минимального нераспределенного времени среды передачи (UTXOR) для передачи трафика класса best-effort и контрольных кадров управления сетью. Минимальное количество зарезервированного для этих нужд времени передачи должно равняться MIN_UTXOR_TIME. Данное время может быть рассредоточено между несколькими UTXOR, хотя ни один UTXOR не должен быть меньше, чем MIN_UTXOR_LENGTH.

Обсуждение алгоритма планирования находится за рамками данной Рекомендации, поскольку возможны различные решения на усмотрение производителей.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Алгоритм планирования должен стремиться дать строго определенные гарантии услугам CBR (изохронным), статистические гарантии услугам с переменной скоростью передачи (VBR) и не давать никаких твердых гарантий услугам класса Best-effort.

Возможность взаимодействия между ведущим и конечными точками от различных производителей обеспечивается при помощи механизма MAP, однако результаты QoS могут различаться в зависимости от реализации.

Для сравнения и оценки производительности ведущего-планировщика, сертифицированный ведущий-планировщик G.9954 должен успешно сгенерировать MAP (решение) для набора сценариев, выведенных из требований QoS, которые определены параметрами QoS для данной максимальной скорости передачи РНУ: Создание и распространение MAP.

7.3.4.4 Создание и распространение MAP

Ведущий G.9954 должен создавать и распространять План доступа к среде передачи (MAP) в каждом цикле MAC.

Новый MAP генерируется для каждого цикла, хотя таблица TXOP в MAP должна изменяться только после изменений в решениях, связанных с планированием, в результате добавления, изменения или удаления потоков услуг или изменения условий функционирования сети.

Ведущий G.9954 должен распространять MAP путем рассылки контрольного кадра MAP широкоэмитальным способом всем узлам сети. Контрольный кадр MAP должен передаваться с использованием наиболее надежного способа кодирования (PE = 33, Спектральная маска #2, 2 МБод, 2 бита/символ).

Для получения более подробной информации по MAP и структуре цикла MAC, а также распределению времени внутри цикла MAC см. п.п. 7.3.1 и 7.3.3.2. Для получения дополнительной информации по контрольному кадру MAP см. п. 10.14.1.

7.3.5 Требования к конечному узлу G.9954

Конечный узел G.9954 должен иметь возможность работать в режиме SMAC при наличии в сети ведущего G.9954.

Конечный узел G.9954 должен поддерживать как минимум следующие функции:

- 1) Синхронизация с циклом MAC – Конечный узел G.9954 должен синхронизироваться с генерируемым ведущим циклом MAC в сети, контролируемой ведущим.
- 2) Синхронизированные передачи – Конечный узел G.9954 должен действовать согласно указаниям относительно передач, содержащимся в текущем MAP и гарантировать, что передачи им будут вестись только в TXOP, назначенные ему единолично (CFTXOP) или группе, к которой он принадлежит (CTXOP) или в нераспределенные интервалы (UTXOP).
- 3) Разрешение коллизий – В случае возникновения коллизий при доступе к среде передачи, конечный узел G.9954 должен иметь возможность принимать участие в разрешении коллизии в соответствии с правилами, определенными в п.п. 7.2.5 и 7.3.7.
- 4) Работа в режиме AMAC – В случае отсутствия в сети ведущего G.9954, конечный узел G.9954 должен иметь возможность работать в соответствии с протоколом AMAC, описанным в п. 7.2, выше.

Устройство, описанное выше, не имеет возможности резервировать ширину полосы пропускания для своих передач, но учитывает выделение полосы пропускания другим устройствам. Оно имеет возможность синхронизироваться с MAP и ограничивать свои передачи выделенными UTXOP.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Перечисленные выше минимальные требования представляют базовую функциональность, к которой могут добавляться функции протоколов более высокого уровня (регистрация, создание потоков и т. п.).

Для поддержки контрактов QoS на резервирование ширины полосы пропускания для потоков устройство конечного узла G.9954 должно поддерживать следующие функции Канального уровня G.9954:

- 1) Регистрация – Как только конечный узел синхронизировался с ведущим, этот узел должен выполнить регистрацию. Регистрацией называется процесс, в ходе которого конечный узел запрашивает разрешение на вход в сеть и, если он авторизован, снабжается сетевым адресом и сетевой конфигурационной информацией.
- 2) Сигнализация потоков – Для того чтобы управлять потоками QoS, конечный узел должен поддерживать Протокол сигнализации потоков. Протокол сигнализации потоков используется для создания, изменения и удаления потоков.

7.3.5.1 Синхронизация

Конечный узел G.9954 должен синхронизироваться со сгенерированным ведущим циклом MAC путем обнаружения передачи MAC Плана доступа к среде передачи (MAP). При обнаружении контрольного кадра MAP конечный узел G.9954 должен сбросить свой синхронный часовой счетчик на значение 0 в момент, соответствующий поступлению первого символа преамбулы передачи MAP на кабельный интерфейс приемника. Конечное устройство G.9954 должно планировать все свои синхронные передачи внутри цикла MAC в соответствии с показаниями синхронного часового счетчика.

В случае, если узлу не удастся принять передачу MAP в течение интервала времени, равного SYNC_TIMEOUT миллисекунд, или он принимает MAP со значением индикатора SMAX_EXIT "Истина", конечный узел G.9954 должен переключиться в режим AMAC.

В ходе работы в режиме AMAC, при обнаружении следующей передачи MAP конечный узел G.9954 должен переключиться в режим работы SMAC. Переключение режима должно произойти в течение MAC_MODE_SWITCH_TIMELIMIT единиц времени.

7.3.5.2 Синхронизированные передачи

В ходе работы в режиме SMAC конечное устройство G.9954 должно осуществлять доступ к среде передачи в соответствии с текущим активным Планом доступа к среде передачи, распространенным ведущим. Оно должно передавать только в TXOP, выделенные ему единолично или группе устройств, к которой оно принадлежит, как определено в п. 7.3.3.4.1.

Конечный узел G.9954 должен точно планировать свои синхронные передачи с использованием синхронного часового счетчика и согласовываться с ограничениями синхронного распределения времени, указанными в п.п. 7.3.3.5 и 7.3.3.6.

7.3.5.3 Регистрация

Конечный узел G.9954 должен зарегистрироваться у ведущего, используя протокол REGISTRATION (регистрация), если ему требуются гарантии QoS для услуг, источником которых он является. Он должен выполнять регистрацию один раз в сеанс работы ведущего.

Сеанс работы ведущего начинается с передачей первого кадра MAP ведущим и заканчивается, если в течение SYNC_TIMEOUT миллисекунд не происходит передачи MAP или если в MAP ведущим установлен в положение "Истина" индикатор SMAC_EXIT.

Конечный узел G.9954 должен передавать сообщения протокола REGISTRATION либо в UTXOP, либо в REGISTRATION TXOP (см. п. 7.3.3.4.2).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Конечные устройства могут первоначально оспаривать право на использование интервала REGISTRATION. Коллизии могут быть разрешены с использованием методов разрешения коллизий G.9954 и/или путем осуществления повторных попыток спустя случайное количество интервалов допуска.

В сообщении протокола REGISTRATION конечный узел должен сообщить ведущему свой назначенный адрес MAC.

Аутентификация является частью процесса регистрации и может осуществляться путем проверки того, авторизовано ли устройство, идентифицируемое адресом MAC конечной точки, на вход в сеть. Процесс авторизации зависит от конкретной реализации.

Конечное устройство G.9954 должно использовать DEVICE_ID, назначенный ему ведущим, во всех будущих последовательностях Протокола сигнализации потоков.

Для получения дополнительной информации по протоколу REGISTRATION см. п. 10.15.

7.3.5.4 Сигнализация потоков

Конечный узел G.9954 должен поддерживать Протокол сигнализации потоков в случае, если он поддерживает потоки с изменяющимися параметрами QoS. Поддержка Сигнализации потоков является важной как в режиме SMAC, так и в режиме AMAC, и должна поддерживаться как узлом-источником, так и узлом-получателем данного потока.

В сети, контролируемой ведущим, конечная точка G.9954, являющаяся источником потока с контрактом QoS, должна информировать ведущего о запросах на создание, изменение и удаление потоков. Она также должна оповестить ведущего о согласованной скорости передачи между устройством-источником и устройством-получателем (т. е. об изменениях в текущем PE потока) по логическому каналу с использованием протокола Изменения потоков.

Для получения дополнительной информации по Сигнализации потоков и Согласованию скорости см. п.п. 10.17 и 10.4, соответственно.

7.3.5.5 Обработка и планирование на конечной точке

Конечным узлам G.9954 не требуется применять значительных вычислительных мощностей для планирования передач в сети G.9954 с ведущим. Планирование может выполняться на основе одних только указаний, содержащихся в полученном MAP. Вычисления, связанные с планированием QoS выполняются ведущим и отражаются в MAP.

Конечные узлы могут применять вычисления, связанные с локальным планированием, для переназначения соответствий услуг и выделенных им интервалов, доступных для передачи, по своему выбору. Другими словами, интервалы, выделенные ведущим для передачи определенным услугам, могут быть переназначены другим услугам конечным устройством, если оно того пожелает.

В случае, если выполняется локальное планирование, полученное в результате QoS для услуг, источником которых является данная конечная точка, не должно быть ниже чем то, которое могло бы быть достигнуто с использованием плана, предписанного ведущим.

ПРИМЕЧАНИЕ. – "Ниже" здесь трактуется в терминах Пропускной способности, Запаздывания и Дрожания QoS.

7.3.6 Резюме по правилам передачи Синхронного протокола MAC

Ниже приводится резюме по правилам передачи и правилам доступа к среде передачи Синхронного протокола MAC G.9954:

- Актуальность MAP – В сети, контролируемой ведущим, узел G.9954 не должен вести передачу до тех пор, пока у него в наличии нет "актуального" MAP. MAP является "актуальным" с начала цикла MAC, который он описывает, до конца этого цикла (см. 7.3.3.1).
- Бесконфликтный TXOP – Узел G.9954 НЕ должен передавать в интервал, доступный для передачи, выделенный единолично другому узлу (см. п. 7.3.3.4.1).
- Предписанный конфликтный TXOP – Узел G.9954 должен оспаривать право на доступ к среде передачи в Предписанный конфликтный TXOP ТОЛЬКО в том случае, если он собирается передавать сообщение строго определенного типа. Примерами предписанных многоадресных TXOP являются слоты регистрации, слоты запроса ширины полосы пропускания и т. п. (см. п. 7.3.3.4.2).
- Конфликтный TXOP – Узел G.9954 НЕ должен оспаривать право на доступ к среде передачи в интервал, выделенный группе, членом которой он не является (см. п. 7.3.3.4.1).
- Пределы передачи – Узел G.9954 НЕ должен передавать после окончания выделенного ему интервала, доступного для передачи, если он работает в однородной сети G.9954. Узел G.9954, работающий в смешанной сети узлов G.9951/2 и G.9954 может выйти за границы выделенного ему TXOP, только если он вовлечен в процесс разрешения коллизии. Начало TXOP в смешанной сети G.9951/2/3 может сдвигаться из-за помех и методов разрешения коллизий G.9951/2. Более подробная информация по работе в смешанной сети содержится в п. 8.
- Разрешение коллизий – В случае возникновения коллизии, G.9954 должен осуществлять разрешение коллизии в соответствии с правилами, описанными в п. 7.3.7.

7.3.7 Разрешение коллизий в режиме SMAC

В режиме SMAC коллизии могут возникать из-за конфликтов с узлами G.9951/2 или G.9954 в конфликтные периоды или с устройствами PNT, работающими в режиме AMAC (как правило, устройствами G.9951/2) из-за их незапланированных передач. Устройства G.9954, работающие в режиме SMAC, должны обнаруживать коллизии и участвовать, если желают, в процессе разрешения коллизий (CR).

Используемый узлами G.9954 в режиме SMAC метод разрешения коллизий определяется ведущим и сигнализируется конечным точкам через поле *Collision Resolution Method* (метод разрешения коллизий) MAP. Определены два метода разрешений коллизий:

- 1) DFPQ (Метод, основанный на методе G.9951/2, определенном в п. 7.2.5);
- 2) Ограниченный DFPQ.

DFPQ должен использоваться в режиме AMAC и в ходе работы в смешанной сети узлов SMAC и AMAC (см. п. 8.6.2).

Разрешение коллизий на основе ограниченного DFPQ должно использоваться в режиме SMAC в сети, состоящей только из "родных" узлов G.9954, и основано на адаптации метода DFPQ, используемого в режиме AMAC. Адаптация предполагает ограничение цикла разрешения коллизии DFPQ рамками СТХОР, в который происходит коллизия. Для того чтобы ограничить цикл разрешения коллизии рамками СТХОР, счетчики BL/MBL сбрасываются на ноль в конце СТХОР. Обычно коллизии не должны происходить во время передач в СТХОР, однако если они все-таки случаются, процесс разрешения коллизии идет как обычный DFPQ, и цикл разрешения коллизии идет до конца (т. е. счетчики BL/MBL достигают значения ноль).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Далее следует рассмотреть метод, основанный на DFPQ, который "приостанавливает" значения счетчиков BL/MBL в конце СТХОР и "продолжает" "приостановленные" значения в начале следующего СТХОР. Данный метод, возможно, имеет преимущество в плане более жесткого ограничения разрешения коллизий в том случае, если цикл разрешения коллизии не заканчивается к моменту окончания СТХОР. Этот метод предстоит изучить в дальнейшем.

Принципы работы метода проиллюстрированы на Рисунке 7-15.

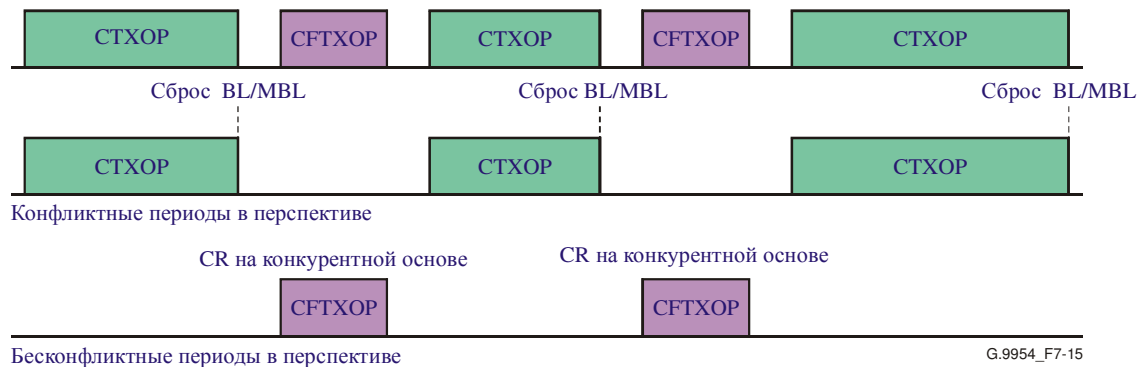


Рисунок 7-15/G.9954 – "Приостановленное" разрешение коллизий

Можно также взглянуть на конфликтные периоды и разрешение коллизий в режиме SMAC несколько иначе – рассматривая СТХОР как "ограниченный" период асинхронных передач типа G.9951/2.

Все станции G.9954 могут передавать в конфликтные периоды (СР) также с приоритетом 7. Любая станция должна удостовериться, что время передачи ее кадров плюс MAP_IFG не превысит запланированную длительность СР. Когда возникает коллизия, имеет место процесс разрешения коллизий G.9951/2 (DFPQ). Минимальная длительность СТХОР (CP_MIN) должна быть равна $CD_THRESHOLD + CS_IFG + 3 \times (SIG_SLOT) = 217 \mu s$, таким образом обеспечивая, что время, необходимое после коллизии, всегда "впишется" в рамки СТХОР. Когда передача станции короче, чем CP_MIN, она должна начать передачу не позднее, чем за CP_MIN до конца СТХОР. В "родной" сети G.9954 станция должна отправлять сигнал только в том случае, если в СТХОР достаточно времени после Сигнальных слотов для ее кадра и MAP_IFG.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Описанный выше метод разрешения коллизий делает активность линии с точки зрения узла G.9951/2 фактически такой же, как для обычных передач G.9951/2. Хотя резервирование времени среды передачи для трех сигнальных слотов в конце СР не является обязательным требованием, они гарантируют, что распределение времени среды будет выглядеть так же, как для G-9951/2-совместимых передач в случае, если в конце СТХОР случится коллизия.

7.3.8 Параметры синхронного MAC

В данном пункте определяются параметры SMAC, и приведенные здесь значения заменяют любые другие значения, приведенные в каких-либо других частях настоящей Рекомендации.

Таблица 7-6/G.9954 – Параметры SMAC

Пункт	Параметр	Min	Max	Единицы
7.1 Режимы работы	MAC_MODE_SWITCH_		50	миллисекунды
7.3.5.1 Синхронизация	TIMELIMIT			
7.3.3.1 Цикл MAC	MAP_IFG	CS_IFG	63	микросекунды
7.3.3.1 Цикл MAC	CS_ICG	CS_IFG		микросекунды
	TXOP_LENGTH	0	32767	TIME_SLOTS (временные слоты)
7.3.3.2 Длительность цикла MAC	CYCLE_MAX		50	миллисекунды
7.3.3.2 Длительность цикла MAC	CYCLE_MIN	5		миллисекунды
7.3.3.5 Распределение времени протокола в Синхронном режиме MAC	TIME_SLOT	500	500	наносекунды
7.3.4.3 Составление расписания	MIN_UTXOP_TIME	500		микросекунды
7.3.4.3 Составление расписания	MIN_UTXOP_LENGTH	217		микросекунды
7.3.5.1 Синхронизация	SYNC_TIMEOUT		150	миллисекунды
7.3.7 Разрешение коллизий в режиме SMAC	CP_MIN	217		микросекунды
8.4 Требования к ведущему в смешанной сети	G.9951/2_TXOP_LENGTH	168		микросекунды

7.4 Объединение пакетов

Устройства G.9954 должны поддерживать объединение кадров Канального уровня (пакетов) в один кадр Физического уровня (пакет Физического уровня). Целью объединения пакетов является снижение объема служебного трафика, связанного с кадрами Физического уровня, путем объединения пакетов, идущих от одного и того же источника к одному и тому же получателю, в единый пакет Физического уровня. Пакеты, объединенные в пакет Физического уровня, должны либо все принадлежать к одному и тому же потоку, либо иметь приоритет больше или равный приоритету первого пакета в объединенном кадре.

Объединение уменьшает объем служебного трафика в расчете на один пакет, поскольку удаляются IFG между объединенными пакетами, а также позволяет совместно использовать одинаковую информацию заголовка (например, DA, SA и т. д.). Кроме этого, низкоскоростной и закодированный способом "низкого уровня" заголовок кадра Физического уровня совместно используется всеми объединенными пакетами.

Формат объединения кадров должен использовать Контрольный кадр пакетов Физического уровня кадров Канального уровня G.9954 для инкапсуляции данных объединенных пакетов. Формат Контрольного кадра Канального уровня детально описан в п. 10.13.

Объединение может выполняться как в режиме SMAC, так и в режиме AMAC. В любом случае, объединение должно производиться в соответствии со следующими базовыми правилами:

- Максимальная длительность объединенного кадра не должна превышать максимально разрешенное время нахождения на линии.
- Максимальное количество объединенных кадров в пакете Физического уровня должно быть оговорено источником и получателем либо с использованием протокола CSA, либо с использованием Протокола сигнализации потоков.
- Все объединенные кадры в пакете физического уровня должны иметь одни и те же адреса отправителя и получателя. Адрес получателя может быть многоадресного или широковещательного характера.
- Приоритеты всех объединенных кадров в пакете Физического уровня должны быть больше либо равны приоритету первого подкадра в данном пакете Физического уровня.

- Для указания на конец пакета Физического уровня должен быть использован заголовок окончания пакета Физического уровня.

В случае работы в режиме SMAC, размер объединенного кадра может быть ограничен размером ТХОР, в котором будет передаваться этот кадр, или максимальным размером кадра Канального уровня, в зависимости от того, что меньше.

Поскольку длительность ТХОР для потоков вычисляется как функция требований к запаздыванию потока, можно сказать, что объединение пакетов ограничено допустимой величиной запаздывания для потока.

В случае работы в режиме АМАС, протокол МАС может использовать спецификации запаздывания и номинального размера пакета для потока для определения объема объединения пакетов, которое можно выполнить.

На Рисунке 7-16 показана схема формата объединения кадров.

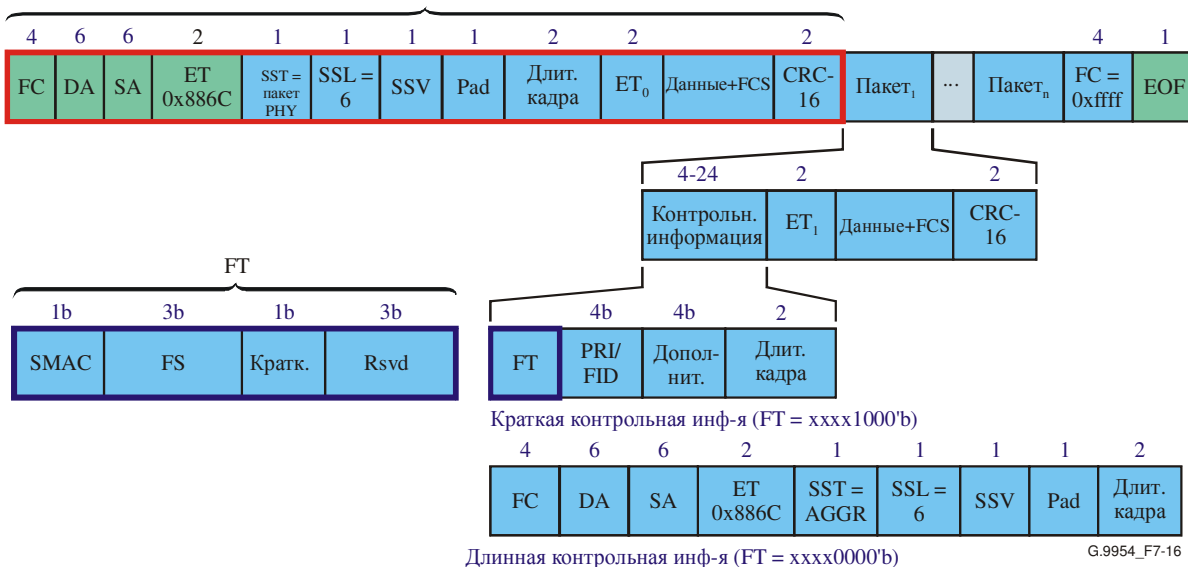


Рисунок 7-16/G.9954 – Формат объединенного кадра

Формат объединенного кадра поддерживает "краткую" и "длинную" формы объединения. В "длинной" форме каждый объединяемый кадр должен содержать полный заголовок пакета. Такая форма содержит избыточную информацию заголовка, но упрощает процесс обработки, как на приеме, так и на передаче. В "краткой" форме избыточная информация заголовка появляется только однажды – в первом пакете (Пакет0), и впоследствии совместно используется всеми другими объединяемыми кадрами. Данная форма более эффективна с точки зрения использования среды передачи, но может требовать использования дополнительных возможностей для обработки.

Форма объединения, поддерживаемая устройством, должна быть объявлена с использованием протокола CSA. "Длинный" формат объединения должен поддерживаться всеми реализациями. Поддержка "краткого" формата является необязательной.

Для кадров, использующих "длинный" заголовок контрольной информации, поле FCS должно иметь то же значение, которое описано в кадре IEEE Std 802.3 и вычисляется по полям DA, SA, Ethertype и Data кадра. Для кадров, использующих "краткий" заголовок контрольной информации, значение поля FCS должно вычисляться от первого бита поля FT до последнего бита полей Data. CRC-16 должна вычисляться по тем же соответствующим полям.

8 Спецификация совместимости

8.1 Спектральная совместимость с другими услугами на кабельной линии

Указанная маска PSD такова, что совместимые передатчики должны отвечать требованиям FCC Части 68 Секции 308-e-1-ii.

Маска также определяет предел -140 дБм/Гц ниже $2,0$ МГц, что обеспечивает совместимость с Рекомендациями МСЭ-Т G.992.1 и G.992.2 и ISDN.

Маска также включает метки, покрывающие радилюбительские диапазоны (например, между $7,0$ и $7,3$ МГц), что уменьшает максимальную PSD до $-81,5$ дБм/Гц. Это значение ниже, чем рекомендации VDSL для PSD на радилюбительских диапазонах. Поскольку спектральная совместимость VDSL была в последние годы развита рядом стандартизирующих организаций, включая МСЭ-Т, данная спектральная маска должна быть совместима с требованиями по излучениям RFI в странах за пределами Северной Америки, таких как Великобритания, Япония, Германия и Франция.

8.2 Сосуществование и взаимодействие с режимами G.9951/2 и АМАС

В G.9954 встроена обратная совместимость с G.9951/2, поскольку он использует такой же заголовок PHY, формат кадра и параметры распределения времени протокола. Хотя в G.9954 и поддерживаются более высокие скорости передачи полезной нагрузки, параметр "скорость" согласовывается приемником и передатчиком. В кабельной линии передачи узлов G.9954, работающих в режиме SMAC, выглядят как стандартные передачи G.9951/2, с той лишь разницей, что они выполняются на более высоких скоростях и с использованием кадров (совместимых "снизу вверх") которые, возможно, не распознаются узлами G.9951/2.

В смешанной сети, состоящей из узлов G.9951/2 и G.9954, проблема совместимости сводится к проблеме сосуществования режимов протоколов SMAC и АМАС, работающих в сети одновременно. В однородной сети узлов G.9954 все распределение времени доступа к среде передачи планируется, и коллизии могут возникать только в течение контролируемых конфликтных периодов. Однако в смешанной сети, состоящей из узлов G.9951/2 и G.9954 такие гарантии отсутствуют. Узлы G.9951/2 могут конфликтовать с запланированными передачами, могут нарушать интервалы тишины внутри интервалов, доступных для передачи, и могут расширять свои передачи за границы интервалов, доступных для передачи.

Оставшаяся часть п. 8 посвящена описанию метода сосуществования и взаимодействия с устройствами G.9951/2, который позволяет сохранить синхронную природу передач узлов G.9954 в режиме SMAC и в то же время обеспечить выполнение несинхронизированных передач G.9951/2.

Узлы G.9954 должны сосуществовать и взаимодействовать с узлами G.9951/2 в смешанной сети, состоящей из узлов G.9951/2 и G.9954. Более того, сеть, состоящая из узлов G.9954, работающих в режиме SMAC, должна иметь возможность сосуществовать и взаимодействовать с другими устройствами PNT, работающими в режиме АМАС.

Обычно в присутствии ведущего G.9954 в режиме АМАС работают только устройства G.9951/2. Однако "нестандартный" узел G.9954 может появиться в среде, где узел G.9954 не может "слышать" передачи MAP.

В последующих пунктах термины "узел G.9951/2" и "режим АМАС" могут иногда заменять друг друга.

8.3 Обнаружение узлов G.9951/2

Ведущий G.9954 должен иметь возможность обнаруживать присутствие узлов G.9951/2 в сети.

В случае обнаружения узла G.9951/2 ведущий должен оповестить об этом конечные узлы G.9954 путем сигнализации о событии, используя флаг АМАС_DETECTED в кадре MAP.

Устройство G.9954 не должно передавать данные устройству, используя кодирование полезной нагрузки (PE), не поддерживаемый этим устройством.

Кодирование полезной нагрузки, используемой для связи с устройством, согласовывается посредством Согласования скорости (Rate negotiation), и никакой специальной информации о версии PNT приемника не требуется. Однако номер версии PNT приемника может быть использован для выбора подходящего PE для использования до завершения процесса Согласования скорости. Это подразумевает, что первоначальный PE для связи с узлом G.9951/2 должен быть Спектральная маска #1, 2 МБод, 2 бита/символ, в то время как связь с узлом G.9954 может начинаться на более высокой скорости (например, Спектральная маска #2, 8 МБод, 2 бита/символ).

Механизм, используемый для обнаружения присутствия узлов G.9951/2 в сети зависит от конкретной реализации. Ведущий может обнаруживать узлы G.9951/2, используя информацию о номере версии в сообщении протокола CSA, или обнаруживая коллизии в течение CFTXOP. Коллизии в течение CFTXOP могут быть вызваны любым узлом, работающим в режиме АМАС, не обязательно узлом G.9951/2.

8.4 Требования к ведущему в смешанной сети

О присутствии устройств G.9951/2 должно быть сигнализировано в случае, если одно или более устройств G.9951/2 были обнаружены в сети. Об отсутствии устройств G.9951/2 должно быть сигнализировано в случае, если устройств G.9951/2 "не было слышно" в сети в течение последних двух минут.

В случае обнаружения в сети узлов G.9951/2 ведущий должен зарезервировать как минимум один TXOP длительностью G.9951/2_TXOP_LENGTH и выделить его только для использования узлами G.9951/2. Данный TXOP должен быть выделен из нераспределенных ресурсов среды внутри цикла. Ведущий должен зарезервировать один TXOP G.9951/2 для каждого используемого приоритета канального уровня.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Выделение TXOP для использования только узлами G/9951/2 гарантирует что:

- a) Узлы G.9954 не станут оспаривать право на доступ к среде передачи с узлами G.9951/2 в течение таких интервалов;
- b) Узлы G.9954 не будут пытаться вступить в цикл разрешения коллизии, начатый в течение TXOP G.9951/2.

Это означает, что если несколько узлов G.9951/2 (все с одинаковым приоритетом) оспаривают право на доступ к среде передачи в начале TXOP G.9951/2, все узлы G.9951/2 успешно получают доступ к среде передачи прежде, чем узел G.9954 попытается подучить доступ к среде передачи, даже если длительность TXOP G.0051/2 мала (относительно). Это гарантируется DFPQ, который обеспечивает невозможность присоединения новых узлов к уже идущему циклу разрешения коллизии. G.9951/2_TXOP_LENGTH определена таким образом, чтобы быть достаточно большой, для того чтобы включать время среды для всех слотов приоритета.

Зарезервированные ресурсы среды появятся в распространяемом MAP как TXOP, выделенные для использования только узлам G.9951/2. TXOP, выделенный для использования узлу G.9951/2, должен быть идентифицирован предписанным идентификатором адреса G.9951/2 (см. п. 7.3.3.4.1).

В случае обнаружения в сети узлов G.9951/2 в режиме АМАС, ведущий может изменить свою работу, а также работу конечных точек с тем, чтобы наилучшим образом адаптироваться к смешанной среде. Об изменениях, вносимых, в случае необходимости, в работу конечных точек, ведущий сигнализирует конечным точкам посредством контрольных полей кадра MAP. Обсуждение процесса принятия решений ведущим находится за рамками настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Устройство G.9954 должно попытаться компенсировать возможные помехи, вызванные несинхронизированными устройствами G.9951/2 и устройствами в режиме АМАС. Используемые меры могут включать выделение дополнительной ширины полосы пропускания для TXOP с целью компенсировать запаздывание, привносимое в цикл. Количество дополнительного времени, добавляемого к TXOP, зависит от услуги, однако должно быть достаточным, для того чтобы обеспечить передачу хотя бы одного целого пакета для конкретной услуги.

Дополнительно, в случае обнаружения узлов G.9951/2 (или АМАС) в сети, ведущий должен через MAP просигнализировать о следующих изменениях в работе конечных точек:

- 1) Метод разрешения коллизий – Ведущий должен задать метод разрешения коллизий "режим АМАС в смешанной сети". Для получения дополнительной информации по разрешению коллизий в смешанной сети см. п.п.7.5.2.и 8.6.2.
- 2) Устранение запаздывания цикла – Ведущий должен просигнализировать о политике, которая должна быть использована для контроля запаздывания в начале цикла МАС в случае, если начало цикла было задержано. Для получения дополнительной информации см. п. 8.6.4.

- 3) Лимит приоритета TX в Конфликтном периоде – Ведущий должен просигнализировать о Приоритете Канального уровня, который должен быть использован для всех передач в рамках Конфликтных TXOP (СТХОП или УТХОП).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Поскольку передачи в СFTХОП эквивалентны передачам с приоритетом 7, путем задания лимита приоритета TX в СТХОП менее 7 (например, 6), приоритетное предпочтение может быть отдано бесконфликтным передачам по сравнению с конфликтными передачами. Такой подход следует принять.

8.5 Передача узлам G.9951/2

Передачи, осуществляемые узлами G.9954 узлам G.9951/2, должны соответствовать формату кадра G.9951/2. Передачи должны производиться с использованием способа кодирования Спектральной маски #1. Скорость и кодировка группировок битов (бит/символ) должна быть согласована между узлами G.9954 и G.9951/2 с использованием стандартного Протокола согласования скорости Канального уровня PNT.

В поле Тип кадра (FT) контрольного кадра, передаваемого узлу G.9951/2, должно содержаться значение 0.

Кадры, передаваемые узлом G.9954 по широковещательным адресам, должны передаваться с использованием Способа кодирования Спектральной маски #1 в случае присутствия в сети узлов G.9951/2. Аналогично, кадры, отправляемые многоадресным способом, должны отправляться с использованием Способа кодирования Спектральной маски #1 в случае, если в числе "активных многоадресных слушателей" есть узел G.9951/2. Определение термина "активный многоадресный слушатель" содержится в описании Протокола согласования скорости в п. 10.14.

Узел G.9954 не должен отправлять объединенные кадры узлу G.9951/2 и должен предполагать, что "пакетирование кадров (Frame bursting)" не поддерживается. Для получения более подробной информации по Пакетированию кадров см. Протоколы CSA и Пакетирования кадров в п. 10.13 и 10.6, соответственно.

8.6 Сосуществование Синхронного и Асинхронного режимов работы MAC

В смешанной сети узлы G.9954, работающие в режиме SMAC, должны продолжать работать под контролем ведущего, в то же время согласовываясь с помехам, которые могут появиться из-за незапланированных передач режима AMAC.

Согласование с незапланированными (асинхронными) передачами в режиме SMAC должно выполняться с использованием комбинации методов контроля несущей и обнаружения коллизий всеми узлами. Синхронные передачи режима G.9954 должны соревноваться за право доступа к среде передачи с передачами асинхронного режима как кадры с приоритетом 7. Коллизии должны разрешаться с использованием методов разрешения коллизий, определенных для режима AMAC.

8.6.1 Запланированные передачи и контроль несущей

Узел G.9954, работающий в режиме SMAC, не должен передавать в запланированный TXOP, если не соблюдены все, из приведенных ниже условий:

- 1) TXOP выделен узлу G.9954 (или группе, к которой принадлежит узел G.9954);
- 2) Время начала TXOP настало (измеренное от начала MAP);
- 3) Среда пассивна (IDLE);
- 4) Интервал CS_IFG полностью прошел;
- 5) Счетчики BL/MBL сброшены на 0.

В случае, если первые два условия соблюдаются, но обнаружено, что среда занята (BUSY) или интервал CS_IFG не был обнаружен, передача должна быть задержана до того момента, когда будут выполнены все условия.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Приведенные выше условия предполагают, что контроль несущей необходим всегда, даже когда работа происходит в режиме SMAC.

8.6.2 Обнаружение и разрешение коллизий

В смешанной сети, состоящей из узлов G.9951/2 и узлов G.9954, коллизии могут происходить таким же образом, как и в сети, работающей в режиме АМАС. Узлы G.9954 должны соревноваться с узлами G.9951/2 за доступ к среде передачи на уровне приоритета 7.

Коллизии, в том случае, если они возникают, должны разрешаться методами разрешения коллизий АМАС следующим образом:

В случае если коллизия происходит в бесконфликтный интервал (CFTXOP), передающий узел должен войти в цикл разрешения коллизии и оспаривать право на доступ к среде передачи, пока передача не будет успешно завершена. Передача может занять вплоть до всей длительности времени, выделенного СТХОР, вне зависимости от реального времени начала передачи. Это может повлечь выход CFTXOP за пределы предполагаемого времени окончания.

В случае, если коллизия происходит в Конфликтный период (СТХОР), передающие узлы могут оспаривать право на доступ к среде передачи так же, как делали бы это в случае "родной" сети узлов G.9954. Длительность СТХОР не должна увеличиваться вне зависимости от реального времени начала передачи. Это подразумевает, что в режиме совместимости длительность СТХОР может уменьшиться, поскольку время начала может быть сдвинуто во времени (из-за предыдущих незапланированных передач), тогда как время окончания СТХОР зафиксировано. Это делается преднамеренно и используется для устранения запаздывания, привнесенного незапланированными передачами (см. п. 8.6.3).

Если в конце СТХОР процесс разрешения коллизии все еще идет (т. е. счетчики статуса разрешения коллизии BL/MBL не равны нулю), счетчики должны быть сброшены на ноль с прохождением пустого слота приоритета. Такой порядок действий аналогичен порядку для режима АМАС. В связи с этим может появиться запаздывание PRI_SLOT в начале следующего TXOP.

Примеры:

На Рисунке 8-1 показано влияние коллизии, которая происходит в момент T_1 передачи, запланированной в TXOP 1.

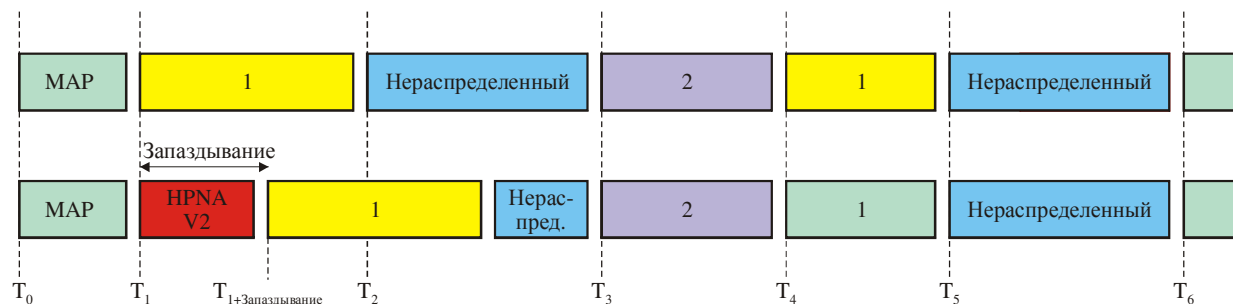


Рисунок 8-1/G.9954 – Коллизия и дрожание распределения времени

Коллизии с узлами G.9951/2 могут повлечь задержки начала передач для последующих запланированных передач. В зависимости от количества и длительности незапланированных передач, возможно, что две или более последовательно идущие запланированные передачи будут задержаны контролем несущей до тех пор, пока среда не станет пассивной (IDLE). В этот момент все задержанные узлы попытаются получить доступ к среде передачи, в результате чего возникнут коллизии между запланированными передачами. В случае возникновения коллизий между этими запланированными передачами, должны быть применены обычные методы разрешения коллизий. НЕТ гарантии упорядочения передач после коллизии, и этот порядок может отличаться от того, который был предусмотрен оригинальным MAP. Это иллюстрируется на Рисунке 8-2.

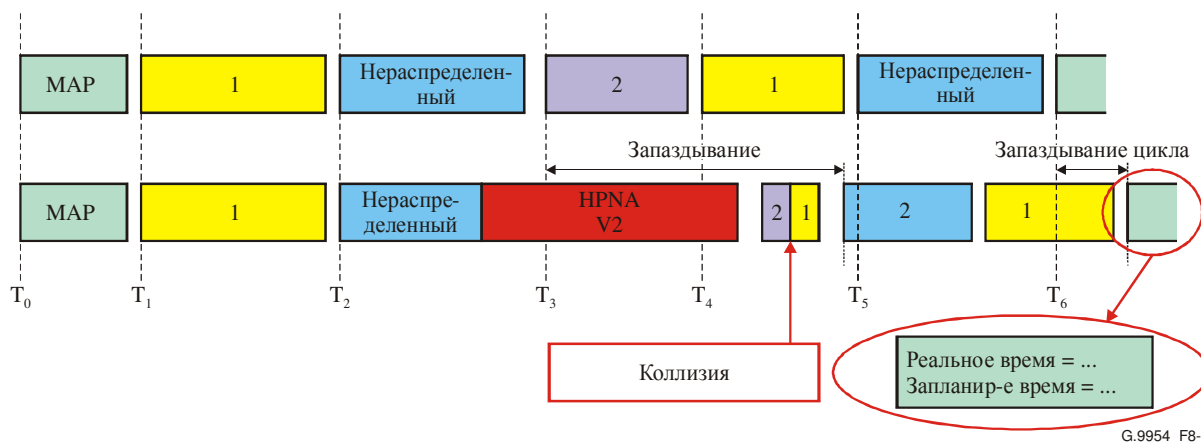


Рисунок 8-2/G.9954 – Коллизии между запланированными передачами

8.6.3 Компенсация распределения времени (устранение запаздывания) внутри цикла MAC (приводится в информативных целях)

Задержки в распределении времени в запланированных передачах (синхронный режим), вызванные незапланированными передачами G.9951/2, естественно, компенсируются, если в наличии есть достаточное количество дополнительной ширины полосы пропускания (т. е. нераспределенные TXOP).

Нераспределенная ширина полосы пропускания (UTXOP) имеет свойство поглощать задержки в начале запланированных передач. Это происходит потому, что нераспределенные TXOP по определению не должны гарантировать фиксированной ширины полосы пропускания, они представляют собой оставшееся время среды передачи. В случае, если часть нераспределенного времени среды потребляется запаздыванием в запланированной передаче, длительность UTXOP просто уменьшается на размер потребленного временного интервала. Это означает, что время окончания UTXOP является фиксированным, тогда как время начала может сдвигаться на размер задержки, появившейся в цикле MAC.

Это показано на Рисунке 8-1, где задержка начала передачи TXOP 1 компенсируется путем позволения передаче в TXOP 1 продолжиться за пределы ее запланированного времени и эффективно потребить дополнительную ширину полосы пропускания, следующую за ней. Тогда как запланированный TXOP всегда имеет фиксированную длительность с переменным временем начала и окончания, длительность UTXOP может изменяться, причем время окончания также фиксировано, а время начала является "плавающим". Это эффективно изменяет длительность TXOP на размер задержки (дрожания), привнесенной предыдущими передачами.

В случае, если время начала нераспределенного TXOP позже, чем запланированное время его окончания, данный нераспределенный TXOP принимается равным нулю (NULL) или несуществующим.

8.6.4 Компенсация распределения времени между циклами MAC

Задержки в распределении времени, которые происходят внутри цикла MAC, могут распространиться по циклу и вызвать задержки начала следующего цикла MAC (т. е. задержку передачи следующего MAP).

Задержка (запаздывание) начала цикла MAC может быть вычислена каждой конечной точкой путем вычитания Реального времени поступления MAP из Запланированного времени поступления MAP. Реальное время поступления MAP должно фиксироваться приемником. Запланированное время поступления MAP может быть вычислено на основе информации из предыдущего MAP, путем сложения длительностей всех TXOP и прибавления полученной величины к Реальному времени поступления соответствующего MAP.

В случае, если в качестве метода Устранения запаздывания в MAP выбрана "перенастройка часов", конечный узел G.9954 должен компенсировать дрожание цикла MAC установкой значения синхронного часового счетчика при получении кадра MAP на значение, равное значению

вычисленного запаздывания начала цикла МАС вместо того, чтобы сбрасывать значение синхронного часового счетчика на 0.

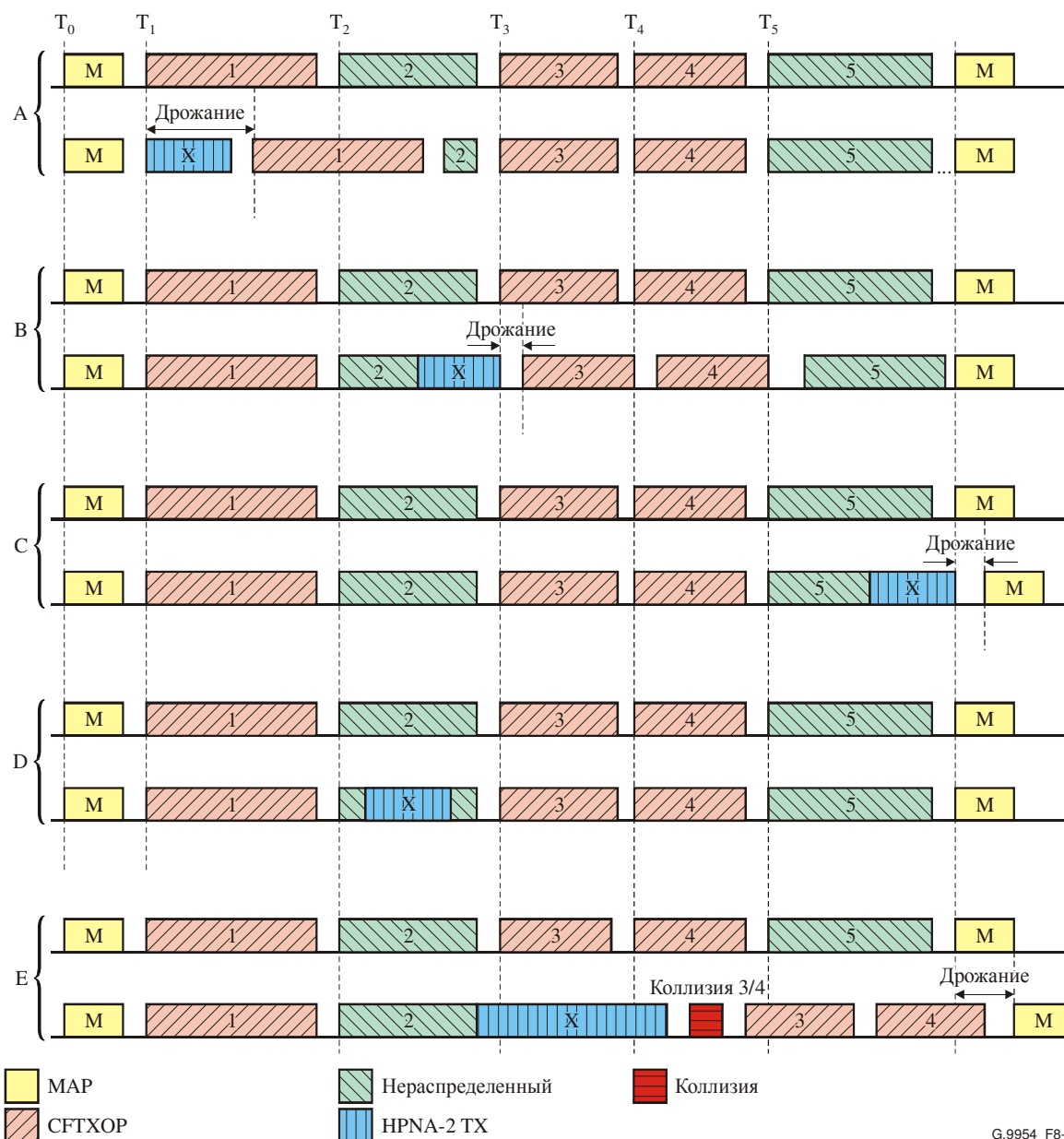
ПРИМЕЧАНИЕ. – Поскольку все передачи запланированы относительно базового времени (ноль), данный механизм может быть использован для переноса компенсации запаздывания из одного цикла в следующий. В качестве альтернативного варианта возможно не предпринимать никаких корректирующих действий в случае, если имеется достаточное количество нераспределенной (дополнительной) ширины полосы пропускания, которая может быть использована для опустошения буферов от накопившейся в них информации вследствие запаздывания. В функции ведущего входит принятие решения об использовании подходящей стратегии устранения запаздывания и сигнализация о своем решении узлам сети посредством MAP.

8.6.5 Примеры работы (приведены в информационных целях)

В данном пункте на примерах показывается ряд возможных сценариев помех G.9951/2. Предполагается, что все показанные сценарии происходят с MAP, приведенным в Таблице 8-1.

Таблица 8-1/G.9954 – Активный план доступа к среде передачи

Индекс ТХОР	Устройство	Тип ТХОР	Время начала	Длитель- ность
0	Ведущий	Бесконфликтный	$T_0 = 0$	L_0
1	"А"	Бесконфликтный	$T_1 = L_0$	L_1
2	Широковещательное	Нераспределенный	$T_2 = T_1 + L_1$	L_2
3	"В"	Бесконфликтный	$T_3 = T_2 + L_2$	L_3
4	"С"	Бесконфликтный	$T_4 = T_3 + L_3$	L_4
5	Широковещательное	Нераспределенный	$T_5 = T_4 + L_4$	L_5



G.9954_F8-3

Рисунок 8-3/G.9954 – Сценарии сосуществования G.9951/2 и G.9954

В примере А на Рисунке 8-3 ведущий передает MAP в момент времени T_0 , и затем асинхронный узел получает контроль над средой передачи в момент T_1 до того, как синхронный узел "А" начинает передачу. Асинхронный узел ведет незапланированную передачу X. Поскольку асинхронный узел не осведомлен о правилах синхронных передач, он будет передавать так долго, как потребуется. Поскольку все узлы в среде поддерживают методы CSMA/CD, незапланированная передача никем не прерывается. Используя контроль несущей, синхронный узел "А" ожидает окончания передачи X, затем дополнительно ожидает в течение межпакетного интервала и после этого начинает передачу. Это приводит к появлению дрожания, как показано стрелкой. Синхронный узел "А" будет вести передачу в течение всего выделенного времени, даже несмотря на то, что TXOP 1 начинается с опозданием. Поскольку в данном примере эта передача не продолжается после времени окончания нераспределенного TXOP 2, TXOP 3 начинается вовремя в момент T_3 и дрожание не распространяется.

В примере В на Рисунке 8-3 ведущий передает MAP, как запланировано, в момент T_0 , а затем синхронный узел "А" передает в течение TXOP 1, начиная в момент T_1 . В течение нераспределенного TXOP 2 среда передачи пассивна, и асинхронный узел получает контроль над средой передачи,

используя методы контроля несущей. Асинхронный узел ведет передачу X, которая продолжается после запланированного окончания TXOP 2. Синхронный узел "B" использует методы контроля несущей и задерживает свою запланированную передачу (TXOP 3) до того момента, когда передача X заканчивается и проходит межпакетный временной интервал. Синхронный узел "B" начинает передачу с задержкой, что приводит к возникновению дрожания, показанного стрелкой. Передача TXOP 4 также задерживается на тот же временной интервал, поскольку синхронный узел "B" будет передавать в течение всего времени, выделенного TXOP 3. Поскольку в данном примере передача TXOP 4 не продолжается после времени окончания TXOP 5, передача MAP для следующего цикла начинается вовремя и дрожание не распространяется.

В примере C на Рисунке 8-3 ведущий передает MAP, как запланировано, в момент T_0 , а затем синхронный узел "A" передает в течение TXOP 1, начиная в момент T_1 . Аналогично, синхронный узел "B" передает в течение TXOP 3, как запланировано начиная в момент T_3 и синхронный узел "C" передает в течение TXOP 4, как запланировано начиная в момент T_4 . В течение нераспределенного TXOP 5 среда передачи пассивна, и асинхронный узел получает контроль над средой. Асинхронный узел ведет незапланированную передачу X, которая заканчивается за пределами запланированного времени TXOP 5 ($T_5 + L_5$). Ведущий использует методы контроля несущей и задерживает запланированную передачу MAP до тех пор, пока не закончится передача X и не пройдет межцикловый интервал. Далее он приступает к передаче следующего MAP с задержкой, которая ведет к возникновению дрожания, показанного стрелкой. Следующий MAP используется для определения размера появившегося дрожания. Синхронные узлы могут установить на своих часах время T_0 +дрожание по получении MAP, задержанного в результате дрожания. Это позволит синхронным узлам попытаться передавать вовремя, а не с задержкой от дрожания. Например, если за MAP следует нераспределенный TXOP 1', а далее одноадресный TXOP 2', то, если длительность нераспределенного TXOP 1' больше размера дрожания, последующие TXOP цикла начнутся вовремя. Данный механизм позволяет компенсировать дрожание в передачах MAP.

В примере D на Рисунке 8-3 ведущий передает MAP, как запланировано, в момент T_0 , а затем синхронный узел "A" передает в течение TXOP 1, начиная в момент T_1 . В течение нераспределенного TXOP 2 среда передачи пассивна, и асинхронный узел получает контроль над средой. Асинхронный узел ведет незапланированную асинхронную передачу X, которая, в данном примере, не выходит за границы времени, выделенного TXOP 2 ($T_2 + L_2$). Дрожания в последующие передачи не вносятся, и в связи с этим никаких действий по согласованию не требуется.

В примере E на Рисунке 8-3 ведущий передает MAP, как запланировано, в момент T_0 , а затем синхронный узел "A" передает в течение TXOP 1, начиная в момент T_1 . В течение нераспределенного TXOP 2 среда передачи пассивна, и асинхронный узел получает контроль над средой, используя методы контроля несущей. Асинхронный узел ведет незапланированную асинхронную передачу X, которая выходит за границы выделенного времени TXOP 2 и заходит за границы выделенного времени TXOP 3. Синхронный узел "B" использует методы контроля несущей и задерживает свою запланированную передачу до того момента, когда передача X заканчивается и проходит межпакетный временной интервал. Однако поскольку время передачи начала TXOP 4 (T_4) уже также прошло, синхронный узел "C" использует методы контроля несущей и задерживает свою запланированную передачу до того момента, когда передача X заканчивается и проходит межпакетный временной интервал. В результате возникает коллизия между синхронными узлами "B" и "C", которая впоследствии разрешается за счет возникновения дрожания в цикле MAC.

9 Качество обслуживания (QoS) G.9954

В G.9951/2 предусмотрена поддержка 8 уровней приоритета, что предоставляет базовый механизм Качества обслуживания (QoS) для установления различий между различными видами услуг. Этот механизм совместим с рядом существующих механизмов различения классов услуг, такими как рекомендации IEEE 802.1D для Ярлыка приоритета VLAN (IEEE 802.1P) и битами ПРИОРИТЕТА (PRECEDENCE bits), определенными в оригинальной интерпретации поля Тип Услуги (TOS) в пакете IP, использующем протокол Дифференцированных Услуг (Diffserv).

Хотя классификация услуг при помощи приоритетов и предоставляет определенный уровень поддержки QoS, она не может обеспечить гарантии QoS со строгим балансом задержки и дрожания. Для обеспечения поддержки строгих контрактов QoS MAC, G.9954 предоставляет механизм, основанный на концепции *потоков*, который совместим с протоколом типа RSVP и поддерживает

указание QoS в терминах явных параметров трафика и скорости, а не просто относительное упорядочение пакетов. Механизмы формирования, планирования и соблюдения политик трафика, основанные на этих четко заданных параметрах QoS, впоследствии используются для обеспечения строгого контроля над уровнем пропускной способности, запаздывания и дрожания в сети.

9.1 Общее описание

Механизм QoS G.9954 основан на концепции *потоков данных* (или просто *потоков* для краткости). Поток представляет собой однонаправленный поток данных между узлами сети, основанный на четко заданных параметрах трафика и скорости QoS, что позволяет осуществлять строгий контроль над такими параметрами сети как пропускная способность, запаздывание, дрожание и BER.

Потоки создаются и удаляются на базе правила "услуга за услугой". Ведущий G.9954 отвечает за выделение ширины полосы пропускания потокам по запросу и за распространение принятых решений относительно распределения ширины полосы пропускания в Плане доступа к среде передачи (MAP). Узлы сети ответственны за планирование своих передач в соответствии с ограничениями распространенного ведущим MAP.

Алгоритм выделения ширины полосы пропускания должен принудительно устанавливать и гарантировать параметры QoS. Следовательно, запросы на резервирование ширины полосы пропускания, связанные с созданием потоков, должны подвергаться контролю допуска и формированию ведущим. Запросы на создание потоков, которые не могут быть выполнены с запрошенными параметрами, либо отвергаются, либо параметры QoS повторно согласовываются с ведущим.

Требования потока к ширине полосы пропускания могут быть изменены в течение его "жизни" с целью более эффективной поддержки требований переменной ширины полосы пропускания, которые характерны для потоков данных, "насыщенных пакетами" и потоков данных с переменной скоростью передачи (VBR), а также для поддержки меняющегося состояния линии.

Потоки создаются Уровнями конвергенции: в неявной форме – при идентификации новой услуги, в явной форме – в ответ на сообщения протокола более высокого уровня (например, запросы на резервирование RSVP) или при допуске в сеть в соответствии с предписанной спецификацией/конфигурацией. Аналогично, потоки могут быть удалены в неявной форме, при обнаружении неактивности или в явной форме при окончании оказания услуги, для того чтобы освободить ресурсы сети, связанные с данным потоком.

В функции подуровня конвергенции входит распределение входящих потоков данных по соответствующим потокам, отвечающим их индивидуальным требованиям к QoS.

Резюмируя вышесказанное, основными функциями QoS, поддерживаемыми MAC G.9954, являются:

- Статистические и детерминистские (определенные) гарантии QoS относительно ширины полосы пропускания, запаздывания, дрожания и BER;
- *Классы трафика и потоки услуг*, описанные четко заданными параметрами трафика и скорости;
- Потоки с постоянной и переменной битовой скоростью передачи данных;
- Управление потоками, включающее контроль допуска потоков, резервирование ресурсов, согласование и повторное согласование QoS, создание и удаление потоков;
- Классификация кадров, основанная на спецификациях фильтров трафика, например по IP TOS, Ярлыку приоритета VLAN, типу протокола, адресу источника/получателя и т. п.;
- Проверка соблюдения политик, формирование и планирование потоков.

9.2 Потоки услуг и параметры QoS

Термином "поток" обозначается односторонний канал связи между устройством-источником и устройством-получателем с четко заданными характеристиками QoS. Характеристики QoS потока описываются набором параметров трафика и скорости передачи, которые передаются между устройствами G.9954 с использованием Протокола сигнализации потоков (см. п. 9.4 для получения более подробной информации).

Характеристики QoS потока определены параметрами, обобщенными в Таблице 9-1 и определенными в последующих подпунктах.

Таблица 9-1/G.9954 – Свойства потока

Имя поля	Описание
Source Address (Адрес источника)	Адрес MAC устройства-источника потока
Destination Address (Адрес получателя)	Адрес MAC устройства, являющегося получателем потока (может быть широковещательным адресом)
Flow ID (Идентификатор потока)	Уникальный идентификатор потока между устройством-источником и устройством-получателем. Идентификатор потока присваивается устройством G.9954 источником потока.
Service Class (Класс услуги)	Указывает на Класс услуги (COS). Используется как краткая форма указания набора "четко заданных" параметров QoS без необходимости указания отдельных параметров QoS.
Priority (Приоритет)	Приоритет Канального уровня, назначенный потоку
Service Type (Тип услуги)	Определяет поддерживаемый потоком тип услуг 0 CBR 1 rt-VBR 2 nrt-VBR 3 BE
Maximum Latency (Максимальное запаздывание)	Максимально допустимая задержка передачи и постановки в очередь согласно Таблице 10-69.
Maximum Jitter (Максимальное дрожание)	Максимальная вариация задержки согласно Таблице 10-69
ACK Policy (Политика ACK)	0 Нет 1 LARQ
FEC Policy (Политика FEC)	0 Нет 1 RS 2–3 Зарезервировано
Aggregation Policy (Политика объединения)	0 Нет объединения 1 Объединение уровня MAC
CRC Error Handling Policy (Политика обработки ошибок CRC)	0 Не отвергать пакеты с ошибкой CRC 1 Отвергать пакеты с ошибкой CRC
Nominal Packet Size (Номинальный размер пакета)	Номинальный размер пакета в октетах для пакетов, связанных с данной услугой. Значение 0 подразумевает неуказанное или неизвестное значение.
Maximum data rate (Максимальная скорость передачи данных)	Пиковая скорость передачи пакетов в единицах, равных 4 кбит/с. Учитывает чистую скорость передачи данных (только полезной нагрузки)
Average data rate (Средняя скорость передачи данных)	Средняя битовая скорость, требующаяся для услуги в единицах, равных 4 кбит/с
Minimum data rate (Минимальная скорость передачи данных)	Минимальная битовая скорость, требующаяся для работы услуги, в единицах, равных 4 кбит/с. Предполагается, что данное значение будет отличаться от нуля только для услуг, работающих в режиме реального времени и требующих минимальной задержки передачи.
BER (Частота возникновения ошибок в битах)	BER уровня услуги. Используется при Согласовании скорости для выбора желаемого PE, обеспечивающего максимальную физическую скорость передачи битов и одновременно отвечающего требованиям, предъявляемым к BER.
Payload Encoding (Кодирование полезной нагрузки)	Кодирование полезной нагрузки, используемый на логическом канале. Данный параметр должен быть задан только тогда, когда параметры потока передаются ведущему. Кодирование полезной нагрузки при передаче между конечными точками потока согласовывается с использованием Согласования скорости.

Таблица 9-1/G.9954 – Свойства потока

Имя поля	Описание
Packet Timeout (Время ожидания пакета)	Продолжительность интервала времени в миллисекундах, в течение которого пакет будет оставаться в очереди перед тем, как будет из нее удален. Значение 0 подразумевает вечное время ожидания, т. е. что пакет останется в очереди до тех пор, пока не будет передан по кабельной линии.
TX Timeslot (Временной слот TX)	Временной слот первого ТХОП, определенного в потоке. Значение поля может быть задано уровнями более высокого порядка в процессе создания потока, с тем чтобы синхронизировать выделенные ТХОП с внешним источником. Это предназначено для изохронных устройств. Время измеряется в единицах, равных 2^{-13} миллисекунды по отношению ко времени ведущего, объявленном в Индикации отчета о временной отметке, см. п. 10.18.
Flow Inactivity Timeout (Время ожидания при неактивности потока)	Продолжительность интервала времени (в мс), в течение которого поток будет оставаться "живым" в условиях отсутствия какого бы то ни было трафика, прежде чем будет автоматически удален и ресурсы будут освобождены. Значение 0 подразумевает, что поток не может быть удален автоматически. Для получения более подробной информации по Удалению потоков см. п. 10.17.

9.2.1 Адрес источника и получателя

Адрес источника и получателя потока идентифицируется соответствующими адресами устройства-источника и устройства получателя. Адрес источника представляет собой индивидуальный 48-битный адрес MAC, идентифицирующий устройство-источник потока. Адрес получателя идентифицирует получателя потока и может носить индивидуальный, многоадресный или широковещательный характер.

9.2.2 Идентификатор потока (Flow ID)

Flow ID представляет собой уникальный *идентификатор потока* между адресами источника и получателя. Идентификатор потока присваивается локально устройством-источником потока.

Для получения более подробной информации по Flow ID см. п. 7.3.2.

9.2.3 Класс услуги

Класс услуги определяет набор свойств потока данных (услуги), организованных в поименованный класс, который может быть легко идентифицирован (при помощи нумератора) объектами более высоких уровней.

Данная возможность позволяет глобально задавать и централизованно хранить у ведущего свойства услуг. Более высокие уровни протокола или конечные узлы могут подготавливать к работе потоки услуг, идентифицируя их при помощи нумератора, непосредственно не указывая параметры QoS потока. Это неявным образом задает набор параметров QoS. Дополнительно, можно делать поправки базовых свойств QoS классов услуг путем переопределения отдельных параметров потока.

9.2.4 Классификация приоритетов

Классификация приоритетов представляет приоритет Канального уровня, назначенный потоку. Значение приоритета имеет семантику G.9951/2 и используется для определения приоритета РНУ для использования при передаче в режиме АМАС или при передаче в СТХОП (УТХОП). Оно также может использоваться планировщиком в ранге ведущего для ранжирования потоков при принятии решений, связанных с планированием.

Назначение приоритетов следует производить в соответствии с рекомендациями IEEE 802.1D и 802.1P по установлению соответствия между приоритетами пользователей и классами трафика. Для получения более подробной информации см. п. 10.17.

9.2.5 Тип услуги

Тип услуги потока определяет тип обязательных гарантий QoS, требуемых услугой. Определены следующие *Типы услуг*:

Таблица 9-2/G.9954 – Типы услуг

Тип услуги	Описание
Unsolicited Grant (Незапрашиваемое предоставление) (CBR)	Поддерживает периодические данные с низким запаздыванием и фиксированным размером (CBR). Планировщик ресурсов гарантирует выделение фиксированной ширины полосы пропускания периодически без явных запросов ширины полосы пропускания. Используется для предоставления "детерминистских" (определенных) гарантий QoS.
Real-Time (Реальное время)(rt-VBR)	Поддерживает данные с переменной скоростью (VBR) при помощи поддержки периодических предоставлений канала для передачи данных переменного размера. Подходит для видеопотоков MPEG.
Non Real-Time (Не реальное время)(nrt-VBR)	Аналогично услуге Реального времени за тем исключением, что планировщик обслуживает потоки Не реального времени на более низкой скорости, чем потоки Реального времени.
Best Effort (Лучшее из возможных)(BE)	Аналогично услуге Не реального времени с той разницей, что в течение выделенных ТХОР может быть определен доступ на основе оспаривания права на доступ к среде передачи. НИКАКИХ гарантий относительно частоты или длительности ТХОР, выделяемых планировщиком, не предоставляется (т. е. услуги оказываются с наилучшим качеством, которое можно предоставить в данных условиях).

Параметр *Тип услуги* может быть использован ведущим-планировщиком при принятии решений в области планирования и узлом-источником при принятии решений относительно управления ресурсами.

9.2.6 Максимальное запаздывание

Этот параметр определяет максимальную допустимую задержку передачи и постановки в очередь для данной услуги. Параметр задается соответствующим номером из пронумерованного набора определенных запаздываний, выраженных в мс.

Величина запаздывания, которую может "выдержать" услуга влияет на величину требуемой памяти (буферного пространства). Для устройств, располагающих меньшим объемом буферного пространства, чем объем, подразумеваемый параметром запаздывания, устройство-получатель может указать альтернативное (меньшее) значение запаздывания в ответе на Сообщение о создании/изменении потока, используемое в Протоколе сигнализации потоков.

Параметр *Максимальное запаздывание* должен использоваться ведущим-планировщиком при принятии решений в области планирования, касающихся длительности ТХОР и количества ТХОР, назначенных услуге в рамках цикла МАС. Данный параметр также может быть использован в режиме АМАС для контроля над длительностью пакета Физического уровня, состоящего из пакетов, относящихся к одной и той же услуге.

Для получения дополнительной информации по поддерживаемым значениям запаздывания и Протоколу сигнализации потоков см. п. 10.17.

9.2.7 Максимальное дрожание

Параметр "Максимальное дрожание" определяет максимальную вариацию задержки для услуги выше и ниже среднего уровня запаздывания. Максимальное дрожание выражается в ($\pm$ Max) мс.

Ведущему-планировщику следует использовать параметр *Максимальное дрожание* при принятии решений в области планирования, касающихся положения ТХОР внутри цикла МАС.

Значение дрожания задается соответствующим номером из пронумерованного набора определенных значений дрожания. Для получения более подробной информации по поддерживаемым значениям дрожания см. п. 10.17.

9.2.8 Политика ACK

Данный флаг указывает, требует ли поток подтверждение приема Канального уровня с использованием механизма LARQ с целью снижения частоты ошибок в пакетах (PER). ARQ указывается для каждого канала ARQ, где канал ARQ определяется потоком, т. е. кортежем (*Source Address, Destination Address, Flow ID*) в случае работы в синхронном режиме и кортежем (*Source Address, Destination Address, Priority*) в случае работы в асинхронном режиме.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Протоколы, основанные на TCP, являются естественными кандидатами на использование политики подтверждения приема Канального уровня, поскольку с увеличением количества ошибок в пакетах производительность TCP может значительно снизиться.

9.2.9 Политика упреждающего контроля ошибок (FEC)

Данный флаг указывает, следует ли применять кодирование Рида-Соломона в канале связи, определенном потоком. Данное указание должно быть использовано приемником для определения того, следует ли передавать избыточную информацию Рида-Соломона передатчику устройства-источника потока в ходе Согласования скорости.

9.2.10 Политика объединения

Характеристики запаздывания используются планировщиком для определения того, какой объем данных потока может быть объединен в единый пакет передачи Физического уровня (кадр). Решения в области планирования, учитывающие требования потока к запаздыванию, принимаются ведущим при вычислении размера TXOP в MAP. Аналогично, конечное устройство, осуществляющее локальное планирование (как в случае режима работы AMAC), может использовать характеристики запаздывания для определения объема объединения и размера пакета передачи Физического уровня.

Объединение может быть полностью отключено для потока, вне зависимости от параметра запаздывания, путем указания политики объединения "*No Aggregation*" (Нет объединения).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Политика "Нет объединения" может пригодиться тогда, когда объединение производится на более высоких уровнях и дальнейшее объединение не нужно.

9.2.11 Политика обработки ошибок CRC

Данный пункт указывает, какая политика должна использоваться MAC в случае обработки пакетов с ошибками CRC. Ошибочные пакеты могут быть отвергнуты MAC/Канальным уровнем или переданы более высоким уровням протокола с ошибочными битами внутри.

Конкретная обработка ошибок CRC влияет на семантику параметра BER как описано в п. 9.2.14.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Некоторые услуги допускают небольшое количество ошибочных битов в потоке данных. В случае если Политика обработки ошибок CRC предписывает отвергать ошибочные пакеты, это подразумевает $BER = 0$, поскольку никакие ошибки в битах не будут переданы более высоким уровням протокола. Однако отвержение пакетов полностью привносит Ошибки пакетов и главенствующей мерой становится PER. Значение $PER = 0$ может быть достигнуто путем применения LARQ за счет возникновения запаздывания.

9.2.12 Номинальный размер пакета

Номинальный размер пакета в октетах для пакетов, связанных с данной услугой. Значение 0 подразумевает неуказанное или неизвестное значение.

9.2.13 Максимальная, минимальная и средняя скорости передачи данных

Пиковая, средняя и минимальная битовые скорости, требующиеся для эффективной работы услуги. Скорости передачи данных выражаются в единицах, равных 4 кбит/с.

Для потоков CBR минимальная, средняя и максимальная скорости передачи данных равны. Предполагается, что минимальная скорость передачи данных будет отличной от 0 только для трафика в режиме реального времени, требующего минимальных задержек передачи.

Имея Номинальный размер пакета и Скорости передачи данных для услуги, возможно проверять трафик на соответствие политикам и придавать ему форму, соответствующую спецификации услуги. Это может потребоваться в некоторых реализациях, для того чтобы удостовериться, что поток не потребляет больше ресурсов, чем это определено спецификацией трафика. Выделение TXOP в MAP по сути своей предполагает формирование трафика на конечных точках.

9.2.14 Частота ошибок в битах (BER)

Для каждой услуги существует соответствующее требование к BER, которое указывает, какое соотношение ошибок в битах к "безошибочным" битам допустимо без влияния на QoS.

Параметр BER используется для описания либо вероятности побитовой ошибки, если пакеты с ошибками CRC доставляются более высоким уровням протокола, либо Частоты ошибок в пакетах (PER), разделенной на среднее число битов на пакет, если пакеты с ошибками CRC отвергаются. Политика обработки пакетов с ошибками CRC указана при помощи флага Политика обработки ошибок CRC (см. п. 9.2.11).

Например, рассмотрим услугу, использующую пакеты длиной 1500 байт и требующую уровень $PER = 10^{-2}$; тогда $BER = 10^{-2}/(1500 \times 8) \approx 10^{-6}$.

ПРИМЕЧАНИЕ. – BER уровня услуги используется в ходе Согласования скорости для определения наилучшего Способа кодирования полезной нагрузки, который может быть использован для обеспечения наивысшей пропускной способности канала связи, соответствующего требованиям услуги к BER. Для получения более подробной информации по Согласованию скорости см. п. 10.4.

9.2.15 Кодирование полезной нагрузки

Этот параметр определяет PE, который должен использоваться в канале. Выбранный PE определяется через Согласования скорости и представляет собой PE, обеспечивающий наивысший уровень физической скорости передачи битов, соответствующий требованиям услуги к BER.

9.2.16 Временной слот ТХ

Для того чтобы обеспечить поддержку синхронизации ТХОР потока с внешним источником (например, временные слоты восходящего трафика в сети с широкополосным доступом), инициатор процедуры создания потока может указать распределение времени для ТХОР, являющееся желательным для домашней сети. Распределение времени указывается в абсолютном времени, измеренном относительно справочного времени ведущего.

ПРИМЕЧАНИЕ. 1 – Данная возможность требует, чтобы конечный узел синхронизировал свои часы с ведущими справочными часами с использованием Протокола справочной временной отметки ведущего. Указанное время является абсолютным (помните, что мы синхронизированы с часами ведущего). Ведущий знает запрошенное время и максимальное запаздывание и, таким образом, может вычислить, где ему следует выделять ТХОР во времени. Этот параметр предназначен только для того, чтобы помогать ведущим в принятии решений в области планирования.

При выделении ширины полосы пропускания для указанного потока ведущий-планировщик может использовать эту информацию, для того чтобы повлиять на размещение ТХОР внутри цикла МАС. В случае, если никакой информации по распределению времени не предоставлено, ведущий вправе выделить ТХОР так, как считает нужным. Не требуется, чтобы ведущий обеспечил соответствие реального распределения времени запрошенному.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Информация по распределению времени о размещении ТХОР возвращается более высоким Уровням конвергенции через механизм MAP. Это позволяет более высоким уровням аналогичным образом синхронизировать время в домашней сети, если это требуется.

Для получения дополнительной информации по Синхронизации со справочными часами см. п. 10.18.

9.2.17 Время ожидания при неактивности потока

Данный параметр указывает длительность интервала времени, в течение которого поток может оставаться неактивным, прежде чем он будет автоматически удален, а ресурсы освобождены. Поток считается неактивным при условии отсутствия в нем какого бы то ни было трафика. Поток может быть удален любым из устройств, находящихся на концах потока.

Значение Времени ожидания при неактивности потока равно нулю отключает возможность "устаревания" потока.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Настоятельно рекомендуется, чтобы потоки определялись с возможностью "устаревания", для того чтобы гарантировать освобождение ресурсов среды (и других ресурсов) в случае прекращения оказания услуги.

9.3 Классификация трафика уровня конвергенции

Пакеты от более высоких уровней протокола распределяются по нижестоящим потокам G.9954 Уровнем конвергенции протокола. Результатом распределения является ссылка на *дескриптор потока*, описывающий свойства потока, к которому принадлежит пакет. По умолчанию пакет распределяется в *поток по умолчанию*, который определяет доступ на основе конфликтов в УТХОР на основе приоритетов.

Пакеты распределяются по потокам при помощи *Классификаторов трафика*. *Классификатор трафика* определяет зависящий от протокола набор критериев отбора, которые применяются к входящим пакетам, для того чтобы установить их связь с конкретным потоком. Для одного потока могут быть определены несколько классификаторов, и несколько классификаторов могут быть активны на Уровне конвергенции одновременно. Классификаторы трафика обрабатываются в порядке, определяемом их относительным приоритетом.

Классификаторы трафика могут быть установлены на Уровне конвергенции источника потока операциями управления более высоких уровней, при допуске в сеть или посредством операций Сигнализации создания/изменения потоков.

Для получения дополнительной информации по установке Фильтров классификаторов трафика на Уровне конвергенции см. описание Протоколов Допуска в сеть и Сигнализации потоков в п. 10.

9.4 Протокол сигнализации потоков

Для того чтобы установить поток для передачи данных с четко заданными параметрами QoS, как определено в п. 9.2, должен быть создан *поток* между устройством-источником и устройством-получателем. *Создание потока* может быть инициировано как устройством-источником, так и устройством-получателем.

В случае, если поток требует гарантий QoS, ширина полосы пропускания для потока должна быть выделена в MAP. Для того чтобы выделить потоку ширину полосы пропускания, ведущий должен быть проинформирован о создании потока.

Создание потока должно производиться с использованием Протокола сигнализации потоков и включать последовательность обмена сообщениями между узлом-инициатором и целевым узлом, при помощи которых узел-инициатор указывает свойства потока (как определено в Таблице 9-1), который должен быть создан.

Для того чтобы создать поток с контрактами QoS, устройство-источник потока должно оповестить ведущего с использованием Протокола сигнализации потоков. По получении запроса на создание потока, ведущий должен осуществить контроль допуска, с тем чтобы определить наличие достаточных ресурсов среды. В случае, если контроль допуска прошел успешно, ведущий-планировщик должен открыть в MAP такие TXOP, которые соответствуют требованиям QoS запрошенного потока. В случае, если поток не допускается, ведущий сигнализирует источнику запроса создания потока об ошибке. Действия устройства в случае неудачи создания потока зависят от конкретной реализации.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Реализация может удалять поток в случае, если ведущий не может зарезервировать для него ширину полосы пропускания. Альтернативно, реализация может продолжать передачу данных по каналу данного потока, хотя фиксированная ширина полосы пропускания не может быть зарезервирована и другие параметры QoS не могут быть гарантированы.

Спецификации потока могут меняться в течение его "времени жизни", для того чтобы приспособиться к изменяющимся требованиям к битовой скорости передачи, ограничениям ресурсов (например, буферов запаздывания/дрожания) и достижимым скоростям передачи полезной нагрузки. Изменения, вносимые в спецификации потока, сигнализируются между устройствами на концах потока. Дополнительно, если изменения в свойствах потока таковы, что могут повлиять на распределение ресурсов среды в MAP, устройство-источник потока должно сигнализировать об изменениях ведущему. Сигнализация должна быть осуществлена с использованием *Протокола изменения потоков*. Ведущий должен выполнить контроль допуска запрошенных изменений потока.

В течение процесса Изменения потока параметры QoS, влияющие на распределение ресурсов среды в MAP, определяются следующим образом:

Максимальная, средняя и минимальная скорости передачи данных (см. п. 9.2.13) – изменяются, как следствие сбора статистической информации на устройстве-источнике потока.

Кодирование полезной нагрузки (см. п. 9.2.15) – изменяется в связи с изменениями состояния линии и определяется посредством Согласования скорости.

Максимальное запаздывание и дрожание (см. п.п. 9.2.6 и 9.2.7) – изменяются в связи с переменами в ограничениях ресурсов памяти у источника или получателя потока.

Номинальный размер пакета (см. п. 9.2.12) – изменяется в связи с переменным характером природы пакетов в потоке трафика.

Все прочие свойства потока являются статическими и не изменяются в течение "жизни" потока.

Когда поток более не нужен или не используется, он должен быть удален. *Удаление потока* должно быть выполнено Уровнем конвергенции в явной форме в ответ на запрос "удаления" от более высоких уровней, или в неявной форме в связи с устареванием или неактивностью потоков. В случае если потоку выделены ресурсы среды (т.е. TXOP в MAP), устройство-источник потока должно просигнализировать ведущему об удалении потока. Ведущий должен быть проинформирован с использованием Протокола *удаления потоков*. Когда поток удален, занимаемые им ресурсы освобождаются.

Полное описание Протокола сигнализации потоков приводится в п. 10.17.3.

9.5 Контроль допуска

Контроль допуска должен выполняться ведущим, когда получен запрос на создание нового потока или изменение параметров QoS существующего потока на более строгие.

Контроль допуска включает следующие функции:

- 1) Проверка ширины полосы пропускания;
- 2) Проверка границ запаздывания/дрожания.

По получении запроса на *Создание* или *Изменение потока* ведущий должен проверить наличие достаточных ресурсов среды передачи (т. е. нераспределенного времени среды), необходимых для выполнения требований потока к пропускной способности, имея в наличии информацию о требованиях потока к *Минимальной*, *Максимальной* и *Средней скоростям передачи* и о требуемом на канале *Способе кодирования полезной нагрузки*. Более того, ведущий должен проверить, расположены ли ТХОР таким образом, что их выделение потоку позволит ему соблюсти требования относительно границ запаздывания и дрожания.

Если результаты одной из проверок или обеих проверок в ходе контроля допуска являются отрицательными, ведущий должен возвратить "ОШИБКА" (ERROR) в кадре "*Ответ*" *Сигнализации потока*.

Спецификации запаздывания/дрожания для потока обозначают максимально допустимую границу, и, следовательно, ведущий может выделить ресурсы среды передачи таким образом, что оригинальные спецификации запаздывания и дрожания для потока будут превышены.

Для того чтобы соблюсти ограничения QoS спецификации потока, ведущему может потребоваться реорганизовать размещение и размер ТХОР, выделенных другим потокам. Это может потребоваться для того, чтобы "расчистить место" для добавления нового потока. Ведущему следует попытаться согласовать потоки внутри существующего доступного времени среды передачи, прежде чем предпринимать реорганизацию других потоков, с тем чтобы локализовать эффект от внесения изменений в План доступа к среде передачи и НЕ привнести в другие потоки запаздывание и дрожание (хотя и кратковременные) без необходимости.

В случае, если проверки в ходе контроля допуска завершились успешно, поток может быть создан или изменен согласно указанным параметрам, ведущий должен зарезервировать ресурсы среды передачи и объявить об этом резервировании в MAP.

Для получения дополнительной информации по Протоколу сигнализации потоков см. п. 10.17.

9.6 Поддержка QoS в режиме АМАС

В случае работы в режиме АМАС поддержка QoS обеспечивается путем использования комбинации QoS типа G.9951/2, основанного на приоритетах и спецификациях потоков уровня услуг, как описано в п. 9.2.

В режиме АМАС узлы G.9954 могут создавать, изменять и удалять потоки так же, как и в режиме SMAC, с использованием *Протокола сигнализации потоков*. Сигнализация потоков должна осуществляться только между устройством-источником и устройством-получателем.

Информация, содержащаяся в спецификациях потока, может быть использована для поддержки передач данных асинхронного режима. Поля спецификации потоков, существенные для режима АМАС, и их семантика, описаны в п. 9.2. и его подпунктах.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Использование спецификаций потоков в режиме АМАС позволяет более четко контролировать параметры, используемые при передаче пакетов по среде. Однако не требуется, чтобы потоки в режиме АМАС контролировались в явной форме. Объединение, выбор приоритетов и т. п. могут выполняться под руководством более высоких уровней протокола и Уровней конвергенции. Это решение зависит от конкретной реализации.

10 Спецификация протокола Канального уровня

10.1 Обзор

В настоящей Рекомендации определяется формат Канального уровня для использования станциями G.9954. Дополнительно, кадры Канального уровня, идентифицированные присвоенным IEEE значением Ethertype (0x886c) в поле кадра Тип/Длина (Type/Length), выполняют функции управления каналом связи, и определения этих функций также приводятся в данной Рекомендации.

Подуровень LLC отвечает за выполнение функций управления каналом связи. В частности, он отвечает за управление информацией, касающейся сетевых соединений, за принудительное установление ограничений Класса услуги (CoS) и Качества обслуживания (QoS), определенных для различных потоков услуг и за обеспечение устойчивой передачи данных с использованием Согласования скорости, необязательных методов кодирования Рида-Соломона и методов ARQ (Автоматического запроса повтора).

Для Канального уровня G.9954 определены следующие функции управления каналом связи:

- Согласование скорости;
- Целостность канала связи;
- Объявление возможностей;
- Ограниченный автоматический запрос повтора (LARQ);
- Возможность пакетирования (объединения) кадров;
- Синхронизация цикла MAC;
- Регистрация;
- Сигнализация потоков;
- Выбор ведущего;
- Протокол сертификации;
- Протокол управления коллизиями;
- Инкапсуляция Рида-Соломона;
- Отчет о временной отметке.

Данные канальные функции используют контрольные кадры для передачи сообщений протокола между станциями. G.9954 включает стандартизированный механизм Канального уровня для инкапсуляции и контроля сети. Существуют различные подтипы контрольных кадров. Объекты управления каналом связи могут быть реализованы как в аппаратной форме, так и в форме программного обеспечения драйвера. Кадры управления каналом связи не видимы уровнем 3 (IP) сетевого стека и не должны переходить из одного сегмента сети в другой.

10.1.1 Минимальный профиль поддержки Протокола передачи данных для Протоколов передачи данных G.9954

Минимальный профиль поддержки Протокола передачи данных для Протоколов передачи данных G.9954 позволяет осуществить менее сложные реализации данной Рекомендации. В то время как все протоколы управления выполняют важные функции в работе сети, возможно реализовать минимальную подгруппу Протоколов Канального уровня, которые совместимы с полнофункциональными реализациями и не уменьшают общей производительности других станций. В дальнейшем в настоящей Рекомендации будет использоваться сокращенное наименование Минимальный профиль.

В дальнейшем в настоящей Рекомендации подразумевается использование полной поддержки всех протоколов передачи данных, называемой Полным профилем поддержки Протокола передачи данных, если Минимальный профиль не упомянут явным образом.

Устройство G.9954, поддерживающее Минимальный профиль, должно поддерживать следующие протоколы Канального уровня G.9954:

- Минимальное согласование скорости;
- Целостность канала связи;
- Объявление возможностей;
- Синхронизация цикла MAC;
- Пакетирование (объединение) кадров;
- Протокол сертификации;
- Минимальный LARQ.

Такое устройство имеет возможность синхронизации с синхронным циклом MAC, сгенерированным ведущим, и ограничения своих передач определенными в созданном ведущим Плане доступа к среде передачи (MAP) нераспределенными (конфликтными) ТХОР. Доступ к среде передачи осуществляется в соответствии с правилами передач АМАС, основанными на приоритетах. Пакетирование кадров используется для более эффективного использования времени среды. Согласование скорости выполняется по логическим каналам между устройством-источником и устройством-получателем.

10.1.2 Устройство G.9954, поддерживающее контракты QoS

В дополнение к протоколам Канального уровня из Минимального профиля (указаны выше), устройство G.9954, поддерживающее контракты QoS, должно также поддерживать следующие Протоколы канального уровня G.9954:

- Допуск в сеть;
- Сигнализация потоков (Конечное устройство).

Такое устройство должно иметь возможность выполнять все функции устройства G.9954 Минимального профиля, а также должно иметь возможность управлять *потоками* с контрактами QoS, запрашивать резервирование ширины полосы пропускания для *потоков* и осуществлять Согласование скорости и LARQ на уровне (степень детализации) потоков.

10.1.3 Устройство G.9954 с возможностями ведущего

Устройство G.9954, которое имеет возможность работать в качестве ведущего сети, для краткости называемое устройством с возможностями ведущего, должно, в дополнение к описанным выше протоколам Канального уровня, поддерживать следующие протоколы Канального уровня G.9954:

- Динамический выбор ведущего;
- Генерирование цикла MAC;
- Сигнализация потоков (Устройство-ведущий);
- Отчет о временной отметке (Ведущие справочные часы).

Устройство с возможностями ведущего должно иметь возможность взять на себя роль ведущего в сети без ведущего и генерировать периодический цикл MAC для работы в синхронном режиме. Оно должно иметь возможность включаться в сигнализацию потоков и преобразовывать запросы сигнализации потоков в стандартный ввод планировщика. Устройство с возможностями ведущего должно иметь возможность выступать в роли Ведущих справочных часов, периодически объявляя свое внутреннее время, для того чтобы дать возможность конечным устройствам синхронизировать свое внутреннее время с внутренним временем ведущего.

10.1.14 Необязательные протоколы Канального уровня G.9954

Следующие протоколы Канального уровня являются необязательными для всех устройств G.9954:

- Отчет о временной отметке (Конечная точка-ведомый);
- Протокол управления коллизиями;
- Инкапсуляция Рида-Соломона.

10.2 Базовый формат кадра Канального уровня

Базовый кадр Канального уровня описан в Таблице 10-1.

Таблица 10-1/G.9954 – Базовый формат кадра Канального уровня

Поле	Длина	Пояснение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес отправителя
Ethertype	2 октета	Тип Ethernet. Произвольное значение. В случае, если значение поля 0x886c (Кадр Протокола передачи данных PNT. Назначается IEEE), то кадр предназначен для контрольного кадра протокола передачи данных.
Data	Переменная	Данные полезной нагрузки
Pad	Переменная	Дополнение (если требуется, для того чтобы достигнуть минимальной длины кадра)
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT, описана в п. 10.2.1

Базовый формат кадра Канального уровня G.9954 основан на формате кадра Ethernet IEEE Std 802.3 (не включая преамбулу IEEE Std 802.3 и поля SFD) с дополнительной проверочной последовательностью CRC-16. Битовые поля кадра PNT, начиная с поля Адрес получателя (DA) и заканчивая полем FCS идентичны соответствующим полям, описанным в IEEE Std 802.3 (см. Рисунок 10-1) и называются Кадром Ethernet Канального уровня. В битовой структуре кадра Ethernet уровня PHY содержатся биты преамбулы Ethernet и Разделителя начала кадра (SFD), присоединенные спереди к кадру Ethernet Канального уровня; в кадрах G.9954 эти биты не присутствуют.



Рисунок 10-1/G.9954 – Формат кадра Ethernet уровня PHY

Подразумевается, что в качестве Адреса получателя (DA) и Адреса источника (SA) будут использоваться назначенные IEEE адреса MAC Ethernet.

Кадр Канального уровня Ethernet состоит из целого числа октетов.

Дополнительная CRC-16 должна быть добавлена после последовательности проверки кадра, как описано в п. 10.2.1.

При использовании форматов кадра, определенных выше, перед передачей кадр Канального уровня должен быть преобразован в кадр Физического уровня G.9954 путем добавления Преамбулы, Контроля кадра, PAD и EOF, как показано на Рисунке 6-2.

10.2.1 CRC-16

16-битная контрольная сумма контроля циклическим избыточным кодом (CRC) должна быть вычислена как функция содержимого незашифрованного кадра Ethernet Канального уровня в порядке передачи, начиная с первого бита поля DA и заканчивая последним битом поля FCS. Кодирование определено следующим порождающим полиномом:

$$G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

Математически значение контрольной суммы CRC, соответствующей данному кадру, определяется при помощи процедуры, приводимой ниже.

Дополняются первые 16 бит кадра в порядке передачи.

n бит кадра в порядке передачи принимаются в качестве коэффициентов полинома $M(x)$ степени $n-1$. (Первый бит Адреса получателя (DA) соответствует члену $x^{(n-1)}$, а последний бит поля FCS соответствует члену x^0).

$M(x)$ умножается на x^{16} и делится на $G(x)$, порождая остаток $R(x)$ степени ≤ 15 .

Коэффициенты $R(x)$ принимаются в качестве 16-битной последовательности.

Битовая последовательность дополняется и в результате получается CRC.

16 бит CRC должны быть помещены в поле CRC-16 таким образом, чтобы x^{15} являлся самым младшим битом первого октета, а член x^0 – самым старшим битом последнего октета. (Таким образом, биты CRC передаются в порядке $(x^{15}, x^{14}, \dots, x^1, x^0)$).

ПРИМЕЧАНИЕ. – CRC-16 PNT в сумме с FCS Ethernet обеспечивают более надежную защиту от необнаруженных ошибок, чем одна только FCS. Причиной такого "усиления защиты" являются особенности факторов среды, которые зачастую приводят к появлению Частоты возникновения ошибок в кадрах (FER) на несколько порядков выше, чем в среде Ethernet, что делает FCS недостаточной.

10.3 Контрольные кадры Канального уровня

Кадры Канального уровня с Ethertype равным **0x886c** являются **Контрольными кадрами Канального уровня**. Формат этих кадров не основан на формате кадра Ethernet IEEE Std 802.3. Существует два формата для Контрольных кадров Канального уровня – Краткий подтип и Длинный подтип. Формат Длинного подтипа предусмотрен для будущих контрольных кадров, у которых объем контрольной информации превысит 256 октетов. Контрольные кадры и инкапсулированные кадры, описанные в настоящей Рекомендации, используют формат Краткого подтипа.

В определенных ниже форматах кадров, перед передачей Контрольный кадр канала передачи данных должен быть преобразован в кадр Физического уровня путем прибавления Преамбулы, Контроля кадра, PAD и EOF, как показано на Рисунке 6-2.

10.3.1 Краткий формат

Краткий формат Контрольного кадра канала передачи данных определен в Таблице 10-2. Всем протоколам, использующим заголовок Контрольного кадра канала передачи данных Краткого формата, следует использовать поле SSVersion. В данном поле указывается версия формата используемой контрольной информации. Это позволяет производить расширения любого из SSType в будущем.

Таблица 10-2/G.9954 – Краткий формат Контрольного кадра канала передачи данных

Поле	Длина	Пояснение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес отправителя
Ethertype	2 октета	0x886c (PNT Кадр протокола управления каналом передачи данных, назначается IEEE)
SSType	1 октет	0–127 назначается PNT 0 Зарезервировано 1 Контрольный кадр запроса скорости 2 Краткий кадр целостности канала передачи данных 3 Объявление возможностей 4 LARQ 5 Определяемый производителем типа краткого формата 6 Пакетирование кадров 7 Динамический выбор ведущего 8 Индикация отчета о временной отметке 9–127 Зарезервировано Значения 128–255 соответствуют Длинному подтипу.
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion (или с первого октета, следующего за SSLength, если он не определен как SSVersion) и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение 2, максимальное 255.
SSVersion	1 октет	Номер версии контрольной информации
Control Data	0–252 октета	Контрольная информация
Next Ethertype	2 октета	Ethertype/длина протокола следующего уровня, 0 если нет.
Payload data	Переменная	Если это не инкапсулирующий кадр, то длина данного поля 0 октетов.
Pad	41–0 октетов	Дополнение требуется, для того чтобы достигнуть минимума, если объем данных < 41 октета
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

SSLength должно быть проверено для того, чтобы удостовериться, что представлено достаточное количество контрольной информации. Новые форматы кадров, обладающие обратной совместимостью, могут включать дополнительные фиксированные поля данных, но должны всегда включать фиксированные поля, указанные в более ранних форматах. Реализации протокола должны интерпретировать все поддерживаемые кадры SSType, используя наиболее позднюю поддерживаемую SSVersion, которая меньше либо равна SSVersion, указанной в полученном кадре. Незнакомые поля должны игнорироваться. Инкапсулированные данные неподдерживаемых (более новых) SSVersion из кадров SSType с поддерживаемой инкапсуляцией должны передаваться на уровень выше. Расширяемость протокола обсуждается в п. 10.10.

Поле Next Ethertype требуется для всех Заголовков Контрольных кадров канала передачи данных Краткого формата. Помимо всего прочего, оно поддерживает обратную совместимость, давая получателям возможность всегда выделять заголовок краткого формата Канального уровня. В случае, если значение поля Next Ethertype равно 0, кадр является базовым контрольным кадром и должен быть сброшен после обработки содержащейся в нем контрольной информации. Поле Next Ethertype должно занимать последние два октета контрольного заголовка. Для обеспечения совместимости "снизу вверх" позиция поля Next Ethertype в кадре должна определяться, используя поле SSLength.

В случае, если значение поля Next Ethertype отлично от нуля, данный кадр является *инкапсулирующим* контрольным кадром. Инкапсулированным кадром данных называется инкапсулирующий контрольный кадр с любым значением поля Next Ethertype кроме x0000 и x886c. Получатели G.9954 должны иметь возможность удалять как минимум один инкапсулирующий Заголовок Контрольного кадра канала передачи данных Краткого формата из любого полученного инкапсулированного кадра данных. В случае, если для какого-либо конкретного SSType или LSType Контрольного кадра канала передачи данных значение поля Next Ethertype спецификацией ограничено только значением x0000, инкапсуляция кадров данных при использовании данного типа Контрольных кадров канала передачи

данных не разрешается. Инкапсуляция кадров данных поддерживается только типом кадров Канального уровня "LARQ".

В случае если SSType не понят получателем (факт, о котором, возможно, будет сообщаться с использованием будущих опций CSA), кадр должен быть сброшен. Требуется, чтобы все узлы понимали SSType LARQ (хотя и не требуется, чтобы они реализовывали LARQ). Расширяемость протокола обсуждается в п. 10.10.

Заголовок и заключительная часть для стандартных кадров Ethernet затенены серым, для того чтобы "высветить" форматы кадров контрольной информации.

10.3.2 Длинный формат

Длинный формат Контрольного кадра канала передачи данных определен в Таблице 10-3. LSVersion, аналогичное SSVersion, должно использоваться всеми подтипами Длинного формата. Поле Next_Ethertype требуется для всех подтипов Длинного формата. В случае, если подтипы Длинного формата (значения LSType) не поняты получателем (факт, о котором, возможно, будет сообщаться с использованием будущих опций CSA), такие кадры должны быть сброшены. Требования к обработке относительно совместимости "снизу вверх", сбрасывания кадров с неизвестным типом кадра с Next_Ethertype=0 и удаление заголовков Длинного формата с Next_Ethertype != 0, идентичны таким требованиям для Заголовков Контрольных кадров канала передачи данных Краткого формата.

Таблица 10-3/G.9954 – Длинный формат Контрольного кадра канала передачи данных

Поле	Длина	Пояснение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес отправителя
Ethertype	2 октета	0x886c (PNT Кадр протокола управления каналом передачи данных, назначается IEEE)
LSType	2 октета	32768 Зарезервировано 32769 Длинный формат, определяемый производителем 32770 Протокол сертификации 32771 Заголовок инкапсуляции Риды-Соломона 32772 Протокол синхронизации MAP 32773 Протокол допуска в сеть 32774 Протокол сигнализации потоков 32775 – 65534 Зарезервировано, назначается PNT 65535 Зарезервировано
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion (или с первого октета, следующего за SSLength, если он не определен как SSVersion) и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Etherthertype. Минимальное значение 2, максимальное 65535.
LSVersion	1 октет	Номер версии последующих данных протокола
Data	LSLength – 3 октета	Данные LSType, зависящие от протокола
Next Etherthertype	2 октета	Etherthertype/длина следующего протокола уровня, 0 если нет.
Payload Data	Переменная	Если это не инкапсулирующий кадр, то длина данного поля 0 октетов.
Pad	42–0 октетов	Дополнение до минимального размера, если нужно
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

10.3.3 Порядок передачи

Порядок передачи полей кадра по сети – сверху вниз в каждой из таблиц.

Внутри поля, самым старшим байтом (MSByte) поля должен быть первый октет поля, при этом, младший значащий бит (LSBit) каждого октета должен передаваться первым. Последующие байты поля передаются в порядке убывания старшинства.

В случае, если в какой-либо из таблиц указаны подполя, показанный порядок – убывание старшинства сверху вниз в таблице.

10.4 Контрольная функция Согласования скорости

Модуляция полезной нагрузки РНУ может использовать способ кодирования группировок битов от 2 до 8 бит/символ и один из нескольких *диапазонов*, которые являются комбинациями скорости в бодах, типа модуляции и спектральной маски. Для некоторых диапазонов дополнительно существуют необязательные способы кодирования группировок битов 8, 9 и 10 бит/символ, см. п. 6.3.3.4.

Кодирование полезной нагрузки (РЕ), который может быть достигнут, является функцией качества канала между источником и получателем, и качество канала, как правило, различается между каждой из пар станций в зависимости от топологии разводки кабеля и специфических помех в канале. В связи с этим, функция Согласования скорости на станции-получателе использует Контрольные кадры Запроса скорости (RRCF) для предоставления станции-источнику информации о способе кодирования полезной нагрузки, который следует использовать для кодирования будущих кадров, передаваемых в адрес получателя, и для генерирования тестовых кадров, с целью помочь получателю в выборе наиболее подходящего для использования диапазона.

Политики, используемые станцией-получателем для выбора желаемого способа кодирования полезной нагрузки, а также для принятия решения о том, когда передавать Контрольные кадры Запроса скорости, зависят от конкретной реализации. Станциям следует избегать использования политик передачи, в результате использования которых возникает чрезмерный трафик RRFC.

Согласование скорости в данной Рекомендации аналогично описанному в Рек. МСЭ-Т G.9951/2 за тем исключением, что значение термина "логический канал" (см. Термины и определения в п. 10.4.3.1) в G.9954 расширено и включает логический канал, заданный кортежами { Source Address, Destination Address, Priority } и { Source Address, Destination Address, Flow ID }. Данное расширение позволяет получить хороший контроль над выбранной скоростью для логического канала путем разрешения согласования различных скоростей для отдельных логических каналов даже тогда, когда различные каналы соединяют одну и ту же пару Источник-Получатель. Поскольку каждый логический канал представляет отдельную услугу или поток, возможно с индивидуальными требованиями к BER/PER, Согласование скорости производится для каждой отдельной услуги.

Целью Согласования скорости является выбор такого Способа кодирования полезной нагрузки, который позволил бы достичь наивысшей физической скорости передачи битов, при этом соблюдая требования в BER/PER для логического канала.

10.4.1 Формат Контрольного кадра Запроса скорости

В RRCF указывается максимально допустимый способ кодирования группировок битов (бит на символ) который получатель (ReqDA) "желает видеть используемым" для данного диапазона, или указывается, что данный диапазон не поддерживается (см. Таблицу 10-4)

Таблица 10-4/G.9954 – Определение Контрольного кадра Запроса скорости

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_RATE (1)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение SSLength 18, для SSVersion = 0.

Таблица 10-4/G.9954 – Определение Контрольного кадра Запроса скорости

Поле	Длина	Значение
SSVersion	1 октет	= 0
OpCode	1 октет	Код операции для данного Контрольного сообщения. Определения см. в Таблице 10-6
NumBands	1 октет	Количество диапазонов, указанных в данном контрольном сообщении. Диапазоны ссылаются на тип модуляции <i>Диап. Ссылка</i> 1 Спектральная маска #1, модуляция 2-МБод 2 Спектральная маска #1, модуляция 4-МБод 3 Спектральная маска #2, модуляция 2-МБод 4 Спектральная маска #2, модуляция 4-МБод 5 Спектральная маска #2, модуляция 8-МБод 6 Спектральная маска #2, модуляция 16-МБод 7 Спектральная маска #3, модуляция 2-МБод 8 Спектральная маска #3, модуляция 6-МБод 9 Спектральная маска #3, модуляция 12-МБод 10 Спектральная маска #3, модуляция 24-МБод NumBands должен иметь значение от 6 до 10 для передач станций G.9954 и станции должны игнорировать значения диапазона больше Band10 при получении, если NumBands больше 10. Значение 0 не используется. Значения больше 6 могут игнорироваться станциями G.9954 в случае, если они не поддерживают Спектральную маску #3.
NumAddr	1 октет	Количество адресов, указанных в полезной нагрузке данного контрольного сообщения. NumAddr может иметь значение ноль. SA в заголовке Ethernet всегда используется и в последующих пунктах называется RefAddr0.
Band1_PE	1 октет	Значение PE, которое должно использоваться для передачи данных в случае, если выбран Диапазон 1.
Band1_rank	1 октет	Порядок рангов приоритетов ReqDA для данного диапазона, 1 – высший приоритет, а всем остальным диапазонам внутри данной Спектральной маски присваиваются последовательно большие значения рангов.
...		Дополнительные экземпляры информации о диапазонах
BandN_PE	1 октет	Значение PE, которое должно использоваться для передачи данных в случае, если выбран Диапазон N.
BandN_rank	1 октет	Порядок рангов приоритетов ReqDA для данного диапазона, 1 – высший приоритет, а всем остальным диапазонам внутри данной Спектральной маски присваиваются последовательно большие значения рангов.
RefAddr1	6 октетов	Необязательное. Присутствует, если NumAddr $\geq$ 1. Второй адрес MAC, для которого указываются скорости, допустимы только широковещательные и многоадресные адреса.
RefAddr2	6 октетов	Необязательное. Присутствует, если NumAddr $\geq$ 2. Третий адрес MAC, для которого указываются скорости, допустимы только широковещательные и многоадресные адреса.
...		[Дополнительные экземпляры RefAddr, пока номер поля RefAddr не сравняется с NumAddr]

Таблица 10-4/G.9954 – Определение Контрольного кадра Запроса скорости

Поле	Длина	Значение
[Additional TLV extensions]		Информация о расширениях Flow ID/Приоритетов, см. п. 10.4.2.
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad		Для того чтобы достигнуть minFrameSize, если требуется
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

В будущих версиях данной Рекомендации могут появиться дополнительные диапазоны, которые могут быть описаны посредством дескрипторов диапазонов {PE, ранг}, добавленных после Диапазона 10. Если дополнительные диапазоны присутствуют, их дескрипторы будут расположены между BandN_Rank и RefAddr1, и станции G.9954 должны учитывать их наличие при определении размещения списка RefAddr.

Станции G.9954 должны игнорировать указание диапазонов свыше Numbands = 10. В случае, если получатель не указывает диапазон в RRCF, или указывает PE = 0 для диапазона, передатчики не должны использовать этот диапазон. Для того чтобы обеспечить точное определение того, какие диапазоны присутствуют, по мере того, как будут добавляться будущие диапазоны, промежуточные неподдерживаемые диапазоны должны использовать PE = 0 для указания на то, что они не используются. Диапазоны могут быть неуказанными только в случае, если никакой другой информации о диапазоне не следует.

Поля NumBands и NumAddr размещаются рядом друг с другом, для того чтобы на все фиксированные поля можно было ссылаться с известными сдвигами внутри кадра.

В Таблице 10-5 описываются присвоенные значения, которые могут появляться в описаниях диапазонов в Контрольном кадре Запроса скорости.

Таблица 10-5/G.9954 – Значения PE для Контрольных кадров запроса скорости

PE	Скорость передачи данных	Значение
0	Нет	Означает, что данный диапазон не используется
1	4 Мбит/с	Спектральная маска #1, 2-МБод FDQAM, 2 бит/символ
2	6 Мбит/с	Спектральная маска #1, 2-МБод FDQAM, 3 бит/символ
3	8 Мбит/с	Спектральная маска #1, 2-МБод FDQAM, 4 бит/символ
4	10 Мбит/с	Спектральная маска #1, 2-МБод FDQAM, 5 бит/символ
5	12 Мбит/с	Спектральная маска #1, 2-МБод FDQAM, 6 бит/символ
6	14 Мбит/с	Спектральная маска #1, 2-МБод FDQAM, 7 бит/символ
7	16 Мбит/с	Спектральная маска #1, 2-МБод FDQAM, 8 бит/символ
8	1 Мбит/с	Зарезервировано для унаследованных систем (legacy systems)
9	8 Мбит/с	Спектральная маска #1, 4-МБод QAM, 2 бит/символ
10	12 Мбит/с	Спектральная маска #1, 4-МБод QAM, 3 бит/символ
11	16 Мбит/с	Спектральная маска #1, 4-МБод QAM, 4 бит/символ
12	20 Мбит/с	Спектральная маска #1, 4-МБод QAM, 5 бит/символ
13	24 Мбит/с	Спектральная маска #1, 4-МБод QAM, 6 бит/символ
14	28 Мбит/с	Спектральная маска #1, 4-МБод QAM, 7 бит/символ
15	32 Мбит/с	Спектральная маска #1, 4-МБод QAM, 8 бит/символ
16–32	Нет	Зарезервировано

Таблица 10-5/G.9954 – Значения PE для Контрольных кадров запроса скорости

PE	Скорость передачи данных	Значение
33	4 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 2 бит/символ
34	6 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 3 бит/символ
35	8 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 4 бит/символ
36	10 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 5 бит/символ
37	12 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 6 бит/символ
38	14 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 7 бит/символ
39	32 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 8 бит/символ
40	Нет	Зарезервировано
41	8 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 2 бит/символ
42	12 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 3 бит/символ
43	16 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 4 бит/символ
44	20 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 5 бит/символ
45	24 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 6 бит/символ
46	28 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 7 бит/символ
47	32 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 8 бит/символ
48	Нет	Зарезервировано
49	16 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 2 бит/символ
50	24 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 3 бит/символ
51	32 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 4 бит/символ
52	40 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 5 бит/символ
53	48 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 6 бит/символ
54	56 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 7 бит/символ
55	64 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 8 бит/символ
56	НЕТ	Зарезервировано
57	32 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод QAM, 2 бит/символ
58	48 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод QAM, 3 бит/символ
59	64 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод QAM, 4 бит/символ
60	80 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод QAM, 5 бит/символ
61	96 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод QAM, 6 бит/символ
62	112 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод QAM, 7 бит/символ
63	128 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод QAM, 8 бит/символ
64		Зарезервировано
65	4 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 2 бит/символ
66	6 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 3 бит/символ
67	8 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 4 бит/символ
68	10 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 5 бит/символ
69	12 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 6 бит/символ
70	14 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 7 бит/символ

Таблица 10-5/G.9954 – Значения PE для Контрольных кадров запроса скорости

PE	Скорость передачи данных	Значение
71	16 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 8 бит/символ
72	Нет	Зарезервировано
73	12 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 2 бит/символ
74	18 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 3 бит/символ
75	24 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 4 бит/символ
76	30 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 5 бит/символ
77	36 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 6 бит/символ
78	42 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 7 бит/символ
79	48 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 8 бит/символ
80	Нет	Зарезервировано
81	24 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 2 бит/символ
82	36 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 3 бит/символ
83	48 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 4 бит/символ
84	60 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 5 бит/символ
85	72 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 6 бит/символ
86	84 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 7 бит/символ
87	96 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 8 бит/символ
88	Нет	Зарезервировано
89	48 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 2 бит/символ
90	72 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 3 бит/символ
91	96 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 4 бит/символ
92	120 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 5 бит/символ
93	144 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 6 бит/символ
94	168 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 7 бит/символ
95	192 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 8 бит/символ
96–159	Нет	Зарезервировано
160	16 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 8-круговая группировка; 8 бит/символ
161	18 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 9-круговая группировка; 9 бит/символ
162	20 Мбит/с	Спектральная маска #2, 2-МБод FDQAM, 10-круговая группировка; 10 бит/символ
163–167	Нет	Зарезервировано
168	32 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 8-круговая группировка; 8 бит/символ
169	36 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 9-круговая группировка; 9 бит/символ
170	40 Мбит/с	Спектральная маска #2, 4-МБод FDQAM, 10-круговая группировка; 10 бит/символ
171–175	Нет	Зарезервировано
176	64 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 8-круговая группировка; 8 бит/символ
177	72 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 9-круговая группировка; 9 бит/символ
178	80 Мбит/с	Спектральная маска #2, 8-МБод FDQAM, 10-круговая группировка; 10 бит/символ
179–183	Нет	Зарезервировано

Таблица 10-5/G.9954 – Значения PE для Контрольных кадров запроса скорости

PE	Скорость передачи данных	Значение
184	128 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод FDQAM, 8-круговая группировка; 8 бит/символ
185	144 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод FDQAM, 9-круговая группировка; 9 бит/символ
186	160 Мбит/с	Спектральная маска #2, 16-МБод FDQAM, 10-круговая группировка; 10 бит/символ
187-191	Нет	Зарезервировано
192	16 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 8-круговая группировка; 8 бит/символ
193	18 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 9-круговая группировка; 9 бит/символ
194	20 Мбит/с	Спектральная маска #3, 2-МБод FDQAM, 10-круговая группировка; 10 бит/символ
195-199	Нет	Зарезервировано
200	48 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 8-круговая группировка; 8 бит/символ
201	54 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 9-круговая группировка; 9 бит/символ
202	60 Мбит/с	Спектральная маска #3, 6-МБод FDQAM, 10-круговая группировка; 10 бит/символ
203-207	Нет	Зарезервировано
208	96 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 8-круговая группировка; 8 бит/символ
209	108 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 9-круговая группировка; 9 бит/символ
210	120 Мбит/с	Спектральная маска #3, 12-МБод FDQAM, 10-круговая группировка; 10 бит/символ
211-215	Нет	Зарезервировано
216	192 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 8-круговая группировка; 8 бит/символ
217	216 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 9-круговая группировка; 9 бит/символ
218	240 Мбит/с	Спектральная маска #3, 24-МБод FDQAM, 10-круговая группировка; 10 бит/символ
219-255	Нет	Зарезервировано

В Таблице 10-6 описываются значения, которые могут присутствовать в поле OpCode в Контрольном кадре Запроса скорости.

Таблица 10-6/G.9954 – Значения OpCode для Контрольных кадров Запроса скорости

OpCode	Значение
0	Запрос изменения скорости
1	Запрос проверки скорости
2	Ответ на запрос проверки скорости
3-255	Зарезервировано

10.4.2 Индикация получателя для логического канала. Расширение TLV подтипа LCP SUBTYPE_RATE

Для поддержки Согласования скорости по логическому каналу, определенному { Source Address, Destination Address, Priority } или { Source Address, Destination Address, Flow ID }, определено расширение TLV к Контрольному кадру Запроса скорости (RRCF).

Для каждого RefAddr, определенного в RRCF, включено два дополнительных параметра. Эти параметры указывают Приоритет или Идентификатор потока (Flow ID) для логического канала, Адрес источника которого – DA в заголовке Ethernet кадра RRCF, а Адрес получателя = RefAddr<n>.

Для Согласования скорости определены три типа логических каналов:

- 1) Простой канал – эквивалентен определению логического канала G.9951/2 и определяется парой { Source Address, Destination Address }. Никакого дополнительного идентификатора канала не требуется. В качестве параметра PER для Простого канала в ходе Выбора скорости должно использоваться значение PER=1e-4.
- 2) Канал приоритета LARQ – эквивалентен определению логического канала G.9951/2 и определяется кортежем { Source Address, Destination Address, Priority }. В качестве параметра PER для канала приоритета LARQ в ходе Выбора скорости должно использоваться значение PER=1e-2.
- 3) Канал потока – определяет логический канал, идентифицирующийся кортежем { Source Address, Destination Address, Flow ID }. Значения BER/PER, используемые как входная информация для Выбора скорости, определены в Параметрах потока, согласуемых и сигнализируемых между Источником и Получателем в ходе Сигнализации потока. Для получения более подробной информации по Параметрам потока и Протоколу сигнализации потоков см. п. 10.17.

Расширение TLV Идентификатора логического канала является необязательным. Однако если данное расширение обнаружено в кадре RRCF, для каждого RefAddr в кадре должна присутствовать пара параметров (RefChanType<n>, RefChanId<n>) (т.е., NumAddr+1 пар). Первая пара должна соответствовать RefAddr0, а последняя – RefAddr_{NumAddr}. (см. Таблицу 10-7).

Таблица 10-7/G.9954 – Информация расширения Flow ID/Приоритета

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	= 3, Необязательный идентификатор логического канала
SELength	1 октет	Полная длина расширения TLV, за исключение октетов Tag и Length. Значение должно быть равно (NumAddr+1) × 2. Минимум 4.
RefChanType0	1 октет	Тип логического канала, определяемый (DA, RefAddr0, RefId0). Тип канала определяет семантику RefId следующим образом: 0 Простой канал: RefId не определен. 1 Канал приоритета LARQ: RefId интерпретируется как Приоритет. 2 Канал потока: RefId интерпретируется как FlowId (идентификатор потока).
RefId0	1 октет	RefId в соответствии с семантикой, определенной типом RefChan 0
RefChanType1	1 октет	Тип логического канала, определяемый (DA, RefAddr1, RefId1). Тип канала определяет семантику RefId следующим образом: 0 Простой канал: RefId не определен. 1 Канал приоритета LARQ: RefId интерпретируется как Приоритет. 2 Канал потока: RefId интерпретируется как FlowId (идентификатор потока).
RefId1	1 октет	RefId в соответствии с семантикой, определенной типом RefChan 1
...		[Дополнительные экземпляры Идентификационной информации каналов, пока число каналов не станет равным NumAddr+1. Таблица Идентификации каналов является необязательной, как указывает механизм расширения TLV. В случае если расширение TLV отсутствует, предполагается, что все каналы являются Простыми каналами. В противном случае должна присутствовать явная Идентификация канала для каждого определенного RefAddr от RefAddr0..RefAddr _{NumAddr}]

10.4.3 Термины и определения

Таблица 10-8/G.9954 – Термины и определения

Термин	Определение
Спецификация диапазона	Кодирование полезной нагрузки (PE) и Ранг, связанный с данным диапазоном. Диапазон – это отдельная комбинация скорости в бодах, типа модуляции (например, QAM или FDQAM) и частоты несущей. В данной Рекомендации определены 10 диапазонов.
Логический канал, канал	Поток кадров от отправителя к одному или более получателям в одном сегменте сети, состоящий из всех кадров с одинаковой комбинацией 1) DA и SA или 2) DA, SA и Приоритета или 3) DA, SA и Flow ID. Каждая комбинация представляет один из типов каналов, называемых Простой канал, Канал приоритета LARQ и Канал потока, соответственно.
Получатель	Станция, принимающая кадры, передаваемые по конкретному каналу. Если адрес получателя – индивидуальный, то существует самое большее один получатель. В случае, если адрес получателя – групповой (включая ширококвещательные адреса), может быть много получателей.
PE получателя	Предпочитаемый PE для использования на канале, как определено получателем.
RRCF	Контрольный кадр Запроса скорости. Передается получателем отправителю, для того чтобы осуществить изменение PE.
RefAddr0	SA в заголовке Ethernet кадра RRCF. Это – DA получателя (для данного канала), он всегда используется отправителем канала как первый обрабатываемый RefAddr.
RefAddr1..RefAddr<n>	Другие адреса (включая ширококвещательные и групповые) для которых получатель указывает отправителю информацию по скорости. Адрес получателя канала (RefAddr0) не должен помещаться в список дополнительных RefAddr. ПРИМЕЧАНИЕ. – Для поддержки согласования скорости для ширококвещательных и групповых адресов необходимо наличие хотя бы одного поля RefAddr, поскольку такие адреса не могут быть использованы в качестве адреса источника в заголовке Ethernet.
Отправитель	Отправляющая станция канала, обычно станция, которой принадлежит адрес MAC источника.
PE отправителя	Предпочтительный PE, связанный с данным каналом, как отмечено отправителем.

10.4.3.1 Каналы

Согласование скорости определено для однонаправленных логических каналов. Отдельный канал определен для каждой комбинации 1) DA, SA или 2) DA, SA и Приоритета или 3) DA, SA и Flow ID Ethernet. Различные комбинации представляют разные типы каналов, называемые Простой канал, Канал приоритета LARQ и Канал потока, соответственно. Для простых каналов и Каналов приоритета LARQ не существует явной процедуры создания канала. Новый канал определяется неявным образом всякий раз, когда пакет принимается от нового SA или передается новому DA. Каналы потоков создаются в процессе Сигнализации потоков между устройством-источником и устройством-получателем. Для получения более подробной информации по Протоколу сигнализации потоков см. п. 10.17.

У каждого канала есть единственный отправитель, но может быть несколько **получателей**. **Получатели** работают независимо друг от друга.

10.4.3.2 Передача RRCF

Контрольные кадры скорости (все OpCode) следует передавать с приоритетом, соответствующим приоритету Канального уровня 7. RRCF никогда не должны передаваться с приоритетом Канального уровня 6. RRCF могут быть переданы с любым из более низких приоритетов канального уровня из набора: [5, 4, 3, 0]. Однако приоритет Канального уровня RRCF никогда не должен быть ниже чем самый высокий приоритет Канального уровня, полученный в последние 2 секунды от станции, которой передается RRCF. Запросы изменения скорости (OpCode = 0) всегда должны передаваться с использованием способа кодирования Спектральной маски #2, 2 МБод, 2 бит/символ (PE = 33), если источником канала является устройство G.9954. В случае если источником канала является устройство

G.9954, работающее в режиме G.9951/2, должна использоваться Спектральная маска #1, 2 МБод FDQAM, 2 бит/символ (PE = 1). Выбор способа кодирования для Запроса проверки скорости и Ответа на запрос проверки скорости описан ниже.

10.4.3.3 Таймер интервалов

Каждая станция должна поддерживать таймер с периодом в 128 секунд. Станциям не следует пытаться синхронизировать этот таймер между собой. Прием или передача любых кадров не должна изменять значение этого таймера. Интервал данного таймера используется при определении того, какие узлы активно отправляли данные по групповым или широковещательным адресам (см. п. 10.4.4.2) и при отправке напоминаний RRCF в отношении групповых и широковещательных адресов (см. п. 10.4.5.1).

10.4.4 Работа отправителя

10.4.4.1 Отправитель – передача кадра данных

Получить доступ к информации о состоянии логического канала с тем, чтобы определить **PE отправителя** для использования в ходе передачи. Если необходимо, создать канал и установить значение PE отправителя по умолчанию равным 33 (Спектральная маска #2, 2 бит/символ, 2МБод) в случае, если узел-получатель – устройство G.9954 и PE отправителя равным 1 (Спектральная маска #1, 2 бит/символ, 2 МБод FDQAM) в случае, если узел-получатель – устройство G.9951/2. Информация о состоянии логического канала включает тип узла (например, G.9951/2, G.9954 или неизвестный), PE отправителя и PE получателя для каждого диапазона, для которого эта информация указана.

Передачи узлам G.9951/2 должны производиться с использованием способа кодирования Спектральной маски #1.

10.4.4.2 Отправитель – прием Запроса на изменение скорости (RRCF OpCode 0)

Для каждого из RefAddr в RRCF (начиная с RefAddr 0 – SA кадра RRCF) следует получить доступ к информации о состоянии логического канала, если она присутствует, соответствующей RefAddr и (необязательно) RefId (далее обозначаемым кортежем (RefAddr, [RefId]), где квадратными скобками показан необязательный элемент), и обновить PE отправителя в соответствии со спецификацией диапазона в RRCF. В случае, если информации о состоянии логического канала для (RefAddr0, [RefId0]) нет, станции следует создать новую запись состояния логического канала и инициализировать PE отправителя в соответствии со спецификацией диапазона в RRCF. В случае, если информации о состоянии логического канала для дополнительных (RefAddr, [RefId]) нет, станция может либо проигнорировать эти адреса, либо создать новые записи состояния логического канала и инициализировать PE отправителя в соответствии со спецификацией диапазона в RRCF.

Для групповых адресов и широковещательного адреса отправителям следует использовать скорость и Спектральную маску, которую могут принимать все узлы, активно слушающие данный адрес. Станции-отправители могут принудительно установить минимальный PE, который они будут использовать для передачи в данный многоадресный канал, основываясь на информации о QoS уровня приложений. Желательно передавать на наивысшей поддерживаемой каналом скорости. Следовательно, если RefAddr является групповым или широковещательным адресом, отправителю следует использовать значение PE, которое позволяет достичь наивысшей физической скорости передачи битов, но не превышает какое-либо из значений, указанных в спецификациях диапазонов, предоставленных узлами, активно слушающими данный адрес. Активные многоадресные слушатели определяются как станции, которые, в любой из двух последних 128-секундных интервалов:

- 1) Передали какой-либо кадр по этому групповому адресу, или;
- 2) Передали данной станции RRCF, в списке RefAddr которого содержался этот групповой адрес.

Активные широковещательные слушатели определяются как станции, которые, в любой из двух последних 128-секундных интервалов:

- 1) Передали какой-либо кадр по этому широковещательному адресу, или;
- 2) Передали данной станции RRCF, в списке RefAddr которого содержался этот широковещательный адрес.

В сети, контролируемой ведущим, отправитель (т. е. станция-источник логического канала) должна оповещать ведущего об изменениях в согласованном PE на Канале потока. Ведущий должен быть

уведомлен об изменениях в параметре потока PE при помощи отправки Запроса на изменение потока с новым PE для каждого потока, указанного в сообщении RRCF.

Данный протокол проиллюстрирован на Рисунке 10-2.

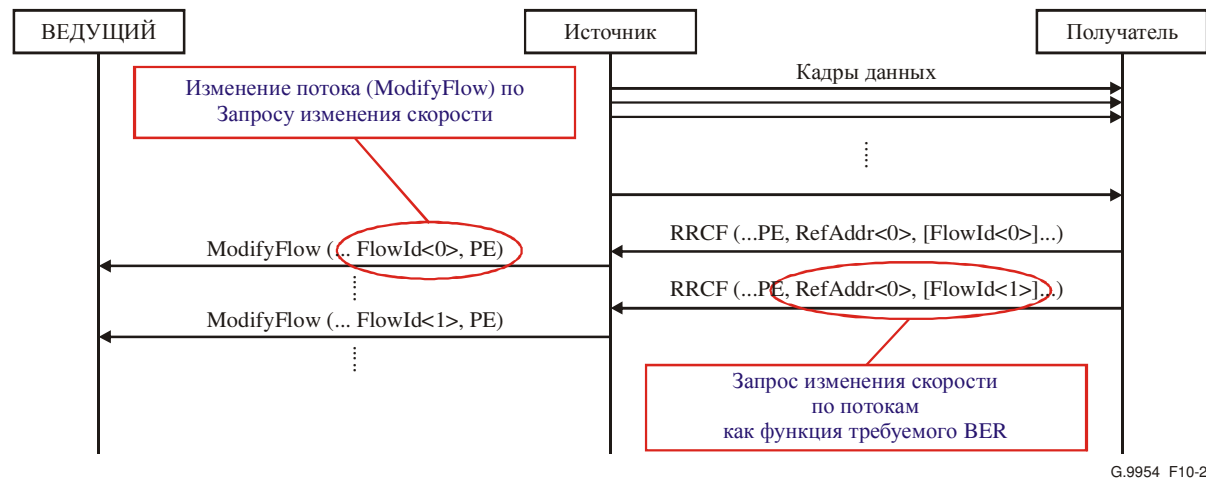


Рисунок 10-2/G.9954 – Протокол согласования скорости

10.4.4.3 Отправитель – Получение кадра Запроса проверки скорости (RRCF OpCode 1)

Для каждого поддерживаемого способа кодирования диапазона создать кадр Ответа на запрос проверки скорости (RRCF OpCode 2) запрашивающему узлу с использованием указанного способа кодирования полезной нагрузки. В качестве содержимого должна быть использована текущая информация о состоянии логического канала.

Поддержка кадров Запроса проверки скорости требуется только в узлах G.9954.

10.4.4.4 Отправитель – Активные узлы PNT

Активным узлом PNT называется любая станция, от которой в течение любого из двух последних 128-секундных интервалов был получен хотя бы один кадр.

10.4.5 Работа получателя

10.4.5.1 Получатель – Получение кадра

Следует применять следующий базисный алгоритм для ограничения количества RRCF. Альтернативные реализации не должны генерировать больше RRCF, чем предложенная реализация. Узлы, заинтересованные в получении кадров указанного группового или широковещательного адреса, должны предоставлять механизм для обеспечения того, чтобы все источники кадров, отправляемых на тот групповой (или широковещательный, как нужно) адрес, были уведомлены о желании этого узла получать кадры, направленные на этот адрес как минимум один раз в 128 секунд (см. п. 10.4.4.2).

Для каждого канала следует хранить Лимит отсрочки Контроля скорости (RCBL), значение которого может находиться в границах от 1 до 1024 и Счетчик кадров отсрочки Контроля скорости (RCBFC) и PE получателя для каждого поддерживаемого диапазона. (Только receiver_PE (PE получателя) упорядочены по номерам поддерживаемых диапазонов. RCBL и RCBFC учитываются поканально). RCBL инициализируется значением 1, RCBFC инициализируется значением 0. Receiver_PE инициализируется значением 0 для Диапазона 2. В каких-либо других ограничениях Receiver_PE нет необходимости. В случае, если получен кадр целостности канала передачи данных с PE=1, RRCF не должен передаваться (см. Целостность канала передачи данных, п. 10.5).

Для каждого полученного кадра вычислить новый желаемый PE для канала (new_PE) для каждого диапазона. Примерный алгоритм выбора желаемого PE для какого-либо поддерживаемого диапазона приведен в п. 10.4.5.1.1. Если новый желаемый PE отличается от прошлого значения, сбрасываем RCBL на 1, RCBFC на 0. Сохраняем новое значение желаемого PE (new_PE) по диапазонам как PE получателя. В случае если PE полученного кадра отличается от нового желаемого PE, увеличиваем RCBFC на 1. В случае если RCBFC теперь больше либо равен RCBL, отправляем источнику кадра RRCF с band1_PE (PE диапазона 1) установленным на значении receiver_PE (PE получателя) для Диапазона 1 и Band2_PE установленным на значении receiver_PE для Диапазона 2, сбрасываем

RCBFC на 0 и удваиваем RCBL, вплоть до максимального значения 1024. В случае, если многоадресный или широковещательный канал активен (по данным, основанным на получении кадров, не являющихся кадрами RRCF в течение двух последних 128-секундных интервалов) и 128-секундный интервал прошел с момента, когда получатель отправил кадр на этот групповой или широковещательный адрес, передать RRCF с текущим PE получателя всем узлам, которые отправили кадры на этот групповой или широковещательный адрес, где в поле RefAddr будет установлен рассматриваемый групповой или широковещательный адрес. Несколько групповых адресов могут быть объединены в один RRCF, отправляемый узлу, который был активен на нескольких групповых адресах. Однако включать следует только те адреса, для которых назначенный получатель RRCF был активен.

В сообщениях RRCF запрашивающим станциям следует стараться указать максимальный способ кодирования, который, как они полагают, обеспечит приемлемую частоту возникновения ошибок с тем, чтобы максимизировать обобщенную пропускную способность сети.

В RRCF должен всегда быть указан как минимум диапазон 2 МБод.

10.4.5.1.1 Примерный алгоритм выбора способа кодирования полезной нагрузки

В данном пункте описывается примерный алгоритм, пригодный для использования устройствами, реализующими один диапазон (Band1) в сетях с добавочным белым шумом и импульсными помехами. Возможны также и другие алгоритмы, которые могут более оптимально выбирать кодирование полезной нагрузки, основываясь на результатах измерений состояния канала.

Для каждой реализации составить таблицу средних двухсторонних среднеквадратических погрешностей (ASMSE), требующихся для каждого способа кодирования полезной нагрузки (кроме PE=8), для того чтобы достичь частоты возникновения ошибок в пакетах (PER) равной $1e-3$. Определить эту таблицу как DOWN_LARQ. Составить вторую таблицу с целевым PER = $1e-6$. Определить данную таблицу как DOWN_NOLARQ. Определить UP_LARQ как DOWN_LARQ со значениями ASMSE, уменьшенными на 2 дБ и UP_NOLARQ как DOWN_NOLARQ со значениями ASMSE, уменьшенными на 2 дБ.

Приведенные ниже шаги описывают процесс выбора нового желаемого способа кодирования полезной нагрузки для конкретного канала (new_re) при наличии информации о текущем желаемом способе кодирования (curr_re) и получении нового кадра по данному каналу:

- 1) Вести журнал 16 последних кадров G.9951/2 по каждому каналу. Для каждого канала вычислять ASMSE на основе всех кадров в журнале, которые не содержали ошибок CRC.
- 2) Если в режиме V1M2, оценить, достаточен ли запас устойчивости системы для правильного обнаружения кадров совместимости для каждого отдельного канала. В случае, если определено, что для какого-либо данного канала такой запас недостаточен, установить new_re = 8 для этого канала. В случае, если запас достаточен и curr_re = 8, установить new_re = 1. В случае, если запас достаточен и curr_re $\neq$ 8, установить new_re = curr_re. Если new_re = 8 или curr_re = 8, то выйти. Иначе:
- 3) Если все кадры в журнале были получены с ошибками CRC, то установить new_re = 1 и выйти. Иначе:
- 4) Если на канале используется LARQ, найти в таблице UP_LARQ наибольший кодирование полезной нагрузки с ASMSE больше либо равной ASMSE, вычисленной на шаге 1. Если LARQ не используется, воспользоваться таблицей UP_NOLARQ. Определить данный способ кодирования как new_up_re.
- 5) Если на канале используется LARQ, найти в таблице DOWN_LARQ наибольший кодирование полезной нагрузки с ASMSE больше либо равной ASMSE, вычисленной на шаге 1. Если LARQ не используется, воспользоваться таблицей DOWN_NOLARQ. Определить данный способ кодирования как new_down_re.
- 6) Если new_up_re > curr_re, установить new_re = new_up_re и выйти. Иначе:
- 7) Если new_down_re < curr_re, установить new_re = new_down_re и выйти. Иначе:

8) Если не выполнены ни условие 7, ни условие 6, установить new_re = cur_re.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. –Сдвиг между значениями в таблицах выбора скоростей передачи "вверх" и "вниз" обеспечивает алгоритму выбора скорости гистерезис для обеспечения стабильности в выборе способов кодирования полезной нагрузки в случае присутствия небольших вариаций в ASMSE. В связи с этим сдвигом условия 6 и 7 не могут выполняться одновременно.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Комбинация 16-кадрового журнала и гистерезиса выбора не позволяет алгоритму выбора скорости генерировать чрезмерное количество смен скорости, при этом он остается восприимчивым к значительным изменениям в состоянии канала.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В Алгоритм выбора для PE=8 в шаге 2 также следует включать гистерезис, для того чтобы избежать создания чрезмерного количества смен скорости, при этом оставаясь восприимчивым к значительным изменениям в состоянии канала.

10.4.5.2 Получатель – Отправка кадра Запроса проверки скорости (RRCF OpCode 1)

Периодически, но не чаще, чем один раз в 128 секунд (за исключением случаев, описанных ниже), получатель может отправлять Запрос проверки скорости отправителю, для того чтобы выяснить, может ли канал поддерживать другой диапазон. Способы кодирования диапазона представляют способы кодирования, для которых получатель желает получить созданные отправителем тестовые кадры. В кадрах Запроса проверки скорости для NumAddr должно быть установлено значение 0.

Кадры Запроса проверки скорости должны передаваться закодированными с использованием текущего согласованного способа кодирования для данного канала от получателя к отправителю.

Поддержка кадров Запроса проверки скорости требуется от всех станций.

10.4.5.3 Получатель – Получение Ответа на запрос проверки скорости (RRCF OpCode 2)

По получении Ответа на запрос проверки скорости получателю следует использовать статистику демодуляции для этого кадра и любых других ранее полученных с использованием данного способа кодирования кадров Ответов на запросы проверки скорости, для того чтобы принять решение о том, способен ли канал поддерживать проверенный способ кодирования диапазона. В случае, если получатель решает, что канал не способен поддерживать проверенный способ кодирования диапазона, получатель не должен генерировать новых кадров Запроса проверки скорости в течение как минимум 128 секунд. В случае, если получатель решает, что канал способен поддерживать проверенный способ кодирования диапазона, получатель может повторить проверку с тем, чтобы собрать больше данных, максимум 16 раз с максимальной частотой один кадр Запроса проверки скорости в секунду. В этот момент получатель должен сгенерировать Запрос изменения скорости отправителю с указанием нового способа кодирования диапазона.

Поддержка кадров Ответа на запрос проверки скорости требуется только от станций, реализующих дополнительные диапазоны кроме Диапазона 1 (Band 1). Станции, реализующие только Диапазон 1, могут отвергать кадры Ответа на запрос проверки скорости, не отвечая.

10.5 Функция целостности канала передачи данных

Целью функции Целостности канала связи является предоставление средств для аппаратного и/или программного определения того, может ли станция получать кадры хотя бы от одной другой станции в сети. В условиях отсутствия трафика, станция периодически передает кадр Контроля целостности канала передачи данных (LICF) в широковещательный адрес MAC, причем интервал между такими передачами определяется методом, описанным ниже.

Все станции должны реализовывать следующие функции, чтобы с высокой степенью вероятности гарантировать, что в течение 1-секундного интервала имела место:

- 1) Отправка хотя бы одного LICF в широковещательный адрес MAC, либо;
- 2) Получение хотя бы одного пакета, направленного в широковещательный адрес MAC, от каждой из по крайней мере двух станций.

Дополнительно, все станции должны отправлять как минимум один LICF каждые 64 секунды.

Метод описывается ниже:

- Станциям СЛЕДУЕТ поддерживать создание существующего кадра LI даже в неактивном или спящем режиме. Тем станциям PNT, которые, находясь в спящем или неактивном режиме, не могут или не хотят быть "разбуженными" НЕ СЛЕДУЕТ отправлять кадры LI.
- Пакет канала передачи данных может быть только ширококестельным кадром с действительной FCS заголовка. Только LICF следует рассматривать как Пакеты канала передачи данных.
- Каждая станция поддерживает автономно работающий таймер с периодом в 1 секунду. Не следует пытаться синхронизировать данный таймер с другими станциями. Значение таймера не должно изменяться в связи с какими бы то ни было переходами состояния канала передачи данных или в связи с получением каких-либо кадров. Таймер является источником события timeout, используемого в таблице состояния целостности канала связи в Таблице 10-9.
- Каждая станция поддерживает 6-битный счетчик FORCE_SEND, который инициализируется случайным значением в интервале от 30 до 63. Это инициализационное значение может быть выбрано однажды при запуске узла и использоваться затем при всех повторных инициализациях, или при каждой повторной инициализации счетчика FORCE_SEND может выбираться новое случайное значение.
- У каждой станции есть регистр SA1, в который может быть установлено значение SA полученного Пакета канала передачи данных.
- LICF должен передаваться с приоритетом, соответствующим приоритету Канального уровня 7 в сети без ведущего и как поток 0 в сети, контролируемой ведущим.
- PE для LICF должен определяться путем получения доступа к информации логического канала канала RRCF для ширококестельного канала. Исключение составляет случай, когда кадры LI не отправляются с использованием текущего согласованного ширококестельного значения PE; в этом случае они ДОЛЖНЫ отправляться с PE=1. Это позволяет, например, терминалам, находящимся в спящем или неактивном режиме, поддерживать активный статус в сети. Получение LI с PE=1 НЕ ДОЛЖНО вызывать отправки RRCF каким-либо терминалом PNT.
- Находящемуся в спящем или неактивном режиме терминалу СЛЕДУЕТ выполнять обработку Целостности канала передачи данных и "пробуждения" всех полученных пакетов. Дальнейшей обработки пакетов не требуется. Связанная обработка управления питанием должна выполняться с кадрами данных LARQ и non-LARQ, и следует понимать, что кадры non-WoLAN должны отвергаться.
- Каждая станция должна отправлять Кадр Контроля целостности канала передачи данных формата, показанного в Таблице 10-10, в соответствии с таблицей состояний в Таблице 10-9.

На Рисунке 10-3 представлено графическое изображение переходов между состояниями с незначительными потерями в деталях, включая опущение событий, которые не вызывают смены состояния (и с которыми не связаны какие-либо действия) и свертывание нескольких событий в один переход с более сложным описанием действия.

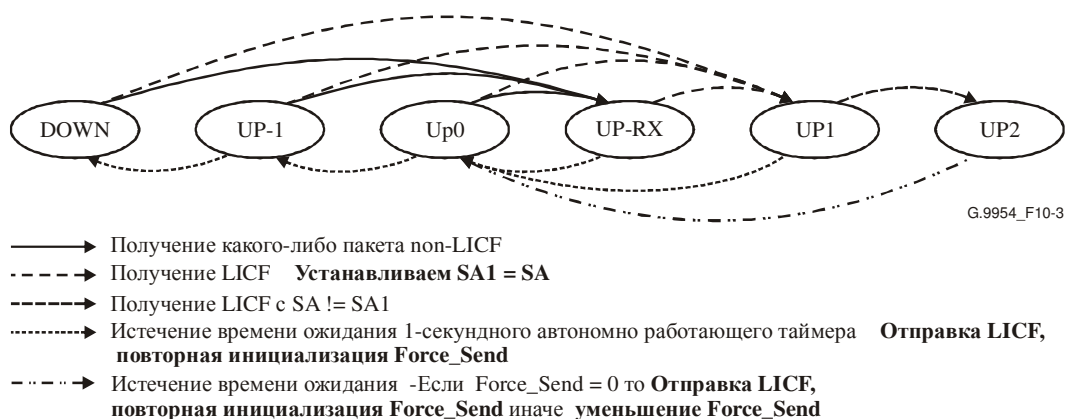


Рисунок 10-3/G.9954 – Диаграмма состояний целостности канала передачи данных

Таблица 10-9 представляет собой полную таблицу со связанными действиями. Событие timeout – периодическое истечение времени ожидания 1-секундного автономно работающего таймера.

Первоначальное состояние: DOWN, Force_Send инициализирован значением $30 \leq \text{Force_Send} \leq 63$.

Таблица 10-9/G.9954 – Механизм конечных состояний целостности канала передачи данных (FSM)

	DOWN	UP-1	UP0	UP-RX	UP1	UP2
Получение какого-либо кадра non-LICF	UP-RX (нет)	UP-RX (нет)	UP-RX (нет)	UP-RX (нет)	UP1 (нет)	UP2 (нет)
Получение LICF с SA == SA1	UP1 Set SA1 ← SA	UP1 Set SA1 ← SA	UP1 Set SA1 ← SA	UP1 Set SA1 ← SA	UP1 (нет)	UP2 (нет)
Получение LICF с SA != SA1	UP1 Set SA1 ← SA	UP1 Set SA1 ← SA	UP1 Set SA1 ← SA	UP1 Set SA1 ← SA	"Родной": UP2 Совмест.: UP1 (нет)	UP2 (нет)
Timeout и Force_Send == 0	DOWN Отправка LICF ^{a)} , повт. инициализ. Force_Send	DOWN Отправка LICF ^{a)} , повт. инициализ. Force_Send	UP-1 Отправка LICF ^{a)} , повт. инициализ. Force_Send	UP0 Отправка LICF, повт. инициализ. Force_Send	UP0 Отправка LICF, повт. инициализ. Force_Send	UP0 Отправка LICF, повт. инициализ. Force_Send
Timeout и Force_Send > 0	DOWN Отправка LICF ^{a)} , повт. инициализ. Force_Send	DOWN Отправка LICF ^{a)} , повт. инициализ. Force_Send	UP-1 Отправка LICF ^{a)} , повт. инициализ. Force_Send	UP0 Отправка LICF, повт. инициализ. Force_Send	UP0 Отправка LICF, повт. инициализ. Force_Send	UP0 Уменьшение Force_Send
a) Устройствам, которые могут передавать, используя в качестве источника более чем один адрес MAC (например, мост), следует отправлять кадр запроса CSA в широковещательный адрес вместо отправки LICF в случаях, указанных в таблице.						

Статус Целостности канала передачи данных должен индифицироваться во всех состояниях, за исключением DOWN. Всем станциям следует включать видимый Индикатор статуса канала передачи данных (LSI) для индикации Статуса канала передачи данных.

Таблица 10-10/G.9954 – Краткий кадр целостности канала передачи данных

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя = FF:FF:FF:FF:FF:FF
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Кадр контроля канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_LINK (2) (Подтип 2)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимум 4 для SSVersion 0.
SSVersion	1 октет	= 0
LI_pad	1 октет	Игнорируется при получении
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	40 октетов	Октет любого значения
FCS	4 октета	
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра (FCS) PNT

10.6 Объявление возможностей и статуса

Механизм определен для согласования, обнаружения возможностей и объявления статуса в масштабах сети. Он основан на периодических широковещательных объявлениях, называемых Объявления возможностей и статуса (CSA) отправляемых в Контрольных кадрах CSA (CSACF). Определенные

флаги позволяют выяснять версию PNT станции, поддержку необязательных возможностей и использование приоритета Канального уровня, а также передачу команд сетевой конфигурации.

Целью протокола является распространение между всеми станциями в сети полного набора флагов, используемых в сети, с тем чтобы станции могли принимать оперативные решения, основываясь на этих флагах, без дальнейшего взаимодействия.

Станции должны использовать Контрольный кадр CSA, как описано в Таблице 10-11 и определения флагов CSA, показанные в Таблице 10-12.

Станции должны отправлять CSACF один раз в минуту или тогда, когда изменения в текущем статусе станции требуют объявления новых (или удаленных) флагов.

Станция, отправляющая Контрольный кадр CSA, объявляющий об изменении статуса, должна отправить вторую копию наиболее "свежего" CSACF спустя короткий интервал времени после отправки первой, поскольку всегда существует возможность потери кадра из-за временных изменений канала, импульсных помех и т. п. Интервал должен быть выбран случайным образом (а не просто зафиксирован) из диапазона от 1 до 1000 миллисекунд включительно.

Контрольные кадры CSA отправляются с приоритетом, соответствующим приоритету Канального уровня 7.

Контрольные кадры CSA всегда отправляются в широковещательный адрес (0xFFFFFFFFFFFF).

PE для Контрольного кадра CSA определяется путем получения доступа к информации о логическом канале RRCF для широковещательного канала.

Для того чтобы позволить станции быстро собрать информацию обо всех станциях, определен код операции (op-code) Запроса. По получении контрольного кадра CSA с OpCode Запроса, станция должна передать текущее сообщение CSA спустя короткий интервал времени, используя тот же механизм (и параметра) при помощи которого задерживается отправка второй копии объявлений CSA, описанный выше.

10.6.1 Контрольный кадр CSA

В Таблице 10-11 определяется формат Контрольного кадра объявления возможностей и статуса. Первые три поля после заголовка Ethernet являются стандартным заголовком контрольного кадра Краткого формата.

Таблица 10-11/G.9954 – Кадр Объявления возможностей и статуса

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя = FF:FF:FF:FF:FF:FF
SA	6 октетов	Адрес источника, не обязательно соответствующий адресу MAC, которому соответствует содержимое данного кадра (см. CSA_SA.)
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_CSA (3) (Подтип 3)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. Минимум 32 для SSVersion 0.
SSVersion	1 октет	= 0
CSA_ID_Space	1 октет	Указывает регистрационное пространство CSA_MFR_ID 0 Не указано 1 JEDEC 2 PCI
CSA_MFR_ID	2 октета	Идентификатор (ID) производителя оборудования: Идентифицирует производителя чипа контроллера PHY. Целью данного поля, а также поля "шифр компонента" и "модификация" является идентификация отдельных реализаций спецификации PHY. Это не идентификатор платы уровня сборки.
CSA_Part_No	2 октета	Шифр компонента производителя оборудования: Шифр компонента для чипа контроллера PHY.

Таблица 10-11/G.9954 – Кадр Объявления возможностей и статуса

Поле	Длина	Значение
CSA_Rev	1 октет	Модификация оборудования
CSA_Opcode	1 октет	0 Объявление 1 Запрос
CSA_MTU	2 октета	Максимальный размер PDU в октетах, которую может принять данный получатель. Значение по умолчанию 1526 октетов. 1526 – минимальное значение, которое должно объявляться станцией PNT.
CSA_SA	6 октетов	Адрес MAC станции, которой соответствуют данные возможности и статус.
CSA_device_id	1 октет	Идентификатор (ID) устройства, назначенный (ведущим) в ходе регистрации. Он сообщается устройству PNT с адресом MAC, обозначенным в поле SA. Значение NULL_ID указывает, что устройство не зарегистрировалось у ведущего. ПРИМЕЧАНИЕ. – Более чем одна станция (идентифицированная CSA_SA) может иметь один и тот же CSA_device_id.
CSA_pad	1 октет	Зарезервировано для версии 0. Должно быть установлено значение 0, должно быть проигнорировано при получении. "Выравнивает" поле к границам 32-бита WORD.
CSA_CurrentTxSet	4 октета	Флаги конфигурации плюс вся используемая в данный момент информация о статусе. Определения флагов приведены в Таблице 10-12.
CSA_OldestTxSet	4 октета	Копия "наиболее старых" флагов для данной станции, из периода, закончившегося как минимум один период (минуту) назад. Определения флагов приведены в Таблице 10-12.
CSA_CurrentRxSet	4 октета	Объединение флагов, полученных от других станций. Определения флагов приведены в Таблице 10-12.
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad		Дополняет до minFrameSize в случае необходимости
FCS	4 октета	
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра (FCS) PNT

10.6.2 Флаги статуса, конфигурации, необязательных возможностей и приоритета

Флаги, приведенные в Таблице 10-12, должны использоваться для полей CSA_CurrentTxSet, CSA_OldestTxSet и CSA_CurrentRxSet в Контрольных кадрах Объявления возможностей и статуса.

Таблица 10-12/G.9954 – Набор флагов CSA

Октет	Поле	Длина	Описание
Flags0	TxPriority7	1	Станция передает (передавала) кадры с приоритетом Канального уровня 7. (всегда Истина)
	TxPriority6	1	Станция передает (передавала) кадры с приоритетом Канального уровня 6.
	TxPriority5	1	Станция передает (передавала) кадры с приоритетом Канального уровня 5.
	TxPriority4	1	Станция передает (передавала) кадры с приоритетом Канального уровня 4.
	TxPriority3	1	Станция передает (передавала) кадры с приоритетом Канального уровня 3.
	TxPriority2	1	Станция передает (передавала) кадры с приоритетом Канального уровня 2.
	TxPriority1	1	Станция передает (передавала) кадры с приоритетом Канального уровня 1.
	TxPriority0	1	Станция передает (передавала) кадры с приоритетом Канального уровня 0. (всегда Истина)
Flags1	Зарезервировано	2	Должно быть установлено значение 0. Должно быть проигнорировано станциями при получении.
	Номер наивысшей поддерживаемой маски	2	Номер наивысшей Спектральной маски, поддерживаемой передатчиком. Поддержка Маски N подразумевает полную поддержку всех диапазонов Спектральной маски N-1. 0 Спектральная маска #1 1 Спектральная маска #2 2 Спектральная маска #3
	Поддержка пакетирования кадров	1	Данная станция поддерживает пакетирование кадров
	Поддержка Краткой контрольной информации	1	Данная станция поддерживает получение краткой контрольной информации в формате Пакета кадров (Объединенного).
	Зарезервировано	1	Зарезервировано для использования устаревшими системами
	Зарезервировано	1	Зарезервировано для использования устаревшими системами
Flags2	Ограничение пакета объединенных кадров	3	0 Нет ограничения (реально ограничено максимальным размером кадра канального уровня в наивысшем PE) 1 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 16 2 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 32 3 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 64 4 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 128 5 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до256
	Ограничение размера пакета объединенных кадров	3	0 Нет ограничения (реально ограничено максимальным размером кадра канального уровня в наивысшем PE) 1 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 8 Кбайт 2 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 16 Кбайт 3 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 32 Кбайт 4 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 64 Кбайт 5 Данная станция поддерживает пакеты RНУ до 80 Кбайт Для целей ограничения размера пакета кадров физического уровня пакет RНУ включает весь кадр канального уровня (т. е. весь кадр за исключением преамбулы физического уровня, контроля кадра, PAD и EOF). Для получения дополнительной информации по пакетированию кадров и объединению см. п. 10.13.

Таблица 10-12/G.9954 – Набор флагов CSA

Октет	Поле	Длина	Описание
Flags2	Синхронный режим	1	Данная станция работает в синхронном режиме MAC и в настоящий момент синхронизирована с циклом MAC ведущего. 0 Станция НЕ работает в Синхронном режиме MAC 1 Станция работает в Синхронном режиме MAC
	Зарезервировано	1	Должно отправляться как 0 и игнорироваться станциями при получении
Flags3	ConfigG.9951/2	1	Принудительное использование режима G.9951/2
	ConfigV1M2	1	Зарезервировано для использования устаревшими системами
	ConfigV1	1	Зарезервировано для использования устаревшими системами
	ConfigG.9954	1	Принудительное использование режима G.9954, "подчиняется" ConfigG.9951/2
	Зарезервировано	1	Должно отправляться как 0 и игнорироваться станциями при получении
	Наивысшая версия	3	Наивысшая поддерживаемая станцией версия PNT: 0x000 Зарезервировано 0x001 Зарезервировано для устаревших систем 0x010 G.9951/2 0x011 G.9954 0x0100–0x111 Зарезервировано

Тридцать два битовых флага должны поддерживаться для объявления статуса и конфигурационной информации. Флаги разделены на три базовых группы: флаги выбора режима, включая информацию о версии PNT, поддерживаемые необязательные возможности и объявление используемых приоритетов передачи Канального уровня. Данные флаги должны добавляться к глобальному статусу, как только они объявлены, и удаляться, если они более не объявляются станцией, либо путем явного удаления, либо в связи с истечением периода ожидания. Используемый приоритет передачи Канального уровня должен объявляться для периода от одной до двух минут после того, как последний кадр с таким приоритетом был реально передан, до тех пор, пока он не будет удален из CurrentTxSet под действием механизма "устаревания".

Набор значений флагов статуса по умолчанию, используемый для инициализации NewTxSet (описано ниже), определен с приоритетами 0 и 7, версией PNT данной станции и любыми поддерживаемыми необязательными возможностями.

10.6.3 Термины и параметры

10.6.3.1 Период действия возможностей и статуса (CS Period)

Базовый временной интервал, используемый для "устаревания" информации о статусе не поступающей повторно, должен быть равен одной минуте. У каждой станции есть повторяющийся таймер, установленный на этот интервал. Таймеры на различных станциях не синхронизируются между собой, и в целом синхронизации следует избегать. В описании ниже "периодом" называется интервал времени между одним истечением времени ожидания данного таймера и следующим за ним. "Текущим" периодом называется время с момента последнего истечения времени ожидания данного таймера.

Кадр CSA должен отправляться в конце каждого интервала.

10.6.3.2 Переменные и т. п.

- DeleteSet: Вычисленное значение, используемое для обнаружения только что удаленной информации о статусе.
- NewRxFlags, ReallyNewRxFlags: Вычисленные значения, используемые для обнаружения новых флагов статуса.

10.6.3.3 Таймеры

- CSP_Timer: Автономно работающий таймер с периодом в 60 секунд.

- RetransmitTimer: Одноразовый таймер, установленный на случайный интервал из диапазона от 1 до 1000 миллисекунд включительно, после отправки CSA в котором CSA_CurrentTxSet и CSA_OldestTxSet различны, или когда CSA получен с OpCode равным 1 (Запрос). Данный таймер отменяется, если в результате истечения времени ожидания CSP_Timer отправляется второе CSA.

10.6.4 Переменные состояния наборов информации о Статусе и Приоритете

Каждая станция поддерживает пять базовых наборов информации о статусе и приоритете. Дополнительно определены еще три составных набора, представляющие собой объединение двух или более базовых наборов (см. Таблицу 10-13).

Таблица 10-13/G.9954 – Переменные состояния наборов информации

NewTxSet	Набор флагов, объявленный в текущем периоде CS, который обновляется немедленно в случае использования нового приоритета Канального уровня или если устанавливается новый переменный статус. Когда истекает время ожидания таймера CSP_Timer, CurrentTxSet присваивается значение NewTxSet, а NewTxSet сбрасывается на значения по умолчанию.
PreviousTxSet	Набор флагов, которые были объявлены в предыдущем периоде CS (конечное значение NewTxSet из предыдущего периода CS)
OldestTxSet	Набор флагов, перенесенный из PreviousTxSet в конце предыдущего периода CS (значение PreviousTxSet из предыдущего периода CS). Флаги, которые присутствуют в OldTxSet и отсутствуют в PreviousTxSet, не использовались активно или не были обнаружены (отправителем) в течение всего периода CS и будут удалены. Данный набор отправляется в кадрах CSA как CSA_OldestTxSet.
NewRxSet	Объединение всех флагов CSA_CurrentTxSet, полученных в кадрах CSA от других станций в течение текущего периода CS. Данное объединение переносится в PreviousTxSet по истечении времени ожидания CSP_Timer, затем сбрасывается на 0 (пустой набор). Флаг переменного статуса (один из флагов приоритета) в данном наборе может быть впоследствии удален, если единственная станция, ранее объявлявшая данный флаг, перестает его использовать. Удаление из CurrentTxSet станции отмечается по отличию от OldestTxSet. Тот факт, что станция являлась единственным отправителем данного флага, отмечается по отсутствию этого флага в CurrentRxSet станции, что указывает, что ни от каких других станций данный флаг не принимался. В случае, если флаг удаляется из NewRxSet, он должен также быть удален из PreviousRxSet.
PreviousRxSet	Набор объявленных флагов, полученных в течение предыдущего периода CS (конечное значение NewRxSet из предыдущего периода CS). Флаг может быть удален из этого набора, как описано в секции NewRxSet выше.
CurrentTxSet	Набор флагов, которые были объявлены в течение предыдущего периода CS плюс любые другие флаги статуса и приоритета (или измененные флаги конфигурации/необязательных возможностей), использующиеся в течение текущего периода CS, т. е. объединение PreviousTxSet и NewTxSet. Данный набор отправляется в кадрах CSA как CSA_CurrentTxSet.
CurrentRxSet	Объединение NewRxSet и PreviousRxSet. Данный набор отправляется в кадрах CSA как CSA_CurrentRxSet.
CurrentInUseSet	Объединение CurrentTxSet и CurrentRxSet. Данный набор используется для того, чтобы определить режим работы станции и для изменения установления соответствия между приоритетами канального уровня кадра и реально используемыми приоритетами PHY.

10.6.5 Работа Протокола объявления возможностей и статуса

10.6.5.1 Новый кадр передачи – Определение приоритета

Протокол CSA не обрабатывает кадры передачи напрямую. В случае, если используется протокол LARQ, CSA рассматривает приоритет Канального уровня (**LL Priority**) кадра так, как он в нормальной ситуации был бы передан драйверу.

- 1) Если **LL Priority** еще не содержится в NewTxSet, добавляем его в NewTxSet.
- 2) Если **LL Priority** еще не содержался в NewTxSet и его нет в PreviousTxSet, то отправляем новый контрольный кадр CSA с CSA_Opcode 0 (Объявление) и запускаем таймер RetransmitTimer. Если таймер уже запущен, отменяем его и запускаем снова. Обновляем текущую функцию установления соответствия (преобразования) приоритетов PHY драйвера.

10.6.5.2 Получение Контрольного кадра CSA

Получатель может сохранять копии некоторых или всех наиболее свежих CSA от всех других станций, поскольку это является простым способом отслеживания возможностей и статуса других станций.

- 1) Записать (не обязательно) флаги статуса и необязательных возможностей из CSA_CurrentSet в таблицу, индексом в которой служит адрес CSA_SA. Флаги необязательных возможностей используются для того, чтобы выбрать используемые необязательные функции между парами станций, реализующими одни и те же необязательные возможности.
- 2) Если CSA_Opcode в кадре равен 1 (Запрос), то запустить RetransmitTimer. В случае, если таймер уже запущен, его следует оставить запущенным, хотя отмена с последующим перезапуском также допускается.
- 3) Если в CSA_CurrentTxSet содержится флаг, которого еще нет в NewRxSet, добавить этот флаг к NewRxSet и проверить, не отсутствует ли этот флаг в PreviousRxSet. Соответствующее булевское выражение выглядит следующий образом:

$$\text{NewRxFlags} = (\text{CSA_CurrentTxSet} \& \sim \text{NewRxSet})$$
$$\text{NewRxSet} \leftarrow \text{NewRxFlags}$$
$$\text{ReallyNewFlags} = \text{NewRxFlags} \& \sim (\text{PreviousRxSet} \mid \text{CurrentRxSet})$$

- 4) Сравнить CSA_OldestTxSet с CSA_CurrentTxSet. Если какой-либо флаг был удален и этот флаг также отсутствует в CSA_CurrentRxSet, удалить данный флаг из NewRxSet и PreviousRxSet. Соответствующее булевское выражение выглядит следующим образом:

$$\text{DeleteSet} = (\text{CSA_OldestTxSet} \& \sim \text{CSA_CurrentTxSet}) \& \sim \text{CSA_CurrentRxSet}$$
$$\text{NewRxSet} = \text{NewRxSet} \& \sim \text{DeleteSet}$$
$$\text{PreviousRxSet} = \text{PreviousRxSet} \& \sim \text{DeleteSet}$$
$$\text{CurrentRxSet} = \text{NewRxSet} \mid \text{PreviousRxSet}$$

- 5) Если либо ReallyNewFlags, либо DeleteSet не пусты, то обновить режим работы в сети и установление соответствия приоритетов, как необходимо.

10.6.5.3 Период ожидания таймера CSP_Timer

Когда истекает период ожидания CSP_Timer, начинается новый период CS. Перенести различные наборы статуса, пересчитать составные наборы и отправить CSA. В случае необходимости установить RetransmitTimer.

- 1) $\text{OldInUseSet} = \text{CurrentInUseSet}$.
- 2) Перенести NewRxSet в PreviousRxSet.
- 3) Установить для NewRxSet значение 0 (пустой набор).
- 4) Перенести PreviousTxSet в OldestTxSet.
- 5) Перенести NewTxSet в PreviousTxSet.
- 6) Установить для NewTxSet набор значений по умолчанию, состоящий из наивысшей поддерживаемой станцией версии, текущих флагов конфигурации, если они есть (в нормальной ситуации их нет), поддерживаемых в настоящий момент необязательных возможностей и набора приоритетов по умолчанию {0,7}.
- 7) Обновить CurrentTxSet, CurrentRxSet и CurrentInUseSet (реализации необходимо иметь отдельные копии данных значений, хотя бы логические).
$$\text{CurrentRxSet} = \text{NewRxSet} \mid \text{PreviousRxSet}$$
$$\text{CurrentTxSet} = \text{NewTxSet} \mid \text{PreviousTxSet}$$
$$\text{CurrentInUseSet} = \text{CurrentRxSet} \mid \text{CurrentTxSet}$$
- 8) Отправить кадр CSA с CSA_Opcode равным 0 (Объявление), включающий обновленные флаги.
- 9) Если CSA_CurrentTxSet и CSA_OldestTxSet в отправленном кадре были различными, запустить RetransmitTimer. В случае, если таймер уже был запущен, отменить его и перезапустить.
- 10) Если один или более флагов статуса были удалены, пересчитать режима работы в сети и/или функцию установления соответствия приоритетов в соответствии с изменившимися флагами

статуса. Пересчет режима/установления соответствия должен производиться в случае, если CurrentInUseSet не равно OldInUseSet.

10.6.5.4 Время ожидания повторной передачи

Если истекает время ожидания таймера RetransmitTimer, отправить текущий кадр CSA для данной станции с CSA_Orcode равным 0 (Объявление). Перезапускать таймер не нужно.

10.6.6 Выбор режима работы сети на основе CurrentInUseSet

Флаги выбора режима протокола CSA (configG.9951/2, configG.9954) предназначены для использования объектами более высоких уровней, которые принимают решения об изменении режима работы сети, такими, как интерфейс пользователя или контрольные функции тестовых программ.

10.6.7 Приоритеты

За использование схемы установления соответствия (преобразования) приоритетов Канального уровня и приоритетов PHY по умолчанию в случае применения низких приоритетов PHY в протоколе MAC PNT приходится "поплатиться" несколько более низкой максимально достижимой шириной полосы пропускания канала. Это становится тем более обременительно, если по сети передается только низкоприоритетный трафик. В связи с этим протокол CSA включает механизмы повторного установления соответствия более низких приоритетов Канального уровня с более высокими приоритетами PHY в случае, если никакие другие станции в сети не передают трафик, обозначенный этими высокими приоритетами.

Выбор приоритета Физического уровня (PHY) для данного кадра основан на его назначенном приоритете Канального уровня (LL). Схема установления соответствия между приоритетами LL и приоритетами PHY установлена в п. 10.6.7.3. Приоритет LL кадра отправителя должен быть передан принимающей станции, для того чтобы правильно осуществлять восстановление протокола Канального уровня на получателе. Это требует либо наличия жесткого механизма установления соответствия между приоритетами LL и приоритетами PHY типа один-к-одному, либо какого-либо механизма передачи приоритета LL внутри каждого кадра. Протокол LARQ, определенный в п. 10.7, передает назначенный приоритет LL от отправляющей станции к получающей, тем самым обеспечивая требуемый механизм и, таким образом, создавая возможность использования схему установления соответствия между приоритетами LL и PHY, отличную от схемы по умолчанию. Это, в свою очередь, позволяет достигнуть большей максимальной ширины полосы пропускания канала. В качестве необязательной возможности, станция может использовать заголовок 802.1q для передачи приоритета LL. Однако поскольку поддержка заголовков 802.1q является необязательной, станция, использующая данный метод, должна попытаться определить, все ли получатели данного кадра поддерживают заголовки 802.1q. Маловероятно, что станции, не поддерживающие заголовки 802.1q, правильно примут кадры, содержащие такой заголовок.

10.6.7.1 Кадры передачи – выбор приоритета Физического уровня

В тот момент, когда происходит назначение кадру приоритета Физического уровня, все изменения, вносимые в функцию повторного установления соответствия приоритетов в связи с использованием нового приоритета, должны уже быть сделаны. Драйверу следует использовать повторно установленный приоритет для передачи кадра (включая помещение этого значения в Контрольный заголовок кадра) во всех случаях, кроме тех, когда кадр не имеет заголовка LARQ; в этом случае должен использоваться механизм установления соответствия между приоритетами LL и PHY по умолчанию.

10.6.7.2 Приоритеты полученных кадров

Приоритет LL полученных кадров, указанный на более высоком уровне стека протоколов драйвером (до каких-либо переназначений в связи с заголовками LARQ или 802.1q), должен определяться с использованием механизма установления соответствия между приоритетами LL и PHY по умолчанию. Гарантацией правильного приоритета Канального уровня для полученных кадров выступает механизм восстановления приоритета LL из заголовка LARQ (или необязательного 802.1q) или из Спецификации потока. Обработка заголовка LARQ должна осуществляться после того, как приоритет LL по умолчанию будет назначен в тракте приема. В случае, если полученный кадр может быть направлен в Канал потока, для восстановления приоритета LL должна использоваться информация из соответствующей Спецификации потока.

10.6.7.3 Механизм установления соответствия между приоритетами Канального уровня и Физического уровня по умолчанию.

Спецификация IEEE 802.1p ставит приоритет по умолчанию (не назначенный/best-effort) над приоритетами 1 и 2 в случае использования 8-уровневой системы приоритетов. В связи с этим, приоритету Канального уровня 0 должны ставиться в соответствие приоритеты более высокого уровня, чем приоритетам Канального уровня 1 и 2, поскольку способ назначения приоритетов

Физического уровня по умолчанию IEEE 802.1p присваивает приоритет уровня 7 Контролю сети и приоритет уровня 6 трафику, требующему уровня запаздывания <10 миллисекунд (обычно характеризующемуся как трафик аналогичный трафику передачи голоса). Однако в сетях PNT приоритет физического уровня 7 должен быть зарезервирован для трафика, требующего уровня запаздывания <10 миллисекунд, а трафик Контроля сети должен передаваться с приоритетом Физического уровня 6. Приоритет канального уровня 5 должен быть зарезервирован для трафика, требующего уровня запаздывания <100 миллисекунд. Итак, установление соответствия приоритетов LL и PNH по умолчанию включает взаимную замену приоритетов 6 и 7.

Для переданных кадров набору приоритетов LL [0,1,2,3,4,5,6,7] по умолчанию должен быть поставлен в соответствие следующий набор приоритетов PNH: [2,0,1,3,4,5,7,6].

Для полученных кадров набору приоритетов PNH [0,1,2,3,4,5,6,7] по умолчанию должен быть поставлен в соответствие следующий набор приоритетов LL: [1,2,0,3,4,5,7,6].

10.6.8 Установление соответствия приоритетов и LARQ

Повторное установление соответствия приоритетов PNH должно выполняться ниже уровнем в стеке протоколов, чем LARQ, и не должно применяться к полю приоритета в заголовке LARQ (или необязательном 802.1q). Повторное установление соответствия приоритетов PNH не должно применяться к кадрам данных (тем, которые не являются Контрольными кадрами канала передачи данных) во всех случаях, кроме тех, когда добавлен заголовок LARQ (или, не обязательно, 802.1q), содержащий оригинальный приоритет LL. Повторное установление соответствия приоритетов PNH должно применяться к Контрольным кадрам канала передачи данных.

10.6.9 Повторное установление соответствия приоритетов на основе CurrentInUseSet

Без использования повторного установления соответствия приоритетов, станция передает оригинальный **приоритет LL** драйверу, где это значение используется для выбора соответствующего приоритета PNH согласно схеме по умолчанию. В случае использования повторного установления соответствия приоритетов, **назначенные согласно схеме по умолчанию приоритеты PNH** увеличиваются для того, чтобы использовать более высокие приоритеты PNH, которые иначе остались бы неиспользованными. Функция повторного установления соответствия проста. Для каждого приоритета PNH **P**, который соответствует используемому приоритету LL, новый приоритет **P'**, который следует использовать, получается путем увеличения номера данного приоритета на количество неиспользуемых более высоких приоритетов. Например, если используются [1,3,4,7], приоритет 4 будет увеличен на 2 до 6, поскольку есть два более высоких неиспользуемых приоритета (5,6). На Рисунке 10-5 приведен ряд примеров, поясняющих данную ситуацию (включая сопоставление приоритетов LL и PNH по умолчанию). Столбцы на Рисунках 10-4 и 10-5 обозначают **приоритеты LL** перед установлением соответствия. В левой секции приводятся некоторые наборы используемых приоритетов, а в правой секции – новые приоритеты PNH, которые следует использовать драйверу в каждом случае.

Приоритет TX LL							
0 1 2 3 4 5 6 7							
Используемые в данный момент (CurrentInUse) приоритеты (любые)							
a	n	y	t	x	s	e	t
2	0	1	3	4	5	7	6

Рисунок 10-4/G.9954 – Схема установления соответствия между приоритетами LL и PNH TX по умолчанию

Приоритет TX LL							
0 1 2 3 4 5 6 7							
Используемые в данный момент CurrentInUse приоритеты (LL)							
0							7
0						6	7
0	1			4			7
0			3		5	6	7
6	5	5	6	6	6	7	7
5	4	4	5	5	5	7	6
5	4	4	5	6	6	7	7
3	2	2	4	4	5	7	6

Рисунок 10-5/G.9954 – Прямое повторное установление соответствия приоритетов LL и PNH TX

На Рисунке 10-5 затенены области с соответствиями, которые не следует использовать никаким отправителям. Однако если в данной реализации существует возможность отправлять с устаревшим соответствием или отправлять приоритет, который не включен в схему соответствий, то ей следует всегда использовать приоритет следующего действительного более низкого соответствия.

Далее приводится детальный пример. Если текущие используемые приоритеты (CurrentInUse) [0,1,4,7], то соответствующий набор используемых приоритетов PNY будет [2,0,4,6]. Далее увеличиваем каждый на количество отсутствующих более высоких приоритетов: 2→5, 0→4, 4→6 и 6→7. Для того чтобы обезопасить себя, повторно устанавливаем в соответствие всем неиспользуемым приоритетам PNY новые значения – значения следующего более низкого используемого приоритета: 1→4, 3→5, 5→6, 7→7.

Итак, в результате установления соответствия используемым приоритетам LL [0,1,4,7] получаем приоритеты передачи PNY [5,4,6,7]. Полная схема соответствий для всех приоритетов LL добавляет оставшиеся переназначенные значения для приоритетов по умолчанию неиспользуемым приоритетам LL: LL[0,1,2,3,4,5,6,7] дает PNY[5,4,4,5,6,6,7,7].

10.7 LARQ: Протокол ограниченного автоматического запроса повтора

Ограниченный автоматический запрос повтора (LARQ) представляет собой протокол, уменьшающий фактическую частоту возникновения ошибок, когда происходят ошибки в кадрах. Основным отличием данного протокола от аналогичных протоколов, основанных на порядковых номерах, заключается в том, что он не гарантирует надежной доставки каждого кадра, а вместо этого маскирует ошибки на физическом уровне путем организации быстрой повторной передачи кадров. Целью данного протокола является значительное увеличение удобства использования сетей, в которых частота возникновения ошибок в кадрах (FER) может быть, хотя бы и случайно, 1 на 10^{-2} или хуже. Как известно, такие протоколы как TCP показывают низкую производительность в случаях, когда FER достигает значительных величин, и другие приложения, такие, как передача мультимедийной информации по потоковым транспортным уровням, также подвержены снижению производительности, ввиду высокого уровня FER.

Данный протокол предоставляет механизм отрицательного подтверждения получения (NACK) для того, чтобы приемники могли запросить повторную передачу кадров, которые были пропущены или получены с ошибками. Механизма подтверждения получения не предусмотрено. Нет явного механизма установления и разрыва соединений. Механизм напоминания дает приемникам "вторую попытку" обнаружения недостающих кадров, когда между кадрами возникают относительно длинные (по времени) интервалы.

Функции LARQ представляют собой уровень адаптации между Канальным уровнем Ethernet (уровень 2) и сетевым уровнем IP (уровень 3). Как правило, LARQ реализуется в драйвере устройства.

Станции реализуют LARQ для каждого "канала LARQ", где канал LARQ идентифицируется либо кортежем {source address, destination address, priority} (Адрес источника, адрес получателя, приоритет) – такой канал называется Каналом приоритета LARQ, либо кортежем {source address, destination address, flow id} (Адрес источника, адрес получателя, Идентификатор потока) – такой канал называется Каналом потока LARQ.

Процесс определения (и создания) Канала приоритета зависит от конкретной реализации. Канал потока LARQ определяется в случае, если в ACK-Policy для связанного Потока (в Спецификации потока) установлено значение LARQ, и создается совместно с созданием потока.

Станции могут динамически включать и отключать обработку LARQ на канале, основываясь на информации о частоте возникновения ошибок в кадрах в сети. Однако LARQ следует держать включенным постоянно, поскольку объем служебного трафика по пакетной обработке достаточно мал, а сложности, связанные с включением и отключением протокола (включая определение подходящих параметров) "перевешивают" любой предполагаемый выигрыш в производительности.

Станциям следует реализовывать LARQ, и если они реализуют его, то должны использовать указанные форматы контрольных кадров. Им также следует использовать процедуры, описанные ниже.

Для Простого канала (т. е. логического канала, определенного SA и DA без связанной Спецификации потока) станция, не добавляющая заголовок LARQ (или, необязательно, 802.1q), не должна производить повторное установление соответствий приоритетов PNY и должна рассматривать весь принятый трафик как "best-effort", что означает, что всему трафику должен присваиваться приоритет Канального уровня 0. Для Канала потока (т. е. логического канала, определенного SA, DA и Flow ID)

производится повторное установление соответствий приоритетов PHY, и восстановление приоритетов LL производится с использованием информации о приоритетах в Спецификации потока.

Станции могут добавлять к передаваемым кадрам заголовки LARQ, при этом для флага LARQ_NoRtx должно быть установлено значение 1. Данный флаг указывает, что станция не выполняет повторную передачу кадров по данному каналу, но добавление заголовка LARQ позволяет станции использовать повторное установление соответствия приоритетов PHY, поскольку приоритеты LL успешно принятых кадров будут восстановлены из заголовка LARQ.

Все станции ДОЛЖНЫ иметь возможность удаления заголовков LARQ из полученных кадров (деинкапсулирование оригинальной полезной нагрузки). Более того, если реализация поддерживает множественные приоритеты LL в обработке протокола приема, она должна восстанавливать приоритеты LL из заголовка LARQ, если таковой имеется. Если станция не реализует LARQ, она должна отбрасывать контрольные кадры LARQ и отвергать кадры, помеченные как "повторная передача" в заголовке LARQ.

10.7.1 Форматы кадров – инкапсулирующие заголовки

Далее в тексте используются термины "вставить" и "удалить" при обсуждении заголовков LARQ. Формальное определение формата кадра LARQ предоставляет поле Next Ethertype, где содержится оригинальное значение Ethertype кадра. На практике, как правило, кадры LARQ создаются путем вставки 8 октетов, начиная с Ethertype 0x886c в оригинальный кадр между адресом источника заголовка Ethernet и Ethertype оригинального кадра. Ethertype оригинального кадра становится помечен как поле Next Ethertype конечного кадра.

Заголовок LARQ переносит приоритет LLC по сети. Использование заголовков 802.1q не требуется для этой функции, и от драйверов PNT не требуется поддержка использования заголовков 802.1q для передачи приоритета.

Таблица 10-14/G.9954 – Контрольный кадр-напоминание LARQ

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_LARQ (4)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. SSLength, равно 16, для SSVersion = 0.
SSVersion	1 октет	= 0
LARQ_hdr data	3 октета	Данные Контрольного заголовка LARQ, где LARQ_ctl bit = 1, LARQ_NACK = 0
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	38 октетов	
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

Таблица 10-15/G.9954 – Контрольный кадр NACK LARQ

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886с (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_LARQ (4)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. SLength, равно 12 для кадров NACK с SSVersion = 0.
SSVersion	1 октет	= 0
LARQ_hdr data	3 октета	Данные Контрольного заголовка LARQ, где LARQ_ctl bit = 1, LARQ_NACK = 1..7
NACK_DA	6 октетов	Оригинальный адрес получателя
Next EtherType	2 октета	= 0
Pad	32 октета	
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

Таблица 10-16/G.9954 – Кадр инкапсуляции LARQ

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя (из оригинального PDU Ethernet)
SA	6 октетов	Адрес источника (из оригинального PDU Ethernet)
Ethertype	2 октета	0x886с (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_LARQ (4)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. SLength, равно 6 для SSVersion = 0.
SSVersion	1 октет	= 0
LARQ_hdr data	3 октета	Данные Заголовка инкапсуляции LARQ, где LARQ_ctl bit = 0
Next EtherType	2 октета	Из оригинального PDU Ethernet
Payload	Мин. 46 октетов	Из оригинальной полезной нагрузки PDU Ethernet
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

Таблица 10-17/G.9954 – Данные заголовка инкапсуляции LARQ

Октет	Поле	Длина	Значение
Flags0	LARQ_Mult	1 бит	Флаг множественной повторной передачи. 0 – первоначальная передача кадра данных. Для повторно передаваемых кадров (LARQ_Rtx = 1) устанавливается значение LARQ_Mult в кадре NACK, который вызвал данную повторную передачу. Данный флаг может использоваться приемниками для определения времени кругового обращения пакетов, связанного с процессом miss/Nack/receive-rtx.
	LARQ_Rtx	1 бит	0 для первой передачи кадра; 1 если кадр передается повторно. Станции, не реализующие LARQ, должны отбрасывать любые кадры, у которых значение данного бита равно 1.
	LARQ_NewSeq	1 бит	1, если пространство порядковых номеров для канала было сброшено и на кадры с более старыми порядковыми номерами не следует отправлять NACK, в противном случае 1.
	LARQ_NoRtx	1 бит	0 если реализация поддерживает повторную передачу, 0 если значение имеет только приоритет. Может использоваться для каждого отдельного канала.
	LARQ_Ctl	1 бит	0 если в Формате инкапсуляции
	Priority	3 бита	Приоритет Канального уровня/Идентификатор потока для данного кадра
Flags1_Seq0	Зарезервировано	2 бита	Зарезервировано для использования в будущем
	LARQ_seq_high	4 бита	Старшие 4 бита порядкового номера
Seq1	LARQ_seq_low	8 бит	Младшие 8 бит порядкового номера

Непосредственное использование битов LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq и LARQ_NoRtx требует дополнительного пояснения, которое приведено в Таблице 10-18.

Таблица 10-18/G.9954 – Интерпретация битов LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq и LARQ_NoRtx

LARQ_Rtx	LARQ_NewSeq	LARQ_NoRtx	Интерпретация
0	0	0	Обычная передача на активном канале. Данная комбинация используется для первой передачи кадра на активном канале LARQ. Получателю данного кадра следует отправлять NACK в ответ на кадры с более ранними порядковыми номерами, которые определяются как недостающие, когда получается этот кадр, или на этот кадр, если он содержит ошибку CRC, но заголовок LARQ, как видно, идет по установленному в канале порядку.
0	0	1	Используется при первой передаче кадра, который не будет повторно передан в ответ на NACK. Отправителю следует использовать данную комбинацию в случае, если он не сохраняет кадр для повторной передачи в ответ на получение NACK. Если получатель хранит информацию о состоянии, он должен отправлять такой кадр более высокому уровню в случае, если он либо уже получил кадры со всеми предыдущими порядковыми номерами, либо оставил попытки получить кадры со всеми предыдущими порядковыми номерами.

**Таблица 10-18/G.9954 – Интерпретация битов LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq
и LARQ_NoRtx**

LARQ_Rtx	LARQ_NewSeq	LARQ_NoRtx	Интерпретация
0	1	0	Используется при первой передаче кадра с новым пространством порядковых номеров. Отправитель использует данную комбинацию, когда для данного канала нет сохраненных кадров кроме этого. Получателю следует отправлять все кадры данного канала вышестоящему уровню, поскольку более нет возможности получать кадры с предыдущими порядковыми номерами. Получателю данного кадра следует отправить NACK в ответ на этот кадр, если он содержит ошибку CRC, но заголовок LARQ, как видно, идет по установленному в канале порядку.
0	1	1	Используется при первой передаче кадра с новым пространством порядковых номеров, который не будет повторно передан в ответ на NACK. Отправитель использует эту комбинацию, если для данного канала нет сохраненных кадров. Получателю следует отправлять все кадры этого канала вышестоящему уровню, поскольку более нет возможности получать кадры с предыдущими порядковыми номерами.
1	0	0	Повторная передача кадра для данного канала. Отправитель использует эту комбинацию для передачи кадра, который уже передавался ранее и который должен быть передан повторно в связи с получением NACK в ответ на него. Получатель должен принять данный кадр, если он не является повторяющимся. Если получатель не поддерживает информацию о состоянии канала, данный кадр должен быть отвергнут, поскольку не будет возможности установить, является ли этот кадр повторяющимся. Получателю данного кадра следует отправить NACK в ответ на этот кадр, если он содержит ошибку CRC, но заголовок LARQ, как видно, идет по установленному в канале порядку.
1	0	1	Повторная передача кадра для данного канала. Отправитель использует эту комбинацию для передачи кадра, который был передан ранее, но не был сохранен для повторной передачи в ответ на получение NACK. Получатель должен принять данный кадр, если он не является повторяющимся. Если получатель не поддерживает информацию о состоянии канала, данный кадр должен быть отвергнут, поскольку не будет возможности установить, является ли этот кадр повторяющимся.

**Таблица 10-18/G.9954 – Интерпретация битов LARQ_Rtx, LARQ_NewSeq
и LARQ_NoRtx**

LARQ_Rtx	LARQ_NewSeq	LARQ_NoRtx	Интерпретация
1	1	0	Повторная передача кадра для данного канала. Отправитель использует эту комбинацию в случае, если для данного канала нет более старых сохраненных кадров за исключением этого кадра. Получатель должен принять данный кадр, если он не является повторяющимся. Если получатель не поддерживает информацию о состоянии канала, данный кадр должен быть отвергнут, поскольку не будет возможности установить, является ли этот кадр повторяющимся. Получателю следует отправить данный кадр и все более старые кадры этого канала вышестоящему уровню, поскольку более нет возможности получать кадры с предыдущими порядковыми номерами. Получателю данного кадра следует отправить NACK в ответ на этот кадр, если он содержит ошибку CRC, но заголовок LARQ, как видно, идет по установленному в канале порядку.
1	1	1	Повторная передача кадра для данного канала. Отправитель использует эту комбинацию в случае, если для данного канала нет более старых сохраненных кадров. Получатель должен принять данный кадр, если он не является повторяющимся. Если получатель не поддерживает информацию о состоянии канала, данный кадр должен быть отвергнут, поскольку не будет возможности установить, является ли этот кадр повторяющимся. Получателю следует отправить данный кадр и все более старые кадры этого канала вышестоящему уровню, поскольку более нет возможности получать кадры с предыдущими порядковыми номерами.

Таблица 10-19/G.9954 – Данные контрольного заголовка LARQ

Октет	Поле	Длина	Значение
Flags0	LARQ_Mult	1 бит	Флаг множественной повторной передачи. 0 в первом NACK, отправленном в ответ на данный порядковый номер, 1 во всех последующих NACK.
	LARQ_NACK	3 бита	Количество NACK Если значение 0 в Контрольном кадре LARQ, то это Напоминание
	LARQ_Ctl	1 бит	Установлено значение 1 Формата контрольного заголовка LARQ
	Priority/FlowID	3 бита	Приоритет канального уровня/Идентификатор потока для данного кадра

Таблица 10-19/G.9954 – Данные контрольного заголовка LARQ

Октет	Поле	Длина	Значение
Flags1_Seq0	FlowID	1 бит	Старший бит FlowID если FSelector = 1
	FSelector	1 бит	Выбор интерпретации поля Priority/FlowID 0 Приоритет 1 Идентификатор потока (Flow ID)
	Зарезервировано	2 бита	Зарезервировано для использования в будущем
	LARQ_seq_high	4 бита	Старшие 4 бита порядкового номера
Seq1	LARQ_seq_low	8 бит	Младшие 8 бит порядкового номера

10.7.2 Термины и определения

10.7.2.1 Контрольный кадр: Кадр, созданный модулем протокола LARQ и содержащий в качестве полезной нагрузки только заголовок LARQ.

10.7.2.2 Текущий порядковый номер: Самый последний полученный новый порядковый номер кадра для канала.

10.7.2.3 Кадр данных: Любой стандартный кадр Ethernet от более высоких (чем LARQ) уровней протокола. Станция с включенным LARQ инкапсулирует оригинальную полезную нагрузку кадра Ethernet путем вставки заголовка LARQ (заголовок краткой формы с данными LARQ_hdr) между адресом источника и остальной частью кадра перед тем, как кадр передается драйверу для передачи по сети.

10.7.2.4 Таймер "забывания": Зависящий от реализации механизм, позволяющий получателю сбрасывать пространство порядковых номеров канала, когда полученный порядковый номер не является следующим ожидаемым (Текущий порядковый номер + 1). Предлагаемое значение по умолчанию 1.

10.7.2.5 Таймер удерживания, таймер потери: Зависящий от реализации механизм, ограничивающий время, в течение которого получатель удерживает полученный кадр, ожидая повторной передачи недостающего кадра. Концептуально существует один такой таймер на каждый недостающий порядковый номер кадра. Интервал времени таймера – Maximum Hold Interval (Максимальный интервал удерживания).

10.7.2.6 Логический канал, канал: Поток кадров от отправителя к одному или более получателям в одном сегменте сети, состоящий из всех кадров с одной и той же комбинацией адреса получателя, адреса источника и приоритета Канального уровня или Идентификатора потока (Flow ID).

10.7.2.7 NACK, Nack, nack: Индикация получателя отправителю о запросе повторной передачи одного или более кадров. Также обозначает действие по выполнению данной индикации. Например "отправить nack на порядковый номер" означает выполнить индикацию NACK.

10.7.2.8 Таймер NACK: Зависящий от реализации механизм, используемый получателем для повторной передачи NACK для недостающих порядковых номеров. Концептуально существует один такой таймер на каждый недостающий порядковый номер кадра на один логический канал. Таймер сбрасывается всякий раз, когда на недостающий порядковый номер кадра отправляется NACK. Интервал таймера – NACK Retransmission Interval (Интервал повторной передачи NACK).

10.7.2.9 Новый: Новый порядковый номер – это номер, разница которого с текущим порядковым номером для канала, по модулю размера пространства порядковых номеров и взятая как целое число со знаком, превышает 0. В частности, это номера от (текущий + 1) до (текущий + 2047).

10.7.2.10 Старый: Старый порядковый номер – это номер, разница которого с текущим порядковым номером для канала, по модулю размера пространства порядковых номеров и взятая как целое число со знаком, меньше либо равна 0. В частности, номера от (текущий – 2048) до (текущий) являются старыми. Однако большинство старых порядковых номеров также идут не по порядку.

10.7.2.11 Номер, идущий не по порядку: Любой порядковый номер, старый или новый, который выходит за разумные границы относительно текущего порядкового номера для логического канала, признается идущим не по порядку. Для проверки того, является ли номер идущим не по порядку, в качестве "разумных границ" используется удвоенный размер интервала MaximumSaveLimit (определен ниже).

10.7.2.12 Получатель: Станция, которая получает кадры, отправляемые по конкретному каналу. Если адрес получателя является индивидуальным адресом – существует как максимум один получатель. Если адрес получателя является групповым (включая широковещательные) адресом, то может существовать несколько получателей.

10.7.2.13 Напоминание: Контрольный кадр, передаваемый отправителем канала с самым последним использованным порядковым номером для канала, который был неактивным в течение Интервала напоминания (Reminder interval) после передачи самого последнего кадра данных.

10.7.2.14 Таймер напоминания: Зависящий от реализации механизм, используемый отправителем для создания кадра напоминания после определенного периода неактивности канала. Таймер сбрасывается всякий раз, когда передается кадр данных. Концептуально, существует один такой таймер на один канал. Интервал таймера – Reminder Interval (Интервал напоминания).

10.7.2.15 Таймер сохранения: Зависящий от реализации механизм, который ограничивает время, в течение которого отправитель сохраняет кадр, ожидая запроса на повторную передачу. Интервал таймера – Maximum Save Interval (Максимальный интервал сохранения).

10.7.2.16 Отправитель: Отправляющая станция канала, как правило, станция, которой принадлежит адрес MAC источника.

10.7.2.17 Порядковые номера: Порядковые номера поддерживаются отправителем отдельно для каждого логического канала.

10.7.3 Каналы

LARQ определен для работы на однонаправленных логических каналах. Отдельный логический канал определен для каждой комбинации Адреса получателя Ethernet, Адреса источника Ethernet и приоритета Канального уровня или Адреса получателя Ethernet, Адреса источника Ethernet и Идентификатора потока. Явной процедуры создания канала нет. Новый канал создается неявным образом в тот момент, когда станция решает передавать инкапсулированные кадры LARQ для новой комбинации DA, SA и приоритета Канального уровня или Идентификатора потока. Для Канала потока связанный канал LARQ может быть создан неявным образом при создании потока в случае, если для потока определена политика ACK LARQ.

Станция, которая отправляет инкапсулированные кадры LARQ (обычно владелец SA, за исключением случаев, когда за SA скрывается мост), является **отправителем** канала. У каждого канала есть только один **отправитель**. Любая станция, получающая кадры и обрабатывающая заголовки LARQ, является **получателем**. Может быть любое количество **получателей**. **Получатели** работают независимо друг от друга.

10.7.4 Работа отправителя

10.7.4.1 Переменные и параметры

- | | |
|--|---|
| • Порядковый номер отправки (Send Sequence Number): | Порядковый номер последнего переданного кадра данных. |
| • Интервал таймера напоминаний (Reminder Timer Interval): | Фиксированный интервал. Значение по умолчанию 50 миллисекунд. Более низкие значения увеличат загрузку сети за счет служебного трафика напоминаний, а более высокие увеличат запаздывание кадров, оканчивающих последовательность, требующих повторной передачи. В реализациях не следует применять значения, выпадающие из интервала 25–27 миллисекунд, основываясь на максимальном времени сохранения и удерживания, равном 150 миллисекундам. |
| • Минимальный интервал повторной отправки (Minimum Retransmission Interval): | Интервал, используемый для предотвращения слишком частых повторных передач одного и того же кадра. Наиболее важен для многоадресных каналов. Значение по умолчанию 10 миллисекунд. |

- **Максимальный предел сохранения (Maximum Save Limit):** Максимальное количество кадров, которые будут сохраняться для одного логического канала. Это зависит от конкретной реализации и изменяется в зависимости от максимальной поддерживаемой отправителем скорости передачи кадров. Значение 100 и более могут быть использованы для высокоскоростных приложений, таких, как передача видео.
- **Максимальный интервал сохранения (Maximum Save Interval):** Максимальный интервал времени, в течение которого отправитель в нормальных условиях будет сохранять кадр для возможной повторной передачи. Значение по умолчанию 150 миллисекунд.

10.7.4.2 Отправитель – Новый канал

Выбрать параметры, зависящие от реализации, в случае необходимости.

Выбрать первоначальное значение **Send Sequence Number**.

10.7.4.3 Отправитель – Передача нового кадра данных

Приоритет Канального уровня кадра определяется способом, зависящим от реализации, например, путем изучения приоритета 802.1p, переданного с пакетами в более новых реализациях NDIS.

Получить доступ к информации о состоянии логического канала для получения DA, SA и приоритета Канального уровня/Идентификатора потока данного кадра.

Увеличить Send Sequence Number, по модулю 4096 (размер пространства порядковых номеров).

Создать новый заголовок LARQ с новым значением Send Sequence Number и значением флага Multiple Retransmission (Флаг множественной повторной передачи) равным 0. В поле Priority заголовка LARQ должно быть установлено значение приоритета Канального уровня, указанное для данного кадра. Если приоритет не указан, должен быть установлен приоритет 0. Метод указания приоритета и выбор значения для Каналов приоритета LARQ зависят от конкретной реализации, и их обсуждение выходит за рамки данной Рекомендации. Для Каналов потока LARQ приоритет LL должен устанавливаться с использованием приоритета, указанного в спецификации потока.

Вставить заголовок LARQ (контрольный заголовок краткой формы с данными LARQ_hdr) между полями SA и Ethertype/Length оригинального кадра. Новый кадр на 8 байт длиннее оригинального.

Сохранить копию кадра.

Отправить кадр.

Перезапустить таймер напоминаний для канала.

Запустить таймер сохранения для данного порядкового номера. В случае если не применяются никакие ограничения на использование ресурсов, отправляющая станция, в нормальных условиях, должна сохранять кадр в течение Максимального интервала сохранения, что соответствует Максимальной интервалу удержания, используемому получателями LARQ.

10.7.4.4 Отправитель – Обработка Контрольного кадра NACK

Приоритет/Идентификатор потока и Оригинальный адрес получателя (NACK_DA) считываются из заголовка NACK LARQ.

Получить доступ к информации о состоянии логического канала для канала Отправителя, где DA канала – NACK_DA и SA канала – DA Ethernet из контрольного кадра NACK.

Количество NACK в заголовке LARQ указывает количество порядковых номеров, запрошенных к повторной передаче. Первый указанный порядковый номер – значение Sequence Number в заголовке NACK, за ним идут последующие (Количество NACK – 1) порядковые номера. Для каждого указанного порядкового номера, начиная с первого:

- Если копия оригинального кадра более недоступна, перейти к следующему порядковому номеру.

- Если самая последняя передача данного кадра имела место в течение Минимального интервала повторной передачи от текущего момента, перейти к следующему порядковому номеру.
- Подготовить копию оригинального кадра с его оригинальным заголовком LARQ к повторной передаче.
- Скопировать значение Флага множественной повторной передачи из заголовка NACK в заголовок LARQ кадра, который будет повторно передан.
- Установить значение флага LARQ_Rtx равным 1.
- Отправить повторно передаваемый кадр.

Не отправлять кадр повторно в случае, если полученный контрольный кадр Nack содержит ошибки.

10.7.4.5 Отправитель – Истечение времени ожидания таймера напоминаний

В случае, если истекает время ожидания таймера напоминаний, создать Контрольный кадр напоминания с Порядковым номером равным текущему значению Порядкового номера отправки (Send Sequence Number) для данного канала. Приоритет Контрольного кадра напоминания должен быть таким же, как и приоритет данного канала.

Отправить кадр.

Не перезапускать таймер напоминаний для данного канала.

10.7.4.6 Отправитель – Истечение времени ожидания таймера сохранения

Таймер сохранения зависит от конкретной реализации. Его целью является установление верхней границы временного интервала, в течение которого кадры будут сохраняться отправителем для возможной повторной передачи. Если этот интервал будет слишком длинным, ресурсы узла могут быть израсходованы понапрасну на хранение кадров, которые никогда не будут переданы повторно.

Концептуально, данный таймер реализуется для отдельного порядкового номера. Освободить любые ресурсы, связанные с сохраненным кадром.

10.7.4.7 Отправитель – Управление ресурсами

Реализация LARQ требует внимательного отношения к управлению ресурсами. Ресурсы включают буферы, используемые для сохранения копий данных для повторной передачи, буферы и другие ресурсы, используемые для управления изменением порядка кадров для объединения передач и различные таймеры, используемые для обеспечения правильной работы и эффективного функционирования протокола. Управление ресурсами зависит от конкретной реализации. Однако должны быть соблюдены следующие руководящие принципы.

Сохраненные копии кадров следует хранить в течение Максимального интервала сохранения (значение по умолчанию 150 миллисекунд), несмотря на прочие соображения.

Максимальный предел сохранения, максимальное количество сохраненных кадров для любого канала, следует вычислять как функцию максимальной скорости создания новых кадров. Очень медленные устройства могут с пользой сохранять только пару кадров для повторной передачи. Высокоскоростные устройства, обслуживающие потоки видеоинформации, могут сохранять 100 и более кадров для одного канала.

Отправители, сохраняющие относительно мало кадров, с большей вероятностью могут получить NACK для порядковых номеров, которые уже не могут быть повторно переданы. Такая работа неэффективна, но других проблем не вызывает.

10.7.5 Работа получателя

10.7.5.1 Переменные и параметры канала

В приводимом ниже описании корректной работы протокола используются приведенные ниже переменные. Конкретная реализация может отличаться, однако общий ход работы остается неизменным.

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Текущий порядковый номер (Current Sequence Number): | <p>Самый последний порядковый номер, полученный в заголовке LARQ для канала, либо в кадре данных, либо в контрольном кадре напоминания.</p> |
|---|---|

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Самый старый недостающий порядковый номер (Oldest missing sequence number): | Наиболее старый порядковый номер кадра, который еще не был получен, а также не был объявлен утерянным. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Максимальный интервал удержания (Maximum Hold Interval): | Максимальная длительность временного интервала, в течение которого кадр будет удерживаться в ожидании получения более раннего недостающего кадра. По умолчанию используется то же значение, что и для Максимального интервала сохранения, то есть 150 миллисекунд. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Максимальный предел получения (Maximum Receive Limit): | Максимальное количество кадров, которое получатель буферизирует в процессе ожидания более раннего недостающего кадра. Значение по умолчанию в нормальных условиях аналогично значению Максимального предела сохранения. |
| <ul style="list-style-type: none"> • Интервал повторной передачи NACK (NACK Retransmission Interval): | Интервал, по истечении которого получатель повторно отправит контрольный кадр Nack для недостающего порядкового номера, предполагая, что более ранние контрольные кадры Nack или повторно переданные кадры данных были утеряны. Для фиксированных реализаций значение по умолчанию 20 миллисекунд. |

10.7.5.2 Получатель – Новый канал

Когда получен кадр данных с заголовком LARQ или Контрольный кадр напоминания LARQ, получатель должен определить идентификатор канала LARQ (т. е. либо {DA, SA, приоритет} или {DA, SA, id потока}) используя информацию в кадре LARQ (т. е. Контроль кадра и Заголовок инкапсуляции LARQ) и определить, является ли этот канал новым. В случае, если канал новый, получатель должен инициализировать информацию о состоянии для нового канала. В случае с Каналом потока, связанный канал LARQ может быть создан при Создании потока, если для создаваемого потока задана политика ACK = LARQ.

Основным элементом информации о статусе является Текущий порядковый номер (Current Sequence Number) для канала. Текущий порядковый номер должен быть инициализирован значением, стоящим сразу же перед номером, найденным в заголовке LARQ полученного кадра. Данное назначение должно быть произведено до обработки полученного кадра и результатом его явится выяснение того, является ли кадр следующим ожидаемым кадром данных или напоминанием для следующего ожидаемого кадра данных.

10.7.5.3 Получатель – Кадр данных или кадр напоминания LARQ

Найти информацию о статусе канала, базируясь на DA и SA Ethernet, а также приоритете Канального уровня/Идентификаторе потока из заголовка LARQ данного кадра. (Создать новый канал в случае необходимости).

Если полученный порядковый номер полученного кадра идет не по порядку, статус канала может быть сброшен. Если порядковый номер (до сброса) является старым, и время ожидания таймера "забывания" истекло, то пространство порядковых номеров может быть сброшено на значение порядкового номера полученного кадра.

Если полученный порядковый номер более новый, чем Текущий порядковый номер (после сброса пространства порядковых номеров), то выполнить шаги обработки новых порядковых номеров, приведенные ниже; в противном случае выполнить шаги обработки старых порядковых номеров.

10.7.5.4 Получатель – Кадры LARQ с ошибками CRC или прочими ошибками

Для обеспечения наивысшей производительности, реализации должны давать модулю протокола LARQ возможность обрабатывать ошибочные кадры, например, кадры с ошибками CRC полезной нагрузки. Это во многих случаях позволит осуществить индикацию NACK быстрее, поскольку получателю не придется ждать следующего кадра, чтобы обнаружить потерю. Одновременно, это предоставляет вторую возможность обнаружения потерянных кадров в конце последовательности, когда единственной защитой является отправляемое впоследствии Напоминание.

Если ошибочные кадры используются, они должны использоваться для обнаружения только очень незначительного количества недостающих порядковых номеров для существующего канала (предпочтительно одного кадра). В частности, если оказывается, что ошибочный кадр содержит действительный заголовок LARQ и адрес MAC источника, адрес MAC получателя и приоритет/идентификатор потока заголовка LARQ совпадают с существующим логическим каналом и если порядковый номер равен (Текущий порядковый номер + 1), то для целей обработки следует рассматривать этот кадр как контрольный кадр напоминания. Контрольные кадры напоминания всегда отбрасываются после обработки.

Во всех остальных случаях отбрасывать ошибочные кадры, не подвергая дальнейшей обработке. Не создавать новый канал, если кадр содержит ошибку. Не сбрасывать состояние канала (для целей установления порядковых номеров) для ошибочных кадров.

10.7.5.5 Получатель – Новый порядковый номер

В случае если кадр содержит ошибку, указанную драйвером более низкого уровня, например, ошибку CRC, и порядковый номер отличен от (Текущий порядковый номер + 1), то отбросить данный кадр без дальнейшей обработки. В остальных случаях обрабатывать кадр как Контрольный кадр напоминания.

Если разница между порядковым номером полученного кадра и наиболее старым недостающим порядковым номером кадра превышает (Максимальный предел получения – 1), то повторять приведенные ниже шаги до тех пор, пока не будет достигнут приемлемый предел.

Отменить таймер повторной передачи Nack и таймер потери кадра для наиболее старого недостающего порядкового номера.

В случае если есть сохраненный кадр для следующего порядкового номера, доставлять идущие по порядку кадры следующему вышестоящему уровню до тех пор, пока не будет достигнут следующий порядковый номер недостающего кадра (который может быть следующим ожидаемым порядковым номером для канала (Текущий порядковый номер + 1)). Значение поля Приоритет/Идентификатор потока из заголовка LARQ каждого кадра должно доставляться вышестоящему уровню совместно со связанным кадром. Метод указания вышестоящему уровню Приоритета/Идентификатора потока зависит от конкретной реализации и не обсуждается в рамках настоящей Рекомендации.

Если порядковый номер кадра – следующий ожидаемый порядковый номер (Текущий порядковый номер + 1), кадр данных не содержит ошибок и нет более старых недостающих порядковых номеров, то отправить данный кадр следующему вышестоящему уровню.

Если порядковый номер более новый, чем (Текущий порядковый номер + 1) или является напоминанием для (Текущий порядковый номер + 1), то отправить один или более Контрольных кадров Nack для запроса повторной передачи недостающего кадра(ов).

Адресом получателя Nack будет Адрес источника из полученного кадра. Адресом источника будет адрес MAC данной станции. Адрес получателя из полученного кадра должен быть помещен в поле Оригинальный адрес получателя (NACK_DA) заголовка Контрольного кадра Nack LARQ. Для флага Множественная повторная передача должно быть установлено значение 0. [Первый] Недостающий порядковый номер должен быть помещен в поле Порядковый номер. Приоритет Контрольного кадра NACK должен быть таким же, как и приоритет канала.

Если должны быть отправлены несколько контрольных кадров Nack, наиболее ранний порядковый номер должен быть отправлен первым.

Для каждого порядкового номера должен быть запущен Таймер повторной передачи Nack, время истечения периода ожидания которого должно быть установлено на текущее время плюс Максимальный интервал удержания.

В случае если кадр данных не содержит ошибок и он не был доставлен следующему уровню, сохранить его.

Если кадр является Кадром напоминания (или ошибочным кадром данных), отбросить его.

Увеличить Текущий порядковый номер до порядкового номера, содержащегося в полученном кадре.

10.7.5.6 Получатель – Старый порядковый номер

Если порядковый номер такой же или более старый, чем Текущий порядковый номер, он не должен вызывать создания контрольных кадров, хотя сам может быть отброшен, удержан или передан вышестоящему уровню, что, возможно, повлечет за собой отправку вышестоящему уровню других удержанных кадров. Он может вызвать отмену таймера повторной передачи Nack или Таймера потери кадра, связанных с данным порядковым номером.

Если кадр данных содержит ошибки (например, ошибки CRC), или его порядковый номер является более старым, чем номер наиболее старого недостающего кадра, или он уже был получен (это дублированная повторная передача), или это Кадр напоминания, то отбросить этот кадр без последующей обработки.

Отменить Таймер повторной передачи Nack и Таймер потери кадра для данного порядкового номера.

Если порядковый номер не является наиболее старым недостающим порядковым номером, сохранить данный кадр.

Если порядковый номер является наиболее старым недостающим порядковым номером, доставить данный кадр следующему вышестоящему уровню. Если есть сохраненный кадр для следующего порядкового номера, то доставлять следующему вышестоящему уровню идущие по порядку кадры до тех пор, пока не будет достигнут порядковый номер следующего недостающего кадра (который может быть следующим ожидаемым порядковым номером для данного канала). Значение поля Приоритет/Идентификатор потока из заголовка LARQ каждого кадра должно доставляться вышестоящему уровню совместно со связанным кадром. Метод указания вышестоящему уровню Приоритета/Идентификатора потока зависит от конкретной реализации и не обсуждается в рамках настоящей Рекомендации.

10.7.5.7 Получатель – Истечение времени ожидания Таймера повторной передачи Nack

В случае истечения времени ожидания Таймера повторной передачи Nack, передать еще один контрольный кадр Nack для связанного порядкового номера. Приоритет контрольного кадра Nack должен быть таким же, как и приоритет канала. Кадры Nack могут быть отправлены для нескольких порядковых номеров одновременно, если время ожидания их таймеров истекает одновременно.

Для контрольных кадров Nack, отправляемых в результате истечения времени ожидания Таймера повторной передачи, для флага Множественной повторной передачи должно быть установлено значение 1.

Поскольку нет явного ограничения количества контрольных кадров Nack, отправляемых для конкретного порядкового номера, таймер Nack должен быть отменен в случае, если кадр будет получен или если данный порядковый номер будет объявлен потерянным.

10.7.5.8 Получатель – Истечение времени ожидания Таймера потери кадра

Таймер потери кадра зависит от конкретной реализации. Его целью является установление верхней границы временного интервала, в течение которого кадры будут удерживаться перед отправкой более высокому уровню в случае, если кадр действительно потерян. Если этот интервал будет слишком длинным, ресурсы сети могут быть израсходованы понапрасну на отправку контрольных кадров NACK для кадров, которые никогда не будут переданы повторно отправителем канала. В дальнейшем могут также быть задействованы транспортные таймеры более высоких уровней. Значение по умолчанию, равное 150 миллисекундам, настоятельно рекомендуется использовать в качестве верхней границы.

По истечении времени ожидания таймера, данный порядковый номер должен быть объявлен потерянным, в результате чего будет отменен Таймер повторной передачи Nack и Таймер потери кадра для данного порядкового номера. Если есть сохраненный кадр для следующего порядкового номера, то доставлять следующему вышестоящему уровню идущие по порядку кадры до тех пор, пока не будет достигнут порядковый номер следующего недостающего кадра (который может быть следующим ожидаемым порядковым номером для данного канала).

Если одновременно истекает время ожидания Таймеров потери кадра для нескольких порядковых номеров, то таймеры обрабатываются в порядке от самого старого до самого нового.

10.7.5.9 Получатель – Таймер "забывания"

Таймер "забывания" представляет собой зависящий от конкретной реализации механизм, позволяющий получателю сбрасывать пространство порядковых номеров канала, когда полученный порядковый номер не является следующим ожидаемым (Текущий порядковый номер + 1), и с момента получения последнего кадра по каналу прошел уже относительно длительный интервал времени. По истечении времени ожидания данного таймера получателю следует принять любой необычный порядковый номер в качестве следующего ожидаемого, предусматривая случаи незафиксированных перезагрузок станций, отключений от сети и т. п. Определение "необычного порядкового номера" зависит от конкретной реализации, но в общем смысле подразумевается любой старый или новый порядковый номер, не стоящий близко к текущему порядковому номеру, где под "близко" подразумевается разница в 1 или другое небольшое целое число номеров. Предлагаемое значение по умолчанию 1 секунда.

10.7.5.10 Получатель – Управление ресурсами

В общем случае получателю следует устанавливать максимальное количество удерживаемых кадров для данного канала и максимальное количество удерживаемых кадров между каналами. Данные максимальные количества могут различаться в зависимости от Приоритета/Идентификатора потока канала.

Временные интервалы таймеров могут различаться в зависимости от таких факторов, как Приоритет/Идентификатор потока или измеренные значения этих интервалов для успешных передач.

Приведенное выше описание предлагает использовать таймеры для каждого отдельного порядкового номера. Это сделано только в описательных целях и не предусматривает никакого конкретного механизма реализации.

10.8 Форматы, определяемые производителем

Приведенные ниже два типа (кадров) (см. Таблицы 10-20 и 10-21) позволяют использовать расширения, определяемые производителем, которые могут быть применены реализациями, не поддерживающими их иным способом. Краткий формат кадра, определяемый производителем, позволяет использовать краткие контрольные сообщения и инкапсулирующие заголовки, а длинный подтип формата позволяет использовать прочие расширения, требующие более длинные сообщений.

Таблица 10-20/G.9954 – Краткий формат кадра, определяемый поставщиком

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_VENDOR_SHORT (5)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. SSLength должно быть ≥ 6 , для SSVersion = 0.
SSVersion	1 октет	= 0
Vendor OUI	3 октета	Назначенный IEEE Уникальный организационный идентификатор (OUI)
Control data	0–249 октетов	Контрольная информация, определяемая производителем
Next Ethertype	2 октета	= next Ethertype, если это формат с инкапсуляцией, 0 если это не инкапсулированный кадр
Pad	0–38 октетов	Оклеты любого значения
FCS	4 октета	
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

Таблица 10-21/G.9954 – Длинный формат кадра, определяемый поставщиком

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_VENDOR_LONG (32769)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. LSLength должно быть ≥ 6 , для LSVersion = 0.

Таблица 10-21/G.9954 – Длинный формат кадра, определяемый поставщиком

Поле	Длина	Значение
LSVersion	1 октет	= 0
Vendor OUI	3 октета	Назначенный IEEE Уникальный организационный идентификатор (OUI)
Control data	1–65531 октет	Контрольная информация, определяемая производителем
Next Ethertype	2 октета	= next Ethertype, если это формат с инкапсуляцией, 0 если это не инкапсулированный кадр
Pad	40–0 октетов	Если необходимо для достижения минимального размера кадра. Следует ставить 0.
FCS	4 октета	
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

10.9 Протокол диагностики и сертификации PNT

10.9.1 Область применения

Данный протокол требуется узлам, совместимым с G.9954, которые представлены для тестирования сертификации. Использование данного протокола узлами G.9954 не требуется.

От устройств, представленных для тестирования Сертификации PNT, требуется реализация только серверной части данного протокола. Как для устройств, представленных для тестирования сертификации, так и для устройств, производимых серийно, следует использовать одну и ту же реализацию драйвера. Однако для устройств, имеющих строгие ограничения по ресурсам, Протокол сертификации и диагностики может быть реализован в отдельном драйвере, используемом только для тестирования сертификации.

10.9.2 Обзор

Протокол сертификации и диагностики PNT разработан для того, чтобы предоставлять структуру для тестирования систем, предоставляющих интерфейсы PNT. В частности он стремится предоставить стандартный набор требуемых функций (аналогично cert_tool.exe и функциональности epi_tcp UDP) для проверки сертификации, одновременно оказывая минимальное влияние на конструкцию системы. Данный протокол является компонентом решения, которое должно предоставлять интерфейс контроля и тестирования, позволяющий осуществлять запуск и получать отчеты от полного тестового комплекта, вне зависимости от реализации DUT.

Настоящая рекомендация описывает протокол как таковой и не обращается к деталям использования протокола для реализации конкретных функций тестирования и диагностики. Эти детали зависят от специфики выполняемого теста (тестов) (например, тестирование Сертификации PNT и диагностика сети), и в связи с этим их обсуждение выходит за рамки данной Рекомендации.

Данный протокол предполагает независимость как от платформы, так и от операционной системы. Предполагается поддержка тестирования сертификации с возможными расширениями для поддержки диагностики всей сети, развития системы и тестирования производства и QA.

Для краткости, для обозначения Протокола сертификации и диагностики G.9954 будет использоваться термин "сертификация".

Вся деятельность по сертификации (контрольные кадры и кадры данных) в условиях тестирования ограничена рамками физического сегмента. Поддержки проведения сертификации с использованием каких-либо других интерфейсов не предусмотрено. Все контрольные кадры, полученные на данном интерфейсе, относятся только к этому интерфейсу.

10.9.3 Контроль

Один узел в сети является контроллером протокола и далее именуется "клиентом". Клиент инициирует и координирует всю деятельность по сертификации и диагностике. Клиентская часть должна быть включена только на одном узле сети в любое время.

Все остальные узлы сети являются "серверами". Они обслуживают запросы клиента путем настройки своей конфигурации, как предписано клиентом, или путем получения и отправки кадров данных по запросам клиента. Узлам, являющимся клиентами, следует также обладать всеми функциями сервера.

В общем случае сервер будет реализовываться внутри драйвера устройства для узлов PNT, но он может быть реализован и на более высоком уровне над любым сетевым устройством; при этом подразумевается, что Контрольные кадры канала передачи данных PNT (LCF) могут передаваться сервером драйверу устройства и приниматься сервером от драйвера устройства. Для целей минимизации влияния на ресурсы системы предполагается, что функции сервера протокола сертификации будут минимальными и максимально открытыми. Кадры сертификации объединяются в две группы: контрольные кадры и кадры данных. Контрольные кадры используются для конфигурирования узлов и сбора информации с узлов. Кадры данных используются для тестирования возможностей узлов по приему и передаче данных. Контрольные кадры запроса создаются только клиентом. Серверы создают ответы на контрольные запросы и создают кадры данных, как предписано клиентом.

Серверы должны отвечать на контрольные запросы в течение 5 секунд. Серверы должны полностью выполнять любые инициированные контрольным запросом изменения конфигурации (например, изменение режима PNT) в течение 5 секунд с момента получения контрольного запроса.

Устройства, представленные для тестирования Сертификации PNT с использованием данного протокола, должны реализовывать серверную часть этого протокола. Реализации клиентской части протокола не требуется. Кадры сертификации не должны передаваться в режиме моста никаким узлом сети.

Контрольные кадры должны отправляться с приоритетом Канального уровня (LL) 7. Кадры данных должны отправляться с Приоритетом канального уровня/Идентификатором потока, указанным клиентом при инициации передачи данных. В случае, если на узле включены какие-либо инкапсулирующие протоколы (например, LARQ), кадры данных должны передаваться с включенной инкапсуляцией (инкапсуляциями), для того чтобы способствовать тестированию реализации(ий) протокола. Контрольные кадры могут быть инкапсулированы. Клиенты и серверы сертификации должны иметь возможность выполнять деинкапсуляцию контрольных кадров в той же мере, что и деинкапсуляцию кадров данных. Узлы PNT должны иметь возможность удалять один инкапсулирующий Заголовок кадра управления каналом передачи данных краткого формата из контрольных кадров сертификации.

10.9.4 Формат кадра

Кадры сертификации используют базовый формат Контрольного кадра Канального уровня PNT (LCF), определенный в "Спецификации интерфейса для Технологии протоколов канального уровня PNT". Определен один формат кадра длинного подтипа с обычной структурой заголовка, используемой во всех кадрах сертификации, и переменным количеством командных сегментов и сегментов данных (см. Таблицу 10-22):

Таблица 10-22/G.9954 – Формат кадра Сертификации и диагностики

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_CERT (32770)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение 6 для LSVersion = 0.
LSVersion	1 октет	= 0
OpCode	1 октет	Набор командного сегмента, используемый в данном кадре
Reserved	4 октета	Зарезервировано
Cert_Seq	2 октета	Порядковый номер кадра
CommandData	0–1486 октетов	Командная информация, может быть пустым или содержать один или более Командных сегментов или один Сегмент данных.

Таблица 10-22/G.9954 – Формат кадра Сертификации и диагностики

Поле	Длина	Значение
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	40–0 октетов	Должно быть нулем.
FCS	4 октета	
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

В Командных сегментах используется формат, приведенный в Таблице 10-23:

Таблица 10-23/G.9954 – Формат Командного сегмента

Поле	Длина	Значение
CSType	2 октета	Тип Командного сегмента
CSLength	2 октета	Количество октетов в поле CSPayload. Номинально действительные значения лежат в диапазоне 0 – 1482. Однако для некоторых CSType CSLength является фиксированным. Три старших бита зарезервированы в версии 0; они должны отправляться как 0 и игнорироваться при получении.
CSPayload	0–1482 октета	Информация, определяемая командами. Может быть пустым.
CSPad	0–3 октета	Если присутствует, должно отправляться как 0 и игнорироваться при получении. Выравнивает последующие Командные сегменты по границам в 32 бита. Должно присутствовать, если CSLength не делится на 4 без остатка.

Используемый формат сегмента данных приведен в Таблице 10-24:

Таблица 10-24/G.9954 – Формат Сегмента данных

Поле	Длина	Значение
DSType	2 октета	Тип Сегмента данных
DSLength	2 октета	Количество октетов в поле DSPayload. Номинально действительные значения лежат в диапазоне 1 – 1482. Три старших бита зарезервированы в версии 0; они должны отправляться как 0 и игнорироваться при получении.
DSPayload	1–1482 октета	Данные

Ответы от сервера могут занимать несколько кадров, но отдельные Командные сегменты не должны выходить за границы кадра.

В случае, если в кадре присутствует несколько Командных сегментов, они должны отправляться в порядке возрастания значения ярлыка.

Все Командные сегменты должны быть выровнены по границам в 4 байта. Все командные сегменты должны дополняться так, чтобы в результате получалось целое число 4-байтовых сегментов. Сегменты данных не должны дополняться и не должны объединяться с Командными сегментами.

10.9.5 Коды операций (Opcodes)

Узлы-серверы создают коды операций, приведенные в Таблице 10-25:

Таблица 10-25/G.9954 – Коды операций сервера

Мнемоническое обозначение	Код операции
OK	0x00
ERROR	0x01
TESTDATA	0x02
SAMPLEDATA	0x03

Узлы-клиенты создают коды операций, приведенные в Таблице 10-26:

Таблица 10-26/G.9954 – Коды операций клиента

Мнемоническое обозначение	Код операции
ENABLECERT	0x08
DISABLECERT	0x09
CONFIGNODE	0x10
CONFIGSEND	0x11
STARTSEND	0x12
STOPSEND	0x13
ECHOREQUEST	0x14
CONFIGRECV	0x15
STOPRECV	0x16
REPORTSTATS	0x17
REPORTCONFIG	0x18
RESETSTATS	0x19
REPORTNODE	0x20
STARTSAMPLE	0x30
VENDOR	0x40

10.9.6 Командные сегменты

Командные сегменты по группам приведены в Таблице 10-27 с указанием Кода(ов) операций, которые их используют, перед каждой группой.

Таблица 10-27/G.9954 – Группы Командных сегментов

Мнемоническое обозначение	CSType	CSLen	Значения CSPayload	Описание
Код операции: ERROR				
ERRORCODE	0x0001	1	1–8	Индексированный список, указывающий на ошибку из списка: 1 UNK 2 UNSUP_OP 3 INVALID_PARAM 4 UNSUP_CMDSEG 5 UNSUP_DGEN 6 INVALID_SEQ 7 INVALID_FRAME 8 INVALID_OP
Коды операций: OK(REPORTCONFIG) OK(REPORTSTATS) OK(REPORTNODE)				
INFOREPLY	0x0002	2	Два 8-битных значения	Количество кадров ответа – 1 плюс индекс текущего кадра (начиная с 0).
Коды операций: STARTSEND STOPSEND STOPRECV				
REFSEQ	0x0005	2	Любое	Значение REFSEQ содержит значение Cert_Seq из предыдущей команды.
Код операции: VENDOR				
OUI	0x0023	3	IEEE OUI	При отправке команд производителя этот командный сегмент посылается первым.
Коды операций: CONFIG_NODE OK (в ответ на REPORTCONFIG)				
TXPE	0x0010	1	1–7 9–15 (необязательный) 255 (по умолчанию)	Фиксированный PE, согласование скорости отключено Фиксированный PE, согласование скорости отключено Согласование скорости включено
TXPRI	0x0011	1	0–7 255 (по умолчанию)	Фиксированный приоритет передачи PHY Использовать приоритет LL, согласовывать соответствие приоритетов посредством CSA
LINKINT	0x0012	1	0 1 (по умолчанию)	Целостность канала (проверка) отключена Целостность канала (проверка) включена

Таблица 10-27/G.9954 – Группы Командных сегментов

Мнемоническое обозначение	CSType	CSLen	Значения CSPayload	Описание
TXMODE	0x0013	1	0 1 (по умолчанию) 2	Отключить все передачи Включить все передачи Включить только передачи Контрольных кадров Канального уровня PNT
HPNAMODE	0x0016	1	0 (по умолчанию) 1 2 3 (необязательный) 4 5 (необязательный) 6 7	Автоматическое переключение между режимами Зарезервировано для использования устаревшими системами Принудительно устанавливает режим G.9951/2 (Спектральная маска #1) Зарезервировано для использования устаревшими системами Зарезервировано для использования устаревшими системами Зарезервировано для использования устаревшими системами Принудительно установить режим Спектральной маски #2 Принудительно установить режим Спектральной маски #4
LARQ (необязательный)	0x0020	1	0 1	LARQ отключен (но заголовки выделяются) LARQ включен
CSA ()	0x0021	1	0 1	CSA отключено CSA включено
CSAHPNAMODE (необязательный)	0x0022	1	0 (по умолчанию) 1 2 3	Не устанавливать значение 1 ни для каких флагов конфигурации в сообщениях CSA Зарезервировано для использования устаревшими системами Устанавливать значение 1 для флага ConfigG.9951/2 в сообщениях CSA Зарезервировано для использования устаревшими системами
Коды операций: STARTSAMPLE				
SAMPLE	0x0030	14	Адрес MAC	Октеты 0–5: SA канала
			Адрес MAC	Октеты 6–11: DA канала
			0 = Нет 1 = Промежуток (GAP) 2 = Преамбула (PREAMBLE)	Оклет 12: Тип теста
			0	Оклет 13: Зарезервировано. Должно быть установлено значение 0 и проигнорировано при получении.
Коды операций: CONFIGSEND CONFIGRCV				
DGEN_TYPE	0x0084	1	1,2	Генератор данных для использования в Сегменте данных кадров (см. п. 10.9.17).

Таблица 10-27/G.9954 – Группы Командных сегментов

Мнемоническое обозначение	CSType	CSLen	Значения CSPayload	Описание
DGEN_DATA	0x0085	4	Любое	Инициализационное значение генератора данных (см. п. 10.9.17)
LENGTH	0x0086	2	1–1482	Длина Сегмента данных отправляемых кадров.
SA	0x0081	6	Индивидуальный адрес MAC	Адрес MAC узла, который будет являться источником кадров данных (в общем случае это получатель запроса CONFIGSEND)
DA	0x0083	6	Любой адрес MAC	Адрес(а) MAC узла(ов), который будет получателем (получателями) кадров данных. Может присутствовать и должно поддерживаться до 10 DA.
Код операции: CONFIGSEND				
NPKTS	0x0087	4	Любое (по умолчанию = 0)	Общее число отправляемых пакетов. 0 означает, что следует отправлять пакеты непрерывно до тех пор, пока не будет получен запрос STOPSEND.
BURST_INT	0x0088	2	Любое (по умолчанию = 0)	Интервал между начальными точками пакетов Физического уровня кадров. 0 означает, что следует отправлять пакеты без каких-либо промежутков.
BURST_NPKTS	0x0089	2	!=0 (по умолчанию = 1)	Количество пакетов в пакете Физического уровня.
NUMACKS	0x008a	1	!=0 (по умолчанию = 1)	Количество отправляемых кадров ACK и EOT (см. п. 10.9.10.2)
TXPE_TEST	0x008b	1	1–7 9–15 (необязательный) 255 (по умолчанию)	Фиксированный PE, согласование скорости отключено. Фиксированный PE, согласование скорости отключено. Согласование скорости включено. Применяется только к тестовым кадром, генерируемым сервером.
TXPRI_TEST	0x008c	1	0–7 255 (по умолчанию)	Фиксированный приоритет передачи PHY Использовать приоритет LL, согласовывать соответствие приоритетов посредством CSA. Применяется только к тестовым кадром, генерируемым сервером.
Код операции: OK (в ответ на REPORT_STATS)				
RECV_NPKTS	0x0105	4	Любое	Общее количество кадров данных, полученных без ошибок (не включая кадры EOT).
RECV_NBYTES	0x0106	4	Любое	Общее количество байт данных, полученных без ошибок.
RECV_SEQ_MISS	0x0107	4	Любое	Количество недостающих кадров данных, обнаруженных по "пробелам" в порядковых номерах
RECV_SEQ_ERR	0x0108	4	Любое	Количество кадров данных, полученных с неожиданными порядковыми номерами

Таблица 10-27/G.9954 – Группы Командных сегментов

Мнемоническое обозначение	CSType	CSLen	Значения CSPayload	Описание
RECV_DATA_ERR	0x0109	4	Любое	Количество кадров данных, полученных с обнаруженным повреждением данных
RECV_FCS_ERR	0x010c	4	Любое	Количество кадров, полученных с ошибками FCS
RECV_HDR_ERR		4	Любое	Количество кадров, полученных с ошибками в заголовке
RECV_ERR	0x010a	4	Любое	Количество кадров, полученных с прочими ошибками приема.
RECV_ELAPSED_TIME	0x010b	4	Любое	Фактическое время теста на прием в миллисекундах
XMT_NPKTS	0x0101	4	Любое	Общее количество кадров данных, отправленных без ошибок согласно отчетам более низких уровней (например, чрезмерное число коллизий), не включая кадры EOT
XMT_NBYTES	0x0102	4	Любое	Общее количество байт, переданных без ошибок
XMT_NERRS	0x0103	4	Любое	Количество ошибок передачи, в результате которых были потеряны кадры, согласно отчетам более низких уровней (например, чрезмерное число коллизий)
XMT_ELAPSED_TIME	0x0104	4	Любое	Фактическое время передачи в миллисекундах
Код операции: OK (в ответ на REPORTNODE)				
PRIMARY_ID	0x8301	4	Любое	Первичный ID Производителя/Устройства
SUBSYSTEM_ID	0x8302	4	Любое	ID Производителя/Устройства подсистемы
MAC_ADDRESS	0x8303	6	Любое	48-битный адрес MAC IEEE
SERIAL_NUM	0x8304	≤16	ASCII	

Таблица 10-27/G.9954 – Группы Командных сегментов

Мнемоническое обозначение	CSType	CSLen	Значения CSPayload	Описание
DEVICE_TYPE	0x8305	1	0–24	Индексированный список, указывающий на тип устройства: 0 Прочее 1 Сетевой адаптер PCI (включая miniPCI, Cardbus) 2 Сетевой адаптер USB 3 Кабельный модем в режиме моста 4 Модем DSL в режиме моста 5 Широкополосный беспроводной мост 6 Мост V90 7 Автономный мост 8 Кабельный модем в режиме маршрутизатора 9 Модем DSL в режиме маршрутизатора 10 Широкополосный беспроводной маршрутизатор 11 Маршрутизатор V90 12 Автономный маршрутизатор 13 Аудиоустройство 14 Видеоустройство 15 Дисковое устройство 16 Устройство CD/DVD 17 Устройство резервного копирования 18 Кабельная цифровая абонентская приставка 19 Спутниковая цифровая абонентская приставка 20 Принтер 21 Сервер печати 22 Сканер 23 Факс 24 Телефон
VEND_NAME	0x8306	≤32	ASCII	
VEND_DRIVER	0x8307	≤16	ASCII	
VEND_DATE	0x8308	4	TBD	
MANUF_DATE	0x8309	4	TBD	
TIMER_GRAN	0x830a	2	1–1000	Размер единицы деления временной шкалы в миллисекундах

10.9.7 Сегменты данных

Сегменты данных по группам приведены в Таблице 10-28 с указанием Кода (кодов) операций, которые их используют, перед каждой группой.

Таблица 10-28/G.9954 – Группы Сегментов данных

Мнемоническое обозначение	CSType	CSLen	Значения CSPayload	Описание
Коды операций: TESTDATA ECHOREQUEST OK (в ответ на ECHOREQUEST)				
DATA	0x8108	1–1482	Любой	Данные
Код операции: TESTDATA				
EOT	0x8109	0	Нет	Конец передачи: помечает окончание передачи данных сервером
Код операции: SAMPLEDATA				
SAMPLES	0x8133	1–1482	Адрес MAC	Октеты 0–5: Адрес источника канала
			0–65535	Октеты 6–7: Общее количество "образцов" в тесте
			0–65535	Октеты 8–9: Индекс первого "образца" в сегменте
			0 Нет 1 Промежуток (GAP) 2 Преамбула (PREAMBLE)	Октет 10: Тип теста (Из CSPayload Командного сегмента)
			0	Октет 11: Зарезервировано для использования в будущем. Передатчик должен устанавливать значение 0, а приемник – игнорировать при получении.
			"Образцы"...	Октеты от 12 до (DSLength–13): Подписанные 16–битные "образцы"

10.9.8 Использование кодов операций сервера

10.9.8.1 ОК

Сообщения с кодом операции ОК создаются в ответ на успешно выполненные контрольные запросы. Сообщения с кодом операции ОК могут содержать разное количество Командных сегментов в зависимости от контрольного запроса. Сообщения с кодом операции ОК, в которых количество Командных сегментов равно нулю, называются "Пустыми сообщениями ОК".

В поле Cert_Seq сообщения ОК должно быть установлено тоже значение, что и в поле Cert_Seq контрольного запроса.

В случае, если в ответ на один командный запрос создаются несколько сообщений ОК, то первым сегментом в каждом кадре ответа должен быть Командный сегмент INFOREPLY. Командный сегмент INFOREPLY может быть включен в сообщение в качестве первого Командного сегмента также и в случае создания единичного сообщения ОК.

10.9.8.2 ERROR (Ошибка)

Сообщения с кодом операции ERROR создаются в ответ на неправильно сформированные, не понятые или не выполненные успешно контрольные запросы. В поле Cert_Seq сообщения ERROR должно быть установлено то же значение, что и в поле Cert_Seq контрольного запроса. Сообщения с кодом операции ERROR должны содержать один или два Командных сегмента. CSType первого Командного сегмента должен быть равен ERRORCODE. Второй, если он присутствует, должен быть Командным сегментом ERRORPOINTER, где CSPayload должно содержать первые четыре октета (CSType и CSLength) первого Командного сегмента, который вызвал данную проблему, если он может быть идентифицирован.

10.9.8.3 TESTDATA

Кадры с кодом операции TESTDATA используются для измерения производительности (например, частоты возникновения ошибок) или характеристик реализации (например, доставки инкапсулированных кадров LARQ по порядку) тестируемых узлов, и, как правило, отправляются от одного сервера к другому. Значение поля Cert_Seq в сообщениях TESTDATA, как правило, начинается с 0 и увеличивается на единицу с каждым последующим кадром TESTDATA, отправляемым как часть одного теста.

Сообщения с кодом операции TESTDATA должны содержать один Сегмент данных с DSType = DATA или Командный сегмент с CSType = EOT.

10.9.8.4 SAMPLEDATA

Сообщения с кодом операции SAMPLEDATA используются для поддержки спектрального анализа канала PNT между сервером А и сервером В с точки зрения сервера В. По получении команды STARTSAMPLE источник тестируемого канала должен отправить получателю Сообщение целостности канала передачи данных Канального уровня. Получатель канала должен отправить этому серверу (источнику) Сегменты данных SAMPLES длиной в 32 символа с использованием своей "родной" скорости передачи. Если "образцы" объединяют более чем один Сегмент данных, сегменты должны отправляться в порядке возрастания индекса "образцов".

В случае если тип теста – Преамбула (PREAMBLE), то "образцы" должны представлять собой символы с 25 по 56 преамбулы кадра, полученного от источника канала.

В случае, если тип теста – Промежуток (GAP), то "образцы" должны представлять собой период времени в межкадровом интервале, который начинается через 8 микросекунд после получения кадра.

10.9.9 Использование кодов операций клиента

10.9.9.1 ENABLECERT

В момент запуска или после получения запроса DISABLECERT серверы должны находиться в режиме "сертификация отключена". В режиме "сертификация отключена" узел должен молчаливо игнорировать все полученные кадры сертификации за исключением запросов DISABLECERT и ENABLECERT до тех пор, пока не будет получен безошибочный запрос ENABLECERT. После получения запроса ENABLECERT узел должен проверить формат полученного кадра. Если ошибок не обнаружено, узел должен переключиться в режим "сертификация включена" (или остаться в этом режиме) и ответить на данный запрос пустым сообщением OK. Если в формате кадра обнаружена ошибка, узел должен ответить на него сообщением ERROR и не выполнять переключение режимов.

10.9.9.2 DISABLECERT

После получения запроса DISABLECERT сервер должен находиться в режиме "сертификация отключена". Если не обнаружено ошибок, узел должен ответить сообщением OK, переключиться в режим "сертификация отключена" (или оставаться в этом режиме) и молчаливо игнорировать все последующие кадры сертификации за исключением запросов DISABLECERT и ENABLECERT. Если в формате кадра обнаружена ошибка, узел должен ответить на него сообщением ERROR и не выполнять переключение режимов.

10.9.9.3 CONFIGNODE

Сообщения с кодом операции CONFIGNODE могут содержать в точности один из приведенных ниже Командных сегментов:

- TXPE;
- TXPRI;
- LINKINT;
- TXMODE;
- HPNAMODE;
- LARQ;

- CSA;
- CSAHPNAMODE.

Все серверы должны поддерживать Командные сегменты TXPRI, LINKINT и TXMODE. Все серверы должны поддерживаться установки TXPE от 1 до 7 и 255. Серверы должны поддерживать установки TXPE от 9 до 15 только в том случае, если они имеют возможность передавать полезную нагрузку на скорости 4 МБод. Все серверы должны поддерживать установки HPNAMODE 0, 2, 6 и 7. Серверы должны поддерживать Командный сегмент LARQ только в том случае, если они реализуют протокол LARQ. Серверы должны поддерживать Командные сегменты CSA и CSAHPNAMODE только в том случае, если они реализуют протокол CSA.

Если сервер получает запрос CONFIGNODE с неподдерживаемым или неверным Командным сегментом, он должен ответить на него сообщением ERROR. В противном случае он должен ответить сообщением OK.

10.9.9.4 CONFIGSEND

В запросе CONFIGSEND должны быть представлены следующие Командные сегменты, в порядке, приведенном ниже:

- DGEN_TYPE;
- DGEN_DATA;
- LENGTH;
- SA;
- DA.

DA является единственным CStype в запросе CONFIGSEND, который может повторяться, и если он повторяется, все сегменты DA должны быть смежными. Реализации должны поддерживать как минимум 10 сегментов DA в запросе CONFIGSEND. Командные сегменты CONFIGSEND должны отправляться только на индивидуальные адреса.

Генератор трафика отвечает за генерирование данных в кадрах, за размер кадров и за распределение кадров в случае, если присутствует несколько DA. Наиболее часто используемый генератор обеспечивает фиксированные данные, фиксированную длину кадра и циклический способ распределения кадров всем DA.

Приведенные ниже Командные сегменты являются необязательными в запросе CONFIGSEND, однако если они присутствуют, то должны отправляться в порядке, указанном ниже:

- NPKTS;
- BURST_INT;
- BURST_NPKTS;
- NUMACKS;
- TXPE_TEST;
- TXPRI_TEST.

Если сервер не может обеспечить разрешающую способность, предусмотренную BURST_INT, то значение должно быть округлено с повышением до ближайшего поддерживаемого сервером значения.

Если BURST_INT не указано или равно 0, то узел, отправляющий данные, должен генерировать кадры так быстро, как это возможно без пропуска кадров на стороне передатчика.

Если NPKTS не указано или равно 0, то узел, отправляющий данные, должен генерировать кадры до тех пор, пока не будет получен запрос STOPSEND.

Получающий узел должен отвечать сообщением ERROR, если в запрос CONFIGSEND включены какие-либо неподдерживаемые параметры (или неподдерживаемые значения поддерживаемых параметров), если получающий узел уже в процессе отправки кадров данных сертификации по предыдущему набору запросов CONFIGSEND/STARTSEND, если получен более чем один запрос

CONFIGSEND, прежде чем получен запрос STARTSEND или если SA в запросе CONFIGSEND не является адресом MAC получающего узла. В противном случае получающий узел должен сбросить счетчики передачи, перечисленные в п. 10.9.11, установить для любых необязательных параметров, не включенных в запрос CONFIGSEND значения по умолчанию и ответить сообщением OK.

10.9.9.5 STARTSEND

Запросы STARTSEND содержат один или более Командных сегментов с CStype = REFSEQ. Каждое значение REFSEQ совпадает со значением Cert_Seq запроса CONFIGSEND, который был отправлен ранее. Получающие узлы должны действовать в соответствии с протоколом, определенным в п. 10.9.10.2.

10.9.9.6 STOPSEND

Запросы STOPSEND содержат один или более Командных сегментов с CStype = REFSEQ. Каждое значение REFSEQ совпадает со значением Cert_Seq запроса CONFIGSEND, который создал поток данных. Когда сервер получает запрос STOPSEND, он сравнивает значение (значения) Cert_Seq в запросе со значением Cert_Seq из последнего полученного запроса CONFIGSEND. Если есть совпадение, сервер должен ответить одним сообщением OK, содержащим один Командный сегмент с CStype = REFSEQ с совпавшим значением Cert_Seq. Если запрос STOPSEND получен во время отправки кадров данных, передающий узел должен прекратить отправку кадров данных. Если совпадения нет или данный узел не получал никаких запросов CONFIGSEND, данный запрос должен быть молчаливо проигнорирован.

10.9.9.7 ECHOREQUEST

Кадры ECHOREQUEST содержат один Сегмент данных с DStype = DATA. Клиент заполняет поле DSPayload данными, которые он желает получить назад "отраженными" (от 1 до 1482 байт) и соответствующим образом устанавливает значение поля DSLength. Получатель должен ответить сообщением OK, содержащим копию Сегмента данных из команды ECHOREQUEST.

10.9.9.8 CONFIGRECV

В запросе CONFIGRECV должны присутствовать следующие Командные сегменты в порядке, приведенном ниже:

- DGEN_TYPE;
- DGEN_DATA;
- LENGTH;
- SA;
- DA.

DA является единственным CStype в запросе CONFIGRECV, который может повторяться, и если он повторяется, все сегменты DA должны быть смежными. Командные сегменты CONFIGRECV должны отправляться только на индивидуальные адреса.

Получающий узел должен ответить одним сообщением ERROR, если в запрос CONFIGRECV включены какие-либо неподдерживаемые параметры (или неподдерживаемые значения поддерживаемых параметров), или его адрес MAC не встречается ни в одном из DA Командных сегментов. В противном случае получающий узел должен сбросить счетчики приема, приведенные в п. 10.9.11, установить для любых необязательных параметров, не включенных в запрос CONFIGRECV, значения по умолчанию и ответить пустым сообщением OK.

10.9.9.9 STOPRECV

Запросы STOPRECV содержат один или более Командных сегментов с CStype = REFSEQ. Каждое значение REFSEQ совпадает со значением Cert_Seq запроса CONFIGRECV, который создал поток данных. Когда сервер получает запрос STOPRECV, он сравнивает значение (значения) Cert_Seq в запросе со значением Cert_Seq из последнего полученного запроса CONFIGSEND. Если есть совпадение, сервер должен немедленно вычислить фактическое прошедшее с момента начала теста время или, если кадров данных не было получено, установить фактическое время равным 0 и ответить одним сообщением OK, содержащим один Командный сегмент с CStype = REFSEQ с совпавшим

значением Cert_Seq. Все полученные впоследствии кадры данных должны быть проигнорированы. Если совпадений нет или узел не получал никаких запросов CONFIGRECV, он должен молчаливо проигнорировать данный запрос.

10.9.9.10 REPORTSTATS

Получатель должен ответить сообщением OK, содержащим счетчики, перечисленные в п. 10.9.11 в порядке, указанном в том же пункте. Счетчики не должны сбрасываться после отправки отчета на случай, если ответ будет потерян и клиенту потребуется повторить команды REPORTSTATS. Сообщение-ответ должно начинаться с Командного сегмента INFOREPLY, за которым следуют Командные сегменты для каждого из требуемых счетчиков.

10.9.9.11 REPORTCONFIG

Получатель должен ответить сообщением OK, содержащим текущие установки параметров конфигурации, перечисленных в п. 10.9.9.3. Сообщение-ответ должно начинаться с Командного сегмента INFOREPLY, за которым следуют Командные сегменты для каждого из требуемых параметров. Командные сегменты должны отправляться в порядке, приведенном в п. 10.9.9.3. Первые пять параметров конфигурации должны быть включены в отчет обязательно, в то время как остальные три (LARQ, CSA и CSAHPNAMODE) включаются в отчет только в том случае, если они поддерживаются.

10.9.9.12 RESETSTATS

Получатель должен сбросить все счетчики, перечисленные в п. 10.9.11 и ответить пустым сообщением OK.

10.9.9.13 REPORTNODE

Получатель должен ответить сообщением OK, содержащим фиксированную информацию относительно узла, такую как идентификаторы, версии программного/аппаратного обеспечения и т. п. Кадры ответа должны начинаться с Командного сегмента INFOREPLY, за которым следуют командные сегменты из следующего списка, отправляемые в порядке, приведенном ниже:

- PRIMARY_ID;
- SUBSYSTEM_ID;
- MAC_ADDRESS;
- SERIAL_NUM;
- DEVICE_TYPE;
- VEND_NAME;
- VEND_DRIVER;
- VEND_DATE;
- MANUF_DATE;
- TIMER_GRAN.

10.9.9.14 STARTSAMPLE

Клиент должен инициировать "пробу" канала путем отправки Командного сегмента SAMPLE. DA кадра Сертификации и диагностики должен быть широковещательным (BROADCAST). Далее клиент должен ждать прибытия всех Сегментов данных "образцов" ("SAMPLES"). Приложению следует использовать правильный период ожидания на случай, если сервер (серверы) не отвечают.

10.9.9.15 VENDOR

Данный код операции позволяет производителям реализовывать индивидуальный набор функций. Первый Командный сегмент должен иметь CStype = OUI и в поле CSPayload должен быть помещен OUI производителя. Узел, получающий командный запрос, определяемый производителем, с OUI, который не совпадает с OUI, понимаемым им, должен вернуть сообщение об ошибке INVALID_PARAM. Поведение узлов, получающих командный запрос, определяемый

производителем, с совпадающим OUI, оставляется на усмотрение производителя и выходит за рамки данной Рекомендации.

10.9.10 Протокол контрольных запросов

10.9.10.1 Общие контрольные запросы

Все контрольные запросы кроме STARTSEND и VENDOR работают в соответствии с тривиальным протоколом: клиент отправляет однокадровый запрос, и сервер отвечает одним или более кадрами – на все контрольные кадры, отправляемые клиентом, отправляется подтверждение получения в форме OK или ERROR или SAMPLEDATA в случае STARTSAMPLE. В большинстве случаев генерируется один кадр. Каждый контрольный кадр, генерируемый клиентом, должен отправляться с монотонно возрастающим (игнорируя перенос) значением Cert_Seq. В поле Cert_Seq в кадрах подтверждения получения от узлов-серверов используется значение Cert_Seq из контрольного запроса, для того чтобы удостовериться, что клиент правильно определяет, получение какого запроса подтверждается. Клиент отвечает за работу с запросами, на которые не получено подтверждение приема, например, в форме повторной отправки запроса по истечении определенного периода ожидания с возможной задержкой между попытками. Неполучение подтверждения приема может означать, что либо оригинальный запрос был потерян, либо подтверждение было потеряно. Для всех определенных на настоящий момент запросов, за исключением STARTSEND, повторная отправка запроса не влечет отрицательных последствий. Длительность периода ожидания, используемая клиентом, зависит от конкретного типа отправляемого запроса. Для команд config следует использовать период ожидания длительностью в 50 сек. Поведение клиента в случае возникновения повторяющихся ошибок зависит от целей клиента (тестирование сертификации или диагностика сети) и не указывается здесь.

В случае запросов REPORTSTATS или REPORTCONFIG сервером создается некоторое количество кадров ответа (≥ 1). Первым из Командных сегментов всех кадров ответа, отправляемых в ответ на запросы REPORTSTATS, REPORTCONFIG и REPORTNODE должен быть Командный сегмент INFOREPLY, указывающий общее количество кадров, которые должны быть отправлены, и относительный номер текущего кадра.

Последующие Командные сегменты содержат данные, возвращаемые сервером.

Все кадры ответа отправляются со значением Cert_Seq равным значению Cert_Seq из запроса клиента. Клиент отвечает за обеспечение получения всех кадров и повторную отправку запросов в случае, если какие-либо кадры потеряны.

10.9.10.2 Протокол для контрольных запросов STARTSEND

Для того чтобы обеспечить непрерывный поток кадров данных в течение теста, для запросов STARTSEND должен использоваться несколько иной протокол. После выполнения соответствующих запросов CONFIGRECV и CONFIGSEND для конфигурирования всех узлов, клиент выполняет запрос STARTSEND со списком контрольных сегментов типа REFSEQ, каждый из которых содержит Cert_Seq для предыдущего запроса CONFIGSEND. Любой узел, ожидающий запрос STARTSEND (т. е. получивший запрос CONFIGSEND, но еще не получивший запрос STARTSEND), который получает запрос STARTSEND, просматривает список контрольных сегментов REFSEQ в запросе STARTSEND на предмет обнаружения значения Cert_Seq, совпадающего с порядковым номером из запроса CONFIGSEND. Если совпадений не найдено, сервер молчаливо игнорирует запрос STARTSEND. Если совпадение найдено, узел отправляет клиенту контрольные ответы OK в количестве NUMACKS со значением Cert_Seq из запроса CONFIGSEND в контрольном сегменте REFSEQ. Далее сервер отправляет запрошенные кадры данных в адрес(а) получателя (получателей). Значение Cert_Seq в кадрах данных начинается с 0 и увеличивается на единицу (по модулю 2^{16}) с каждым отправленным кадром. После того, как все кадры данных отправлены, сервер отправляет кадры данных в количестве NUMACKS с типом командного сегмента EOT, со значением CSValue равным порядковому номеру запроса CONFIGSEND, во все адреса получателей. По получении кадра EOT, узел-получатель (узлы-получатели) измеряют фактическое прошедшее время отправки данных и отвергают любые кадры данных, полученные после EOT. Кадр EOT не должен учитываться при подсчете статистических показателей приема. Временная линейка типичного теста данных показана на Рисунке 10-6.

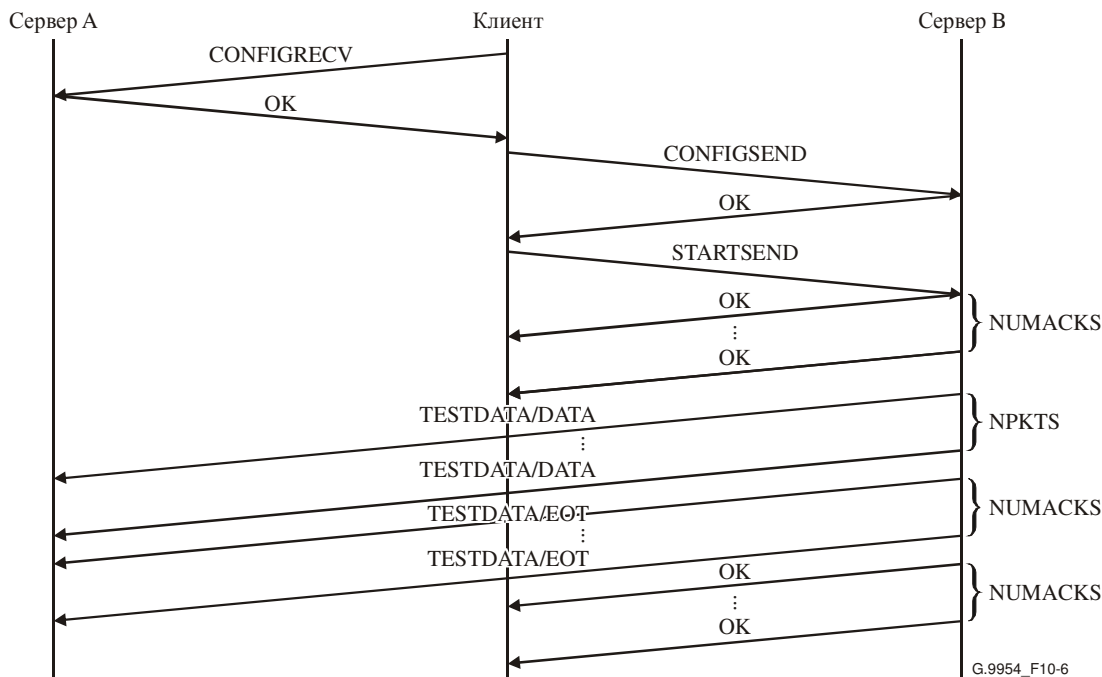


Рисунок 10-6/G.9954 – Временная линейка протокола для теста данных

Далее сервер отправляет контрольные кадры ответа в количестве NUMACKS с типом командного сегмента EOT, со значением CSValue, равным порядковому номеру запроса CONFIGSEND клиенту.

Если приоритет передачи не сконфигурирован, кадры данных передаются с приоритетом LL по умолчанию 0, а контрольные кадры ответа отправляются с приоритетом LL 7. Серверу следует убедиться, что все кадры данных (включая кадры EOT) были отправлены по кабельному каналу, прежде чем контрольные кадры ответа будут отправлены клиенту.

Если сервер получает два запроса STARTSEND для данного запроса CONFIGSEND (указывает, что клиент не получил ни один из первоначальных контрольных ответов OK, отправленных в количестве NUMACKS), сервер должен вернуть клиенту кадр ERROR. Клиент отвечает за отправку каких-либо необходимых запросов STOPSEND, изменение конфигурации узлов и перезапуск теста.

Для запроса STARTSEND период ожидания, который следует использовать клиенту при поиске первоначальных подтверждений получения, равен 50 миллисекундам. Период ожидания для окончательных подтверждений получения (которые отправляются клиенту после отправки кадров данных, содержащих сегменты EOT) должен быть вычислен на основе объема передаваемых данных и наилучшей возможной пропускной способности для данного теста.

10.9.10.3 Протокол для контрольных запросов VENDOR

Протокол для контрольных запросов VENDOR оставляется на усмотрение производителя и не обсуждается в рамках настоящей Рекомендации.

10.9.11 Статистика

10.9.11.1 Счетчики приема

Приведенные ниже счетчики должны поддерживаться сервером, принимающим кадры данных, и включаться в отчет, отправляемый в ответ на команду REPORTSTATS:

- RECV_NPKTS;
- RECV_NBYTES;
- RECV_SEQ_MISS;
- RECV_SEQ_ERR;

- RECV_DATA_ERR;
- RECV_FCS_ERR;
- RECV_HDR_ERR;
- RECV_ERR;
- RECV_ELAPSED_TIME.

10.9.11.2 Счетчики передачи

Приведенные ниже счетчики должны поддерживаться сервером, передающим кадры данных, и включаться в отчет, отправляемый в ответ на команду REPORTSTATS:

- XMT_NPKTS;
- XMT_NBYTES;
- XMT_NERRS;
- XMT_ELAPSED_TIME.

Все счетчики должны поддерживаться и включаться в отчет как 32 бита.

Фактическое прошедшее время должно измеряться от приема или передачи первого кадра данных до приема или передачи первого кадра EOT.

10.9.12 Обработка контрольных кадров получателем

Кадры с ошибками HCS, FCS или CRC-16 не используются в ходе сертификации. Поскольку некоторые реализации могут существовать как отдельный уровень над драйвером устройства, нет гарантии, что во всех реализациях данные кадры достигнут уровня сертификации. Таким образом, для обеспечения устойчивости, все реализации сертификации должны игнорировать все кадры, полученные с такими ошибками.

10.9.13 Обработка кадров данных получателем

Для каждого полученного кадра данных:

- Если DGEN_TYPE и DGEN_DATA были указаны в запросе CONFIGRECV, получатель генерирует локальную копию пакета, используя генератор данных, и сравнивает ее с данными полученного пакета. Если данные не совпадают, получатель увеличивает recv_data_err. Если ошибок не обнаружено, получатель увеличивает recv_npkts.
- Получатель отслеживает порядковые номера получаемых кадров и увеличивает RECV_SEQ_MISS для всех кадров, которые были пропущены (фиксируя это по "пробелам" в последовательности порядковых номеров) и увеличивает RECV_SEQ_ERR для всех кадров, полученных не по порядку.

Для увеличения recv_seq_miss и recv_seq_err должна использоваться следующая логика:

```
if (((received_seq - expected_seq) & 2^15) != 0) recv_seq_err++;
else {
    recv_npkts++;
    if (received_seq == expected_seq) expected_seq = (expected_seq + 1) %
    2^16;
    else {
        if (received_seq > expected_seq) recv_seq_miss += (received_seq -
        expected_seq);
        else recv_seq_miss += (2^16 + received_seq - expected_seq);
        expected_seq = (received_seq + 1) % 2^16;
    }
}
```

Повторяющиеся кадры также вызывают увеличение recv_seq_err.

10.9.14 Общие требования

Узлам-серверам также следует иметь возможность отправлять и принимать кадры данных одновременно, однако этого не требуется. Серверы должны иметь возможность принимать и обрабатывать контрольные кадры одновременно с отправкой кадров данных. В данной версии протокола не содержится спецификаций по одновременному созданию множественных потоков данных или одновременному получению и подтверждению потоков данных.

10.9.15 Распределение времени

"Разрешающую способность" (размер единицы деления временной шкалы) (для временных отметок и интервалов отправки) всего распределения времени следует устанавливать на уровне 10 миллисекунд. Она не должна превышать 50 миллисекунд. Требования к дрожанию должны быть $\pm 10\%$ от установленной "разрешающей способности".

10.9.16 Коды ошибок

Определены следующие коды ошибок, приведенные в Таблице 10-29:

Таблица 10-29/G.9954 – Коды ошибок

Мнемоническое обозначение	Значение
UNK	1
UNSUP_OP	2
INVALID_PARAM	3
UNSUP_CMDSEG	4
UNSUP_DGEN	5
INVALID_SEQ	6
INVALID_FRAME	7
INVALID_OP	8

10.9.17 Генераторы данных

10.9.17.1 DGEN_TYPE = 1

4 байта DGEN_DATA, указанные в запросе CONFIGSEND, реплицируются как группа для заполнения всей длины полезной нагрузки. Если длина полезной нагрузки в байтах не делится на 4 без остатка, то остаток заполняется той частью DGEN_DATA, которая умещается. Например, если DGEN_DATA = 0x01020304 и длина полезной нагрузки равна 11, полезная нагрузка будет заполнена следующим образом: 0x0102030401020304010203.

Если количество адресов получателей более 1, то сгенерированные кадры передаются мультиплексным способом узлам-получателям в порядке, указанном в запросе CONFIGSEND.

10.9.17.2 DGEN_TYPE = 2

Самый младший байт DGEN_DATA должен быть использован для инициализации 8-битного счетчика. Байты полезной нагрузки должны быть последовательно заполнены значениями счетчика, и данный счетчик должен увеличиваться на 1 с каждым новым байтом полезной нагрузки. Например, если DGEN_DATA = 0xf9 и длина полезной нагрузки 11, то полезная нагрузка будет заполнена следующим образом: 0xf9fafbfcfdfeff00010203. Если количество адресов получателей более 1, то сгенерированные кадры передаются мультиплексным способом узлам-получателям в порядке, указанном в запросе CONFIGSEND. Три самых старших байта должны быть отправлены как нули и проигнорированы при получении.

10.10 Расширения кадров Канального уровня

В данном пункте Спецификации Канального уровня описывается, как выполняются расширения форматов кадров.

Дополнительно определены два расширения Контрольных кадров CSA, предназначенные для поддержки необязательных и/или расширенных возможностей между совместимыми станциями. Первое расширение представляет собой список необязательных подтипов кадров LCP, поддерживаемых реализацией (помимо четырех типов базовой версии PNT). Новые типы кадров, такие как кодированный кадр Рида-Соломона, будут объявляться станциями, реализующими их, что позволит производить простое "попарное согласование" поддержки необязательных типов. Второе расширение представляет собой стандартный формат объявления параметров, связанных с расширенной возможностью.

В заключении в данном пункте приводятся несколько дополнительных правил, управляющих конструкцией и использованием новых/переработанных протоколов LCP, включая более конкретные руководящие принципы относительно длины заголовков LCP и ограничений по выравниванию этих заголовков.

10.10.1 Определения

10.10.1.1 встраивать: Помещать данные, как правило, полезную нагрузку Ethernet/802.3, внутрь структуры, определенной для заголовка подтипа LCP, возможно, закодированную таким образом, чтобы для извлечения оригинальной полезной нагрузки требовалось понимание структуры (т. е. оригинальная полезная нагрузка становится частью заголовка LCP).

10.10.1.2 встроенная полезная нагрузка: Данные, закодированные внутри встраивающего заголовка, как правило, полезная нагрузка кадра Ethernet/802.3, начиная с поля Type/Length.

10.10.1.3 встраивающий заголовок: Заголовок, содержащий встроенную полезную нагрузку, для использования которой необходимо понимание функционирования (структуры) заголовка.

10.10.1.4 инкапсулирующий заголовок: Заголовок, который может быть удален без последующей обработки (например, заголовок LARQ), оставляя что-то полезное, как правило, полезную нагрузку Ethernet/802.3. Значение поля Next Ethertype инкапсулирующего заголовка не равно нулю.

10.10.1.5 инкапсулировать: Вставлять заголовок LCP в кадр перед оригинальным полем Type/Length без изменения остальной части кадра. Удаление заголовка возвращает кадр к его первоначальному состоянию (т. е. оригинальная полезная нагрузка следует за заголовком LCP).

10.10.1.6 Ярлык Длина Значение (TLV): Тип структуры, состоящий из назначенного идентификатора (Ярлык, Tag), за которым следует Длина (Length), указывающая размер данных, идущих далее, и Значение, т. е. сами данные.

10.10.2 Механизм расширения

Расширения существующих форматов кадров должны добавляться с использованием кодирования Ярлык-Длина-Значение (TLV), где ярлыки назначаются PNT. У формата TLV есть краткая и длинная версии. Краткий формат предусматривает 8-битное поле Ярлык и 8-битное поле Длина, в то время как длинный формат использует 16-битное поле Ярлык и 16-битное поле Длина. В Кратком формате используются значения ярлыков от 1 до 127, а в длинном – от 32 768 до 65 535, при этом форматы различаются по самому старшему биту самого старшего октета поля Ярлык.

Значения ярлыков назначаются независимо для каждого SSType и LSType LCP из полного диапазона значений (т. е. диапазоны перекрываются). Значение ярлыка 0x00 явным образом зарезервировано как значение для дополнения (pad value), его использования описывается ниже.

Когда блоки TLV добавлены, они должны располагаться перед полем Next Ethertype и после всех полей, закодированных способом, отличным от TLV. Определение новых расширений TLV для конкретного подтипа не означает автоматическое принудительное назначение новой версии SSVersion (SLVersion). Все реализации должны игнорировать неизвестные блоки TLV. После того, как первое расширение TLV определено для конкретного подтипа, все расширения для данного подтипа в будущем должны требовать кодирования TLV, включая постоянные добавления в будущих версиях.

Значения полей SSVersion или LSVersion должны увеличиваться, когда для всех будущих версий конкретного подтипа LCP определено постоянное расширение, или когда для ранее зарезервированного поля в постоянной части подтипа определено использование в рамках протокола. Значение поля версии не должно увеличиваться в связи с необязательными расширениями.

10.10.3 Ограничения по размеру заголовка и дополнение LCP

Все инкапсулирующие заголовки LCP G.9954, краткого и длинного формата, должны иметь длину, кратную 4-м октетам (32 бита). Зарезервированное значение ярлыка 0x00 должно использоваться как дополнение внутри части TLV заголовка LCP, для того чтобы удостовериться в требуемом выравнивании полей (см. следующий абзац) и для того чтобы убедиться в том, что общая длина заголовка LCP кратна 4-м октетам. Данное требование минимизирует затраты на обработку кадра более высокими уровнями протокола, когда удален заголовок.

В дальнейшем требуется, чтобы все отправители убеждались в том, что 16-битные и 32-битные значения выровнены по своим "родным" размерам (т. е. занимали полные 16 или 32 бита), считая от начала поля SSType или LSType. Один, два или три октета дополнения (значение 0) должны быть использованы всякий раз, когда требуется дополнить значение для выравнивания поля по размеру.

10.10.4 Требуемая поддержка

10.10.4.1 Поддержка необязательных расширений LCP

Станции, поддерживающие G.9954, должны поддерживать расширение CSA Поддерживаемых подтипов для объявления о поддержке необязательных подтипов LCP, включая подтипы встраивающего заголовка, подтипы новых контрольных заголовков и инкапсулирующие подтипы, отличные от LARQ.

Для всех полученных подтипов станции должны игнорировать неизвестные расширения, если они присутствуют, и обрабатывать все известные расширения в обычном порядке, как если бы неизвестных расширений не было.

10.10.4.2 Использование инкапсулирующих заголовков

Станции должны иметь возможность удаления неизвестного инкапсулирующего заголовка и обработки остающегося кадра так, как если бы неизвестного заголовка не было. Однако станции не должны добавлять никаких инкапсулирующих заголовков, за исключением стандартных 8-октетных заголовков LARQ, ни в каких случаях, кроме тех, когда известно, что все получатели кадра поддерживают длину кадра, достаточную для того, чтобы принять сообщение увеличенного размера, появляющееся в результате добавления инкапсулирующего заголовка. Дополнительно, инкапсулирующие заголовки типа, отличного от LARQ, следует отправлять только в том случае, если известно, что все активные слушатели DA кадра поддерживают этот тип. Термин "активный слушатель" определен в Спецификации протокола Канального уровня G.9954.

Станция признается поддерживающей стандарт G.9954 или более высокий только в том случае, если сообщения CSA, указывающие на этот статус, были получены от этой станции в течение последних двух минут. Станции, переходящие в спящий режим, не создают сообщений CSA и в связи с этим будут лишены статуса станции, о которой известно, что она является станцией G.9954 или выше, что потребует отправки последующего трафика с ограничениями возможностей G.9954, по умолчанию подразумеваемых для принимающих узлов (например, размер MTU по умолчанию), для того чтобы гарантировать "разумное" поведение станции после выхода из спящего режима.

Это означает, что инкапсулирующие заголовки иного типа, чем 8-октетные заголовки LARQ, не должны использоваться при передаче ширококестельного или многоадресного трафика во всех случаях, кроме тех, когда полученные от всех активных слушателей ширококестельной или многоадресной группы кадры CSA указывают, что все они поддерживают длину MTU достаточную для того, чтобы принять сообщение увеличенного размера, появляющееся в результате добавления инкапсулирующего заголовка. "Станция на связи" – это станция PNT, которая отправляет кадры Целостности канала передачи. Станцию идентифицирует адрес MAC источника, используемый в кадрах Целостности канала передачи. Если в последнее время (а последние две минуты) не поступало сообщений CSA с тем же адресом MAC источника, то станция находится в спящем режиме и ее следует рассматривать как G.9954 (см. п. 10.6.5).

Станции не должны добавлять заголовки иного типа, чем 8-октетные заголовки LARQ, если какой-либо активный слушатель кадра не поддерживает длину MTU достаточную для того, чтобы принять сообщение увеличенного размера, появляющееся в результате добавления инкапсулирующего заголовка. Если все активные слушатели объявляют о поддержке MTU достаточного размера, станции не следует добавлять подтип инкапсулирующего заголовка LCP, отличный от LARQ, во всех случаях,

кроме тех, когда из CSA Поддерживаемых подтипов известно, что хотя бы один активный слушатель поддерживает данный подтип.

Станциям не следует отправлять контрольный кадр LCP станциям, о которых не известно, поддерживают ли они данный подтип. Если адрес MAC получателя является групповым/широковещательным адресом, то следует знать, что хотя бы один активный слушатель понимает данный подтип.

10.10.4.3 Использование встраивающих заголовков

Станциям не следует отправлять кадр LCP со встроенной полезной нагрузкой ни в каких случаях, кроме тех, когда известно, что все активные слушатели понимают данный подтип (т. е. когда от всех получателей получены расширения новых Поддерживаемых типов к контрольным кадрам CSA с встраивающим подтипом).

10.10.5 Формат расширений TLV

Таблица 10-30/G.9954 – Краткий формат расширений TLV

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	1–127. Назначенное расширению значение ярлыка
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты ярлыка и длины. Минимум 0; максимум 255
SEData	0–255 октетов ^{a)}	Дополнительные данные для расширения
^{a)} Ограничено доступным пространством в формате кадра физического или канального уровня		

SELength не должно использоваться в качестве индикатора версии информации, представленной в части TLV SEData.

Таблица 10-31/G.9954 – Длинный формат расширений TLV

Поле	Длина	Значение
LETag	2 октета	32768–65535. Назначенное расширению значение ярлыка
LELength	2 октета	Общая длина расширения TLV, исключая октеты ярлыка и длины. Минимум 0; максимум 65526.
LEData	0–65526 октетов ^{a)}	Дополнительные данные для расширения
^{a)} Ограничено доступным пространством в формате кадра физического или канального уровня		

LELength не должно использоваться в качестве индикатора версии информации, представленной в части TLV LEData.

Таблица 10-32/G.9954 – Pad (дополнение), может использоваться со всеми расширениями TLV

Поле	Длина	Значение
LCP_Ext_Pad	1 октет	= 0 (LCP_EXT_PAD). Может быть повторено до 3 раз подряд.

Таблица 10-33/G.9954 – Пример: Кадр короткого формата с расширением TLV

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес Получателя
SA	6 октетов	Адрес Источника
EtherType	2 октета	0x886c
SSType	1 октет	= x
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. Общая длина от SSType до Next EtherType должна быть кратна 2 ("родное" выравнивание поля Next EtherType), причем SLength должно быть четным целым числом или кратным 4 (инкапсулирующий заголовок) и SLength по модулю 4 равно 2.
SSVersion	1 октет	= x
Фиксированные известные данные о SSVersion		
SETag	1 октет	1–127. Назначенное расширению значение ярлыка
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты ярлыка и длины. Минимум 0; максимум 255
SEData	0–255 ^{a)} октета	Дополнительные данные для расширения
[Дополнительные расширения TLV]		
[Дополнение, если требуется]	0–3 октетов	Должно быть нулем.
Next EtherType	2 октета	
^{a)} Ограничено доступным пространством в формате кадра Физического или Канального уровня		

10.10.6 Расширения CSA

10.10.6.1 Расширение CSA для поддерживаемых необязательных подтипов

Приведенные в Таблице 10-34 расширения определены для кадров CSA, для того чтобы дать реализациям возможность объявлять о поддержке каждого необязательного подтипа. Необязательные подтипы определяются как подтипы, которые определены какой-либо версией спецификации PNT, однако не требуются. Первоначально сюда включаются любые новые подтипы G.9954, поддержки которых не требуется от устройств G.9954. Вместо того чтобы пытаться сэкономить немного пространства, все кадры рассматриваются как 16-битные целые числа, самый старший октет отправляется первым.

Таблица 10-34/G.9954 – Расширение TLV поддерживаемых типов для CSA

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	= CSA_SUBTYPES_TAG
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты ярлыка и длины. 2 × количество объявленных подтипов
Subtype1 (Подтип1)	2 октета	Первый поддерживаемый необязательный подтип как 16-битное целое (может быть кратким или длинным подтипом)
[Subtype2,...,n] (Подтип2,...,n)	2 × (n – 1) октетов	Дополнительные необязательные подтипы, поддерживаемые реализацией

10.10.6.2 Расширение CSA для параметров подтипов

Приведенное в Таблице 10-35 расширение определено для кадров CSA, для того чтобы дать реализациям возможность объявлять параметры, определяемые реализацией, для индивидуальных подтипов LCP. Не все типы кадров LCP требуют дополнительных параметров. Определение параметров зависит от подтипа и выходит за рамки данной Рекомендации.

Таблица 10-35/G.9954 – Расширение TLV параметров подтипа для CSA

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	= CSA_PARAMS_TAG
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты ярлыка и длины. Минимум 3; Максимум 255
Subtype (Подтип)	2 октета	Подтип, для которого указываются дополнительные параметры
Parameter Data (Данные параметра)	1+ октетов	Данные, определяемые реализацией

10.10.6.3 Расширение, определяемое производителем, Краткий формат

Приведенное в Таблице 10-36 расширение определено для всех расширяемых подтипов.

Таблица 10-36/G.9954 – Расширение TLV, определяемое производителем, краткий формат

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	VENDOR_SHORT_TAG
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты ярлыка и длины. Минимум 4; Максимум 255
SVsOUI	3 октета	Назначенный IEEE Уникальный организационный идентификатор (OUI)
SVsData	0–251 октет ^{a)}	Определяемые производителем данные для расширения
^{a)} Ограничено доступным пространством в формате кадра физического или канального уровня		

10.10.6.4 Расширение, определяемое производителем, Длинный формат

Приведенное в Таблице 10-37 расширение определено для всех расширяемых подтипов.

Таблица 10-37/G.9954 – Расширение TLV, определяемое производителем, длинный формат

Поле	Длина	Значение
SETag	2 октета	VENDOR_SHORT_TAG
SELength	2 октета	Общая длина расширения TLV, исключая октеты ярлыка и длины. Минимум 4; Максимум 65526
SVsOUI	3 октета	Назначенный IEEE Уникальный организационный идентификатор (OUI)
SVsData	0–65522 октетов ^{a)}	Определяемые производителем данные для расширения
^{a)} Ограничено доступным пространством в формате кадра физического или канального уровня		

10.10.7 Назначение подтипов и ярлыков

В Таблицах 10-38 и 10-39 приведены текущие (и планируемые) назначения подтипов LCP и значения Ярлыков для расширений LCP.

Таблица 10-38/G.9954 – Назначение подтипов

Имя подтипа	Значение	Использование
Зарезервировано	0	Зарезервировано
SUBTYPE_RATE	1	Протокол запроса скорости
SUBTYPE_LINK	2	Протокол целостности калана связи
SUBTYPE_CSA	3	Протокол объявления возможностей и статуса
SUBTYPE_LARQ	4	Протокол ограниченного автоматического запроса повтора
SUBTYPE_VENDOR_SHORT	5	Определяемый производителем заголовок краткого формата
SUBTYPE_FRAME_BURSTING	6	Протокол пакетирования кадров
SUBTYPE_master_SELECTION	7	Протокол динамического выбора ведущего
SUBTYPE_TIMESTAMP_REPORT	8	Индикация отчета о временной отметке
Зарезервировано	9–127	Зарезервировано/Не назначено
Зарезервировано	128–255	Зарезервировано для сообщений длинного типа
Зарезервировано	32768	Зарезервировано
SUBTYPE_VENDOR_LONG	32769	Определяемый производителем подтип длинного формата
SUBTYPE_CERT	32770	Протокол Сертификации
SUBTYPE_RS	32771	Заголовок Рида-Соломона
SUBTYPE_MAP	32772	Протокол синхронизации MAP
SUBTYPE_REGISTRATION	32773	Протокол допуска в сеть (регистрации)
SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING	32774	Протокол сигнализации потоков
Зарезервировано	32775–65535	Зарезервировано/Не назначено

Таблица 10-39/G.9954 – Назначение ярлыков

Имя ярлыка	Значение	Использование
LCP_EXT_PAD	0	Заполнение для выравнивания, один октет (нет поля длина), все подтипы
VS_SHORT_TAG	1	Расширение, определяемое производителем, краткий формат, все подтипы
CSA_SUBTYPES_TAG	2	Список поддерживаемых необязательных подтипов, только CSA
CSA_PARAMS_TAG	3	Параметры для подтипа, только CSA
CSS_TAG	4	Последовательность сигнализации коллизии (см. п. 10.12), только CSA
RRCF_RS_TAG	2	Расширение Рида-Соломона (см. п. 10.11.7), только Согласование скорости
RRCF_CID_TAG	3	Расширение ID логического канала (см. п.10.4.2), только Согласование скорости
FS_PARAMS_TAG	2	Параметры потока (см. 10.17.1.1), только Сигнализация потоков
FS_CLASSIFIER_TAG	3	Фильтр классификации потоков (см. п.10.17.1.2), только Сигнализация потоков
VS_LONG_TAG	32769	Расширение, определяемое производителем, длинный формат, все подтипы

10.10.8 Резервирование подтипов LCP и ярлыков TLV для экспериментального использования

Небольшие диапазоны значений подтипов LCP и ярлыков расширений TLV, как краткого, так и длинного формата, должны быть зарезервированы для экспериментального использования. Предлагаемый диапазон значений краткого формата – от 124 до 126 включительно (3 значения). Предлагаемый диапазон значений длинного формата – от 65 280 до 65 534 включительно (255 значений). Данные диапазоны применяются как к подтипам, так и к ярлыкам. Эти значения зарезервированы только для целей разработки и не должны включаться в реализации, совместимые с PNT, в качестве их части.

10.11 Кодирование Рида-Соломона (RS) с внутрикадровым чередованием (Необязательное)

В данном пункте описывается использование необязательного кодирования Рида-Соломона и внутрикадрового чередования байтов.

10.11.1 Встроенные кодовые слова Рида-Соломона

Проверочные байты кодовых слов Рида-Соломона встроены внутрь пакета PNT с инкапсулирующим заголовком Ярлык-Длина-Значение (TLV); оригинальная полезная нагрузка не должна изменяться и должна следовать за проверочными байтами. Это позволяет сохранить обратную совместимость с узлами G.9951/2; узлы PNT, не выполняющие декодирование RS могут игнорировать данный инкапсулирующий заголовок и восстанавливать оригинальную полезную нагрузку (предполагается, что не было ошибок при передаче).

Расширения TLV позволяют реализовывать кодирование и декодирование Рида-Соломона в драйвере устройства, поскольку аппаратное обеспечение передатчика еще передает пакеты, не прошедшие проверку FCS и CRC-16 вверх логическому уровню драйвера для возможной коррекции ошибок.

Если декодирование RS осуществляется в драйвере устройства над демодулятором PNT, демодулятору также следует (здесь не имеется в виду ни "следует" ни "должен") передавать значения FCS и CRC-16 декодеру RS, для того чтобы убедиться, что коррекция прошла успешно. В случае, если пересчитанные после коррекции полезной нагрузки RS FCS и CRC-16 также не проходят проверку, приемник может захотеть пометить данный пакет как нескорректированный и запросить повторную передачу.

10.11.2 Размер символа Рида-Соломона

Размер символа должен быть 8 бит, в результате чего получается код, основанный на GF(256). Это ограничивает максимальный размер кодового слова 255; пакет PNT может содержать несколько кодовых слов. Неприводимый и порождающий многочлены идентичны тем, которые используются в Рек. МСЭ-Т G.922.1.

Арифметические операции выполняются в поле Галуа GF(256), где α является базисным элементом, удовлетворяющим неприводимому двоичному полиному $x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$. Байт данных ($d_7, d_6, \dots, d_1, d_0$) идентифицируется с элементом поля Галуа $d_7\alpha^7 + d_6\alpha^6 \dots + d_1\alpha + d_0$.

10.11.3 Порождающий полином

$G(X) = \prod (X + \alpha^i)$ является порождающим полиномом кода Рида-Соломона, где индекс результата идет от $i = 0$ до $R - 1$. X – единичная задержка байтов, а R – количество проверочных байтов на одно кодовое слово.

10.11.4 Количество проверочных байтов на одно кодовое слово: диапазон значений

R может принимать значения 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, или 20. Реализациям нет необходимости кодировать или декодировать все эти разрешенные значения R ; когда станции объявляют о своей способности выполнять кодирование и декодирование RS, они также должны объявлять поддерживаемый ими для кодирования/декодирования набор значений R .

10.11.5 Чередование

Поскольку длина пакетов PNT может быть от 64 до 1522 и более, пакет может содержать несколько кодовых слов. Эти кодовые слова могут быть переданы последовательно в одном пакете, но более приемлемым решением является чередование кодовых слов внутри пакета, добавляя защиту от ошибок уплотнения.

Чередование должно применяться только в одном пакете, а не распространяться на несколько пакетов. Чередователь сбрасывается в начале каждого пакета.

Диапазон глубин чередования D должен принимать значения 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64; глубины чередователя отличаются в число раз, кратное двум. Глубина чередования 64 позволяет использовать длину пакета чуть более 16 000 байт, хотя спецификация и ограничивает длину пакета $1024 \times N$ октетами, где N – количество бит на символ (для модуляции 2 МБод).

Метод чередования – простой метод чередования блоков (запись-по-столбцам, кодирование-по-строкам). Порядок передачи оригинальной полезной нагрузки при этом не изменяется; чередование используется концептуально для вычисления избыточных байтов.

Пример чередования

В нескольких последующих абзацах приведен пример чередования с использованием полезной нагрузки длиной 15 байт, где $R = 2$ и $D = 4$.

Ниже показана оригинальная полезная нагрузка, содержащая 15 байт от S_1 до S_{15} .

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Ниже показано представление полезной нагрузки как двумерного массива, где количество строк равно глубине чередования D .

S_1	S_5	S_9	S_{13}
S_2	S_6	S_{10}	S_{14}
S_3	S_7	S_{11}	S_{15}
S_4	S_8	S_{12}	

Теперь есть 4 ($= D$) кодовых слова. Каждое из кодовых слов RS теперь читается по строкам; первое кодовое слово состоит из байтов S_1 , S_5 , S_9 , и S_{13} . Каждое кодовое слово содержит как максимум 4 байта, что равно $\text{ceil}(15/4)$ или $\text{ceil}(K/D)$, где K равно длине полезной нагрузки и $\text{ceil}(x)$ – минимальное целое число больше x ; последняя часть полезной нагрузки (кодовое слово) содержит 3 байта, поскольку в K не содержится целого числа D (K не делится на D без остатка).

На рисунке ниже к каждому кодовому слову добавлены проверочные байты Рида-Соломона. Проверочные байты помечаются как $C_{\text{индекс кодового слова, индекс проверочного байта}}$.

S_1	S_5	S_9	S_{13}	$C_{1,1}$	$C_{1,2}$
S_2	S_6	S_{10}	S_{14}	$C_{2,1}$	$C_{2,2}$
S_3	S_7	S_{11}	S_{15}	$C_{3,1}$	$C_{3,2}$
S_4	S_8	S_{12}	$C_{4,1}$	$C_{4,2}$	

После того, как проверочные байты вычислены, пакет может быть передан. Как было описано ранее, проверочные байты должны передаваться отдельно в инкапсулирующем заголовке, который будет детально описан позднее. Отметим, что полезная нагрузка передается в оригинальном порядке байтов.

Порядок передачи полезной нагрузки в этом примере:

S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Порядок передачи проверочных байтов в данном примере:

$C_{1,1}$	$C_{2,1}$	$C_{3,1}$	$C_{4,1}$	$C_{1,2}$	$C_{2,2}$	$C_{3,2}$	$C_{4,2}$
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Порядок передачи проверочных байтов:

В целом, проверочные байты должны передаваться в следующем порядке: $C_{i,j}$, где i – индекс кодового слова, а j – индекс проверочного байта, и индекс i (кодового слова) изменяется быстрее всего. Если количество проверочных байтов ($= R \times D$) не кратно 4, то к проверочным байтам должны быть добавлены два нулевых байта, с тем чтобы полезная нагрузка или следующее расширение TLV начиналось с 4-байтовой границы.

10.11.6 Индикация избыточных параметров R и D

Длина пакета может изменяться для каждого отдельного пакета, и может оказаться необходимым также изменить значение D , для того чтобы убедиться, что никакое отдельное кодовое слово не превышает предел в 255 символов. Более того, желательно предоставить проектировщикам широкую свободу действий в плане определения количества избыточности, которое следует предоставлять. Приведенные выше два соображения служат мотивом появления механизма, позволяющего

передатчику изменять R и D для каждого отдельного пакета; в целом передатчик может изменять R и D , где D ограничивает длину кодового слова, а R предоставляет желаемую избыточность.

Данный механизм должен передавать параметры R и D максимально надежно, поскольку любая ошибка в R и D делает весь пакет некорректируемым. Необходимость надежности усложняется (усугубляется) тем фактом, что параметры R и D зачастую будут передаваться со скоростью передачи полезной нагрузки, которая является более высокой из-за увеличенного SNR кодирования RS; в связи с этим сами параметры R и D должны передаваться избыточно. Для того чтобы избежать принудительного установления минимальных возможностей декодирования RS на всех приемопередатчиках, эти параметры, наряду с параметрами Ярлык, Длина и Длина полезной нагрузки просто повторяются три раза; приемник может выбрать из трех принятых наборов.

Формат заголовка протокола Рида-Соломона

Длина инкапсулирующего заголовка должны быть кратна 4 октетам, будучи измерена от поля SSType до поля Next Ethertype включительно. Заголовок состоит из 3 копий SSType, SSLength, SSVersion и SSParams, за которыми следует набор проверочных байтов, а затем поле Next Ethertype. Для того чтобы обеспечить длину заголовка, кратную 4 байтам, проверочные байты могут, по необходимости, быть дополнены нулями.

SSVersion состоит из двух полей. Первое поле содержит версию используемого кодера RS (0 на момент данной редакции G.9954), а второе должно содержать длину пакета по модулю 16. Длина, закодированная тут, представляет собой сумму всех байтов, начиная с SSType Рида-Соломона и заканчивая окончанием полезной нагрузки, которую "покрывает" кодирование Рида-Соломона, т. е. весь пакет G.9954 за исключением FCS и CRC-16.

RSPParams

В Таблице 10-40 показан формат октета RSPParams.

Таблица 10-40/G.9954 – Формат октета RSPParams

Бит 7 (Старший бит)	Бит 4	Бит 3	Бит 0 (Младший бит)
Поле R		Поле D	

В Таблице 10-41 показано кодирование поля R.

Таблица 10-41/G.9954 – Кодирование поля R

Значение поля (Бит 7..Бит 4)	R
0000	0
0001	2
0010	4
0011	6
0100	8
0101	10
0110	12
0111	14
1000	16
1001	18
1010	20

В Таблице 10-42 показано кодирование поля D.

Таблица 10-42/G.9954 – Кодирование поля D

Значение поля (Бит 3..Бит 0)	D
0000	1
0001	2
0010	4
0011	8
0100	16
0101	32
0110	64

Таблица 10-43/G.9954 – Формат заголовка TLV, длинная форма

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес Получателя
SA	6 октетов	Адрес Источника
Ethertype	2 октета	0x886c
LSType	2 октета	SUBTYPE_RS = 32 771. Тип инкапсулирующего заголовка Риды-Соломона (условный)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в заголовке RS, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType.
RSVersion	1 октет	= 0-15, предписывает версию для кодирования длины полезной нагрузки по модулю 16
RSParams	1 октет	Параметры избыточности RS (4 бита каждое для D, R как уже указано). В данном поле 2 реплицированных байта.
LSType2	2 октета	Дубликат LSType
LSLength2	2 октета	Дубликат LSLength
RSVersion2	1 октет	Дубликат RSVersion
RSParams2	1 октет	Дубликат RSParams
LSType3	2 октета	Дубликат LSType
LSLength3	2 октета	Дубликат LSLength
SSVersion3	1 октет	Дубликат RSVersion
RSParams3	1 октет	Дубликат RSParams
RSCheckBytes	D*R октетов (возможно дополненных до кратности 4)	Массив вычисленных проверочных байтов. Порядок передачи: (C _{1,1} , C _{2,1} .. C _{D,1} , C _{1,2} , C _{2,2} .. C _{D,2} , ... C _{1,R} .. C _{D,R}) Чтобы дополнить до кратности 4, могут следовать два добавочных нулевых байта. Кодирование полезной нагрузки RS начинается со следующего поля, как правило, "Next_EtherType".
Next EtherType	2 октета	Из "оригинального" PDU Ethernet (может быть 886c, с заголовком LARQ)
Payload	Min.TBD октетов	Из оригинальной полезной нагрузки PDU Ethernet
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

10.11.7 Индикация желаемого способа кодирования приемником. Расширение TLV подтипа LCP SYBTYPE_RATE

Поскольку приемник отслеживает частоту возникновения ошибок в пакетах, он наиболее хорошо информирован для направления процесса выбора избыточности Рида-Соломона. Ниже описывается механизм индикации передатчиком желаемой избыточности удаленному приемнику. Он представляет собой расширение TLV текущего Контрольного кадра запроса скорости.

Для каждого диапазона включаются три дополнительных параметра: Один представляет собой увеличенную скорость передачи полезной нагрузки (Bandn_EPR), а остальные два указывают минимальную избыточность, которая позволит вести передачу на увеличенной скорости передачи полезной нагрузки. Формат Bandn_EPR аналогичен формату для кодированного Bandn_PE не RS.

Минимальная избыточность указывается двумя октетами. Первый указывает желаемое количество избыточных байтов на кодовое слово RS; удаленному передатчику следует кодировать всю полезную нагрузку с этим количеством избыточных байтов. Поскольку количество избыточных байтов кратно двум, данное поле должно быть закодировано как R/2.

Второй октет, указывающий желаемую избыточность, содержит максимальный размер полезной нагрузки на кодовое слово. Удаленный передатчик должен ограничить полезную нагрузку, чтобы никогда не превышать данный размер, увеличивая D в случае необходимости.

Заметим, что SSVersion = 1, для того чтобы указать, что данный кадр имеет формат отличный от текущего формата RRCF (см. Таблицу 10-44). Кадр такого формата должен отправляться только в случае, если обмен информацией о возможностях покажет, что кодирование RS поддерживается.

Таблица 10-44/G.9954 – Определение контрольного кадра запроса скорости с расширением Рида-Соломона

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес Получателя
SA	6 октетов	Адрес Источника
Ethertype	2 октета	0x886c
SSType	1 октет	= 1
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение SSLength равно 8 для SSVersion 0.
SSVersion	1 октет	= 0 [1?]
OpCode	1 октет	Код операции для этого контрольного сообщения. Определения см. в Таблице 10-6.
NumBands	1 октет	Количество диапазонов, указанных в данном контрольном сообщении. [...].
NumAddr	1 октет	Количество адресов, указанных в данном контрольном сообщении. NumAddr может быть равен 0. [...].
Band1_PE	1 октет	Несущая 2 МБод, 7 МГц: Значение PE, которое следует использовать для отправки данных, когда выбран диапазон 2 МБод [...]
Band1_rank	1 октет	Порядок рангов предпочтения ReqDA для данного диапазона [...]
Band2_PE	1 октет	Необязательный: присутствует, только если NumBands ≥ 2. [...]
Band2_rank	1 октет	Необязательный: присутствует, только если NumBands ≥ 2. [...]
RefAddr1	6 октетов	Необязательный: присутствует, если NumAddr ≥ 1. [...]
RefAddr2	6 октетов	Необязательный: присутствует, если NumAddr ≥ 2. [...]

Таблица 10-44/G.9954 – Определение контрольного кадра запроса скорости с расширением Рида-Соломона

Поле	Длина	Значение
...		[дополнительные экземпляры RefAddr, пока количество полей RefAddr не будет равно NumAddr]
SETag	1 октет	= 2. Необязательные значения RS для согласования скорости
SELength	1 октет	Общая длина необязательного параметра за исключением октетов Ярлык и Длина. Должно быть равно $2 + 4 \times \text{Numbands}$; Минимум 6
Band1_EPR	1 октет	Увеличенная скорость передачи полезной нагрузки для использования, когда применяется кодирование Рида-Соломона с целевой избыточностью, указанной в следующем поле.
Band1_RSR	1 октет	Количество избыточных байтов на кодовое слово, когда используется кодирование Рида-Соломона.
Band1_Kmax	1 октет	Максимальный размер полезной нагрузки на кодовое слово.
Band1_Pad [предлагается Band1_Rdesired]	1 октет	Для выравнивания и возможных расширений. = 0, если не используется. [Желаемый верхний предел общего количества всех избыточных байтов, позволяющий использовать уменьшенную избыточность на кодовое слово для более длинных кадров]
...		[дополнительные экземпляры параметров кодирования RS , если $\text{Numbands} \geq 2$]
Pad	2 октета	Дополнение, чтобы сделать размер инкапсулирующего заголовка кратным 4.
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad		Для достижения minFrameSize, если необходимо
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

10.11.8 Объявление возможностей

Наличие у станции возможности кодировать и декодировать пакеты должно передаваться в расширении кадра CSA CSA_SUBTYPES посредством полей-членов. Пример приведен в Таблице 10-45.

Таблица 10-45/G.9954 – Пример расширения TLV для CSA, объявление возможности RS

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	= CSA_SUBTYPES_TAG.
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, за исключением октетов Ярлык и Длина. $2 \times \text{количество объявленных подтипов (n)}$.
Subtype (Подтип)	2 октета	SUBTYPE_RS_LONG (32771)
Additional Subtypes (Дополнительные подтипы)	$2 \times (n - 2)$ октетов	Дополнительные необязательные подтипы, поддерживаемые реализацией.

В дополнение к объявлению поддержки подтипа Рида-Соломона, в расширении параметров CSA также отправляются явные возможности станции, заявляющей поддержку RS. Данная индикация представляет собой расширение CSA для параметров подтипа. Формат расширения приведен в Таблице 10-46.

Таблица 10-46/G.9954 – Расширение TLV параметров подтипа RS для CSA

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	= CSA_PARAMS_TAG
SELength	1 октет	= 6
Subtype (Подтип)	2 октета	SUBTYPE_RS (32771)
Supported Encoding R Value Bit Mask (Битовая маска R поддерживаемого способа кодирования)	2 октета	<i>Первый октет</i> Бит R 0 2 1 4 2 6 3 8 4 10 5 12 6 14 7 16 <i>Второй октет</i> Бит R 0 18 1 20 2 ... 7, зарезервированы
Supported Decoding R Value Bit Mask (Битовая маска R поддерживаемого способа декодирования)	2 октета	<i>Первый октет</i> Бит R 0 2 1 4 2 6 3 8 4 10 5 12 6 14 7 16 <i>Второй октет</i> Бит R 0 18 1 20 2 ... 7, зарезервированы
Parameter Data (Данные параметра)	1+ октетов	Данные, определяемые реализацией

10.12 Протокол управления коллизиями

Протокол управления коллизиями определяет механизм динамического присвоения станциям уникальных фиксированных последовательностей значений сигнальных слотов коллизий, для того чтобы контролировать запаздывание доступа для устройств, использующих приоритет РНУ 7 для трафика с очень низким запаздыванием (например, передача голоса).

10.12.1 Термины и сокращения

10.12.1.1 активный клиент CSS: Клиент CSS, имеющий назначение CSS и использующий CSS для передачи кадров.

10.12.1.2 канал: Логический поток, серия кадров, передаваемых одной копией приложения, например, кадры, содержащие один однонаправленный поток оцифрованной голосовой информации.

10.12.1.3 Последовательность сигнализации коллизии (CSS): Набор назначений сигнальных слотов DFPQ, управление которым позволяет обеспечить границы запаздывания для кадров с наивысшим приоритетом.

10.12.1.4 Клиент CSS: Любая станция, принимающая участие в назначении последовательностей CSS с использованием расширения TLV CSS. Клиент CSS выбирает собственную CSS.

10.12.1.5 Расширение CSS: Структура TLV, добавляемая к сообщениям CSA, содержащая информацию, необходимую для поддержки распределенного назначения значений CSS станциям.

10.12.1.6 Протокол CSS: Протокол, используемый для распределения значений CSS станциям при помощи расширения CSA.

10.12.1.7 мультиканальный клиент: Клиент CSS, отправляющий несколько независимых потоков кадров с приоритетом PHY 7. Например, устройство шлюза, поддерживающее множественные (не объединенные) потоки. Некоторые значения CSS могут обеспечить лучшее обслуживание для мультиканальных клиентов.

10.12.1.8 одноканальный клиент: Клиент CSS, который передает один поток кадров с приоритетом PHY 7. Примером типичного одноканального устройства служит телефонный аппарат PNT с одной линией.

10.12.2 Последовательность сигнализации коллизии

Последовательность сигнализации коллизии представляет собой упорядоченный набор 2-битовых значений $[s_1, s_2, \dots, s_N]$, используемых для контроля поведения MAC DFPQ PNT после коллизий. Значение в диапазоне $[0, 2]$ для $s < x$ указывает конкретный сигнальный слот, который должен использоваться после x -й коллизии, в то время как значение 3 указывает на использование случайного значения, выбранного станцией в момент коллизии. Значение сигнального слота в последовательности должно быть использовано максимум один раз на кадр. Если станция сталкивается с большим числом коллизий, чем количество значений в последовательности, выбор слота осуществляется случайным образом до тех пор, пока кадр не будет либо передан, либо отброшен (т. е. такое поведение, как если бы последовательность содержала серию завершающих значений, равных 3).

Количество поддерживаемых Активных клиентов CSS равно 27, при использовании только трех первых сигнальных слотов, тогда как 4-й и последующие сигнальные слоты установлены как 3, что указывает на случайное назначение. Уникальная часть назначенного значения CSS должна включать три сигнальных слота таким образом, что стандартное значение CSS включает слоты s_1 – s_3 со значениями в диапазоне 0–2 и слоты s_4 – s_8 со значением 3.

Значения CSS в наборе пронумерованы, и каждой последовательности дается явный ранг на основе порядка передачи кадров после коллизии, происходящей между станциями, имеющими уникальное назначение CSS. Значения CSS назначаются таким образом, чтобы минимизировать количество коллизий. Порядок первых 27 последовательностей показан в Таблице 10-47. Данный порядок должен использоваться Клиентами CSS при выборе следующей CSS для назначения из набора неиспользованных значений. Первым трем мультиканальным станциям могут быть назначены первые три последовательности, для того чтобы минимизировать повторяющиеся коллизии для каждого из потоков.

Таблица 10-47/G.9954 – Значения CSS в порядке назначения

Порядковый номер CSS (в порядке назначения)	Последовательность s1,s2,s3,s4,s5,s6,s7,s8	Ранг передачи
1 ^{а)}	0,0,0,3,3,3,3,3	1
2 ^{а)}	1,0,0,3,3,3,3,3	10
3 ^{а)}	2,0,0,3,3,3,3,3	19
4	0,1,0,3,3,3,3,3	4
5	0,2,0,3,3,3,3,3	7
6	1,1,0,3,3,3,3,3	13
7	1,2,0,3,3,3,3,3	16
8	2,1,0,3,3,3,3,3	22
9	2,2,0,3,3,3,3,3	25
10	0,0,1,3,3,3,3,3	2
11	0,0,2,3,3,3,3,3	3
12	0,1,1,3,3,3,3,3	5
13	0,1,2,3,3,3,3,3	6
14	0,2,1,3,3,3,3,3	8
15	0,2,2,3,3,3,3,3	9
16	1,0,1,3,3,3,3,3	11
17	1,0,2,3,3,3,3,3	12
18	1,1,1,3,3,3,3,3	14
19	1,1,2,3,3,3,3,3	15
20	1,2,1,3,3,3,3,3	17
21	1,2,2,3,3,3,3,3	18
22	2,0,1,3,3,3,3,3	20
23	2,0,2,3,3,3,3,3	21
24	2,1,1,3,3,3,3,3	23
25	2,1,2,3,3,3,3,3	24
26	2,2,1,3,3,3,3,3	26
27	2,2,2,3,3,3,3,3	27
а) Мультиканальным станциям следует использовать эти значения в случае, если работает более чем одна такая станция.		

10.12.3 Расширение CSA для поддержки назначения CSS

Протокол назначения CSS использует протокол CSA с расширением TLV. Все станции, которым требуется назначение CSS, должны реализовывать протокол CSA и должны поддерживать функции установления соответствия приоритетов CSA.

10.12.3.1 Назначения флагов CSS

Каждому значению CSS назначается битовый флаг в поле смежных битов, причем первому значению CSS назначается младший значащий бит, и все поле рассматривается как целое число без знака в сетевом порядке байтов (см. Таблицу 10-48).

Таблица 10-48/G.9954 – Набор флагов CSS, показывающий назначение битов значениям последовательности CSS

Октет	Поле	Длина [бит]	Описание
CSSFlags0	Зарезервировано	5	Для расширения CSS версии 0, отправляется как 0 и игнорируется при получении
	CSS_Seq27	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 27.
	CSS_Seq26	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 26.
	CSS_Seq25	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 25.
CSSFlags1	CSS_Seq24	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 24.
	CSS_Seq23	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 23.
	CSS_Seq22	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 22.
	CSS_Seq21	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 21.
	CSS_Seq20	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 20.
	CSS_Seq19	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 19.
	CSS_Seq18	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 18.
	CSS_Seq17	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 17.
CSSFlags2	CSS_Seq16	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 16.
	CSS_Seq15	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 15.
	CSS_Seq14	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 14.
	CSS_Seq13	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 13.
	CSS_Seq12	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 12.
	CSS_Seq11	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 11.
	CSS_Seq10	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 10.
	CSS_Seq9	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 9.
CSSFlags3	CSS_Seq8	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 8.
	CSS_Seq7	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 7.
	CSS_Seq6	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 6.
	CSS_Seq5	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 5.
	CSS_Seq4	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 4.
	CSS_Seq3	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 3.
	CSS_Seq2	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 2.
	CSS_Seq1	1	Станция использует (использовала) Порядковый номер CSS 1.

10.12.3.2 Расширение Последовательности сигнализации коллизии для CSA

В процессе обмена информацией в рамках протокола Последовательности сигнализации коллизий используются сообщения CSA, содержащие расширение CSS.

Расширение TLV, называемое "Расширением CSS" определено для протокола CSA и должно вставляться сразу за фиксированными полями, определенными для PNT. Расширение CSS используется для объявления значений CSS станциям.

Расширение CSS должно добавляться к сообщению CSA между последним фиксированным полем кадра CSA (CSA_CurrentRxSet) и полем Next Ethertype кадра CSA. К порядку следования Расширения CSS по отношению к другим Расширениям CSA не предъявляется никаких требований, но Расширение CSS должно быть размещено с таким смещением относительно начала сообщения CSA, чтобы иметь такое же выравнивание, по модулю 4, как если бы оно было первым расширением, шедшим за CSA_CurrentRxSet. Это требование к выравниванию возникает из-за 32-битных полей формата "целое число без знака" в его структуре.

В Таблице 10-49 показан формат Расширения CSS для CSA.

Таблица 10-49/G.9954 – Расширение CSS для CSA

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	CSS_TAG указывает на Расширение CSS
SELength	1 октет	14 = Количество дополнительных октетов в этом расширении. SLength всегда равно 14 для данного расширения CSS, версия 0.
CSS_Version	1 октет	0
CSS_NumChannels	1 октет	Количество активных каналов Tx для данного устройства
CSS_CurrentTxSet	4 октета	Указывает текущее значение CSS, используемое станцией, если оно присутствует. Если станцией не используется никакое значение CSS, в данном поле устанавливаются все нули. Не "устаревает" в обычном для CSA смысле, за исключением того, что его значение копируется в CSS_OldestTxSet в конце каждого периода CSA. Значения флагов указаны в п. 10.12.3.1.
CSS_OldestTxSet	4 октета	Копия CSS_CurrentTxSet, сделанная либо в начале текущего периода CSA, если никаких изменений не произошло, либо когда значение CSS_CurrentTxSet изменяется (сохраняется прежнее значение). Значения флагов указаны в п. 10.12.3.1.
CSS_CurrentRxSet	4 октета	Объединение флагов CSS, полученных от других станций в текущем периоде CSA (CSS_NewRxSet) и флагов, полученных в предыдущем периоде CSA (CSS_PrevRxSet). Значения флагов указаны в п. 10.12.3.1.

10.12.4 Процедуры назначения CSS

Протокол назначения CSS является прямым дополнением базового протокола CSA. Станции, реализующие назначение CSS, должны включать TLV CSS в передаваемые ими сообщения CSA во всех случаях, кроме тех, когда как CSS_CurrentTxSet, так и CSS_OldestTxSet имеют значение "все нули". Изменения в значения CSS_CurrentTxSet рассматриваются как изменения в объявляемой информации CSA о статусе, и в связи с этим первое сообщение CSA, отправленное с измененным значением CSS_CurrentTxSet, должно быть передано повторно согласно стандартному режиму работы протокола CSA.

Станции поддерживают набор флагов CSS, используя ту же самую логику, что и для стандартных флагов CSA. CSS_CurrentInUse определен как объединение CSS_CurrentTxSet и CSS_CurrentRxSet и указывает набор используемых в данный момент в сети значений CSS.

CSS_CurrentTxSet содержит флаг для значения CSS, используемого отправляющей станцией в данный момент или 0, если никакое значение не используется.

CSS_OldestTxSet содержит либо копию CSS_CurrentTxSet, сделанную в начале текущего периода CSA (т. е. копию, обновляемую раз в 1 минуту), либо предыдущее значение CSS_CurrentTxSet, если станция освобождает свое значение CSS или назначает себе новое значение.

CSS_CurrentRxSet представляет собой объединение флагов CSS, полученных от других станций в текущем периоде CSA (CSS_NewRxSet) и флагов, полученных в предыдущем периоде CSA (CSS_PrevRxSet).

10.12.4.1 Использование Расширения CSS

Станции, реализующие протокол назначения CSS, обычно включают Расширение CSS во все свои исходящие сообщения CSA. Расширение CSS может быть исключено из передаваемых сообщений CSA, если как CSS_CurrentTxSet, так и CSS_OldestTxSet в исходящем сообщении имеют значение ноль. Однако информация о состоянии CSS все равно должна продолжать поддерживаться на основе полученных Расширений CSS (или их недостаточного количества), вне зависимости от того, передается Расширение CSS или нет.

10.12.4.2 Назначение нового значения CSS

Станция, которой на текущий момент не назначено значение CSS, выбирает значение CSS с наименьшим номером (т. е. с наименьшим порядковым номером назначения), для которого флаг не установлен в положение "Истина", и устанавливает значение "Истина" для этого флага в своих исходящих сообщениях. Поскольку это является изменением объявляемой информации о состоянии станции, первое сообщение CSA с новым назначением должно быть передано повторно один раз согласно правилам передачи CSA.

10.12.4.3 Освобождение используемого значения CSS

Когда станция прекращает использование значения CSS, она должна отправить новое сообщение CSA (отправляемое повторно один раз), с Расширением CSS в поле CSS_OldestTxSet которого записано предыдущее значение CSS_CurrentTxSet (указывающее значение, использование которого прекращено), а в поле CSS_CurrentTxSet записано новое значение, либо ноль, если станция более не использует значение CSS, либо флаг для вновь назначенного значения в случае переназначения. Получатели данной информации поймут, что предыдущий владелец данного значения CSS освобождает это значение.

10.12.4.4 Конфликты при назначении CSS

Возможна ситуация, когда две (или более) станции могут выбрать одно и то же значение CSS, либо примерно в одно и то же время в связи с совпадением, либо в связи с применением п. 10.12.4.6 (приведен ниже), таким образом, что в результате несколько станций объявляют один и тот же флаг. Если станция получает расширение CSS с флагом в CSS_CurrentTxSet, указывающим на двойное назначение, и количество каналов в полученном расширении больше либо равно количеству каналов, объявляемому приемником, то получающая станция должна назначить себе новое значение CSS. Если количество каналов в полученном расширении CSS больше количества каналов, объявляемого приемником, то приемник должен выбрать следующее доступное значение CSS. В противном случае он должен выбрать новое значение случайным образом из набора неиспользуемых значений CSS.

10.12.4.5 Использование лучших значений CSS: Правило пошагового понижения

Когда значение CSS освобождается, другие станции в течение как максимум 2 минут замечают, что оно является свободным. Когда станция замечает, что значение CSS, предшествующее значению CSS, используемому ей в данный момент, (т. е. с меньшим номером) свободно, она должна переназначить себе новое значение CSS с меньшим номером по прошествии короткого интервала задержки случайной длительности, но не превышающего 2 секунд. Причиной введения задержки является предотвращение возникновения разногласий, касающихся набора используемых значений CSS, которые могут возникнуть в течение разрешения конфликта между двумя станциями.

В качестве оптимизации, если новое значение CSS является одним из свободных значений со смежными номерами, станция может выбрать значение с наименьшим номером для переназначения вместо того, чтобы выполнять ряд последовательных переназначений. Обычно такая ситуация имеет место, когда станция выбирает из набора свободных значений CSS случайным образом после конфликта.

10.12.4.6 Оптимизация для мультиканальных клиентов

Мультиканальная станция может выбрать одно из трех первых значений CSS даже в том случае, если все они используются; при этом текущий владелец данного значения принуждается к назначению себе нового значения CSS, но только в том случае, если у текущего владельца используется меньшее количество каналов.

10.13 Протокол пакетирования кадров

Наличие протокола пакетирования кадров требуется. Целью данного протокола является снижение объема служебной информации, связанной с форматом кадра Физического уровня, путем объединения кадров с одинаковыми DA/SA и с одинаковым или более высоким приоритетом.

Формат кадра приведен в Таблице 10-50.

Таблица 10-50/G.9954 – Формат пакета физического уровня кадров

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_FRAMEBURST (6)
SSLength	1 октет	6
SSVersion	1 октет	= 0
FLH Pad	1 октет	Зарезервировано, должно отправляться как 0 и игнорироваться приемником
Packet Length (Длина пакета)	2 октета	Длина первого пакета в октетах, начиная с первого октета, следующего за полем Packet Length и заканчивая последним октетом данных, предшествующих FCS.
Next Ethertype	2 октета	Прединкапсуляционный Ethertype первого кадра (пакета) из числа пакетируемых.
Data#1	Переменная	Прединкапсуляционные данные полезной нагрузки из первого пакетируемого кадра
FCS#1	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16#1	2 октета	Дополнительная последовательность проверки кадра (включает заголовок LLC)
Control Info#2	4 или 24 октета	Контрольная информация для второго кадра (пакета) в соответствии с Таблицей 10-51 или Таблицей 10-52
Next Ethertype#2	2 октета	Прединкапсуляционный Ethertype второго кадра (пакета) из числа пакетируемых.
Data#2	Переменная	Прединкапсуляционные данные полезной нагрузки из второго пакетируемого кадра
FCS#2	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16#2	2 октета	Дополнительная последовательность проверки кадра с конца предыдущей CRC-16
...		Остальные пакетируемые кадры (пакеты)
Control Info#N	4-24 октета	Контрольная информация для N-го кадра (пакета) в соответствии с Таблицей 10-51 или Таблицей 10-52
Next Ethertype#N	2 октета	Прединкапсуляционный Ethertype кадра (пакета) #N из числа пакетируемых.
Data#N	Переменная	Прединкапсуляционные данные полезной нагрузки из N-го пакетируемого кадра
FCS#N	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16#N	2 октета	Дополнительная последовательность проверки кадра
Burst Termination Trailer (Заключительная часть пакета кадров)	4 октета	0xFFFF. Заключительная часть пакета кадров, указывает на конец пакета.
Pad		Чтобы достигнуть minFrameSize, если требуется

Таблица 10-51/G.9954 – Краткая контрольная информация

Поле	Длина	Значение
FT	1 октет	FT оригинального пакетируемого кадра (пакета)
SMAC	1 бит	Индикатор Синхронного MAC
FS	3 бита	Подтип оригинального пакетируемого кадра (пакета)
Short	1 бит	= 1

Таблица 10-51/G.9954 – Краткая контрольная информация

Поле	Длина	Значение
Rsvd	3 бита	Зарезервировано, должно отправляться как 0 и игнорироваться при получении
Priority/Flow ID	4 бита	Приоритет/Идентификатор потока оригинального пакетируемого кадра (пакета)
Spare	4 бита	Запасные биты, зарезервированные для использования в будущем. Должны отправляться как 0 и игнорироваться при получении.
Packet Length	2 октета	Длина оригинального пакетируемого кадра (пакета)

Диагональное затенение используется в Таблице 10-52, чтобы показать разбиение поля FT на битовые поля.

Таблица 10-52/G.9954 – Длинная контрольная информация

Поле	Длина	Значение
FT	8 бит	FT оригинального пакетируемого кадра (пакета). Кодирование FT определено ниже:
SMAC	1 бит	Индикатор Синхронного MAC
FS	3 бита	Подтип оригинального пакетируемого кадра (пакета)
Short	1 бит	= 1
Rsvd	3 бита	Зарезервировано, должно отправляться как 0 и игнорироваться при получении
Priority/Flow ID	4 бита	Приоритет/Идентификатор потока оригинального пакетируемого кадра (пакета)
SI	4 бита	Индекс шифратора оригинального пакетируемого кадра (пакета)
PE	8 бит	Кодирование полезной нагрузки оригинального пакетируемого кадра (пакета)
HCS	8 бит	Последовательность проверки заголовка оригинального пакетируемого кадра (пакета)
DA	6 октетов	Адрес получателя оригинального пакетируемого кадра (пакета)
SA	6 октетов	Адрес источника оригинального пакетируемого кадра (пакета)
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_FRAMEBURST (6)
SSLength	1 октет	6
SSVersion	1 октет	= 0
FLH Pad	1 октет	Зарезервировано, должно отправляться как 0 и игнорироваться при получении
Packet Length	2 октета	Длина оригинального пакетируемого кадра (пакета)

В действительности первый пакет всегда содержит контрольную информацию длинного формата.

Максимальная длина не должна превышать максимальное дозволенное время нахождения на линии. Максимальный размер объединенного кадра PHY должен согласовываться в сообщениях CSA, как описано в п. 10.10.6. Все кадры в пакете должны иметь одни и те же значения DA/SA. Когда передатчик выстраивает пакетируемый кадр, приоритет каждого из объединяемых в пакет подкадров в сети без ведущего должны быть равны или больше приоритета первого кадра. Если приоритет кадра меньше приоритета первого подкадра объединенного кадра PHY, он не должен присоединяться к пакетируемому кадру PHY, а должен начинать новый кадр Физического уровня. В сети, контролируемой ведущим, не должно существовать никаких ограничений на потоки пакетируемых кадров между одними и теми же значениями DA/SA.

Заключительная часть пакета кадров должна использоваться для указания на конец пакетируемого кадра PHY.

10.14 Синхронизация цикла MAC

Синхронизация цикла MAC в режиме SMAC должна осуществляться с использованием Плана доступа к среде передачи (MAP), генерируемого ведущим. MAP указывает начало цикла MAC и содержит План доступа к среде передачи для данного цикла MAC.

Все станции G.9954 должны реализовывать функцию Синхронизации цикла MAC для обеспечения синхронной работы MAC в сети, контролируемой ведущим.

10.14.1 Контрольный кадр MAP

В Таблице 10-53 диагональное затенение используется для того, чтобы показать разбиение поля (TXOP) на подполя. Разбиение подполя (TXOPID) на битовые поля показано переходом от диагонального затенения к незатененным (чистым) полям.

Таблица 10-53/G.9954 – Контрольный кадр MAP

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя = 0xFF:FF:FF:FF:FF:FF
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_MAO (32772)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение LSLength 22 для LSVersion = 0.
LSVersion	1 октет	= 0
LSPad	1 октет	Игнорируется при получении
MAPHeader	12 октетов	Заголовок MAP, как описано в Таблице 10-54
TXOP[1]	4/6 октетов	Интервал, доступный для передачи, описываемый полями, приведенными ниже. Длина TXOP может составлять 4 или 6 октетов в зависимости от значения подполя TXOPCtl, приведенного ниже.
TXOPCtl	2 бита	0 когда время начала TXOP задано неявно 1 когда время начала TXOP задано явно (см. подполе TXOPStart ниже). 2–3 Зарезервировано для использования в будущем
TXOPLength	14 бит	Длина TXOP в единицах, равных 1 мкс (1 микросекунда)
TXOPID	16 бит	Идентификатор TXOP Составлен из подполей, описанных ниже:
SrcDeviceID	6 бит	Device ID устройства-источника потока
UniqueFlowID	10 бит	Уникальный идентификатор потока, создаваемый устройством, идентифицируемым SrcDeviceID.
TXOPStart	16 бит	Время начала TXOP, измеренное от начала цикла MAC в единицах, равных 1 мкс. Данное поле является необязательным и определено, только если TXOPCtl не равен 0.
...		Дополнительные TXOP
TXOP[N]	4 октета	

Таблица 10-53/G.9954 – Контрольный кадр MAP

Поле	Длина	Значение
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad		Для того чтобы достигнуть minFrameSize, если требуется
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра
CRC-16	2 октета	Последовательность проверки кадра PNT

В Таблице 10-54 диагональное затенение используется для того, чтобы показать разбиение Контрольного поля на битовые поля.

Таблица 10-54/G.9954 – Контрольный заголовок MAP

Имя поля	Размер поля [бит]	Описание
Control Field (Контрольное поле)	32	Набор контрольных полей, используемых для контроля над поведением конечных узлов. Кодирование данного поля приведено ниже:
Modified (Изменено)	1	Указывает, что таблица TXOR, определенная в данном MAP, отличается от таблицы TXOR, определенной в "предыдущем" MAP, где "предыдущий" определяется как MAP, отправленный в "предыдущем" цикле MAC с <i>Порядковым номером</i> на единицу меньше, чем текущий <i>Порядковый номер</i> (по правилам модульной арифметики) 0 MAP такой же, как и в "предыдущем" цикле 1 MAP изменился по сравнению с MAP "предыдущего" цикла Данный флаг может быть использован конечной точкой для локальной оптимизации.
CycleLatency RepairMethod (Метод устранения запаздывания цикла)	2	Метод устранения запаздывания цикла, который должен использоваться конечными точками в случае, если начало цикла MAC (как указывает время прибытия MAP) задержано по сравнению с запланированным временем прибытия. Для получения дополнительной информации см. п. 7.3.3. 0 Нет. Не использовать методы устранения запаздывания в начале цикла. 1 Перенастройка часов – Изменить значение часов, используемых для распределения передач во времени, на величину равную сдвигу задержки, в начале цикла. 2–3 Зарезервировано для использования в будущем.
Collision Resolution Method (Метод разрешения коллизий)	2	Метод разрешения коллизий, который должен использоваться для разрешения коллизий в TXOR, определенные как конфликтные периоды. Для получения дополнительной информации см. п. 7.3.7. 0 DFPQ (CR типа G.9951/2) 1 Ограниченный DFPQ 2 Зарезервировано для использования в будущем
SMAC_EXIT	1	Выход из Синхронного режима MAC. После этого ведущий должен прекратить рассылку MAP. Этот флаг используется для индикации устройствам G.9954 о том, что им следует перейти в режим AMAC. 0 Остаться в режиме SMAC 1 Выйти из режима SMAC

Таблица 10-54/G.9954 – Контрольный заголовок MAP

Имя поля	Размер поля [бит]	Описание
AMAC_DETECTED	1	Ведущим обнаружено устройство, работающее в режиме АМАС. Метод, используемый ведущим для обнаружения узлов АМАС, зависит от конкретной реализации. 0 Устройство, работающее в режиме АМАС, НЕ обнаружено 1 Устройство, работающее в режиме АМАС, обнаружено
CP Priority Limit (Лимит приоритета CP)	3	Наивысший приоритет, который может использоваться для передачи в конфликтный период (СТХОР). Может контролироваться, для того чтобы дать приоритет CF TX (бесконфликтным периодам) в среде (например, смешанной сети G.9952/2 и G.9954), где между периодами CF (бесконфликтные) и CP (конфликтные) могут возникать коллизии. 0..7 Уровни приоритета
MAP_IFG_INCR	6	Размер приращения, добавляемого к CS_IFG (29 мкс) для определения размера MAP_IFG (Межкадровый интервал), планируемого между TXOP ведущим. MAP_IFG определяется отношением: $MAP_IFG = CS_IFG + MAP_IFG_INCR$ Молчание в течение MAP_IFG должно быть гарантировано каждой конечной точкой в конце ее TXOP. MAP_IFG_OFFSET измеряется в единицах, равных 500 наносекундам.
Зарезервировано	16	Зарезервировано для использования в будущем. Должно отправляться как 0 и игнорироваться приемником.
Зарезервировано	32	Зарезервировано для использования в будущем. Должно отправляться как 0 и игнорироваться приемником.
SequenceNumber (Порядковый номер)	16	Порядковый номер MAP. Счетчик по модулю, который увеличивается с каждым циклом MAC.
NumTXOPs	16	Количество записей в таблице (карте) распределения. Обычно минимальное количество записей в MAP равно 2 (одна запись для MAP и одна запись для UNALLOCATED TXOP (нераспределенного TXOP)). В случае, если для флага SMAC_EXIT установлено значение "Истина", количество записей в MAP может быть равно нулю. Максимальное количество записей ограничено максимальным размером Контрольного кадра MAP, как описано выше.

10.14.2 Термины и параметры

10.14.2.1 Таймеры

SYNC_Timer: Автономно работающий таймер с периодом в 160 миллисекунд.

Данный таймер используется для обнаружения потери синхронизации с циклом MAC, генерируемым ведущим. Таймер активируется в момент входа в режим SMAC и отменяется в момент выхода из режима SMAC.

10.14.3 Протокол синхронизации MAC

10.14.3.1 Получение контрольного кадра MAP

Если устройство G.9954 в настоящий момент находится в режиме АМАС, следует активировать периодический таймер SYNC_Timer и изменить состояние системы на режим SMAC.

Если устройство G.9954 уже находится в режиме SMAC, следует перезапустить SYNC_Timer для того, чтобы считать новый период истечения времени ожидания SYNC.

Контрольную информацию, переданную в MAP, следует использовать для того, чтобы обновить переменные состояния системы, используемые обработчиком MAC.

10.14.3.2 Истечение времени ожидания SYNC_Timer

Истечение времени ожидания SYNC_Timer указывает, что в течение периода ожидания SYNC_Timer MAP не был получен, и имело место событие SYNC_LOSS (потеря синхронизации).

Текущий режим MAC должен быть изменен на AMAC, переменные состояния системы обновлены.

10.15 Протокол контроля доступа в сеть (регистрации)

В сети, контролируемой ведущим, от устройства G.9954, поддерживающего потоки с контрактами QoS, требуется выполнение следующих процедур для входа в сеть:

- Синхронизация – ждать периодической передачи MAP ведущим.
- Регистрация – Обнаружить в MAP интервалы, доступные для передачи, предназначенные для передачи сообщений протокола регистрации и выполнить регистрацию у ведущего.

Процедура синхронизации предусматривает ожидание получения периодической передачи MAP от назначенного в настоящий момент ведущего. Когда MAP получен, устройство G.9954, желающее войти в сеть, может обнаружить доступные для передачи интервалы и продолжить процедуру регистрации.

Процедура регистрации состоит из последовательности транзакций типа "запрос-ответ" между ведущим и регистрирующимся устройством. Процедура регистрации используется для аутентификации устройства на вход в сеть, для назначения уникального идентификатора устройства и загрузки сетевой конфигурационной информации.

10.15.1 Интервалы регистрации

Когда устройство синхронизировано с циклом MAC, ему требуется обнаружить интервалы, доступные для передачи, и начать процесс регистрации. Такие интервалы, доступные для передачи, идентифицируются в MAP либо как нераспределенная (резервная) ширина полосы пропускания, либо явно как интервалы регистрации (REGISTRATION). Для получения более подробной информации по интервалам регистрации (REGISTRATION TXOPs) см. п. 7.3.3.4.2.

Ведущий гарантирует предоставление либо достаточного объема резервной ширины полосы пропускания, либо выделения интервалов регистрации (REGISTRATION TXOPs) как минимум один раз в течение каждого периода REG_PERIOD. Интервалы регистрации используются для объявления о намерении зарегистрироваться. Данное намерение выражается в форме отправки сообщения REG_REQUEST ведущему.

Устройства конфликтуют за право на доступ к интервалам регистрации.

10.15.2 Контроль регистрации и авторизации

Регистрация представляет собой процесс, выполняемый устройством G.9954 с целью осуществления запроса на резервирование полосы пропускания. Устройство может резервировать ширину полосы пропускания при помощи явных запросов на создание потоков, подаваемых ведущему, только после того, как зарегистрируется у ведущего.

Процедура регистрации включает последовательность запросов-ответов, при помощи которых устройство G.9954 запрашивает у ведущего регистрацию путем отправки сообщения REG_REQUEST, содержащего адрес MAC устройства, а также другие идентифицирующие характеристики, такие как ключ аутентификации и набор параметров с информацией о возможностях устройства. По получении REG_REQUEST, ведущий отвечает за авторизацию входа данного устройства в сеть и, если авторизация успешна, за выделение ресурсов зарегистрированному устройству.

Авторизация выполняется путем проверки того, является ли устройство, идентифицированное адресом MAC и, возможно, другой идентификационной информацией (например, ключом аутентификации), действительным и авторизованным для вхождения в домашнюю сеть, контролируемую ведущим. Детали процесса авторизации зависят от конкретной реализации.

Когда устройство допущено в сеть, ему назначается уникальный Идентификатор устройства (Device ID). Данный Device ID впоследствии используется как часть схемы адресации при выделении интервалов, доступных для передачи, устройствам и потокам в Пlane доступа к среде передачи (MAP).

Ведущий отвечает на REG_REQUEST сообщением REG_RESPONSE. Ответ содержит флаг статуса, который указывает, была ли процедура регистрации успешной или нет. Если процедура прошла успешно, ведущий загружает сетевые конфигурационные данные на регистрирующееся устройство.

Если в течение интервала REG_TIMEOUT (T0) от ведущего не получено сообщение REG_RESPONSE, регистрирующемуся устройству следует повторить попытку, спустя период отсрочки случайной продолжительности, используя таймер RetransmitTimer (см. п. 10.15.6). Если после MAX_RETRIES попыток устройству не удастся получить ответ, устройство следует инициализировать повторно и перезапустить последовательность.

Протокол допуска в сеть проиллюстрирован на диаграмме последовательности на Рисунке 10-7.

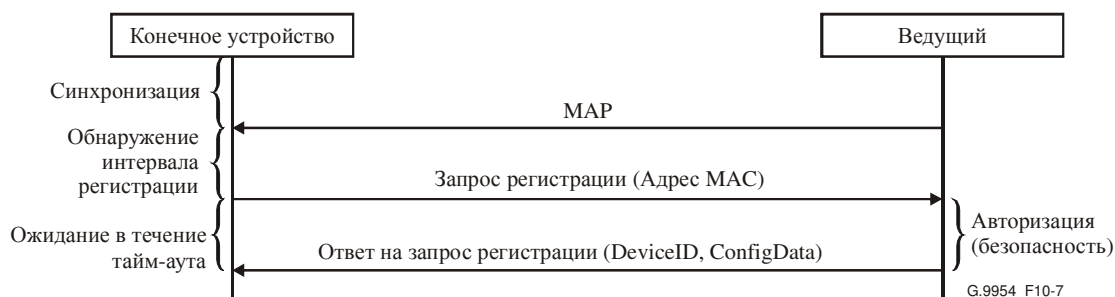


Рисунок 10-7/G.9954 – Диаграмма последовательности протокола допуска в сеть

10.15.3 Механизм состояний при регистрации

Приведенная на Рисунке 10-8 диаграмма состояний дает наглядное представление перехода между состояниями в процессе регистрации с точки зрения конечного устройства.

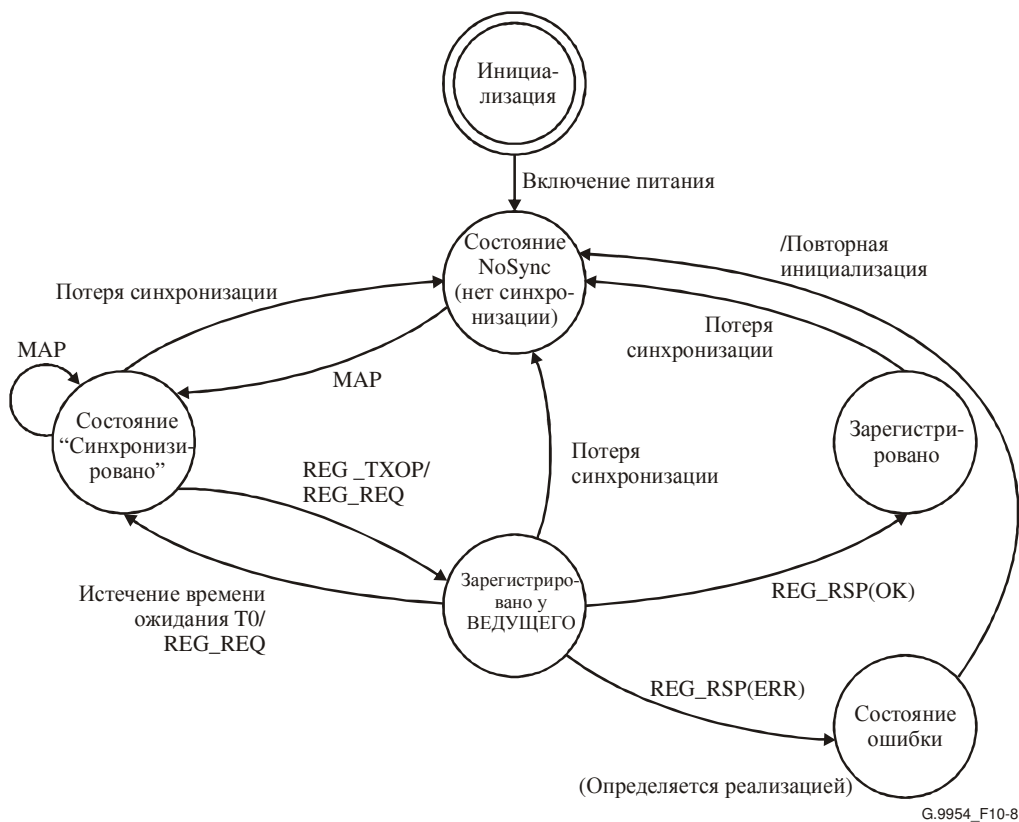
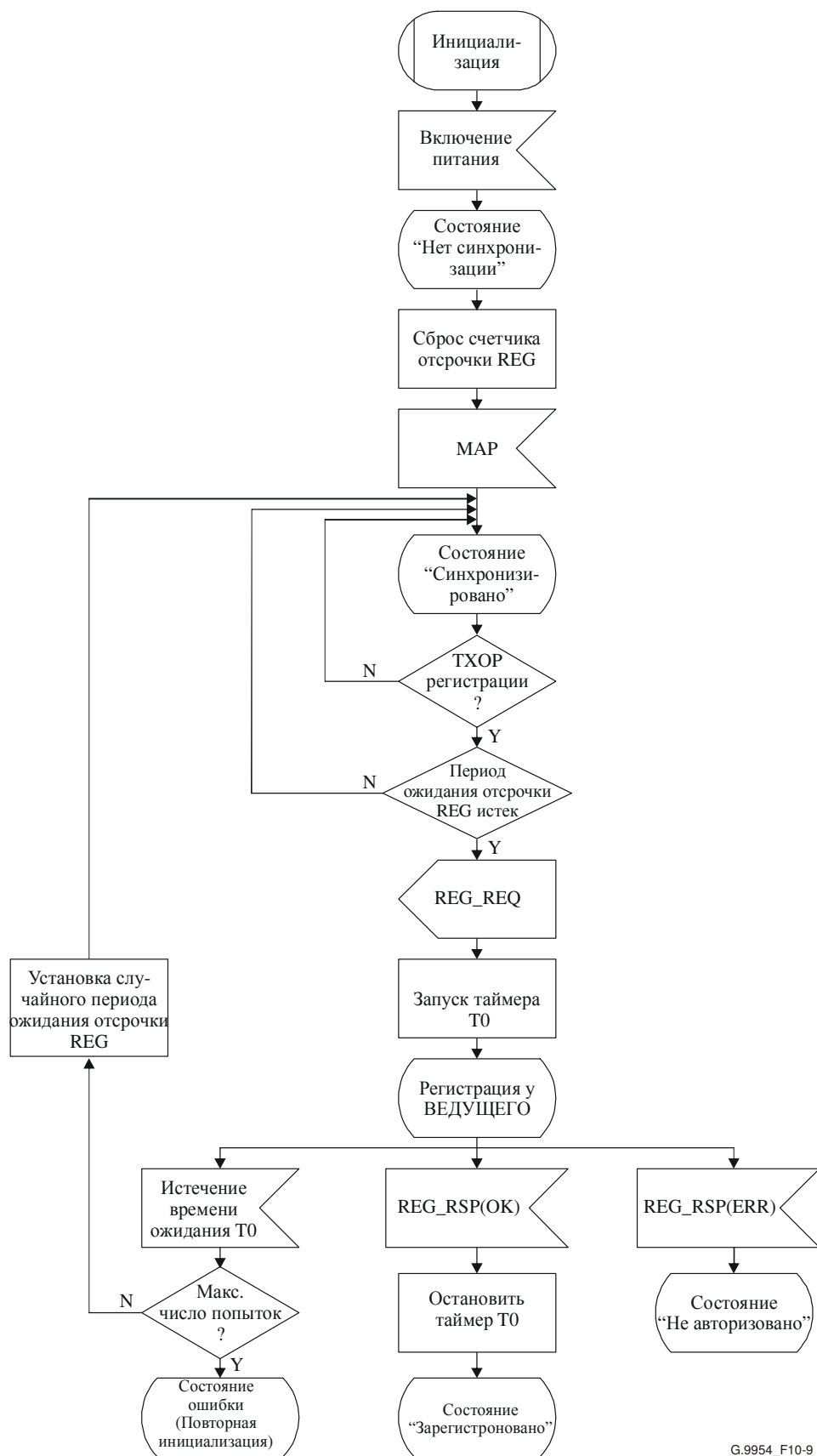


Рисунок 10-8/G.9954 – Регистрация на конечном устройстве

На приведенных ниже диаграммах SDL (Рисунки 10-9 и 10-10) дано полное описание поведения конечной точки и ведущего в ходе выполнения протокола регистрации.



G.9954_F10-9

Рисунок 10-9/G.9954 – Последовательность регистрации для конечной точки

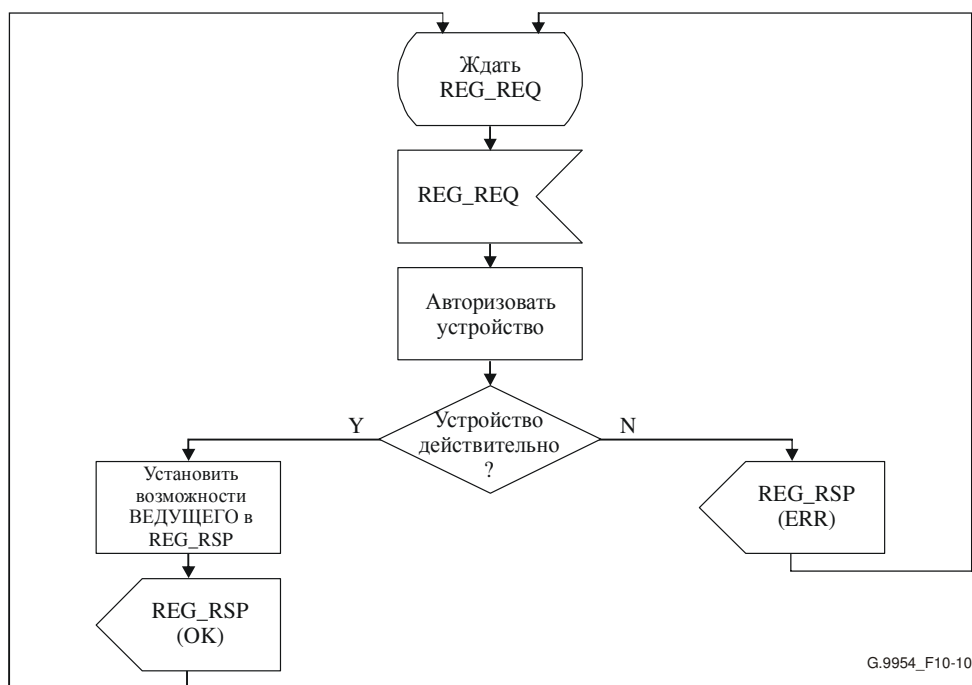


Рисунок 10-10/G.9954 – Последовательность регистрации для ведущего

10.15.4 "Устаревание" зарегистрированных устройств

Ведущий должен поддерживать таймер AgeingTimer и в конце каждого периода ожидания AgeingTimer проверять, был ли получен кадр CSA от каждого из зарегистрированных устройств. Если кадр CSA не был получен от зарегистрированного устройства в течение периода AgeingTimer, регистрация данного устройства должна быть удалена и все связанные ресурсы также должны быть удалены.

10.15.5 Форматы кадров

Контрольные кадры регистрации должны отправляться с использованием Спектральной маски #2, 2 МБод, 2 бита/символ (PE=33). Формат Контрольных кадров регистрации описан в Таблицах 10-55 и 10-57.

Таблица 10-55/G.9954 – Сообщение запроса регистрации

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_REGISTRATION (32773)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. Минимальное значение LSLength для LSVersion 0 равно 4.
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для Запроса регистрации (0)

Таблица 10-55/G.9954 – Сообщение запроса регистрации

Поле	Длина	Значение
Registration Data (Данные регистрации)	0–65531 октета	Регистрационная информация, отправляемая устройством ведущему. Включает возможности устройства, идентификационную информацию и т. п. Данные регистрации являются необязательными и закодированы способом TLV.
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad		Для достижения minFrameSize, если необходимо
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

Устройство, создающее Сообщение регистрации, может включать в Данные регистрации следующие параметры:

Таблица 10-56/G.9954 – Параметры регистрации

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	= 2, Идентификатор устройства
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты Ярлыка и Длины (84 октета)
Primary_ID	4 октета	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
Subsystem_ID	4 октета	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
Vend_Date	4 октета	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
Manuf_Date	4 октета	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
Serial_Num	16 октетов	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
Vend_Name	32 октета	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
Vend_Driver	16 октетов	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
OUI	3 октета	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
Device_Type	1 октет	См. Протокол Сертификации и диагностики (CERT and DIAG Protocol) в п. 10.9.6, Таблица 10-27
Vendor Specific	1+ октетов	TLV-кодированное расширение, определяемое производителем
SETag	1 октет	= 3, Возможности устройства
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты Ярлыка и Длины (3 октета)
Max_Flows	1 октет	Максимальное количество потоков, поддерживаемое конечным устройством
Max Classifiers	1 октет	Максимальное количество классификаторов, которые могут быть одновременно установлены на уровне конвергенции
Master_Capability	1 октет	T = Устройство имеет возможности ведущего
Master Priority	1 октет	Приоритет, назначенный ведущему, если устройство имеет возможности ведущего
Vendor Specific	1+ октетов	TLV-кодированное расширение, определяемое производителем

Сообщение Ответа на запрос регистрации (Таблица 10-57) должно отправляться ведущим устройству в ответ на запрос регистрации.

Таблица 10-57/G.9954 – Сообщение ответа на запрос регистрации

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_REGISTRATION (32772)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. Минимальное значение LSLength для LSVersion 0 равно 6.
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для Ответа на запрос регистрации (1)
DeviceID	1 октет	Идентификатор устройства, назначенный устройству ведущим
Status	1 октет	Статус запроса регистрации 0 ОК. Устройство зарегистрировано 1 Error (Ошибка)
Configuration Data	0–65530 октетов	Сетевая конфигурационная информация, возвращаемая ведущим в случае успешной регистрации устройства. Данная информация является необязательной и закодирована способом TLV.
Next EtherType	2 октета	= 0
Pad		Для достижения minFrameSize, если необходимо
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

Ведущий отвечает на Запрос регистрации Ответом на запрос регистрации. В ответе на Запрос регистрации должна быть возвращена следующая информация:

Статус

Возвращаемый код статуса, указывающий, выполнен ли запрос на регистрацию успешно, или возникли ошибки.

Идентификатор устройства (Device ID)

Идентификатор устройства, назначенный ведущим устройству с указанным адресом MAC.

Конфигурационная информация

Сетевая конфигурационная информация является необязательной и может зависеть от производителя. Она может использоваться для передачи:

- параметров конфигурации, действующих для всей сети;
- возможностей ведущего;
- информации по безопасности;
- информации по предоставлению услуг.

В Таблице 10-58 описаны значения, которые могут присутствовать в секции MsgType в Контрольном кадре регистрации.

Таблица 10-58/G.9954 – Значения MsgType

MsgType	Значение
0	Запрос регистрации
1	Ответ на запрос регистрации
2–255	Зарезервировано

10.15.6 Термины и параметры

- REG_PERIOD – Максимальная длительность интервала времени между TXOP, который может быть использован для отправки Запросов регистрации. Значение REG_PERIOD равно 50 миллисекундам.
- MAX_RETRIES – Количество повторных попыток регистрации у мастера, которые следует предпринять станции, прежде чем повторно инициализировать устройства. Значение MAX_RETRIES равно 5.

10.15.6.1 Таймеры

- T0 – Однократный таймер, запускаемый после отправки сообщения REG_REQUEST. Используется для того, чтобы ограничить период ожидания сообщения REG_RESPONSE от ведущего перед тем, как повторить попытку запроса.. Данный таймер отменяется, если получено сообщение REG_RESPONSE.
- RetransmitTimer – Однократный таймер с периодом ожидания, устанавливаемым на случайное значение в диапазоне от 1 до 1000 миллисекунд включительно. Используется для отсчета времени отсрочки перед повторной отправкой сообщения REG_REQUEST в случае возникновения коллизии в ходе передачи в интервал регистрации (REGISTRATION_TXOP). Коллизии внутри UTXOP могут быть разрешены с использованием методов разрешения коллизий SMAC.
- AgeingTimer – Периодический таймер с периодом 180 секунд, используемый для определения того, какие зарегистрированные устройства активно отправляют кадры CSA.

10.16 Протокол выбора ведущего

В сети G.9954 требуется наличие сетевого узла, который примет на себя роль ведущего с тем, чтобы координировать и планировать передачи по среде. Хотя ведущий и требуется для работы сети в режиме SMAC, не все сетевые узлы обязательно обладают функциями, необходимыми ведущему. Любой узел из числа *обладающих* данными функциями может потенциально стать ведущим.

Домашняя сеть, в которой есть более чем один узел, обладающий возможностями ведущего, позволяет быстро восстановить работоспособность в случае сбоя ведущего, и внутренне более устойчива к ошибкам и сбоям. Для динамического выбора одного ведущего, в случае наличия нескольких потенциальных ведущих, должен использоваться Протокол выбора ведущего.

Протокол, используемый для обнаружения и выбора одного ведущего, называемый Протоколом выбора ведущего, описывается в следующем пункте.

10.16.1 Обнаружение управляемой сети

После включения питания устройство G.9954 (skonфигурированное для работы в режиме G.9954) сначала пытается определить, работает ли оно в сети, контролируемой ведущим путем отслеживания контрольных кадров MAP и синхронизации с циклом MAC. Если по истечении времени ожидания master_DETECTION_TIMEOUT (T0) кадров MAP не обнаружено, устройство может заключить, что в настоящий момент ведущего в сети нет. Если устройство обладает возможностями ведущего и желает стать ведущим, оно может предложить свою кандидатуру на роль ведущего сети. Если контрольный кадр MAP получен, устройство должно синхронизироваться с объявленным циклом MAC и продолжить работу как обычное конечное устройство.

10.16.2 Процедура выбора ведущего

Если обнаружено, что сеть не управляется ведущим, и устройство желает стать ведущим и имеет для этого необходимые возможности, оно может предложить свою кандидатуру путем рассылки контрольного кадра master_SELECTION широковещательным способом с использованием асинхронного режима передачи G.9954. Поскольку в сети может одновременно быть несколько активных устройств с возможностями ведущего, процедура выбора ведущего включает механизм, позволяющий потенциальным ведущим соревноваться за право быть ведущим сети.

Выбор ведущего должен осуществляться в соответствии с относительным приоритетом ведущих. Каждому устройству с возможностями ведущего должен быть назначен приоритет при помощи

параметров конфигурации или управления. Этот приоритет, а также адрес MAC устройства должен быть объявлен в Контрольном кадре master_SELECTION. По получении Контрольного кадра master_SELECTION узел G.9954, считающий себя способным стать ведущим, может сравнить приоритет потенциального кандидата на роль ведущего с собственным назначенным приоритетом с тем, чтобы установить, является ли он "более подходящим" (чем потенциальный кандидат, с которым выполнялось сравнение). Если данный узел "более подходящий" и желает соревноваться за право стать ведущим, он должен передать Контрольный кадр master_SELECTION широковещательным способом в течение периода ожидания master_SELECTION_TIMEOUT (T1).

Если альтернативные "более подходящие" кандидатуры не были предложены в течение интервала master_SELECTION_TIMEOUT (T1), кандидат на роль ведущего принимает на себя обязанности ведущего и может начинать передачу контрольных кадров MAP. Если альтернативные кандидатуры предложены, ведущим должен стать кандидат с наивысшим приоритетом. Если есть несколько кандидатов с одним и тем же приоритетом, то ведущим должен быть выбран узел с наименьшим адресом MAC.

Всем станциям, не пожелавшим стать ведущими, следует хранить молчание до того момента, как будет получен MAP выбранного ведущего.

10.16.3 Обнаружение сбоя ведущего и восстановление работоспособности

Если утеряна синхронизация с ведущим, считается, что у него произошел сбой. Синхронизация считается потерянной в случае, если контрольный кадр MAP не получен в течение интервала времени master_DETECTION_TIMEOUT (T0) с момента получения последнего контрольного кадра MAP. При обнаружении сбоя ведущего, ведущий может выполнить выключение в установленном порядке путем вызова процесса выбора ведущего при помощи отправки Контрольного кадра master_SELECTION с заявленным приоритетом равным 0.

10.16.4 Механизм состояний при выборе ведущего

На Рисунке 10-11 дано наглядное представление переходов между состояниями с небольшими потерями в деталях, включая опущение событий, которые не влекут за собой перехода между состояниями (и не имеют связанных действий), логику принятия решений внутри состояния, которая ведет к возникновению события и представление сложных условий как "логических" событий высокого уровня.

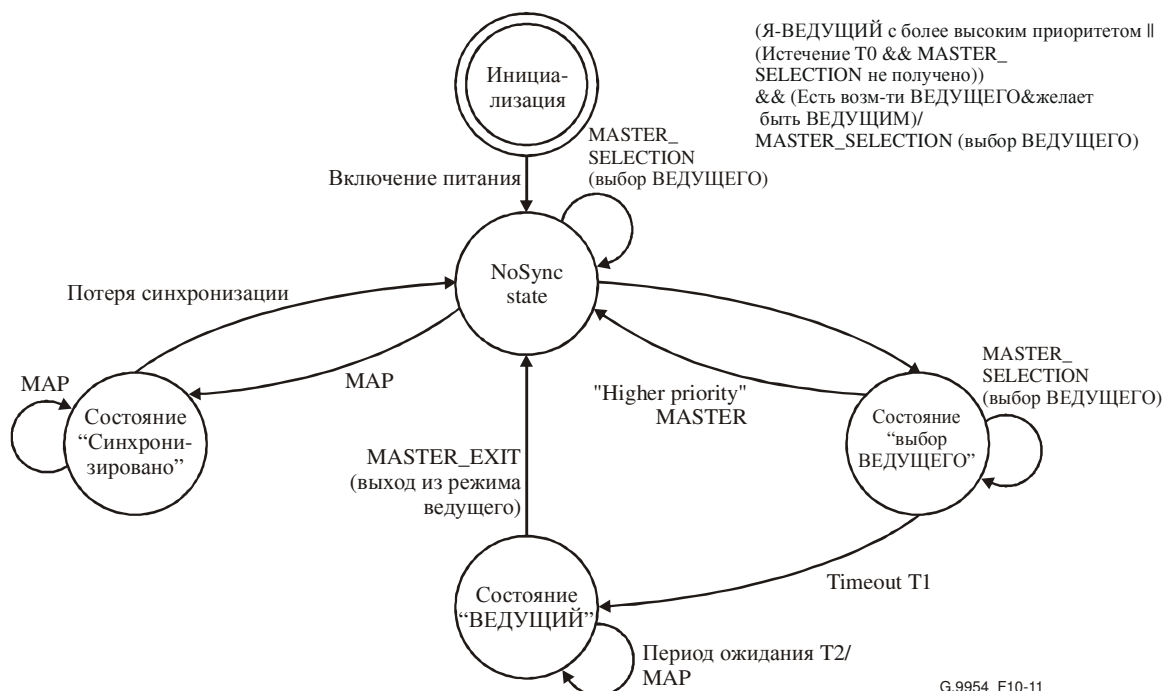


Рисунок 10-11/G.9954 – Диаграмма состояний при выборе ведущего

На Рисунках 10-12 и 10-13 приведено полное описание протокола выбора ведущего.

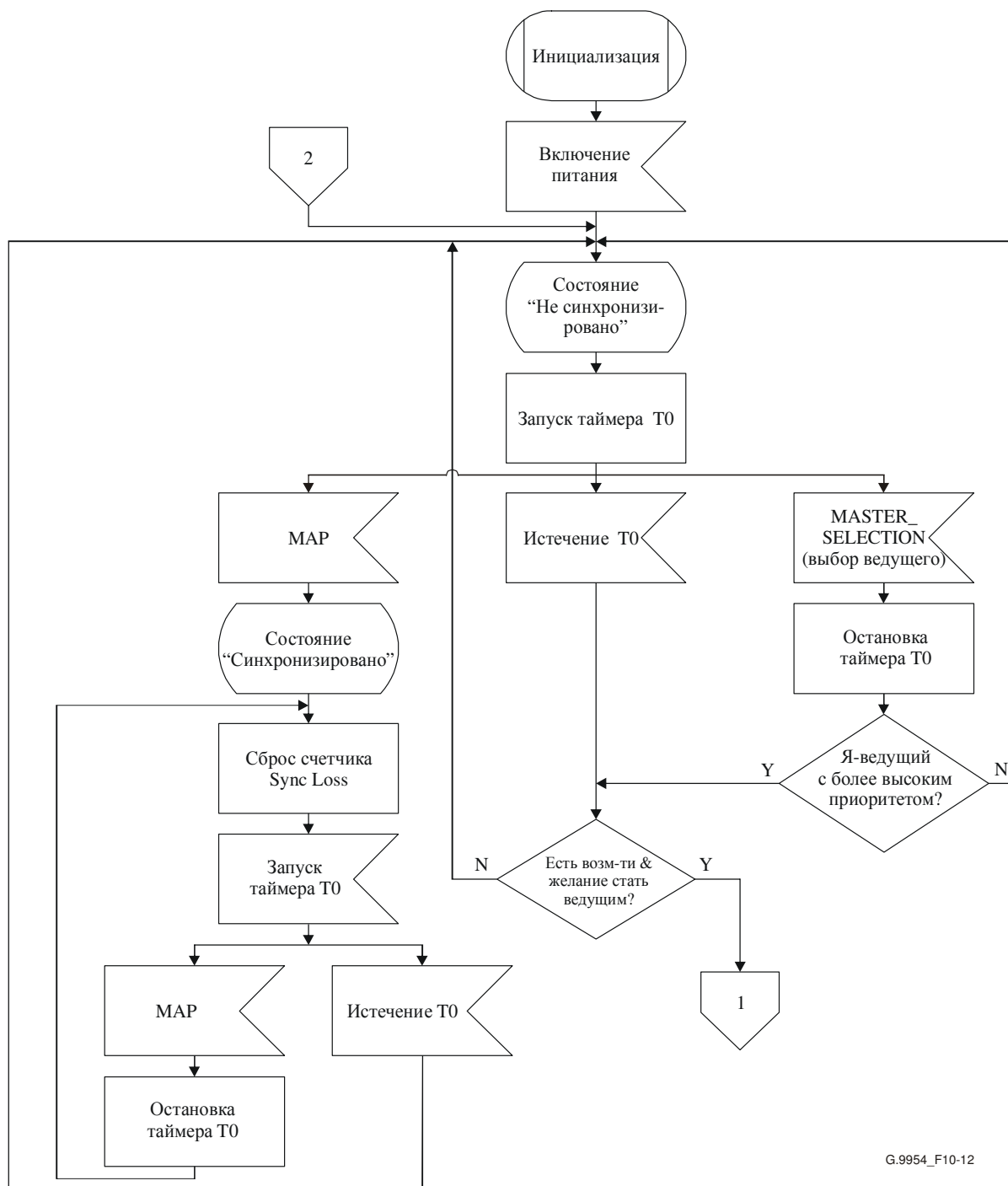


Рисунок 10-12/G.9954 – SDL для протокола выбора ведущего

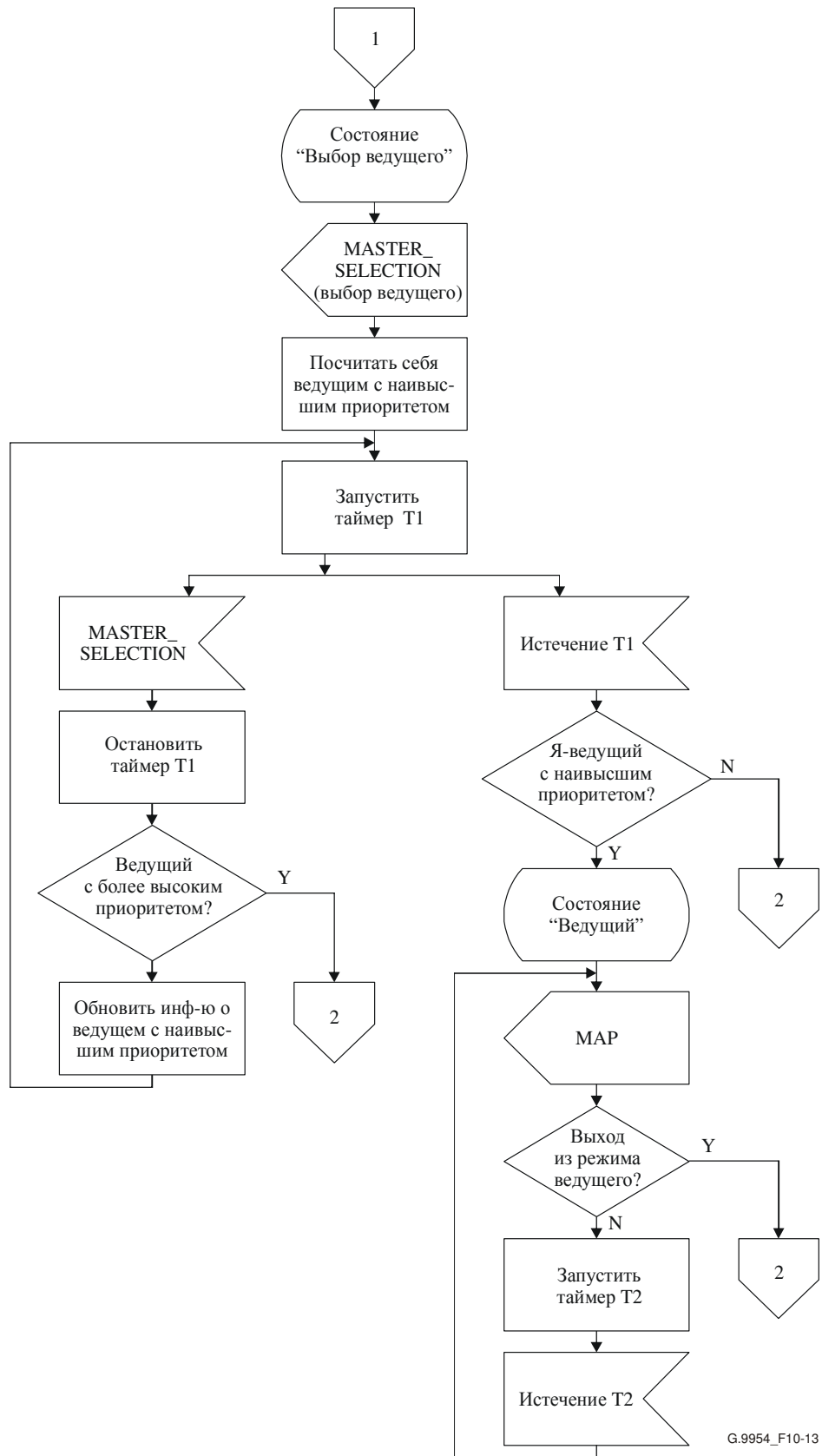


Рисунок 10-13/G.9954 – SDL для протокола выбора ведущего (продолжение)

10.16.5 Сообщения протокола выбора ведущего

Таблица 10-59/G.9954 – Контрольный кадр выбора ведущего

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя (групповой или широковещательный адрес)
SA	6 октетов	Адрес источника (устройства, претендующего на роль ведущего)
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_master_SELECTION (8)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. SSLength = 4 для SSVersion = 0.
SSVersion	1 октет	= 0
Priority	1 октет	Назначенный приоритет ведущего. Используется для ранжирования потенциальных ведущих в порядке, который поддерживает выбор по приоритету. Значения приоритетов могут находиться в диапазоне от 0 до 255, большие номера означают более высокие приоритеты. Приоритет 0 зарезервирован для случая, когда ведущий желает оповестить все узлы (широковещательным способом) о своем желании перестать быть ведущим.
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	40 октетов	
FCS	4 октета	

10.16.6 Термины и параметры

10.16.6.1 Таймеры

- T0 – Однократный таймер с длительностью равной 150 миллисекунд, используемый для обнаружения отсутствия ведущего в сети. Данный таймер запускается устройством с возможностями ведущего в момент перехода в состояние "Не синхронизировано". Устройство входит в состояние "Не синхронизировано", когда оно впервые выходит из спящего режима или после SYNC_LOSS (потери синхронизации) с циклом MAC. Таймер отменяется с получением контрольного кадра MAP (см. п. 10.4). В случае истечения времени ожидания таймера T0, устройство с возможностями ведущего может объявить о своем намерении стать ведущим.
- T1 – Однократный таймер, запускаемый после передачи или получения сообщения Протокола выбора ведущего. Таймер используется для открытия периода "переговоров" между устройствами с возможностями ведущего относительно того, кто станет ведущим. После истечения времени ожидания таймера T1 устройство с возможностями ведущего может решить, было ли оно выбрано в качестве ведущего на основе своего приоритета и адреса MAC. Таймер T1 перезапускается при получении Контрольного кадра выбора ведущего. Длительность периода ожидания данного таймер равна 50 миллисекундам.
- T2 – Однократный таймер, запускаемый ведущим для измерения длительности цикла MAC. Длительность таймера T2 является переменной и зависит от планировщика. Когда истекает период ожидания T2, отправляется MAP для следующего цикла MAC.

10.17 Протокол сигнализации потоков

Протокол сигнализации потоков используется для динамического установления и управления потоками услуг с параметрами QoS и фильтрами классификаций трафика, определенными протоколами более высокого уровня. Конкретнее, Протокол сигнализации потоков используется для выполнения следующих функций, связанных с потоками:

- Создание потока и установка фильтров классификаций трафика;
- Изменение параметров потока и удаление фильтров классификаций трафика;
- Удаление потоков;

- Запрос параметров QoS для потока или Класса услуги.

Протокол сигнализации потоков должен выполняться между устройством-источником G.9954 и устройством-получателем G.9954 потока и используется для установления параметров QoS для потока. В сети, контролируемой ведущим, сигнализация потоков должна также выполняться между устройством (G.9954)-источником потока и ведущим в случае, если требуется резервирование ширины полосы пропускания. Протокол сигнализации потоков может быть инициирован как устройством-источником, так и устройством-получателем, участвующими в однонаправленном потоке или устройством источником в ширококвещательном/многоадресном потоке или ведущим.

В общем случае, Протокол сигнализации потоков использует трехсторонний обмен сигналами. Данный обмен сигналами позволяет согласовывать параметры потока между устройствами – источником и получателем потока и между устройством-источником и ведущим.

Сигнализация потоков с ведущим используется для резервирования ширины полосы пропускания среды с целью обеспечения требуемой пропускной способности, а также параметров запаздывания/дрожания и BER QoS. Ведущий отвечает за осуществление контроля допуска по запросам на создание потоков с тем, чтобы удостовериться, что в наличии имеются достаточные ресурсы среды для обеспечения QoS, указанного параметрами потока. В случае, если поток допускается ведущим, в Плате доступа к среде передачи должны быть выделены интервалы среды, доступные для передачи, для единоличного использования данным потоком.

В сети без ведущего, сигнализация потоков может быть аналогичным образом использована для согласования параметров потока между устройством-источником и устройством-получателем. Это позволяет поддерживать согласование скорости с чрезвычайно малой степенью градации на уровне потока для потоков с различными требованиями к BER/PER. Также поддерживается схема объединения кадров в пакеты Физического уровня, учитывающая требования потока к запаздыванию и ограничения объема памяти устройства-источника и устройства-получателя.

Получателем потока может быть как одиночное устройство, идентифицирующееся при помощи индивидуального адреса получателя, так и группа устройств, идентифицирующаяся ширококвещательным или групповым адресом. Протокол сигнализации потоков для группы устройств не требует трехстороннего обмена сигналами таким же образом, как при использовании индивидуального адреса для создания потока. Вместо этого параметры потока передаются группе ширококвещательным способом и не требуется никакого ответа. Члены группы всегда могут инициировать явный запрос параметров потока (от устройства-источника потока) для потока, который они активно слушают, или независимо инициировать удаление неактивного потока.

В оставшейся части данного пункта описываются детали Протокола сигнализации потоков и форматы Контрольных кадров сигнализации потоков.

10.17.1 Контрольные кадры сигнализации потоков

Контрольный кадр SETUP/MODIFY_FLOW_REQUEST (Запрос создания/изменения потока) (см. Таблицу 10-6) используется для запроса создания или изменения потока. Поток, который создается или изменяется, идентифицируется кортежем { FS_SA, FS_DA, FS_FlowID }. Запрос создания потока используется для создания потока с определенным набором параметров QoS. Запрос изменения потока используется для изменения параметров QoS для уже существующего потока. В обоих случаях Параметры потока всегда определены для Запросов создания и изменения и представлены в одной из двух форм, как описано в п. 10.17.1.1. В качестве необязательной возможности предусмотрена возможность установки на устройстве-источнике потока классификаторов потоков при помощи структуры TLV *FlowClassifier* (Классификатор потока).

Таблица 10-60/G.9954 – Контрольный кадр запроса создания/изменения потока

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя. FS_DA или адрес ведущего
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING (32774)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение LSLength = 58 для SSVersion = 0.
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для SETUP/MODIFY_FLOW_REQUEST (0,3), как определено в Таблице 10-66
Request_Key	2 октета	Уникальный ключа запроса (<i>Request_Key</i>), используемый для связывания сообщений протокола ответ/подтверждение.
FS_SA	6 октетов	Адрес MAC станции-источника потока. Не обязательно соответствует SA.
FS_DA	6 октетов	Адрес MAC станции-получателя потока. Не обязательно соответствует DA.
FS_FlowID	1 октет	Уникальный идентификатор потока между источником потока (FS_SA) и получателем потока (FS_DA). Идентификатор потока назначается локально устройством-источником потока. Если запрос создания потока не инициирован устройством-источником потока, идентификатор потока должен быть указан как NULL.
FS_DeviceID	1 октет	Идентификатор устройства (Device ID), идентифицирующий устройство, запрашивающее создание или изменение потока. Device ID назначается ведущим в процессе регистрации.
FlowParameters	50 октетов	Свойства QoS создаваемого потока. Свойства потока описываются структурой, закодированной способом TLV, как определено в Таблице 10-67.
FlowClassifiers	N октетов	Спецификация классификаторов потока, используемых для идентификации пакетов, принадлежащих потоку. Классификаторы потока являются необязательными и описываются структурой, закодированной способом TLV, как определено в Таблице 10-67. Может быть определен более чем один классификатор потока.
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	Переменная	
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

Контрольный кадр SETUP/MODIFY_FLOW_RESPONSE (Ответ на запрос создания/изменения потока) (см. Таблицу 10-61) должен возвращаться в ответ на SETUP/MODIFY_FLOW_REQUEST. Ответ связан с соответствующим запросом при помощи уникального *Request Key* (ключа запроса), назначенного запрашивающей стороной. В ответе содержится статус, указывающий, был ли запрос успешным и, в случае, если запрошенные параметры потока должны быть согласованы или изменены по сравнению с их запрошенными значениями, измененные значения параметров возвращаются в структуре *Flow Parameters*, закодированной способом TLV.

Таблица 10-61/G.9954 – Контрольный кадр ответа на запрос создания/изменения потока

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING (32774)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. Минимальное значение LSLength = 60 для SSVersion = 0.
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для SETUP/MODIFY_FLOW_RESPONSE (1,4), как определено в Таблице 10-66
Request_Key	2 октета	Ключ, используемый для идентификации запроса, связанного с данным ответом.
FS_SA	6 октетов	Адрес MAC станции-источника потока. Не обязательно соответствует SA.
FS_DA	6 октетов	Адрес MAC станции-получателя потока. Не обязательно соответствует DA.
FS_FlowID	1 октет	Уникальный идентификатор потока между источником потока (FS_SA) и получателем потока (FS_DA). Если запрос создания потока не инициирован устройством-источником потока, идентификатор потока должен быть возвращен в ответе на запрос создания потока.
Status	1 октет	Статус запроса создания потока
FS_TXOPID	2 октета	Идентификатор, используемый для идентификации TXOP, зарезервированных (выделенных) ведущим для передач потока. Это поле назначается только ведущим в ответ на запрос создания потока.
FlowParameters	N октетов	Параметры потока, возвращаемые в ответе. Возвращаются те параметры потока, значения которых отличаются от значений соответствующих параметров в запросе. Параметры потока определены в Таблице 10-69.
Next EtherType	2 октета	= 0
Pad	Переменная	Дополнение, для того чтобы достигнуть minFrameSize, если необходимо
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

Контрольный кадр SETUP/MODIFY_FLOW_CONFIRM (Подтверждение создания/изменения потока) (см. Таблицу 10-62) должен использоваться как завершающая часть работы Протокола создания/изменения потоков. Последовательность Создания/изменения потока идентифицируется тем же *Request_Key* (ключ запроса), назначенным на стадии запроса работы данного протокола. Поле *Confirmation* (подтверждение) используется для индикации принятия или отклонения транзакции Сигнализации потоков.

Таблица 10-62/G.9954 – Контрольный кадр подтверждения создания/изменения потока

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886с (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING (32774)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. Минимальное значение LSLength = 8 для SSVersion = 0.
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для SETUP/MODIFY_FLOW_CONFIRM (2,5), как определено в Таблице 10-66
Request_Key	2 октета	Ключ, используемый для идентификации запроса, связанного с данным ответом.
FS_SA	6 октетов	Адрес MAC станции-источника потока. Не обязательно соответствует SA.
FS_DA	6 октетов	Адрес MAC станции-получателя потока. Не обязательно соответствует DA.
FS_FlowID	1 октет	Идентификатор потока, назначенный устройством-источником потока. Если запрос создания потока не инициирован устройством-источником потока, идентификатор потока должен быть возвращен в ответе на запрос создания потока.
Confirmation	1 октет	Код подтверждения для последовательности протокола создания потока
FS_TXOPID	2 октета	Идентификатор, используемый для идентификации TXOP, зарезервированных (выделенных) ведущим для передач потока. Это поле назначается только ведущим в ответ на запрос создания потока.
FlowParameters	N октетов	Параметры потока, содержащиеся в Запросе создания/изменения потока и требующие повторного согласования. Структура параметров потока является необязательной и закодирована способом TLV, как описано в Таблице 10-69.
Next EtherType	2 октета	= 0
Pad	Переменная	
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

Контрольный кадр FLOW_TEARDOWN_REQUEST (Запрос удаления потока) должен использоваться для удаления потока. Поток идентифицируется кортежем {FS_SA, FS_DA, FS_FlowID}. Транзакция удаления потока заканчивается получением Контрольного кадра _TEARDOWN_RESPONSE (Ответ на запрос удаления потока) (см. Таблицы 10-63 и 10-64).

Таблица 10-63/G.9954 – Контрольный кадр запроса удаления потока

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886с (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING (32774)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next EtherType. Минимальное значение LSLength = 20 для LSVersion = 0.

Таблица 10-63/G.9954 – Контрольный кадр запроса удаления потока

Поле	Длина	Значение
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для TEARDOWN_FLOW_REQUEST(6), как определено в Таблице 10-66
Request_Key	2 октета	Ключ, используемый для идентификации запроса удаления потока
FS_SA	6 октетов	Адрес MAC станции-источника потока.
FS_DA	6 октетов	Адрес MAC станции-получателя потока.
FS_FlowID	1 октет	ID потока, подлежащего удалению.
FS_Pad	1 октет	Игнорируется при получении
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	24 октета	
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

Таблица 10-64/G.9954 – Контрольный кадр ответа на запрос удаления потока

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING (32774)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение LSLength = 8 для LSVersion = 0.
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для TEARDOWN_FLOW_RESPONSE(7), как определено в Таблице 10-66
Request_Key	2 октета	Ключ, используемый для идентификации запроса удаления потока
FS_SA	6 октетов	Адрес MAC станции-источника потока.
FS_DA	6 октетов	Адрес MAC станции-получателя потока.
FS_FlowID	1 октет	ID потока, подлежащего удалению.
Status	1 октет	Статус запроса удаления
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	36 октетов	
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

Контрольный кадр GET_FLOW_PARAMS_REQUEST (Запрос параметров потока) должен использоваться для запроса параметров потока для данного потока, идентифицированного кортежем {FS_SA, FS_DA, FS_FlowID}. Параметры потока возвращаются в Контрольном кадре GET_FLOW_PARAMS_RESPONSE (Ответ на запрос параметров потока) (см. Таблицы 10-65 и 10-65a).

Таблица 10-65/G.9954 – Контрольный кадр запроса параметров потока

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING (32774)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение LSLength = 18 для LSVersion = 0.
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для GET_FLOW_PARAMS_REQUEST (8), как определено в Таблице 10-66
Request_Key	2 октета	Ключ, используемый для идентификации запроса удаления потока
FS_SA	6 октетов	Адрес MAC станции-источника потока. Не обязательно совпадает с SA.
FS_DA	6 октетов	Адрес MAC станции-получателя потока. Не обязательно совпадает с DA.
FS_FlowID	1 октет	ID потока между FS_SA и FS_DA, параметры которого запрашиваются
FS_pad	1 октет	Игнорируется при получении
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	0 октетов	
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

Таблица 10-65a/G.9954 – Ответ на запрос параметров потока

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя
SA	6 октетов	Адрес источника
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
LSType	2 октета	= SUBTYPE_FLOW_SIGNALLING (32774)
LSLength	2 октета	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля LSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Минимальное значение LSLength = 50 для LSVersion = 0.
LSVersion	1 октет	= 0
MsgType	1 октет	Тип сообщения для GET_FLOW_PARAMS_RESPONSE (9), как определено в Таблице 10-66
Request_Key	2 октета	Ключ, используемый для идентификации запроса удаления потока
FS_DA	6 октетов	Адрес MAC станции-получателя потока. Не обязательно совпадает с DA.
FS_FlowID	1 октет	ID потока между FS_SA и FS_DA, параметры которого запрашиваются
Status	1 октет	Статус Запроса параметров потока

Таблица 10-65a/G.9954 – Ответ на запрос параметров потока

Поле	Длина	Значение
FlowProperties	32 октета	Свойства QoS потока, указанного в соответствующем контрольном кадре запроса.
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	Переменная	
FCS	4 октета	Последовательность проверки кадра

В Таблице 10-66 описываются значения MsgType в Контрольном кадре сигнализации потоков.

Таблица 10-66/G.9954 – Типы сообщений Протокола сигнализации потоков

MsgType	Значение
0	SETUP_FLOW_REQUEST
1	SETUP_FLOW_RESPONSE
2	SETUP_FLOW_CONFIRM
3	MODIFY_FLOW_REQUEST
4	MODIFY_FLOW_RESPONSE
5	MODIFY_FLOW_CONFIRM
6	TEARDOWN_FLOW_REQUEST
7	TEARDOWN_FLOW_RESPONSE
8	GET_FLOW_PARAMS_REQUEST
9	GET_FLOW_PARAMS_RESPONSE
10–127	Зарезервировано
128–135	Зарезервировано для нотификации ведущего о запросах создания, изменения и удаления потоков, сообщений ответа и подтверждения

10.17.1.1 Параметры потока

Параметры потока указываются в Контрольных кадрах сигнализации потоков при помощи двух видов структур, закодированных способом TLV:

- 1) Структура Спецификации потока (см. Таблицу 10-67);
- 2) Структура Параметров потока (см. Таблицу 10-68).

Первая структура (см. Таблицу 10-67), называемая "Спецификация потока", описывает каждый параметр QoS в спецификации потока и может быть использована станцией при создании потока или при ответе на запрос GET_FLOW_PARAMS_REQUEST.

Таблица 10-67/G.9954 – Структура TLV Спецификации потока

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	= FS_PARAMS_TAG (2)
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты Ярлыка и Длины (=30).
Subtype	2 октета	= Спецификация потока (Flow Specification) (0)
ControlWord#1	2 октета	См. Таблицу 10-69, п. 2.
ControlWord#2	2 октета	См. Таблицу 10-69, п. 3.
PacketSize	2 октета	См. Таблицу 10-69, п. 4.
MaxPacketSize	2 октета	См. Таблицу 10-69, п. 5.
MaxDataRate	2 октета	См. Таблицу 10-69, п. 6.
AvgDataRate	2 октета	См. Таблицу 10-69, п. 7.
MinDataRate	2 октета	См. Таблицу 10-69, п. 8.
BER	1 октет	См. Таблицу 10-69, п. 9.
PE	1 октет	См. Таблицу 10-69, п. 10.
PacketTimeout	4 октета	См. Таблицу 10-69, п. 11.
TXTimeslot	4 октета	См. Таблицу 10-69, п. 12.
FlowTimeout	4 октета	См. Таблицу 10-69, п. 13.

Вторая структура, называемая "Параметры потока", представляет собой инкрементальную структуру, которая может быть использована для сообщения отдельных параметров QoS или наборов параметров. Она должна использоваться для оповещения об изменениях в отдельных параметрах QoS или изменениях в отдельных наборах параметров QoS.

Таблица 10-68/G.9954 – Структура TLV Параметров потока

Поле	Длина	Значение
SETag	1 октет	= FS_PARAMS_TAG (2)
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты Ярлыка и Длины. Минимальная длина 3, максимальная 49.
Subtype	2 октета	= Параметры потока (Flow Parameters) (1)
FPTType	1 октет	См. Таблицу 10-69
FPLength	1 октет	См. Таблицу 10-69
FlowParameter	1–4 октетов	См. Таблицу 10-69
...		[дополнительные экземпляры Параметров потока]

В Таблице 10-69 описываются параметры потока, используемые в Контрольных кадрах сигнализации потоков. Диагональное затенение используется для того, чтобы показать разбиение полей типа "BYTE" и "WORD" на битовые поля.

Таблица 10-69/G.9954 – Свойства потока

№	Имя параметра	FPType	FPLength [октеты]	Значения	Комментарии
1	Pad	00	1	0	
2	Control Word #1 (Контрольное слово #1)	0x01	2		Контрольное слово декодируется, как показано ниже:
	Priority (Приоритет)		Биты 13:15	0~7	Приоритет, назначенный потоку. Может использоваться для семантики приоритета G.9951/2
	Service Type (Тип услуги)		Биты 10:12	0~3	Определяет тип услуг, поддерживаемый данным потоком: 0 CBR 1 rt-VBR 2 nrt-VBR 3 BE 4~7 Зарезервировано
	Max. Latency (Макс. запаздывание)		Биты 5:9	0~16	Максимальная допустимая задержка передачи и постановки в очередь в соответствии с Таблицей 10-70. 17~31 Зарезервировано
	Max. Jitter (Макс. дрожание)		Биты 2:4	0~3	Максимальная вариация задержки согласно Таблице 10-71. 5~7 Зарезервировано
	Reserved (Зарезервировано)		Биты 0:1	0	Передатчиком должно быть установлено значение 0 и проигнорировано приемником.
3	Control Word #2 (Контрольное слово #2)	0x02	2		Набор полей, контролирующих политики работы потока. Данное контрольное слово декодируется следующим образом:
	ACK Policy (Политика ACK)		Биты 15:15	0~1	0 Нет 1 LARQ
	FEC Policy (Политика FEC)		Биты 13:14	0~3	0 Нет 1 Рида-Соломона 2~3 Зарезервировано
	Aggregation Policy (Политика объединения)		Биты 12:12	0~1	0 Нет 1 Объединение на уровне MAC
	Checksum Error Handling Policy (Политика обработки ошибок в контрольной сумме)		Биты 11:11	0~1	0 Не отвергать пакеты с ошибками в контрольных суммах. 1 Не отвергать пакеты с ошибками в контрольных суммах. Под "Ошибкой в контрольной сумме" подразумеваются ошибки в полях FCS или CRC-16 Кадров Канального уровня G.9954 или Пакетах (физического уровня) кадров.
	Reserved (Зарезервировано)		Биты 0:10	0	Передатчиком должно быть установлено значение 0 и проигнорировано приемником.

Таблица 10-69/G.9954 – Свойства потока

№	Имя параметра	FPType	FPLength [октеты]	Значе-ния	Комментарии
4	Nominal Packet Size (Номинальный размер пакета)	0x03	2	0–64 кбит/с	Номинальный размер пакета в октетах для пакетов, связанных с данной услугой. Значение 0 является индикатором неуказанного или неизвестного значения.
5	Max Packet Size (Макс. размер пакета)	0x04	2	0–64 кбит/с	Максимальный размер пакета в октетах для пакетов, связанных с данной услугой. Значение 0 является индикатором неуказанного или неизвестного значения. ПРИМЕЧАНИЕ. – Используется планировщиком, для того чтобы удостовериться, что ТХОР как минимум достаточно велики, чтобы вместить один пакет.
6	Max. data rate (Макс. скорость передачи данных)	0x05	2	4 кбит/с – 256 Мбит/с	Пиковая скорость передачи пакетов в единицах, равных 4 кбит/с. Учитывает чистую скорость передачи данных (полезной нагрузки)
7	Average data rate (Средняя скорость передачи данных)	0x06	2	4 кбит/с – 256 Мбит/с	Средняя битовая скорость передачи, требуемая для данной услуги в единицах, равных 4 кбит/с.
8	Min. data rate (Минимальная скорость передачи данных)	0x07	2	4 кбит/с – 256 Мбит/с	Минимальная битовая скорость передачи, требуемая для работы данной услуги в единицах, равных 4 кбит/с. Предполагается, что данное значение будет отлично от нуля только для трафика, передаваемого в режиме реального времени, требующего минимальных задержек передачи ($\min \leq avg \leq \max$).
9	BER Word	0x08	1	10^{-10} – 10^{-5}	BER уровня услуги из диапазона $10^{-10} \leq BER \leq 10^{-5}$. BER представлена двумя полями формата "целое число": мантиссой (m) и экспонентой (e), так, что: $BER = (8 + m) \times 2^{e-43}$ Когда в качестве Политики обработки ошибок CRC выбрано "Отвергать пакеты с ошибкой CRC", значение BER равно значению PER, деленному на среднее число бит в пакете. Например, предположим, что желаемая $PER = 10^{-2}$ и используются пакеты размером 1500 байт, тогда: $BER = 10^{-2}/1200 \approx 10^{-6}$.
	Mantissa (m)		Биты 5:7	0–7	
	Exponent (e)		Биты 0:4	7–24	
10	PE	0x09	1	0–255	Кодирование полезной нагрузки, используемый на логическом канале. Значение PE должно выводиться посредством Согласования скорости из требования к BER
11	Packet Timeout (Период ожидания пакета)	0x0A	4	$2^{32} - 1$	Длительность периода времени (в миллисекундах), в течение которого пакет будет оставаться в очереди, прежде чем будет из нее удален. Значение 0 подразумевает, что данный период времени не ограничен.

Таблица 10-69/G.9954 – Свойства потока

№	Имя параметра	FPType	FPLength [октеты]	Значения	Комментарии
12	TX Timeslot (Временной слот TX)	0x0B	4	$2^{32} - 1$	Временной слот первого ТХОП, определенного для данного потока. Значение данного поля может быть задано более высокими уровнями в ходе создания потока, с тем чтобы синхронизировать выделенные ТХОП с внешним источником. Это предназначено для изохронных услуг. Время измеряется в единицах, равных 2^{-13} миллисекундам и относительно справочных часов ведущего. Значение ноль указывает на неизвестное значение. ПРИМЕЧАНИЕ. – Использование данной возможности предполагает синхронизацию часов запрашивающего устройства со справочными часами ведущего. Для получения дополнительной информации по Синхронизации часов см. п. 10.18.
13	Flow Inactivity Timeout (Период ожидания неактивности потока)	0x0C	4	$2^{32} - 1$	Длительность периода времени, в течение которого поток будет "оставаться в живых" в условиях отсутствия какого бы то ни было трафика, прежде чем данный поток будет автоматически удален, а все ресурсы освобождены. Значение 0 указывает, что данный поток никогда не будет удален автоматически.

В Таблицах 10-70 и 10-71 приведены возможные значения максимального запаздывания и максимального дрожания и указано, что они обозначают.

Таблица 10-70/G.9954 – Максимальные значения запаздывания

Значение запаздывания	Обозначаемое
0	Нет ограничения
1	5 миллисекунд
2	10 миллисекунд
3	20 миллисекунд
4	30 миллисекунд
5	40 миллисекунд
6	50 миллисекунд
7	60 миллисекунд
8	70 миллисекунд
9	80 миллисекунд
10	90 миллисекунд
11	100 миллисекунд
12	200 миллисекунд
13	300 миллисекунд
14	400 миллисекунд
15	500 миллисекунд

Таблица 10-71/G.9954 – Максимальные значения дрожания

Значение дрожания	Обозначаемое
0	Нет ограничения
1	5 миллисекунд
2	10 миллисекунд
3	20 миллисекунд

10.17.1.2 Классификатор потока

Классификаторы потоков представляют собой спецификации фильтров, которые определяют критерии, в соответствии с которыми Уровень конвергенции G.9954 классифицирует пакеты и распределяет их по соответствующим потокам. В Таблице 10-72 описывается структура TLV классификатора потоков, используемая в Контрольном кадре SETUP/MODIFY_FLOW_REQUEST.

Таблица 10-72/G.9954 – Данные классификатора потоков

Поле	Длина	Комментарии
SETag	1 октет	= FS_CLASSIFIER_TAG (Таблица 10-39)
SELength	1 октет	Общая длина расширения TLV, исключая октеты Ярлыка и Длины
Priority	1 октет	Приоритет классификатора. Определяет порядок применения классификаторов внутри Уровня конвергенции. Более высокое значение указывает на более высокий приоритет.
Opcode	1 октет	Выполняемое действие с классификаторами: 0 Добавление классификатора 1 Удаление классификатора
ClassifierParam		Параметр классификатора.
ClassifierTag	1 октет	Идентификатор ярлыка классификатора. Описания ярлыков классификаторов см. в Таблице 10-73. Значения 0x0E–0xFF зарезервированы.
ClassifierLength	1 октет	Длина параметра классификатора
ClassifierParameter	Переменная	Параметр классификации, структура которого указана ClassifierTag, как описано в Таблице 10-73.

Таблица 10-73/G.9954 – Параметры классификатора

Параметр классификатора	Ярлык классификатора	Длина (октеты)	Комментарии
Flow ID (Идентификатор потока)	0x00	2	Идентификатор потока для потока, к которому, как было определено более высокими уровнями протокола, относится входящий пакет.
Destination Address (Адрес получателя)	0x01	N * 6	Список (N) устройств-получателей Ethernet
Source Address (Адрес источника)	0x02	N * 6	Список (N) устройств-отправителей Ethernet
EtherType	0x03	N * 2	Список (N) значений EtherType.
TOS (Тип услуги)	0x04	3	Поле Типа услуги IP: (tos _{low} , tos _{high} , tos _{mask})
Protocol (Протокол)	0x05	N * 1	Список протоколов: protocol ₁ ..protocol _n
IP Source Address (Адрес источника IP)	0x06	N * 8	Список кортежей (N) (address,mask) источников IP
IP Destination Address (Адрес получателя IP)	0x07	N * 8	Список кортежей (N) (address,mask) получателей IP

Таблица 10-73/G.9954 – Параметры классификатора

Параметр классификатора	Ярлык классификатора	Длина (октеты)	Комментарии
Source Port Range (Диапазон портов источника)	0x08	N * 4	Список (N) диапазонов номеров портов источника IP (port _{low} , port _{high})...
Destination Port Range (Диапазон портов получателя)	0x09	N * 4	Список (N) диапазонов номеров портов получателя IP (port _{low} , port _{high})...
EtherType/802.2 DSAP	0x0A	N * 1	Адрес DSAP LLC
EtherType/802.2 SSAP	0x0B	N * 1	Адрес SSAP LLC
User Priority (Приоритет пользователя)	0x0C	2	Список значений приоритетов пользователя 802.1D pri _{low} , pri _{high}
VLAN ID	0x0D	2	Идентификатор VLAN 802.1Q. Значимыми являются только 12 крайних левых битов.

10.17.2 Транзакции сигнализации потоков

Станцией одновременно могут быть инициированы несколько транзакций сигнализации потоков при помощи уникального назначенного *Ключа запроса*. Все сообщения, протоколы, относящиеся к одной и той же транзакции, должны использовать один и тот же *Ключ запроса*. *Ключ запроса* должен назначаться инициатором транзакции сигнализации потоков.

10.17.3 Последовательности Протокола сигнализации потоков

10.17.3.1 Последовательность Создания потока Протокола

Создание потока должно осуществляться между конечными точками (источником и получателем) потока при помощи *Последовательности Создания потока Протокола*. Создание потока может быть инициировано как источником, так и получателем потока.

Целью сигнализации в ходе создания потока является установление четко заданных и согласованных параметров потока между его конечными точками.

Если для потока требуется резервирование ширины полосы пропускания (Контракты QoS) и сеть работает в режиме SMAC, то ведущий должен быть уведомлен о параметрах создания потока источником потока после согласования данных параметров. Уведомление о создании потока и резервирование ширины полосы пропускания должно осуществляться при помощи такого же трехстороннего обмена сигналами для создания потока, какое используется между двумя конечными узлами.

Ведущий также может быть источником или получателем потока. Это особый случай стандартной последовательности Создания потока Протокола.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если ведущий является одной из конечных точек потока, никакого дополнительного уведомления ведущего, помимо оригинальной сигнализации создания потока, не требуется для резервирования ширины полосы пропускания.

Другие последовательности создания потока протокола определены в следующих пунктах.

10.17.3.1.1 Процедура создания потока по инициативе источника

Если создается поток между двумя устройствами G.9954 в сети, причем устройство, инициирующее создание потока, будет устройством-источником потока, инициатор должен отправить сообщение SETUP_FLOW_REQUEST устройству-получателю потока. Сообщение SETUP_FLOW_REQUEST должно содержать *Ключ запроса*, назначенный инициатором и идентифицирующий транзакцию создания потока, идентификатор потока и параметры QoS потока. Идентификатор потока должен быть назначен инициатором локально, путем назначения Идентификатора потока, который будет являться уникальным в контексте адресов *источника* и *получателя* потока.

После отправки сообщения SETUP_FLOW_REQUEST станция должна запустить таймер и ждать сообщения SETUP_FLOW_RESPONSE в течение как максимум FLOW_RESPONSE_TIMEOUT (T1) миллисекунд. Если в течение периода ожидания ответа не получено, запрос должен быть отправлен повторно с использованием того же *Ключа запроса*. Данный процесс должен быть повторен MAX_FLOW_SIGNALLING_RETRIES раз.

По получении SETUP_FLOW_REQUEST станция-получатель должна создать поток локально. Она может предложить изменения параметров потока, для того чтобы лучше вписаться в ограничения ресурсов конечной точки. Все измененные параметры должны быть возвращены в сообщении SETUP_FLOW_RESPONSE. После отправки сообщения SETUP_FLOW_RESPONSE конечная точка-получатель должна запустить таймер и ожидать получения сообщения SETUP_FLOW_CONFIRM в течение FLOW_CONFIRM_TIMEOUT (T2) миллисекунд. Если сообщение SETUP_FLOW_CONFIRM не получено в течение данного периода времени, сообщение SETUP_FLOW_RESPONSE должно быть отправлено повторно. Данная процедура повторяется MAX_FLOW_SIGNALLING_RETRY раз, прежде чем получатель прекратит создание потока и закроет транзакцию.

Если получено сообщение SETUP_FLOW_RESPONSE, станция должна отключить таймер (T1) и проверить возвращенный статус и параметры потока. Если параметры потока были изменены станцией-получателем в ее ответе, станция-источник должна соответствующим образом перенастроить параметры потока. Если возвращенный в сообщении SETUP_FLOW_RESPONSE статус "OK" и измененные параметры приемлемы для источника, станция-источник должна вернуть сообщение FLOW_SETUP_CONFIRM со статусом "OK" и закрыть транзакцию создания потока. Если измененные параметры отклонены станцией-источником, она должна вернуть Код подтверждения (статус) "REJECT" вместе с отклоненными параметрами.

По получении сообщения FLOW_SETUP_CONFIRM станция должна отключить таймер T2. Если *Код подтверждения (Confirmation code)* в сообщении FLOW_SETUP_CONFIRM "OK", станция-получатель может успешно завершать транзакцию создания потока. Если *Код подтверждения (Confirmation code)* "REJECT", станция-получатель может либо прекратить транзакцию создания потока, либо изменить свое предложение, используя тот же цикл FLOW_SETUP_RESPONSE/CONFIRM. Если поток не может быть успешно создан, в сообщении FLOW_SETUP_RESPONSE должен быть возвращен статус "ERROR" и транзакция создания потока должна быть закрыта как источником, так и получателем.

Если поток между станцией-источником и станцией-получателем не был успешно создан, данные потока должны быть отправлены с использованием правил передачи AMAC и с использованием параметров канала, определенных для логического канала между Адресом источника и Адресом получателя. Если сеть контролируется ведущим, данная передача должна выполняться в конфликтный TXOP.

Если поток создан успешно и сеть контролируется ведущим, ширина полосы пропускания для потока может быть зарезервирована путем сигнализации ведущему о создании потока. Для получения дополнительной информации по распределению зарезервированной ширины полосы пропускания см. п. 10.17.3.14.

На Рисунке 10-14 показан *Протокол сигнализации создания потока*, используемый для создания потока между устройством А (источник) и устройством В (получатель), при этом инициатором транзакции *Создания потока* является устройство А. В данном примере показаны периоды таймеров (T1, T2), используемых в протоколе сигнализации потоков, а также Согласование скорости (RRCF), осуществляемое по каналу потока.

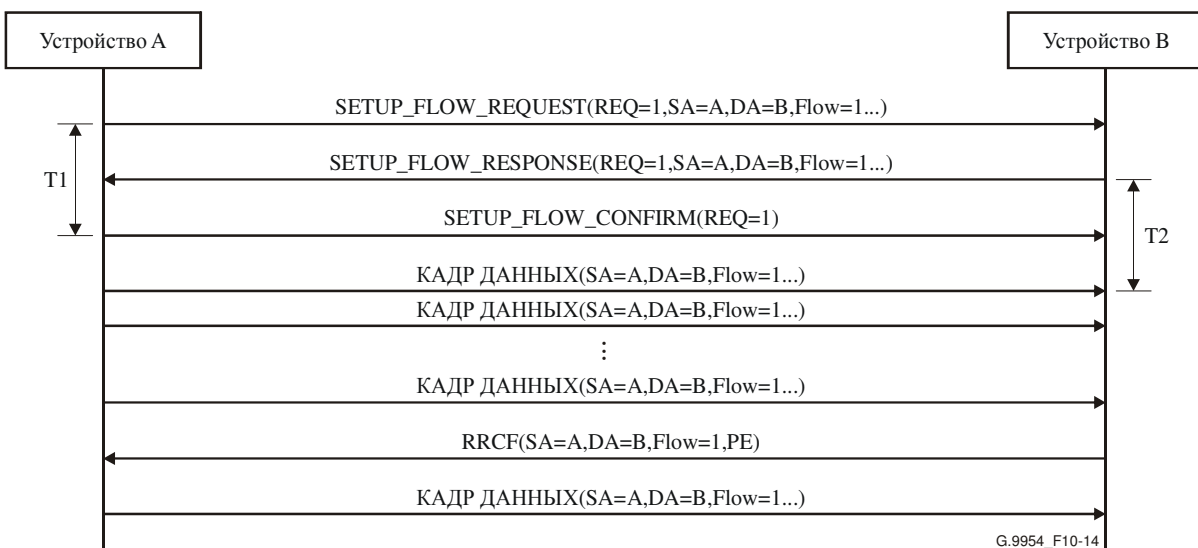


Рисунок 10-14/G.9954 – Процедура создания потока по инициативе источника

10.17.3.1.2 Процедура создания потока по инициативе получателя

Процедура создания потока по инициативе получателя идентична той, что описана в п. 10.17.3.1.1. Существуют следующие различия в последовательностях:

Идентификатор потока (Flow ID), указанный в `FLOW_SETUP_REQUEST` имеет значение NULL, поскольку Flow ID должен определяться станцией-источником потока. Назначенный Flow ID возвращается в сообщении `FLOW_SETUP_RESPONSE`.

Согласование параметров потока протекает так же, как и в случае создания потока по инициативе источника.

На Рисунке 10-15 показан *Протокол сигнализации создания потока*, используемый для создания потока между устройством А (источник) и устройством В (получатель), при этом инициатором транзакции *Создания потока* является устройство В.

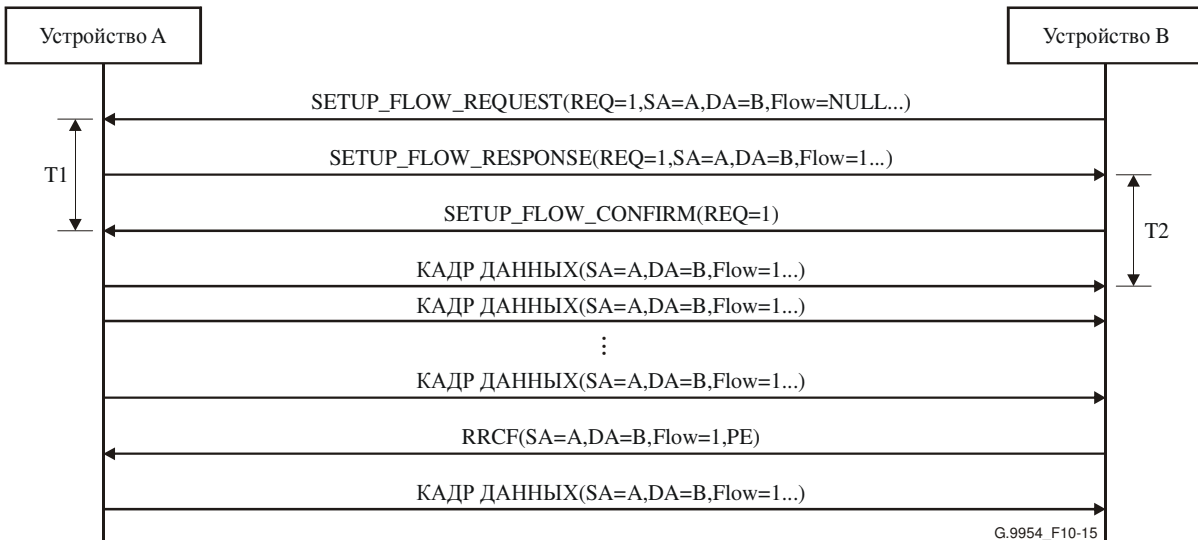


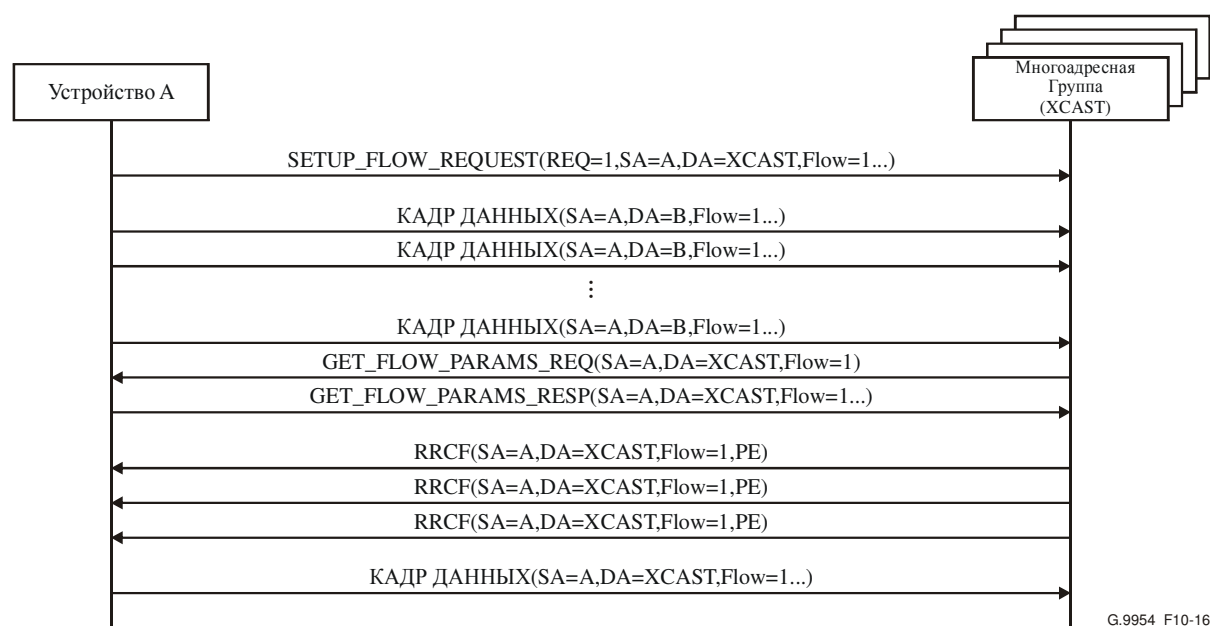
Рисунок 10-15/G.9954 – Процедура создания потока по инициативе получателя

10.17.3.1.3 Процедура создания широковещательного/многоадресного потока

При создании широковещательного/многоадресного потока *Протокол сигнализации создания потока* не использует стандартного трехстороннего обмена сигналами для создания потока, поскольку инициатор создания потока не может ждать ответа от всех членов широковещательной/многоадресной группы. Вместо этого сигнализация создания потока будет осуществляться путем отправки сообщения **SETUP_FLOW_REQUEST** широковещательным способом без ожидания ответа и без необходимости отвечать подтверждением. Параметры потока (кроме Способа кодирования полезной нагрузки (PE)) не могут согласовываться для широковещательных/многоадресных потоков. Кодирование полезной нагрузки должен согласовываться с использованием стандартного механизма для широковещательных/многоадресных потоков, как описано в п. 10.4.

Для того чтобы дать возможность члену широковещательной/многоадресной группы запрашивать параметры потока в любой момент, в случае, если сообщение **SETUP_FLOW_REQUEST** не было получено или член широковещательной/многоадресной группы включился в работу после создания потока, станция может осуществить запрос "*Get Flow Parameters*" (*Запрос параметров потока*) в любой момент, используя сообщение **GET_FLOW_PARAMS_REQUEST**. Запрос отправляется станции-источнику потока. По получении сообщения **GET_FLOW_PARAMS_REQUEST** станция-источник потока должна вернуть параметры для обозначенного потока, используя сообщение **GET_FLOW_PARAMS_RESPONSE**.

Последовательность протокола создания потока для случая широковещательного/многоадресного потока приведена на Рисунке 10-16.



G.9954_F10-16

Рисунок 10-16/G.9954 – Создание многоадресного потока

10.17.3.1.4 Процедура оповещения ведущего о создании потока

Как описано в пунктах 10.17.3.1.1, 10.17.3.1.2 и 10.17.3.1.3, протокол создания потока должен выполняться между устройством-источником и устройством-получателем, вне зависимости от того, контролируется ли сеть ведущим. Это позволяет определять потоки с заданными характеристиками запаздывания, дрожания и BER. Эта информация может быть использована передатчиком и приемником для согласования подходящих параметров канала для потока (например, требования к буферам, кодирование полезной нагрузки и т. п.).

Если сеть контролируется ведущим, явные ТХОР могут быть зарезервированы для созданного потока путем сигнализации ведущему о создании потока с использованием обычного протокола сигнализации создания потока.

Для того чтобы сигнализировать ведущему о создании потока, протокол должен быть инициирован устройством-источником потока. Должен использоваться тот же трехсторонний обмен сигналами протокола, что и для обычных операций создания потока между устройством-источником и устройством-получателем. Если поток допущен ведущим, зарезервированные TXOP будут выделены ведущим и назначены в распространяемом MAP, создаваемом ведущим. TXOP должны быть выделены ведущим-планировщиком таким образом и с таким расположением, чтобы обеспечить достаточную ширину полосы пропускания и удовлетворить требования к запаздыванию и дрожанию, определенные для потока в параметрах потока.

Устройства-источники потока должны быть *зарегистрированы* у ведущего, для того чтобы иметь возможность запрашивать резервирование ширины полосы пропускания.

На Рисунке 10-17 показана *Последовательность создания потока протокола*, включающая оповещение ведущего о создании потока. *Последовательность создания потока протокола*, выполняемая между устройством А и устройством В, (т.е. внутри двусторонней стрелки), представляет собой Последовательность протокола, как описано на Рисунках 10-14, 10-15 и 10-16. *Последовательность создания потока протокола* между устройством А и ведущим представляет запрос выделения зарезервированной ширины полосы пропускания.

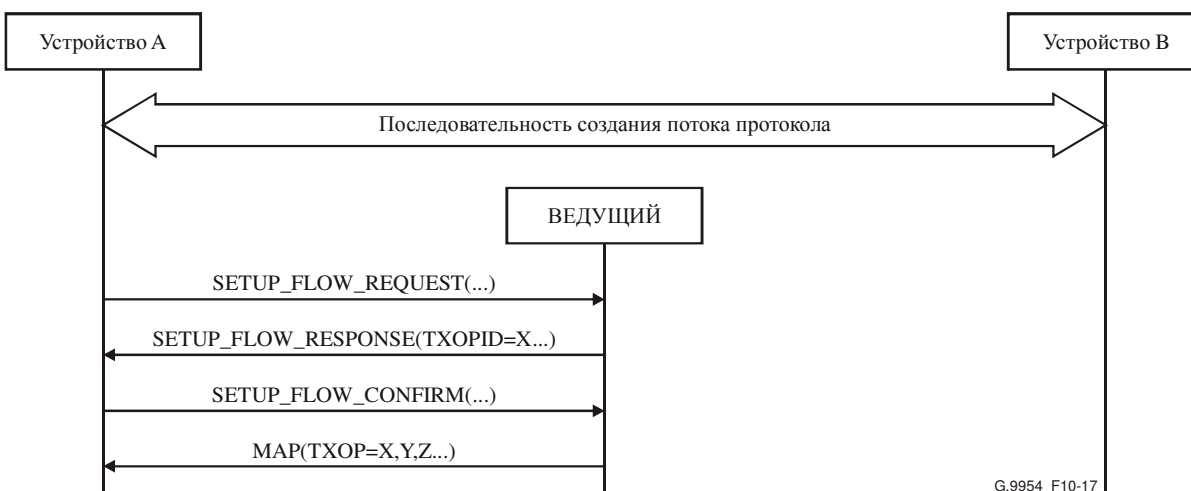


Рисунок 10-17/G.9954 – Оповещение ведущего о создании потока

10.17.3.1.5 Процедура создания потока, инициируемая ведущим и процедура создания потока, для которого ведущий является конечной точкой-получателем

Если Последовательность создания потока инициируется ведущим, последовательность создания потока протекает в обычном порядке, как в случае с обычной конечной станцией (см. п.п. 10.17.3.1.1 и 10.17.3.1.2). В этом случае контроль допуска может быть осуществлен ведущим до того, как начнется последовательность протокола. Более того, нет необходимости оповещать ведущего о создании потока для резервирования ширины полосы пропускания. Это должно осуществляться ведущим автоматически для потоков, которым требуется резервирование ширины полосы пропускания.

Аналогично, для потоков, для которых ведущий является конечной точкой-получателем, *Последовательность создания потока протокола* протекает как обычно и резервирование ширины полосы пропускания осуществляется ведущим автоматически, если оно требуется.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Нет необходимости в том, чтобы ширина полосы пропускания для потока была зарезервирована ведущим немедленно, это может быть задержано до того момента, когда будут определены параметры потока (например, кодирование полезной нагрузки).

10.17.3.2 Последовательность изменения потока протокола

Последовательность изменения потока протокола очень близка к *Протоколу создания потока*. Аналогично, здесь используется трехсторонний обмен сигналами протокола (REQUEST-RESPONSE-CONFIRM) между устройством-источником и устройством-получателем потока и (необязательно) между устройством-источником и ведущим.

Изменение потока может быть инициировано как устройством-источником, так и устройством-получателем потока. Аналогично ситуации с протоколом создания потока, ведущий должен быть оповещен об изменениях потока, для которых была явным образом зарезервирована ширина полосы пропускания, если измененные параметры влияют на резервирование полосы пропускания.

На резервирование ширины полосы пропускания оказывает влияние изменение следующих параметров:

- Скорость передачи данных (Минимальная, Средняя, Максимальная);
- Максимальное запаздывание/дрожание;
- Кодирование полезной нагрузки;
- Номинальный размер пакета.

10.17.3.2.1 Процедура изменения потока

Устройство, запрашивающее изменение потока, должно открыть транзакцию сигнализации потоков и отправить сообщение `MODIFY_FLOW_REQUEST`, содержащее спецификацию параметров потока, подлежащих изменению, и/или (необязательно) фильтры классификации трафика, которые должны быть установлены на устройстве-источнике потока.

После отправки сообщения `MODIFY_FLOW_REQUEST` инициатор должен запустить таймер и ждать получения сообщения `MODIFY_FLOW_RESPONSE` в течение как максимум `FLOW_RESPONSE_TIMEOUT` (T1) миллисекунд. Если период ожидания таймера истекает до того, как получен ответ, сообщение `MODIFY_FLOW_REQUEST` должно быть отправлено повторно `MAX_FLOW_SIGNALLING_RETRY` раз, прежде чем запрос изменения потока будет отменен.

По получении сообщения `MODIFY_FLOW_REQUEST` получившему устройству следует найти указанный поток в своем списке созданных потоков и, если он найден, начать новую транзакцию сигнализации потоков. Измененные параметры должны быть проверены и, если они приемлемы, параметры потока должны быть соответствующим образом обновлены. Далее следует возвратить сообщение `MODIFY_FLOW_RESPONSE` со *Статусом* (Status) "OK" в течение (T1)/2 миллисекунд с момента получения `MODIFY_FLOW_REQUEST`. Если измененные параметры потока не являются приемлемыми, следует возвратить сообщение `MODIFY_FLOW_RESPONSE` со *Статусом* "REJECT". Отклоненные параметры должны быть возвращены в ответном сообщении.

Оставшаяся часть последовательности протокола, включая повторное согласование параметров потока (если это необходимо) и окончание транзакции сигнализации потоков протекает так же, как и в случае *Создания потока*. Это показано на Рисунке 10-18.

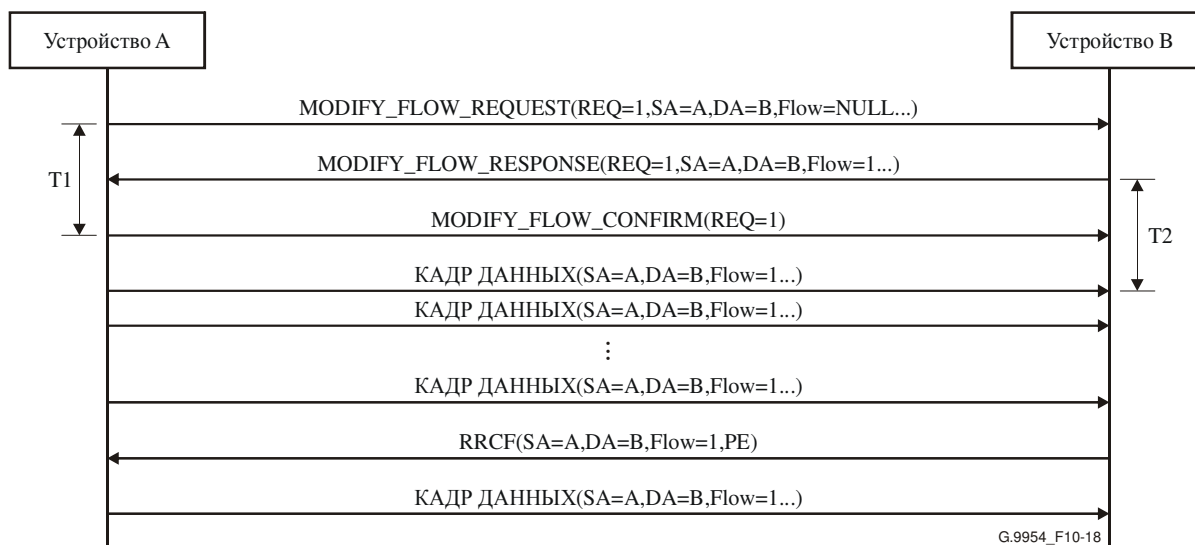


Рисунок 10-18/G.9954 – Протокол сигнализации изменения потока

10.17.3.2.2 Нотификация ведущего об изменении потока

Если изменяется поток, для которого ведущим была зарезервирована ширина полосы пропускания, ведущий должен быть оповещен обо всех изменениях параметров, влияющих на распределение

ширины полосы пропускания. Оповещение осуществляется при помощи *Протокола сигнализации изменения потока*.

Параметры потока, которые могут быть изменены и влияют на резервирование ширины полосы пропускания, указаны в п. 10.17.3.2.

Протокол сигнализации изменения потока между устройством-источником потока и ведущим аналогичен описанному в п. 10.17.3.2.1.

10.17.3.3 Последовательность удаления потока протокола

Потоки удаляются с помощью *Последовательности удаления потока протокола*. Поток может быть удален в ответ на явный запрос от более высокого уровня протокола или по прошествии периода неактивности, определяемого параметрами потока (см. *Период ожидания неактивности потока* в п. 10.17.1.1).

Как правило, последовательность удаления потока инициируется устройством-источником потока по прошествии периода времени равного или более длительного, чем *Период ожидания неактивности потока* для данного потока. Последовательность удаления потока может также быть инициирована устройством-получателем потока, если оно регистрирует период неактивности более длительный, чем значение его параметра *Период ожидания неактивности потока*.

Последовательность удаления потока протокола включает последовательность сообщений REQUEST-RESPONSE (Запрос-Ответ). Инициатор должен идентифицировать поток с помощью его *Source Address*, *Destination Address* и *Flow ID* (*Адрес источника*, *Адрес получателя* и *Идентификатор потока*). Когда поток удален, занимаемые им ресурсы должны быть освобождены.

Если для потока ведущим зарезервирована ширина полосы пропускания, ведущий должен быть оповещен устройством-инициатором о выполнении *Последовательности удаления потока*.

Если зарегистрированное устройство более не фиксируется, о чем свидетельствует отсутствие Контрольных кадров Объявления возможностей и статуса (CSA), ведущий должен удалить регистрацию данного устройства и удалить все потоки, источником которых оно является. Аналогично, устройства-источники потоков должны обнаруживать отсутствие устройств-получателей этих потоков (используя период ожидания CSA) и соответствующим образом удалять такие потоки.

Период ожидания неактивности потока устройства-источника потока должен быть больше, чем *Период ожидания неактивности потока* устройства-получателя, для того чтобы не создавать условий "соревнования за удаление потока".

ПРИМЕЧАНИЕ. – Инициатору выполнения *Последовательности удаления потока протокола* следует гарантировать выполнение указанного выше требования путем указания желаемого значения *Периода ожидания неактивности потока* соответствующим образом. Это означает, что для Создания потока, инициированного источником потока, для *Периода ожидания неактивности потока*, указанного в запросе создания потока, должно принудительно устанавливаться значение большее, чем значение у устройства-источника потока. Аналогичным образом, для потока, создаваемого по инициативе получателя, указанное в запросе создания потока значение *Периода ожидания неактивности потока* должно быть меньше значения соответствующего параметра у устройства-получателя.

10.17.3.3.1 Процедура удаления потока, инициируемая станцией

Сигнализация *Протокол удаления потока* должна осуществляться между устройствами, находящимися на конечных точках потока или между устройством-источником потока и ведущим. В любом случае, устройство инициирует *Последовательность удаления потока протокола* путем отправки сообщения TEARDOWN_FLOW_REQUEST, содержащего идентификатор потока, подлежащего удалению, и уникальный *Ключ запроса*, идентифицирующий транзакцию сигнализации потоков. Далее устройство-инициатор должно запустить таймер и ждать получения сообщения TEARDOWN_FLOW_RESPONSE в течение как максимум FLOW_RESPONSE_TIMEOUT (T1) миллисекунд, прежде чем отправить запрос удаления потока повторно. Данная процедура должна быть повторена MAX_FLOW_SIGNALLING_RETRY раз, прежде чем транзакция удаления потока будет прекращена и поток будет удален локально.

Устройство, получающее сообщение TEARDOWN_FLOW_REQUEST, должно искать указанный поток в своей базе данных активных потоков и, если этот поток найден, устройству следует удалить этот поток локально и освободить все ресурсы, относящиеся к потоку. Во всех случаях, сообщение TEARDOWN_FLOW_RESPONSE следует возвращать в течение (T1)/2 миллисекунд.

Последовательность удаления потока протокола показана на Рисунке 10-19. Описанный сценарий показывает последовательность удаления потока между устройствами на его конечных точках, а также между устройством-источником потока и ведущим.

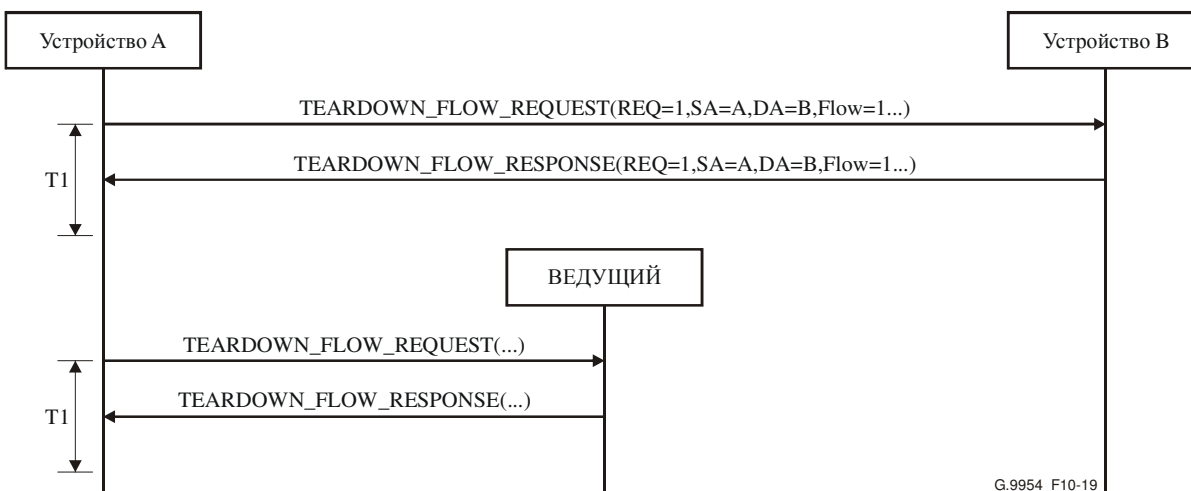


Рисунок 10-19/G.9954 – Протокол удаления потока

10.17.3.3.2 Сигнализация об удалении потока ведущему

Если для потока ведущим зарезервирована ширина полосы пропускания и поток удаляется, ведущий должен быть оповещен об этом устройством-источником потока. Ведущий должен быть оповещен при помощи *Последовательности удаления потока протокола*, аналогичной применяемой для устройств на конечных точках потока.

10.17.3.3.3 Удаление широковещательных и многоадресных потоков

Для удаления широковещательного или многоадресного потока устройством-источником потока должно быть отправлено сообщение TEARDOWN_FLOW_REQUEST. Сообщение TEARDOWN_FLOW_REQUEST должно быть отправлено по широковещательному/групповому адресу. Иницилирующее устройство не должно ждать сообщения TEARDOWN_FLOW_RESPONSE и может прекращать транзакцию после отправки запроса удаления потока.

Если член широковещательной/многоадресной группы не получает сообщения TEARDOWN_FLOW_REQUEST, для потока на каждом устройстве должен быть запущен соответствующий таймер с использованием стандартного механизма *Периода ожидания неактивности потока*.

10.18 Сообщение Индикации отчета о временной отметке (необязательное)

Синхронизация с ведущими справочными часами может потребоваться некоторым конечным устройствам для синхронизации частот дискретизации или для синхронизации выделения TXOP с внешним источником.

Для обеспечения поддержки синхронизации с ведущими справочными часами, устройство ведущих справочных часов распространяет значение времени своих часов среди всех устройств в сети.

Любое устройство в сети может являться справочными часами ведущего для группы ведомых часов устройств. В сети одновременно могут сосуществовать несколько ведущих справочных часов. Как правило, устройствам с ведомыми часами следует синхронизироваться с одними ведущими справочными часами. Не требуется, чтобы устройство, выступающее в роли ведущего в режиме SMAC, являлось также устройством ведущих справочных часов.

Механизм Отчета о временной отметке предполагает, что устройство ведущих справочных часов имеет возможность фиксировать временную отметку передачи всем известного сообщения (самого сообщения Отчета о времени) и отправлять зафиксированное значение временной отметки в последующем сообщении Индикации отчета о времени. Более того, он предполагает, что конечные устройства имеют возможность фиксировать временную отметку получения того же самого сообщения. Разница времени между зафиксированной временной отметкой получения на конечном устройстве и зафиксированной временной отметкой отправки на устройстве ведущих справочных часов используется для подстройки часов на конечной точке с целью компенсации вычисленного отклонения частоты часов. Это иллюстрирует Рисунок 10-20.

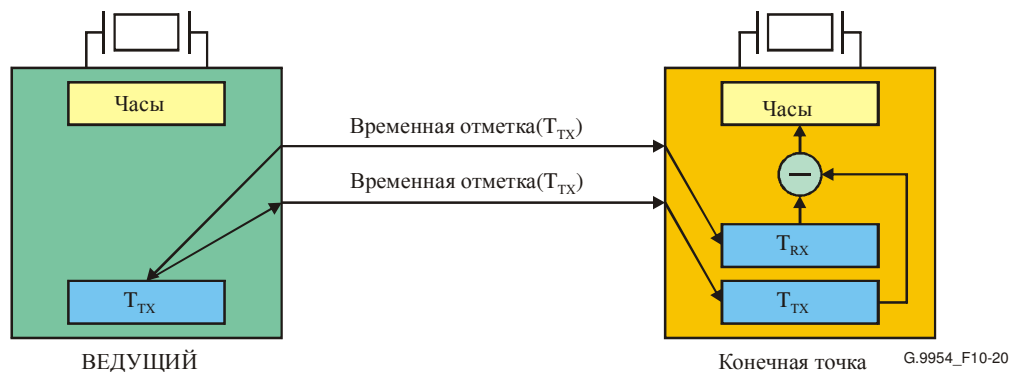


Рисунок 10-20/G.9954 – Индикация отчета о времени

Устройство ведущих справочных часов может передавать Сообщение индикации отчета о временной отметке в любое время. Ему следует передавать пары таких индикаций в кадрах, следующих один за другим. Для каждого переданного сообщения Индикации отчета о временной отметке, ведущие справочные часы должны увеличивать Порядковый номер отчета о временной отметке на единицу. Порядковые номера отчетов о временной отметке могут начинаться с любого произвольного значения.

При замере времени начала передачи ведущими справочными часами и замере времени начала приема конечной точкой, измерения должны быть определены относительно одной общей точки в кадре. Эта точка идет сразу же за полем Адреса источника уровня MAC. В конкретной реализации реальные измерения могут выполняться относительно других точек в кадре, но в приведенных ниже процедурах она должна корректировать измеренные значения таким образом, чтобы время совпадало в этой указанной точке.

Поощряется получение всеми конечными точками, требующими синхронизации частот дискретизации, Сообщений индикации отчета о временной отметке и измерение времени начала приема кадров, содержащих эти сообщения. По получении Сообщения индикации отчета о временной отметке конечная точка должна выполнить следующие действия:

- Записать время начала приема текущего кадра, а также Порядковый номер отчета о временной отметке и Временную отметку из полученного Сообщения индикации отчета о временной отметке.
- Сравнить значение параметра "Порядковый номер отчета о временной метке", содержащегося в текущем кадре, с аналогичным значением из последнего полученного Сообщения индикации отчета о временной метке. Если разница номеров по модулю равна единице, то продолжить. Иначе, прекратить обработку сообщения на этом этапе.
- Вычислить относительное отклонение частоты своих внутренних часов по следующей формуле:

$$\text{Отклонение частоты} = [(R_{(\text{Пор.Ном.}-1)} - R_{(\text{Пор.Ном.}-2)}) / (C_{\text{Пор.Ном.}} - C_{(\text{Пор.Ном.}-1)})] - 1,$$

где:

$R_{(\text{Пор.Ном.}-1)}$ время начала приема кадра, содержащего Сообщение индикации отчета о временной отметке с предыдущим порядковым номером, измеренное по локальным часам конечной точки.

$R_{(\text{Пор.Ном.}-2)}$ время начала приема кадра, содержащего Сообщение индикации отчета о временной отметке с порядковым номером на 2 (по модулю) меньше, чем порядковый номер аналогичного Сообщения из текущего кадра, измеренное по локальным часам конечной точки..

$C_{\text{Пор.Ном.}}$ Значение Временной отметки, указанное в Сообщении индикации отчета о временной отметке из текущего кадра (что соответствует времени начала передачи кадра, содержащего Сообщение индикации отчета о временной отметке с предыдущим Порядковым номером, измеренному ведущим).

$C_{(Пор.Ном.-1)}$ Значение Временной отметки, указанное в Сообщении индикации отчета о временной отметке с предыдущим порядковым номером (что соответствует времени начала передачи кадра, содержащего Сообщение индикации отчета о временной отметке с порядковым номером на 2 (по модулю) меньше, чем порядковый номер аналогичного Сообщения из текущего кадра, измеренному ведущими справочными часами).

- Подстроить локальные часы в соответствии с определенным отклонением частоты с использованием локально заданного алгоритма.

Механизм, используемый ведущими справочными часами времени начала передачи кадра или конечными точками для измерения времени начала приема кадра определяется локально.

10.18.1 Формат кадра Индикации отчета о временной отметке

Таблица 10-74/G.9954 – Формат кадра Индикации отчета о временной отметке

Поле	Длина	Значение
DA	6 октетов	Адрес получателя = FF:FF:FF:FF:FF:FF
SA	6 октетов	Адрес источника – ведущих справочных часов
Ethertype	2 октета	0x886c (Контрольный кадр канала передачи данных PNT)
SSType	1 октет	= SUBTYPE_TIMESTAMP_REPORT (8)
SSLength	1 октет	Количество дополнительных октетов в контрольном заголовке, начиная с поля SSVersion и заканчивая вторым (последним) октетом поля Next Ethertype. Значение SSLength = 8 для SSVersion = 0.
SSVersion	1 октет	= 0
Reserved	1 октет	Отправителем устанавливается значение 0 и игнорируется получателем
TimestampSequenceNr	2 октета	Порядковый номер, который увеличивается на единицу каждый раз, когда передается Индикация отчета о временной отметке.
Timestamp	4 октета	Время начала передачи предыдущего кадра, содержащего Сообщение индикации отчета о временной отметке, измеренное ведущим. Время измеряется в импульсах сигнала времени, осуществляемых с тактовой частотой, определяемой ClockFrequency.
ClockFrequency	4 октета	Частота тактового генератора (часов), используемого для фиксирования справочной временной отметки, в кГц. Например, 8192 кГц для тактового генератора с частотой 8,192 МГц и "дискретностью" равной 2^{-13} мс.
Next Ethertype	2 октета	= 0
Pad	36 октетов	
FCS	4 октета	

Приложение А

Механический интерфейс (MDI)

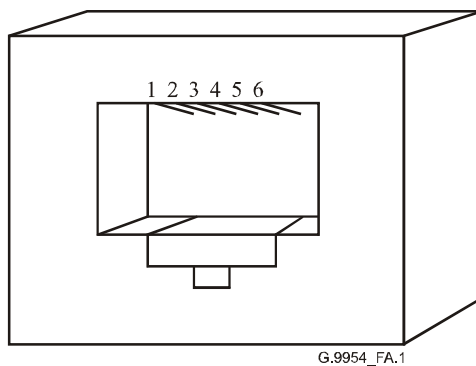
А.1 Разъем MDI

Кабельный разъем, монтируемый на устройство PNT, должен представлять собой разъем-гнездо типа RJ11 с назначением контактов, как показано в Таблице А.1.

Таблица А.1/G.9954 – Назначение контактов разъема-гнезда RJ11 MDI

Контакт	Сигнал
1	Не используется
2	Не используется
3	TX/RX (+)
4	TX/RX (–)
5	Не используется
6	Не используется

Описание разъема показано на Рисунке А.1. Два контакта, помеченные /RX(+) и TX/RX(–), являются интерфейсом W1 PNT в телефонную кабельную сеть.



G.9954_FA.1

Рисунок А.1/G.9954 – Кабельный разъем-гнездо RJ11

Приложение В

Сетевые испытательные шлейфы

Для оценки производительности приемников PNT определены 10 испытательных шлейфов. В настоящем Приложении содержится спецификация типов кабелей и топологии.

В.1 Кабельная модель

Предполагается, что на приведенных ниже диаграммах кабель, помеченный как "четверка" (quad) представляет собой кабель Belden 1242A (или другой кабель с аналогичными основными параметрами), а кабель, помеченный как "плоский" (flat) представляет собой плоский 4-жильный кабель Mouser 26-AWG (инвентарный номер 172-UL4210) (или другой кабель с аналогичными основными параметрами). Все остальные типы кабелей являются кабелями Belden UTP-5 указанного сортамента.

При моделировании для генерирования основных параметров R , L , G и C от частоты, используется модель "BT #1" [1]. Модель выглядит следующим образом:

$$R(f) = \sqrt[4]{r_o^4 + a \cdot f^2}$$

$$L(f) = \frac{l_0 + l_\infty \cdot \left(\frac{f}{f_m}\right)^b}{1 + \left(\frac{f}{f_m}\right)^b}$$

$$G(f) = g_0 \cdot f^{g_e}$$

$$C(f) = c_\infty + \frac{c_0}{f^{c_e}}$$

Набор параметров для каждого типа кабеля, используемого в следующем пункте, приведен в Таблице В.1. В качестве допущения принимается, что $R(f)$ измеряется в Ом/миллю, $L(f)$ в мГн/миллю, $G(f)$ в мкСм/миллю, и $C(f)$ в мкФ/миллю.

Таблица В.1/G.9954 – Параметры модели для типов кабелей

Параметр модели	Belden 1242A четверка	Mouser плоский 4-х жильный	Belden UTP-5 (24AWG)
r_0	406,65	643,4	277,2
A	0,2643	0,757	0,278
l_0	1,229	1,27	0,9863
B	0,794	0,654	0,83
l_∞	0,927	0,953	0,718
f_m	386e3	697e3	500e3
g_0	0,0432	0,519	0,000282
g_e	0,8805	0,7523	0,869
c_0	0,121	0,04	0
c_∞	0,071	0,06875	0,083
c_e	0,245	0,122	0

В.2 Испытательные шлейфы



Рисунок В.1/G.9954 – Испытательный шлейф № 1

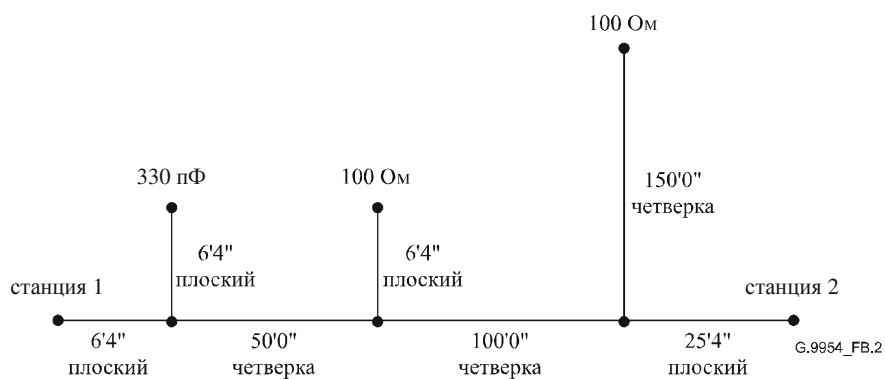


Рисунок В.2/G.9954 – Испытательный шлейф № 2

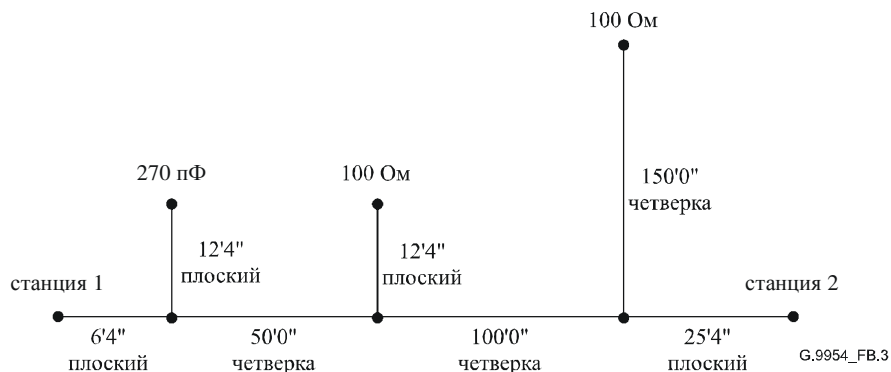


Рисунок В.3/G.9954 – Испытательный шлейф № 3

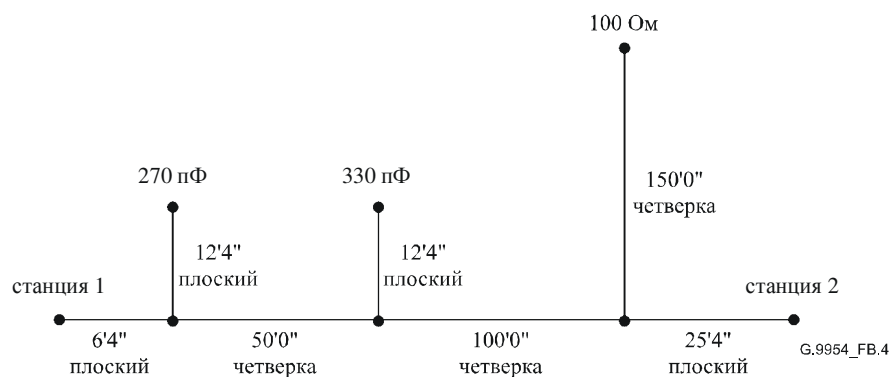


Рисунок В.4/G.9954 – Испытательный шлейф № 4

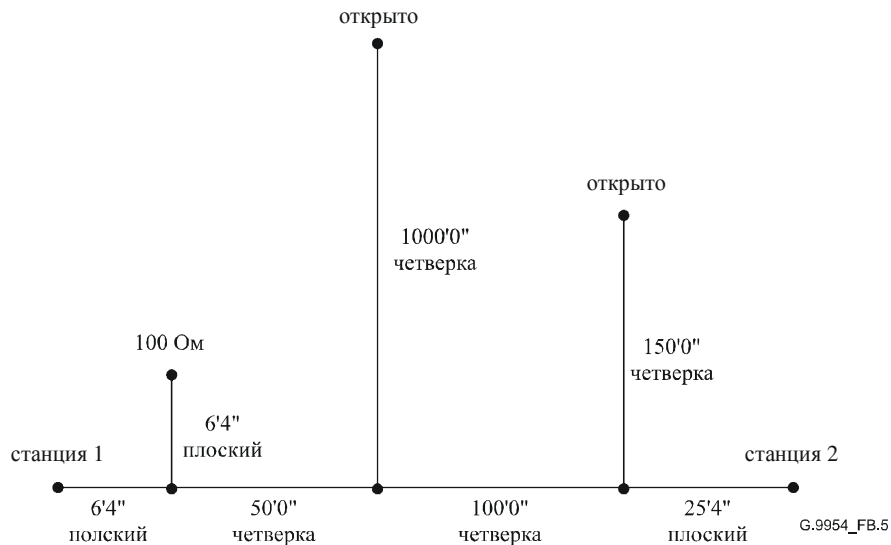


Рисунок В.5/G.9954 – Испытательный шлейф № 5

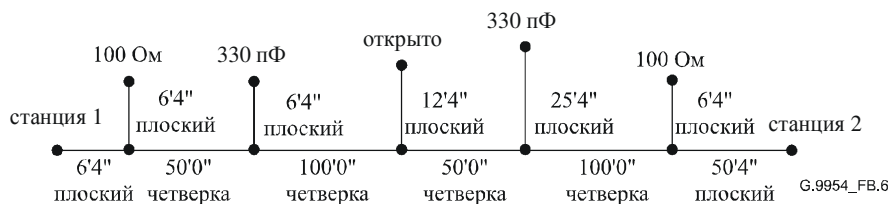


Рисунок В.6/G.9954 – Испытательный шлейф № 6

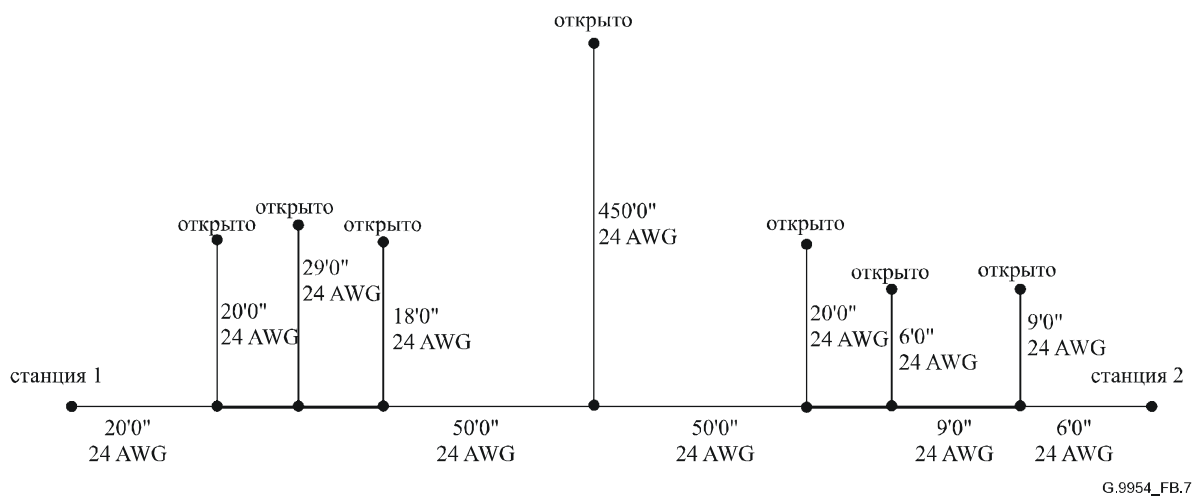


Рисунок В.7/G.9954 – Испытательный шлейф № 7

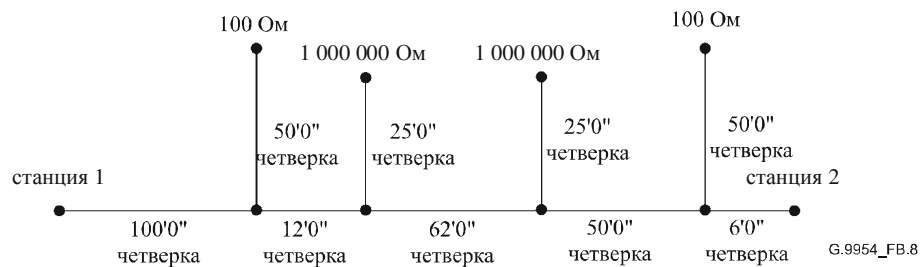


Рисунок В.8/G.9954 – Испытательный шлейф № 8

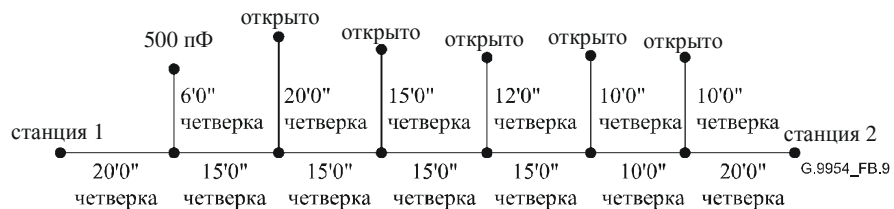


Рисунок В.9/G.9954 – Испытательный шлейф № 9

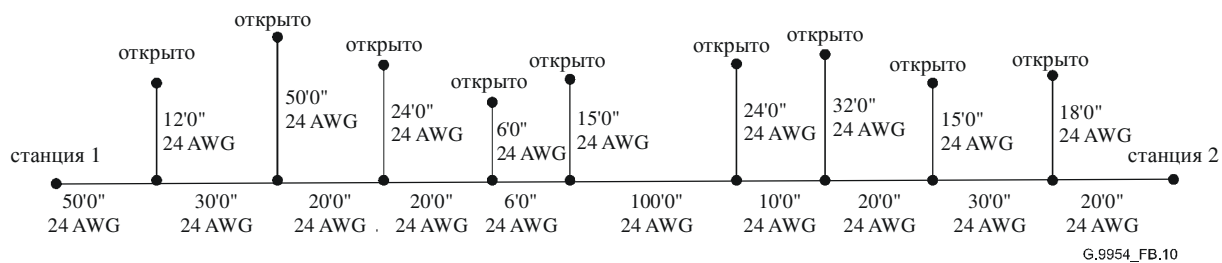


Рисунок В.10/G.9954 – Испытательный шлейф № 10

Дополнение I

Уровни конвергенции

Уровень конвергенции представляет собой определяемый протоколом подуровень, который устанавливает соответствие между различными протоколами транспортного уровня и собственными ("родными") базовыми элементами Подуровня контроля Канального уровня (LLC). Подуровень LLC предоставляет не зависящий от протокола интерфейс и четко заданную структуру QoS. Уровень конвергенции отвечает за трансляцию "родного" протокола в условиях данной внутренней структуры.

В настоящем Дополнении описывается Уровень конвергенции G.9954, его логический интерфейс и общие требования к конкретным определяемым протоколом Уровням конвергенции. Поскольку логический интерфейс между Уровнем конвергенции и Канальным уровнем выходит за рамки уровней стека протоколов, разрабатываемых одним и тем же поставщиком, функциональной совместимости между решениями различных производителей не предусмотрено. Следовательно, содержание данного Дополнения следует рассматривать как приведенное только в информативных целях и использовать только в качестве руководящих принципов для конкретных реализаций.

I.1 Обзор

Стек протоколов G.9954 поддерживает интерфейсы и установление межсетевых соединений по мостовой схеме с внешними протоколами посредством Уровня конвергенции. Подуровни конвергенции протокола, присутствующие в устройстве G.9954, объявляются с помощью Протокола объявления возможностей и статуса Канального уровня (см. п. 10.6). По умолчанию определены уровни конвергенции IP и Ethernet.

Уровень конвергенции протокола отвечает за распределение поступающих с конкретного интерфейса пакетов данных по *потокам*, подходящим для данной конкретной услуги. Потоки, определенные для конкретного Уровня конвергенции, создаются Уровнем конвергенции самостоятельно способом, зависящим от конкретной реализации, возможно, в момент инициализации, по получении данных от более высоких уровней, в момент допуска в сеть или по требованию. Параметры трафика и скорости для потока также могут определяться способом, зависящим от конкретной реализации, возможно, протоколами более высокого уровня, или конфигурироваться с использованием операций управления или данных конфигурации, хранящихся в энергонезависимой памяти.

Рассматриваемые для стека протоколов G.9954 Подуровни конвергенции включают IEEE 802.3/Ethernet, протоколы IP, USB и IEEE 1394. Дополнительно предполагаются межсетевые интерфейсы (мосты) с протоколами широкополосного доступа, такими как DOCSIS, и протоколами беспроводного доступа, такими как IEEE 802.11 и IEEE 802.16, а также Уровни конвергенции уровня приложений для таких приложений, как VoHNPNA и для доставки транспортных потоков MPEG.

Установление соответствия между протоколами и конвергенция протоколов на четко заданном уровне стека протоколов позволяет достигать определенного уровня синхронизации между внешними и "домашними" протоколами. Более того, это позволяет перенести уровень QoS, определенный в условиях, идентичных условиям внешней сети, из внешней сети в домашнюю сеть.

Уровень конвергенции может выполнять следующие функции:

- Осуществлять взаимодействие с протоколами более высокого уровня и получать от них PDU.
- Сигнализовать о создании потоков и классификаторов трафика в локальных и равноправных объектах MAC, Канального уровня и Уровня конвергенции.
- Классифицировать PDU более высокого уровня, используя встроенное знание протоколов, и распределять PDU по внутренним потокам.
- Выполнять функции преобразования и трансляции адресов.
- Выполнять любую специальную обработку PDU перед передачей их Канальному уровню/Уровню MAC (например, удаление заголовка полезной нагрузки).
- Отправлять PDU более высоких уровней Канальному уровню/Уровню MAC PNT.

- Принимать PDU, транспортируемые уровнями PNT PHY/MAC и осуществлять любую определяемую протоколом обработку перед передачей более высоким уровням протокола.
- Осуществлять сигнализацию подуровня конвергенции между равноправными системами.
- Осуществлять выборку данных и контроль синхронизации.

Не следует делать никаких допущений относительно разделения функций Канального уровня и Уровня конвергенции, поскольку оба эти протокола могут быть реализованы как "в чипе" (аппаратно), так и во внешних драйверах узла.

I.2 Базовые элементы Уровня конвергенции

В данном пункте описывается интерфейс Уровня конвергенции с более низкими уровнями стека протоколов G.9954. Поскольку детали интерфейса Уровень конвергенции – LLC зависят от реализации, этот интерфейс описан в терминах набора базовых элементов, поддерживаемых Точкой доступа к услугам Контроля Канального уровня (LLC_SAP).

Определены следующие типы базовых элементов:

- req (запрос (request)) – базовый элемент, используемый подуровнем конвергенции для запроса услуг у подуровня LLC.
- cnf (подтверждение (confirm)) – базовый элемент, используемый подуровнем LLC для подтверждения того, что запрошенные действия были выполнены.
- ind (индикация(indication)) – базовый элемент, используемый подуровнем LLC для оповещения подуровня конвергенции о любой деятельности, связанной с оказываемой услугой.
- rsp (ответ (response)) – базовый элемент, используемый подуровнем конвергенции для подтверждения приема базового элемента индикации от подуровня LLC.

Базовые элементы и их взаимоотношения показаны на Рисунке I.1:

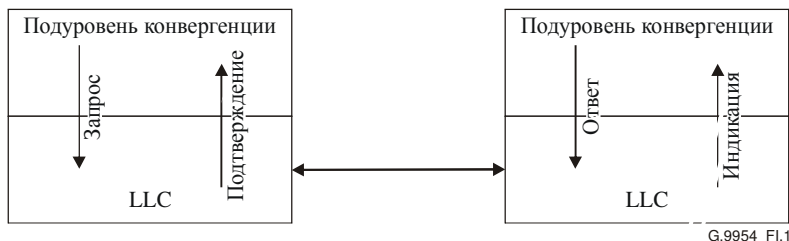
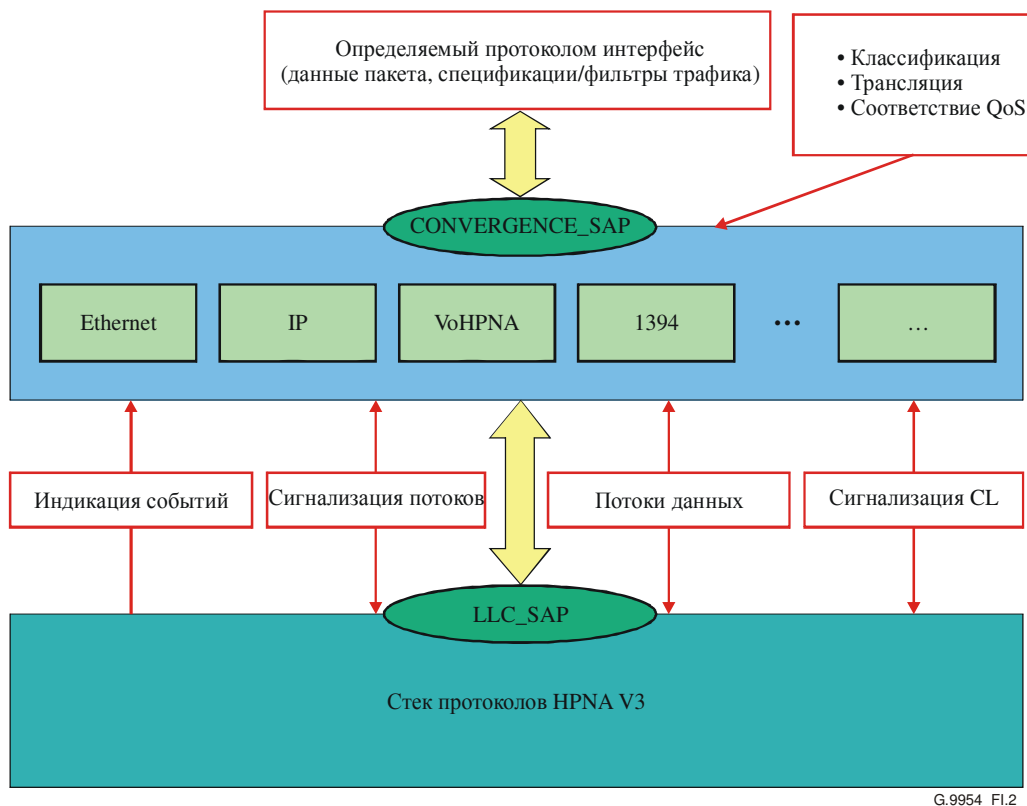


Рисунок I.1/G.9954 – Базовые элементы услуг

На Рисунке I.2 показан интерфейс Уровень конвергенции – Канальный уровень.



G.9954_F1.2

Рисунок I.2/G.9954 – Базовые элементы: Уровень конвергенции – Канальный уровень

I.2.1 Базовые элементы сигнализации потоков

I.2.1.1 LLC_SETUP_FLOW { req, cnf, ind, rsp }

Данный базовый элемент используется для создания потоков между источником и одним или несколькими получателями в сети. То, какое событие на уровне протокола влечет за собой создание потока и то, какими являются характеристики данного потока, зависит от протокола.

Базовый элемент **запрос** используется уровнем конвергенции для запроса создания потока с заданными свойствами потока и спецификацией классификатора трафика (см. п. 9.2, выше). Если устройство, запрашивающее создание потока, является также и источником потока, спецификация классификатора трафика имеет только локальное значение. Базовый элемент **запрос** обычно создается только источником или получателем потока, хотя возможна и ситуация, когда он создается ведущим.

Базовый элемент **индикация** используется для оповещения Уровня конвергенции о создании потока. Уровню конвергенции передаются свойства потока и классификатор трафика. Свойства потока, доставляемые Уровню конвергенции – это свойства после контроля допуска, содержащие предложенные параметры QoS и назначенный *Идентификатор потока* (Flow ID). Базовый элемент **индикация** может использоваться для запуска операций сигнализации с протоколами более высокого уровня, а также для инициализации, установки или заполнения структур данных, таких, как таблицы трансляции или преобразования адресов.

Базовый элемент **ответ** используется Уровнем конвергенции для сигнализации Канальному уровню о статусе запроса создания потока с точки зрения протоколов более высокого уровня. Он дает более высокому уровню протокола возможность отклонить запрос создания потока или предложенные свойства потока в связи с какими-либо соображениями, связанными с протоколом.

Базовый элемент **подтверждение** используется для оповещения запрашивающей стороны о статусе **запроса** и для предоставления отчета с информацией, касающейся потока, включая *Идентификатор потока* и предложенные параметры потока. Реальные (предложенные) параметры потока могут отличаться от оригинальных, указанных в запросе, в связи с ограниченностью ресурсов.

В этом базовом элементе используются параметры, указанные в Таблице I.1:

Таблица I.1/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
Flow Properties	√	√	√	√
Traffic Filter Specification	√		√	
Status		√		√

где:

- Flow Properties (Свойства потока) – Свойства потока, который создается (см. спецификацию QoS). Подуровень конвергенции, участвующий во взаимодействии, указан в Свойствах потока, так же как и Идентификатор потока, назначенный данному потоку.
- Traffic Filter Specification (Спецификация фильтра трафика) – Спецификация фильтра, как определено в спецификации QoS. Указанное для данного фильтра действие – Добавление (ADD).
- Status (Статус) – Статус запроса создания в типе базового элемента "подтверждение".

Для получения дополнительной информации см. п. 10.17.

I.2.1.2 LLC_MODIFY_FLOW { req, cnf, ind, rsp }

Базовый элемент **запрос** используется для запроса изменения свойств потока или связанных с ним фильтров классификации трафика. Поток идентифицируется при помощи *Идентификатора потока* в параметре "свойства потока".

Базовый элемент **индикация** используется для оповещения Уровня конвергенции о запрошенных изменениях. Свойства потока – по состоянию после контроля допуска. В качестве действия в спецификации фильтров трафика может быть указано добавление (ADD), изменение (MODIFY) или удаление (DELETE). Данный базовый элемент может использоваться для запуска операций внутри протокола более высокого уровня и может повлечь за собой изменение внутренних структур данных.

Базовый элемент **ответ** позволяет Подуровню конвергенции принимать или отклонять запрос изменения.

Базовый элемент **подтверждение** используется для информирования Уровня конвергенции о результатах запроса.

В этом базовом элементе используются параметры, приведенные в Таблице I.2:

Таблица I.2/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
Flow Properties	√	√	√	√
Traffic Filter Specification	√		√	
Status		√		√

где:

- Flow Properties (Параметры потока) – Свойства потока, который изменяется (см. раздел QoS). Идентификатор потока для потока, подлежащего изменению, закодирован в Свойствах потока.
- Traffic Filter Specification (Спецификация фильтра трафика) – Спецификация фильтра, используемого для распределения в данный поток. Спецификация определенных для данного фильтра действий включает добавление, изменение или удаление фильтра.
- Status (Статус) – Статус запроса изменения в типе базового элемента "подтверждение".

Для получения дополнительной информации см. п. 10.17.3.2.

I.2.1.3 LLC_TEARDOWN_FLOW { req, cnf, ind, rsp }

Данный базовый элемент используется для удаления существующего потока, идентифицированного с помощью *Идентификатора потока* (Flow ID).

В этом базовом элементе используются параметры, приведенные в Таблице I.3:

Таблица I.3/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
Source MAC address	√	√	√	√
Destination MAC address	√	√	√	√
Flow ID	√	√	√	√
Status		√		√

где:

- Source MAC address (Адрес MAC источника) – Адрес устройства-источника потока.
- Destination MAC address (Адрес MAC получателя) – Адрес устройства-получателя потока.
- Flow ID (Идентификатор потока) – Flow ID потока, подлежащего удалению.
- Status (Статус) – Статус запроса изменения в типе базового элемента "подтверждение".

Для получения дополнительной информации см. п. 10.17.3.3.

I.2.2 Базовые элементы потоков данных

I.2.2.1 LLC_DATA { req, cnf, ind }

Данный базовый элемент используется для отправки данных пакетов между равноправными объектами Подуровня конвергенции.

Базовый элемент **запрос** используется для запроса передачи пакета уровня протокола или информации Уровня конвергенции равноправному объекту Уровня конвергенции по конкретному потоку (идентифицированному *Flow ID*) или с помощью конкретного *приоритета* (в случае работы в режиме без ведущего).

Базовый элемент **индикация** используется для оповещения Подуровня конвергенции о прибытии информации Уровня конвергенции. Оповещение содержит временную отметку времени приема, измеренную относительно общей опорной точки в кадре передачи. Данная точка находится сразу же за SA в кадре, в котором прибыл кадр.

Базовый элемент **подтверждение** используется для оповещения об успешном выполнении запроса передачи данных. Параметры данного базового элемента включают *Статус* запроса и временную отметку момента, когда данные были реально переданы по среде передачи.

В этом базовом элементе используются параметры, приведенные в Таблице I.4:

Таблица I.4/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
FC	√		√	
DA	√			
SA			√	
EtherType	√		√	
MAC Aggregation	√			
Payload Length	√		√	
Payload	√		√	
FCS	√		√	

Таблица I.4/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
TX Timestamp		√		
RX Timestamp			√	
Status		√	√	

где:

- FC – Контроль кадра (Frame Control), который включает Тип и подтип кадра, Приоритет/идентификатор потока, а также PE.
- DA – Адрес получателя SDU.
- SA – Адрес источника SDU.
- EtherType – Тип Ethernet, определенный для данного кадра.
- MAC Aggregation – (Объединение уровня MAC) указывает, должен ли пакет быть объединен уровнем MAC с другими пакетами, относящимися к тому же приоритету или потоку. Данный параметр используется для индикации того, является ли пакет кандидатом на объединение (значение 1) или объединение выполнять не следует (значение 0).
- Payload – (Полезная нагрузка) – данные полезной нагрузки, которые должны быть доставлены стеком протоколов. Данная полезная нагрузка может исходить от Канального уровня или Уровней конвергенции протоколов стека протоколов. Формат кадра полезной нагрузки не обязательно идентичен формату кадра Ethernet и может исходить от любого уровня конвергенции, как указано параметром FT.
- Payload Length – (Длина полезной нагрузки) – размер данных полезной нагрузки.
- FCS – необязательная 32-битная контрольная сумма кадра, которая может прилагаться к кадру.
- TX Timestamp – Временная отметка момента реальной передачи. Время указывается в единицах, равных 2^{-13} миллисекундам.
- RX Timestamp – Временная отметка момента реального приема. Время указывается в единицах, равных 2^{-13} миллисекундам.
- Status – статус TX/RX данных.

I.2.3 Базовые элементы индикации событий

I.2.3.1 LLC_MAC_CYCLE { ind }

Данный базовый элемент используется для доведения до Уровня конвергенции информации о распределении времени цикла MAC и о Плате доступа к среде передачи (выделения полосы пропускания канала). Данный базовый элемент предоставляет информацию, позволяющую Уровням конвергенции синхронизировать более высокие уровни протоколов с циклом MAC G.9954, синхронизировать частоты дискретизации и использовать информацию о выделении ресурсов среды для сигнализации уровня протокола.

Этот базовый элемент предназначен для использования в Уровнях конвергенции, которые взаимодействуют с протоколами более высокого уровня синхронными по своей природе или поддерживающими изохронные устройства и требующими определенного уровня синхронизации. Примерами таких протоколов являются IEEE 1394, USB и т. п.

В этом базовом элементе используются параметры, приведенные в Таблице I.5:

Таблица I.5/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
MAP			√	
Scheduled MAC Cycle Start Time			√	
Actual MAC Cycle Start Time			√	
Indication Time			√	

где:

- MAP – Контрольный кадр MAP.
- Scheduled MAC Cycle Start Time – (Запланированное время начала цикла MAC) – время, на которое было запланировано начало цикла MAC.
- Actual MAC Cycle Start Time – (Реальное время начала цикла MAC) – время, когда цикл MAC реально начался. Это время может отличаться от Запланированного времени начала цикла MAC в случае, если в цикл MAC было привнесено дрожание, вызванное помехами от работы устройств в режиме AMAC.
- Indication Time – (Время индикации) – время, когда индикация была реально доставлена Уровню конвергенции.

Для получения более детального описания параметров, используемых в базовом элементе LLC_MAC_CYCLE см. описание MAP в п. 10.14.1.

I.2.3.2 LLC_NETWORK_ENTRY { ind }

Данный базовый элемент используется для оповещения Уровня конвергенции о регистрации устройства у ведущего и о назначенном ему Идентификаторе устройства (Device ID).

В этом базовом элементе используются параметры, приведенные в Таблице I.6:

Таблица I.6/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
Device ID			√	√
802.3 MAC address			√	√

где:

- Device ID – назначенный ведущим Идентификатор устройства.
- 802.3 MAC address – (Адрес MAC 802.3) – 48-битный адрес MAC IEEE, назначенный узлу.

I.2.3.3 LLC_NETWORK_EXIT { ind }

Данный базовый элемент используется для оповещения Уровня конвергенции об удалении регистрации устройства у ведущего.

В этом базовом элементе используются параметры, приведенные в Таблице I.7:

Таблица I.7/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
Device ID			√	

где:

- Device ID – назначенный ведущим Идентификатор устройства.

I.2.3.4 LLC_SYNC_EVENT { ind }

Данный базовый элемент используется для оповещения Уровня конвергенции о синхронизации устройства G.9954 с циклом MAC, созданным ведущим.

В этом базовом элементе используются параметры, приведенные в Таблице I.8:

Таблица I.8/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
Sync Event (Событие синхронизации)			√	

I.2.3.5 LLC_SYNC_LOSS_EVENT { ind }

Данный базовый элемент используется для оповещения Уровня конвергенции о потере синхронизации с циклом MAC, созданным ведущим.

В этом базовом элементе используются параметры, приведенные в Таблице I.8:

Таблица I.8/G.9954 – Параметры базового элемента

Параметр	Запрос	Подтверждение	Индикация	Ответ
Sync Loss Event (Событие потери синхронизации)			√	

I.3 Архитектура Уровня конвергенции

На Рисунке I.3 показана внутренняя структура компонентов Уровня конвергенции, соответствующая описанной выше модели:

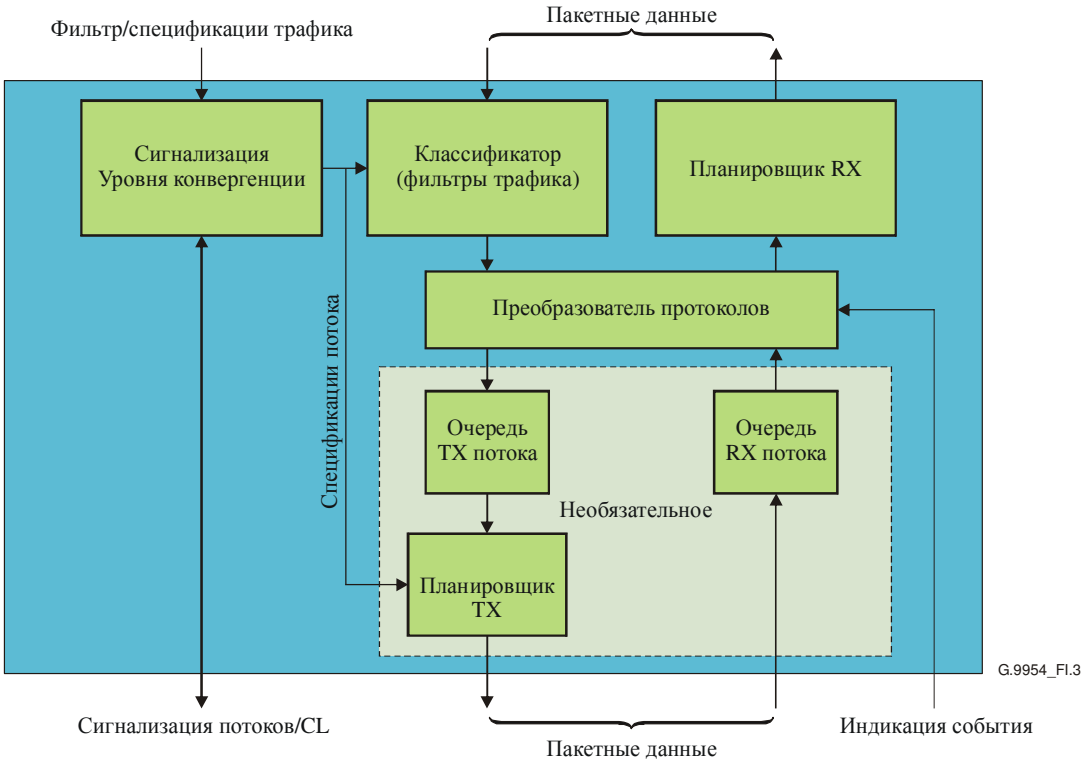


Рисунок I.3/G.9954 – Архитектура уровня конвергенции

Компоненты блока Уровня конвергенции выполняют следующие функции:

- **Flow/Convergence Layer Signalling** (Сигнализация потоков/Уровня конвергенции)– данный компонент отвечает за создание/удаление потоков и равноуровневую сигнализацию Подуровня конвергенции. Он отвечает на запросы создания потоков, исходящие от более высоких уровней протоколов или идущие изнутри самого Уровня конвергенции и управляет равноуровневой сигнализацией Уровня конвергенции. Он осуществляет связь с Классификаторами для определения спецификаций фильтров трафика и с Планировщиком TX для определения спецификаций скорости трафика.
- **Classifier** (Классификатор) – Классификатор отвечает за распределение входящих пакетов в потоки данных, используя спецификации фильтра трафика, определенные компонентом Сигнализации Уровня конвергенции.
- **Protocol Mapper** (Преобразователь протоколов) – Этот компонент представляет собой необязательный объект и может осуществлять функции преобразования (установления соответствия), определяемые протоколом.

- **Flow Queues** (Очереди потоков) – Очереди потоков представляют собой необязательные структуры данных, используемые для удержания пакетов, пока они ожидают включения в план соответствующим компонентом-планировщиком. На стороне передачи очередями потоков могут являться маркированные области памяти, используемые для формирования трафика.
- **TX Scheduler** (Планировщик TX(передачи))– Планировщик TX отвечает за отбор пакетов из очереди потока TX и доставку их базовому сетевому устройству. Он может выполнять функции формирования трафика. Данная функция может не иметь большого значения в рамках реализаций, не требующих очередей потоков и формирования на Уровне конвергенции.
- **RX Scheduler** (Планировщик RX(приема))– Планировщик RX отвечает за доставку пакетов, полученных от сетевого интерфейса, более высоким уровням протоколов. Пакеты, поступающие из сети, могут преобразоваться через Преобразователь протоколов для осуществления обратной функции преобразования протоколов.

Подуровням конвергенции может требоваться поддержание нескольких структур данных для реализации функций подуровня. Примерами таких структур являются очереди потоков, используемые для формирования трафика в соответствии с параметрами скорости, буферы, используемые для выравнивания различий в частотах циклов между протоколами более высоких и более низких уровней, таблицы преобразования адресов, используемые для установления межсетевых соединений типа "мост" и т. п.

Поскольку требования к памяти, предъявляемые определенными подуровнями конвергенции, могут быть значительными, возможно, что подуровни конвергенции будут реализованы на уровне драйвера узла, а не "в чипе" (на аппаратном уровне).

I.4 Запуск создания потока

Создание потока может быть запущено следующими событиями:

- Регистрация устройства у ведущего;
- Поступление Единицы данных услуги(SDU) от более высокого уровня;
- Запрос от более высокого уровня;
- Операции управления.

В первом случае, если создание потока запускается процессом регистрации, данная операция может быть инициирована как ведущим, так и конечными точками. В обоих случаях имеет место допущение, что ведущий и/или конечные точки знают, какие потоки должны быть подготовлены к работе после регистрации и каковы свойства этих потоков. Эта информация может быть встроена в Уровень конвергенции или получена из параметров конфигурации.

Во втором случае, когда поток создается по получении SDU, имеет место допущение, что на Уровне конвергенции установлены фильтры трафика, позволяющие ему классифицировать полученную SDU и идентифицировать свойства потока, который следует создать для работы с трафиком данного типа. В этом случае ему следует инициировать создание потока, используя спецификацию потока, соответствующую данному фильтру. Фильтры и их связи с дескрипторами свойств потоков могут быть встроены в Уровень конвергенции или установлены в данных конфигурации.

Протоколы более высоких уровней также могут инициировать создание потока с указанными свойствами. Например, приложения могут инициировать создание потока в ответ на обработку сигнальных сообщений DOCSIS RSVP или аналогичных.

Операции управления, как инициированные локальной, так и удаленной стороной устройства, могут инициировать создание потока с четко заданными свойствами.

I.5 Классификация

Классификацией называется процесс, в ходе которого PDU более высоких уровней распределяются по потокам G.9954. Процесс классификации зависит от протокола и может включать набор правил классификации, обрабатываемых в определенном порядке приоритетности.

Правила классификации, применяемые к потоку, являются частью описания потока. Данная модель совместима с моделью RSVP, которая определяет *дескриптор потока* как сочетание *спецификации потока* (компонент, относящийся к трафику) и *спецификации фильтра*.

Описание фильтров классификации трафика приведено в п. 9.3, выше.

I.6 Интерфейсы Уровня конвергенции с более высокими уровнями протоколов

Каждый подуровень конвергенции предоставляет собственный, определяемый протоколом интерфейс с более высоким уровнем. Все интерфейсы предоставляют базовый элемент (или базовые элементы) для транспортировки и приема Единиц данных протокола от более высокого уровня. Базовые элементы данного интерфейса имеют следующую форму:

- XXX_CSL_DATA.req – Используется для запроса передачи данных.
- XXX_CSL_DATA.cnf – Используется для оповещения более высокого уровня о статусе запроса передачи.
- XXX_CSL_DATA.ind – Используется для оповещения более высокого уровня XXX о поступлении данных.

I.7 Уровни конвергенции, определяемые протоколом

I.7.1 Конвергенция с IP

При обработке уровня конвергенции с IP могут использоваться правила фильтрации пакетов протокола RSVP. Данные правила указывают классификацию согласно следующим критериям:

- Поле "Тип услуги" (TOS) IP;
- Номер протокола IP;
- Адрес источника IP;
- Адрес получателя IP;
- Номер порта источника протокола IP;
- Номер порта получателя протокола IP.

Для получения дополнительной информации по классификаторам трафика IP см. п. 10.17.

I.7.2 Конвергенция с Ethernet

При обработке уровня конвергенции с Ethernet осуществляется классификация PDU согласно следующим критериям:

- Адрес MAC получателя Ethernet;
- Адрес MAC источника Ethernet;
- Тип Ethernet и SAP 802.2;
- Приоритет VLAN (802.1P);
- ID VLAN (802.1Q).

Особые типы Ethernet, приведенные в Таблице I.10, распознаются Уровнем конвергенции с Ethernet, в результате чего PDU направляются (маршрутизируются) соответствующему компоненту Уровня конвергенции:

Таблица I.10/G.9954 – Направляемые (маршрутизируемые) типы Ethernet

Тип Ethernet	Описание
0x0800	Пакет IP, направляемый уровню конвергенции с IP
0x0806	Пакет ARP, направляемый уровню конвергенции с IP
0x86DD	Пакет Ipv6, направляемый уровню конвергенции с Ipv6

Для получения более подробной информации по классификации трафика Ethernet см. п. 10.17.

1.7.3 Конвергенция с IEEE 1394 (Firewire)

Используемые на данном Подуровне конвергенции базовые элементы будут изучены в дальнейшем.

1.7.3 Конвергенция с Универсальной последовательной шиной (USB)

Используемые на данном Подуровне конвергенции базовые элементы будут изучены в дальнейшем.

Дополнение II

Рекомендации, касающиеся Интерфейса, независимого от среды передачи данных (МП)

Интерфейс, независимый от среды передачи, как указано в IEEE Std 802.3-1998, пункт 22, является общим интерфейсом, используемым во многих существующих моделях сетевого оборудования. Поскольку существует множество возможных реализаций интерфейса между PHY G.9951/2 и MAC Ethernet посредством МП, приводимые ниже руководящие принципы предоставляют эталонную модель для разработки PHY полностью совместимого с оборудованием, согласующимся с п. 22.

Основным вопросом использования интерфейса МП является контроль потоков. Спецификация МП требует, чтобы тактовые генераторы интерфейса имели частоту $25 \text{ МГц} \pm 100 \text{ ppm}$ (Pulses per Minute, пульсаций в минуту), в результате чего обеспечивается скорость передачи данных равная 100 Мбит/с. Данная Рекомендация предусматривает широкий спектр битовых скоростей от 4 Мбит/с до 128 Мбит/с. Для данного интерфейса при работе в направлении PHY – MAC (прием) существует несовпадение скоростей между PHY и MAC. Это может явиться причиной потери некоторого количества пакетов в том маловероятном случае, если передача по кабельному каналу будет происходить на полной скорости. В этом случае приемнику следует ограничить максимальный размер своего буфера приема кадров с тем, чтобы принудить передатчики к использованию более коротких кадров и тем самым гарантировать, что эффективная пропускная способность не превысит порог в 100 Мбит/с. Для направления MAC – PHY (передача) PHY необходим метод задержки MAC, пока полученные ранее данные модулируются и передаются по кабельному каналу.

В данном контроле потоков следует использовать сигнал CRS в режиме "ложное обнаружение и контроль несущей", для того чтобы задержать передатчик MAC с помощью механизма Защиты. Детали сигнализации описаны ниже.

II.1 Обзор МП

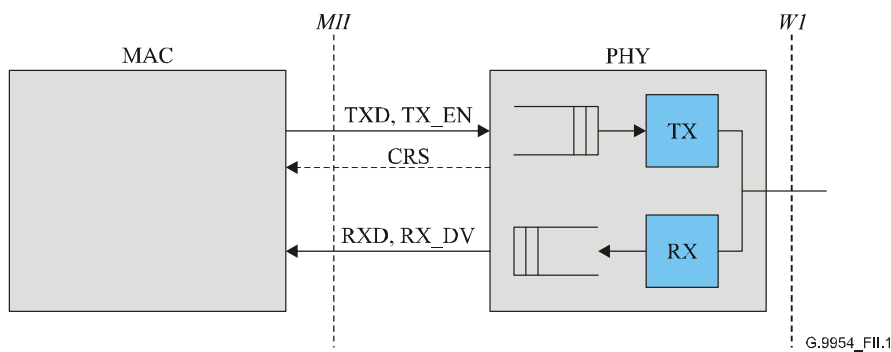


Рисунок II.1/G.9954 – Интерфейс МП

II.1.1 Тракт передачи данных МП

Интерфейс MAC/PHY состоит из следующих 16-ти сигналов:

Таблица II.1/G.9954 – Сигналы MAC/PHY

Сигнал	Направление относительно PHY	Описание
TX_EN	В	Передача сигнала фазирования
TXD[3:0]	В	Четыре бита на такт передаваемых данных
TX_ER	В	Ошибка передачи
TX_CLK	Из	Такт передачи (2.5 МГц или 25 МГц)
CRS	Из	Контроль несущей
RX_DV	Из	Полученные данные действительны
RXD[3:0]	Из	Четыре бита на такт принимаемых данных
RX_CLK	Из	Такт приема
RX_ER	Из	Ошибка приема
COL	Из	Коллизия

II.1.2 Передача без коллизий

На Рисунке II.2 показан пример передачи пакета MAC – PHY.

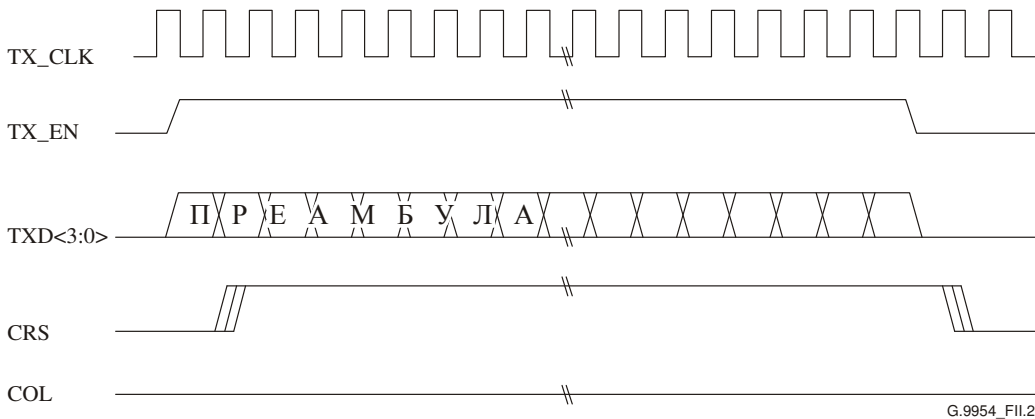


Рисунок II.2/G.9954 – Передача пакета MAC – PHY

II.1.3 Прием без ошибок

На Рисунке II.3 показан пример передачи пакета PHY – MAC.

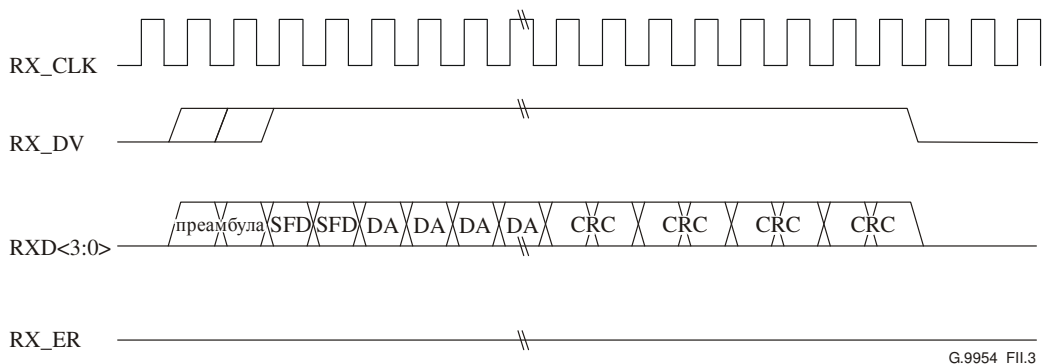


Рисунок II.3/G.9954 – Передача пакета PHY – MAC

II.1.4 Сигналы управления МП

Для управления указываются два дополнительных сигнала: MDIO (Ввод/вывод данных управления) и MDC (Такт данных управления). Многие, если на все MAC имеют интерфейсные контакты MDIO/MDC, но они являются важными только для целей управления в случае, если в PHY есть регистры, к которым необходимо получать доступ локальному узлу. В общем случае требований к функциям управления на основе МП нет, и, следовательно, устройствам PNT нет необходимости реализовывать MDIO/MDC. Однако если в PHY есть регистры, то следует использовать протокол и сигнализацию, определенную в MDIO/MDC IEEE Std 802.3 пункт 22.

II.2 Рекомендации по сигнализации G.9951/2

В следующем описании упоминается пункт 22 – Спецификация интерфейса, независимого от среды передачи данных, используемого в полудуплексном режиме со скоростью 100 Мбит/с. Для учета различий между физическими уровнями G.9951/2 и Ethernet 100BASE-T предполагается, что на PHY имеется уровень адаптации или согласования, на котором решаются все задачи, связанные с синхронизацией и форматированием данных. Интерфейс МП используется в качестве канала передачи данных, по которому блоками пакетов в обоих направлениях передаются данные; поток управляется сигналом контроля несущей (CRS).

II.2.1 TX_CLK и RX_CLK

PHY генерирует непрерывную стабильную прямоугольную волну с частотой 25 МГц, являющуюся источником тактового сигнала для TX_CLK и RX_CLK. "Создание пауз" или какие-либо другие методы переменного тактирования не используются.

Сдвиг частоты генерируемого такта должен быть контролируемым для того, чтобы иметь возможность использовать все стандартные реализации MAC.

II.2.2 TX_ER и RX_ER

TX_ER обычно используется в ситуациях, когда передатчик уровнем выше PHY зафиксировал состояние ошибки, но передача в настоящий момент идет. TX_ER показывает PHY, что текущий пакет является ошибочным и должен быть поврежден в кабельном канале, чтобы удостовериться в том, что приемник не примет данный пакет как действительный. Обычно данное условие применяется только к повторителям. Повторители не выполняют проверку на присутствие ошибок всего пакета. В случае DTE (иногда называемого "узлом") передатчик обычно гарантирует, что кадр является безошибочным, и в сигнале TX_ER нет необходимости. Поскольку G.9951/2 основан на топологии разводки кабелей типа "шина", повторители не предусмотрены и использования сигнала TX_ER не ожидается. Однако Физические уровни (PHY) G.9951/2 могут "захотеть" ответить на сигнал TX_ER.

RX_ER обычно используется в ситуациях, когда PHY обнаруживает в потоке приема ошибку в результате декодирования. PHY G.9951/2 может объявить (перевести в положение "Истина") данный сигнал в случае, если такое событие имело место.

II.2.3 TX_EN

TX_EN от MAC обеспечивает формирование кадров для пакета Ethernet. Состояние TX_EN "активно (Истина)" указывает, что данные PHY в TXD[3:0] следует дискретизировать с использованием TX_CLK.

II.2.4 TXD[3:0]

TXD[3:0] содержит данные, которые должны быть переданы, и синхронно сдвигается относительно TX_CLK. TXD[0] – младший значащий бит. В общем случае предполагается, что данные содержат кадр Ethernet правильного формата. Это означает, что первые биты TXD[3:0] соответствуют преамбуле, а далее следует SFD и оставшаяся часть кадра Ethernet (DA, SA, Длина/тип, данные, CRC).

PHY "открывает" преамбулу 802.3 в передачах MAC-PHY.

II.2.5 RX_DV

RX_DV объявляется PHY для того, чтобы указать, что PHY декодировал данные кадра для представления MAC.

II.2.6 RXD[3:0]

RXD[3:0] содержит данные, восстановленные со среды Физическим уровнем (PHY) и сдвигается синхронно относительно _CLK; RXD[0] является самым младшим битом. Предполагается, что PHY располагает кадром правильного формата, так что MAC будет представлена предполагаемая преамбула и SFD.

Тракты передачи данных TXD и RXD являются полнодуплексными, хотя мы и используем интерфейс МП в полудуплексном режиме. RX_DV никогда не объявляется одновременно с TX_EN.

II.2.7 CRS

По передаче PHY объявляет (переводит в положение "Истина") CRS через некоторое время после того, как TX_EN принимает значение "Истина", и сбрасывает (переводит в положение "Ложь") CRS после того, как TX_EN принимает значение "Ложь" и когда PHY готов принять следующий пакет. Когда CRS сбрасывается, MAC выжидает в течение IFG (0,96 микросекунды) и может снова объявить (перевести в положение "Истина") TX_EN, если нет пакета для отправки.

Это отличается от номинальной работы CRS в том, что CRS может продолжаться за границу конца пакета в течение произвольного периода времени, пока PHY получает доступ к каналу и передает пакет. См. Рисунок II.4.

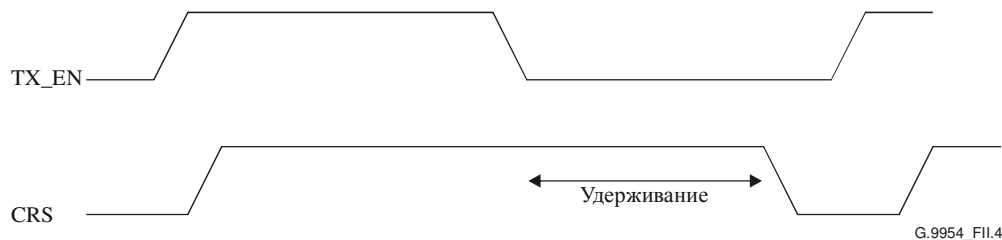


Рисунок II.4/G.9954 – Направление TX

MAC в режиме 100 Мбит/с не используют периоды ожидания контроля длительности сеанса передачи данных, поэтому никаких временных ограничений на то, сколько CRS может оставаться объявленным (в положении "Истина"), не накладывается (за исключением "санитарных" ограничений, которые может реализовывать PHY).

Передачи могут "врезаться" или начинать модулироваться по кабельному каналу, как только начинается передача, поскольку МП заполняет буфер PHY быстрее, чем нужно подготавливать данные для модулятора. Когда пакет прибывает на PHY, он пытается получить доступ к каналу, используя алгоритм CSMA/CD, как описано в п. 7. Этого может не случиться до тех пор, пока весь пакет полностью не будет передан по интерфейсу МП, и PHY потребует буферизировать как минимум одну MTU, для того чтобы осуществить эту адаптацию скорости.

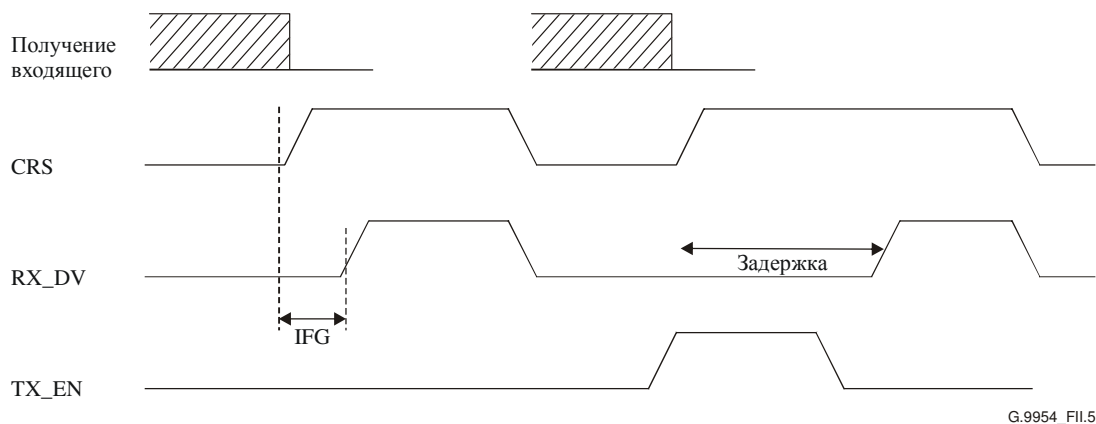


Рисунок П.5/G.9954 – Направление RX

По получении, когда PHY ожидает, что в наличии у него есть демодулированный пакет, он объявляет (переводит в положение "Истина") CRS, для того чтобы занять полудуплексный канал МП, выжидает короткий промежуток времени (один IFG), затем, возможно, задерживается до TX_EN (который может только быть объявленным) плюс IFG, и после этого объявляет RX_DV для передачи пакета. В конце передачи он сбрасывает (переводит в положение "Ложь") CRS во всех случаях, кроме тех, когда буфер передачи заполнен или есть еще один принятый пакет, готовый к передаче.

RX_DV не должен объявляться до тех пор, пока PHY не удостоверится, что весь пакет целиком готов к передаче на скорости 100 Мбит/с. Это подразумевает некоторую буферизацию на стороне получения для выполнения адаптации скорости. Когда начинается передача кадра МП, новые данные могут начать заполнять буфер, поскольку передача МП гарантированно будет "обгонять" передачу по кабельному каналу.

Необходимо, чтобы передачи в направлении получения (RX) имели больший приоритет по сравнению с передачами в направлении отправки (TX), для того чтобы удостовериться, что буфер опустошается быстрее, чем пакеты поступают по кабельному каналу. Самое большее, сколько приемнику необходимо ждать – это время, необходимое для передачи одного кадра TX плюс IFG (приблизительно 134 микросекунды). Однако кадры минимального размера могут поступать с пиковой частотой 1 кадр в 65 микросекунд, и буферу принимающей стороны придется вместить несколько кадров (но только незначительно больший объем, чем одна MTU данных).

П.2.8 COL

COL не используется. При данном способе управления интерфейсом МП со стороны PHY коллизий между передачами в направлении передачи и приема не происходит.

П.3 Уровень конвергенции G.9954 "вне чипа"

Интерфейсы с внешними MAC в G.9954 реализуются с помощью определяемых протоколом Уровней конвергенции. Отделение Уровня конвергенции от Канального и MAC подуровней G.9954 облегчает "адаптацию" внешних протоколов и реализаций интерфейсов к G.9954. Более того, это позволяет реализовывать решения "вне чипа", где логический блок Уровня конвергенции располагается в программном обеспечении драйвера локального узла. В такой среде, где требования к памяти более мягкие, Уровень конвергенции может использоваться для скрытия сложности интерфейса между внешними MAC и устройством G.9954.

В последующих пунктах описывается архитектура Уровня конвергенции "вне чипа" и то, как он может быть прозрачно встроен в среду программного драйвера, основанного на архитектуре NDIS или аналогичной. Обсуждение вопросов реализации интерфейса МП приводится ниже.

В конфигурациях, где сложность интерфейса ограничена или используются стандартные программные драйверы, выполнение функций Уровня конвергенции следует возложить на "промежуточный программный драйвер", работающий в операционной системе локального узла на уровне между "стандартным программным драйвером" и аппаратным интерфейсом. В такой конфигурации "промежуточному программному драйверу" следует отвечать за осуществление буферизации пакетов

и "формирование трафика" с тем, чтобы гарантировать, что пакеты доставляются аппаратной части со скоростью передачи данных, которая не превышает спецификации трафика активных потоков.

На Рисунке П.6 показана архитектурная модель уровня конвергенции G.9954, работающего "вне чипа" в "промежуточном программном драйвере":

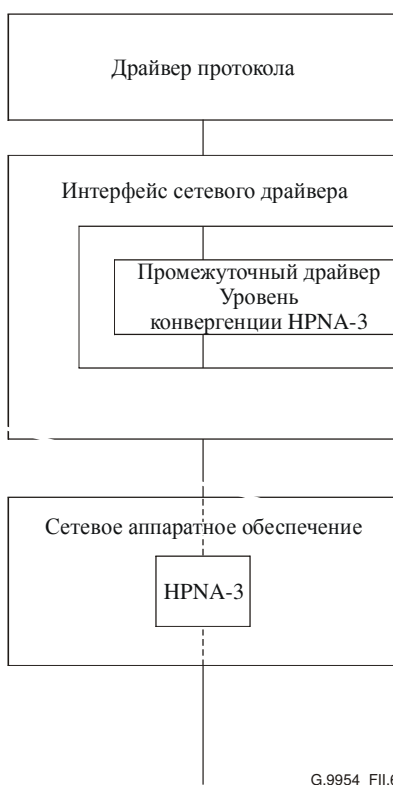


Рисунок П.6/G.9954 – Уровень конвергенции "вне чипа"

Данная модель подразумевает наличие Интерфейса сетевого драйвера, расположенного между Драйвером протокола (например, драйвером 802.3) и реальным сетевым аппаратным обеспечением. Она также подразумевает, что существует возможность взаимодействия Промежуточного программного драйвера и Интерфейса сетевого драйвера прозрачным способом, так, что все пакеты, достигающие Интерфейса сетевого драйвера, идущие от Драйвера протокола или Сетевое аппаратного обеспечения, перенаправляются через Промежуточный драйвер.

Модель Промежуточного драйвера удобна для осуществления следующих видов функций:

- Трансляция протоколов – Преобразование пакетов между форматами протоколов. Может включать таблицы преобразования и трансляции адресов и т. п.
- Фильтрация пакетов – Формировщик и/или планировщик трафика может быть использован для буферизации входящих пакетов и изменения порядка их доставки находящемуся ниже уровнем сетевому оборудованию.

При использовании данной модели встроенная логика Промежуточного программного драйвера позволяет сделать находящийся ниже уровнем интерфейс с чипом G.9954 простым и стандартным, как тот, что основан на интерфейсе МП. Пакеты, доставляемые на интерфейс МП, могут быть безопасно блокированы, если ресурсы памяти исчерпаны, поскольку алгоритмы формирования трафика гарантируют, что данные не будут доставлены на скорости, превышающей согласованную скорость активных потоков.

Модель драйвера NDIS (Спецификации интерфейса сетевого драйвера) соответствует описанной выше архитектуре.

Дополнение III

Сквозная архитектура

III.1 Стек протоколов G.9954 – G.9954

На Рисунке III.1 показан сквозной стек протоколов, включающий два взаимосвязанных устройства G.9954. Каждое устройство G.9954 имеет 48-битный адрес MAC. Каждый уровень протокола обменивается сообщениями протокола посредством виртуального канала связи с PHY PNT, подключенным физически по телефонной кабельной линии или кабельной сети.

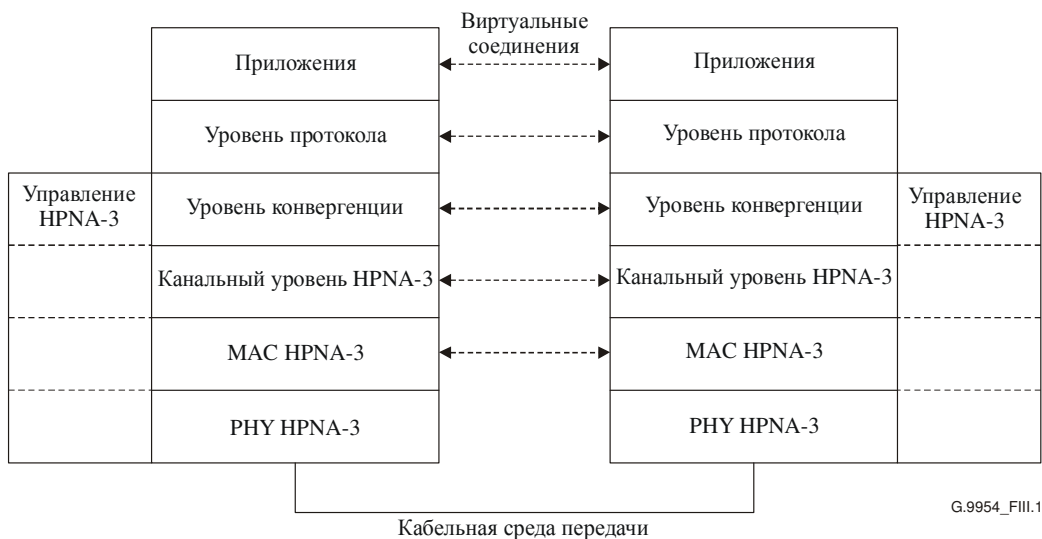


Рисунок III.1/G.9954 – Взаимосвязанные стеки протоколов G.9954

III.2 Интерфейс Ethernet-PNT

Ethernet является естественным транспортным протоколом сети PNT. Формат кадра PNT представляет собой расширенную версию формата кадра Ethernet и содержит PDU Ethernet полностью внутри кадра.

G.9954 может взаимодействовать с Ethernet в следующих конфигурациях:

- PHY Ethernet (Интерфейс MII);
- Мост Ethernet-PNT (Интерфейс MII);
- Встроенный MAC-PHY Ethernet (Сетевой адаптер PCI или аналогичный).

В первой конфигурации устройство G.9954 представляет интерфейс MII и маскируется под PHY Ethernet. Это позволяет поддерживать соединение без связующего звена с внешним чипом MAC Ethernet, как показано на Рисунке III.2.

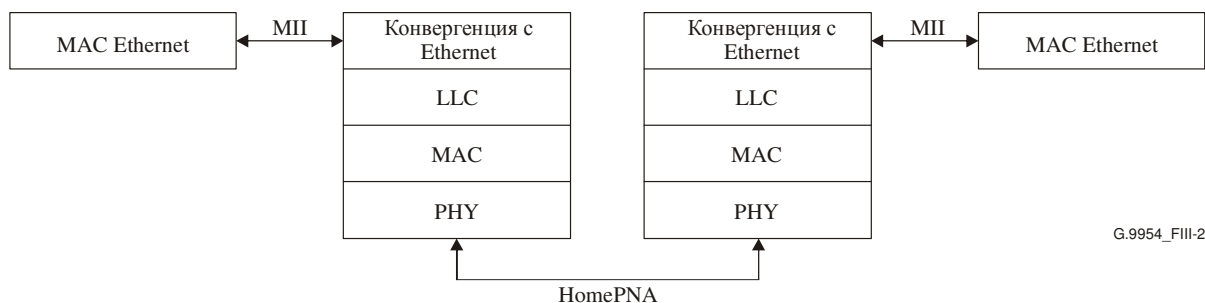


Рисунок III.2/G.9954 – Эмуляция PHY Ethernet

В следующей конфигурации устройство G.9954 предоставляет интерфейс МП к интегрированному "в чип" мосту MAC Ethernet. Данный интерфейс подходит для подключения к PHY Ethernet для построения моста Ethernet-PNT, как показано на Рисунке III.3:

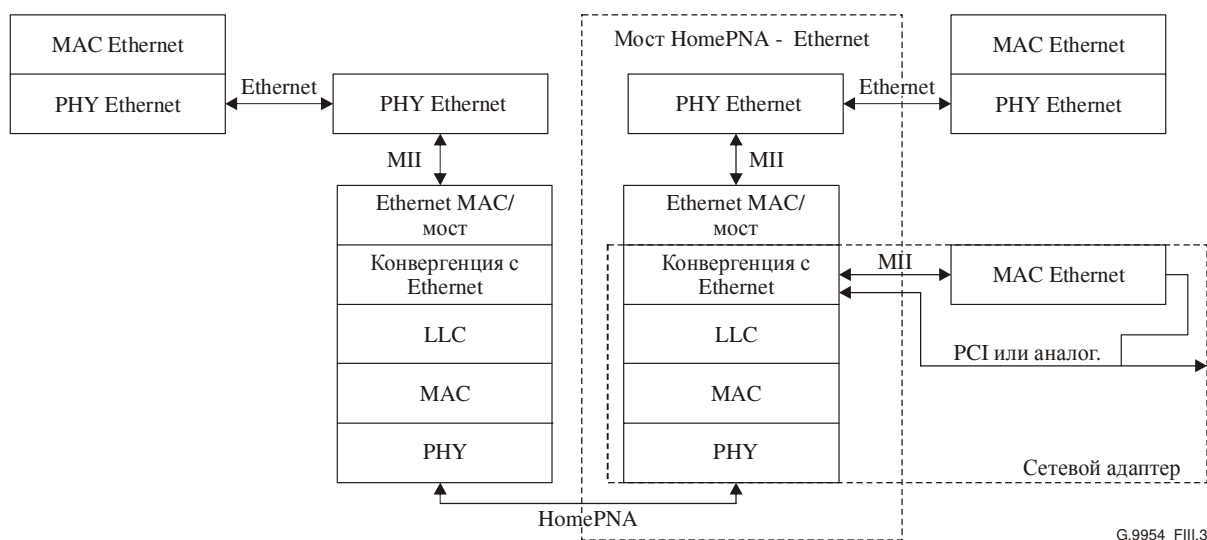


Рисунок III.3/G.9954 – Мост Ethernet-PNT и приложения сетевого адаптера

III.3 Стек протоколов USB – G.9954

Адаптер (защитный ключ) USB – G.9954 представляет собой устройство USB, которое предоставляет соединение G.9954 к локальной системе. В этом смысле оно обеспечивает те же возможности, что и сетевой адаптер (NIC), за тем исключением, что локальный ПК подключается к сети посредством последовательной шины USB, а не PCI.

USB отличается от сетевых протоколов, таких как Ethernet или IEEE 1394 в том смысле, что является не сквозным сетевым протоколом, а скорее протоколом шины, используемым для передачи данных и контрольной информации от локального узла устройству USB. Переданные данные, когда они поступают на устройство USB, извлекаются из своих оболочек USB, реконструируются в пакеты и передаются по сети PNT. Сами оболочки USB отбрасываются на конечной точке устройства USB.

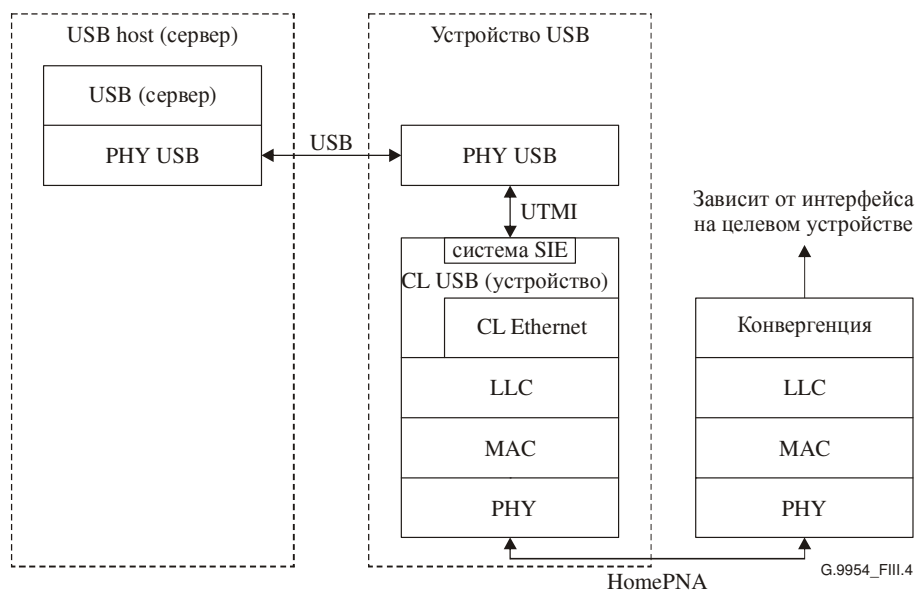


Рисунок III.4/G.9954 – Адаптер протокола USB – G.9954

III.4 Стек протоколов IEEE 1394 – G.9954

Рассматриваются два типа архитектур, соединяющих IEEE 1394 и G.9954:

- IEEE 1394 через G.9954;
- Мост IEEE 1394-G.9954.

В первом типе архитектуры устройство G.9954 представляет Интерфейс Канального уровня IEEE 1394 к стеку протоколов IEEE 1394, что позволяет приложениям IEEE 1394 работать через G.9954 прозрачным способом, так, как если бы они работали по реальному каналу передачи данных IEEE 1394 и уровню PHY. Это подразумевает, что Уровень конвергенции с IEEE 1394 реализует стандартные базовые элементы IEEE 1394 и преобразует данные базовые элементы в функции G.9954. Это показано на Рисунке III.5.

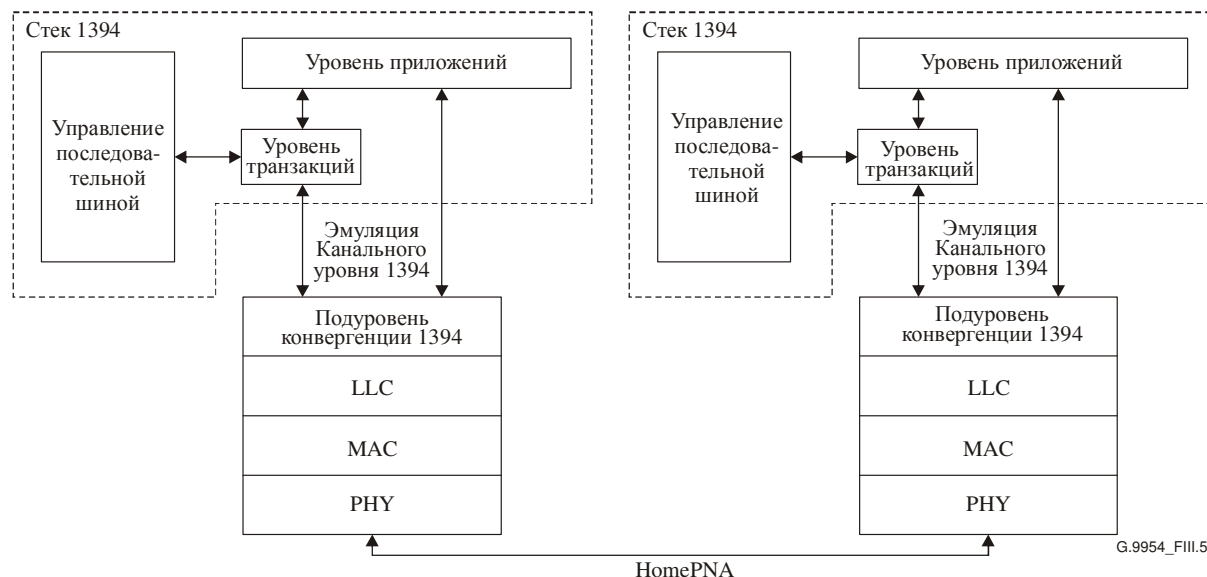


Рисунок III.5/G.9954 – Прозрачная работа IEEE 1394 через G.9954

Второй тип архитектуры используется для соединения шины IEEE 1394 с сетью G.9954 с применением стандарта P.1394.1 (см. [6]). В такой конфигурации Уровень конвергенции G.9954 содержит функции создания моста с IEEE 1394 для асинхронных и изохронных данных, дополнительно к описанному выше Уровню конвергенции IEEE 1394. Данная ситуация показана на Рисунке III.6.

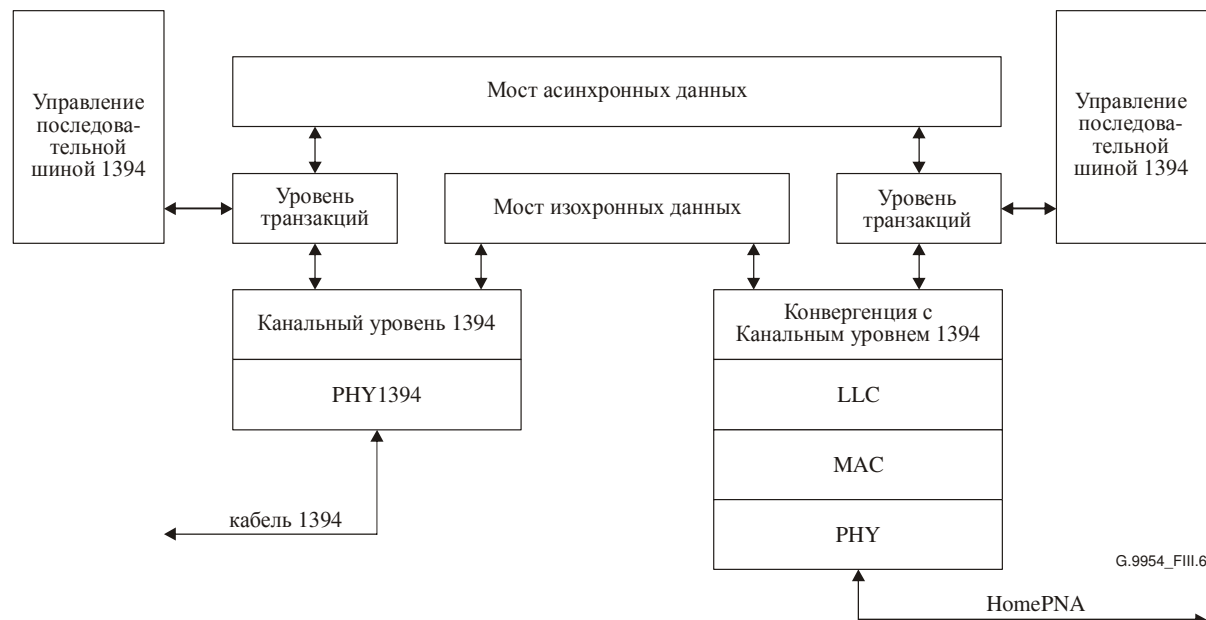


Рисунок III.6/G.9954 – Мост IEEE 1394 – G.9954

Детали данного протокола подлежат дальнейшему изучению.

III.5 Стек протоколов DOCSIS – G.9954

Стек протоколов для создания моста DOCSIS – G.9954, описанный ниже, основывается на Спецификации DOCSIS для Кабельных модемов, управляемых CPE, определенной в [4] и Спецификации Радиочастотного интерфейса DOCSIS, определенной в [5].

Первая спецификация подразумевает наличие устройства Кабельного модема, подключенного к Оборудованию в помещении потребителя (CPE) при помощи Физического уровня (PHY) 802.3/Ethernet, USB или PCI, который используется для прозрачной транспортировки кадров MAC 802.3 между кабельным модемом и устройствами CPE. Поскольку DOCSIS определена как система для прозрачной транспортировки трафика IP по кабельным каналам, интерфейс подразумевает, что создание моста между DOCSIS и другими протоколами, такими, как G.9954, осуществляется на уровне кадров MAC Ethernet/802.3. Данный случай показан на Рисунке III.7.

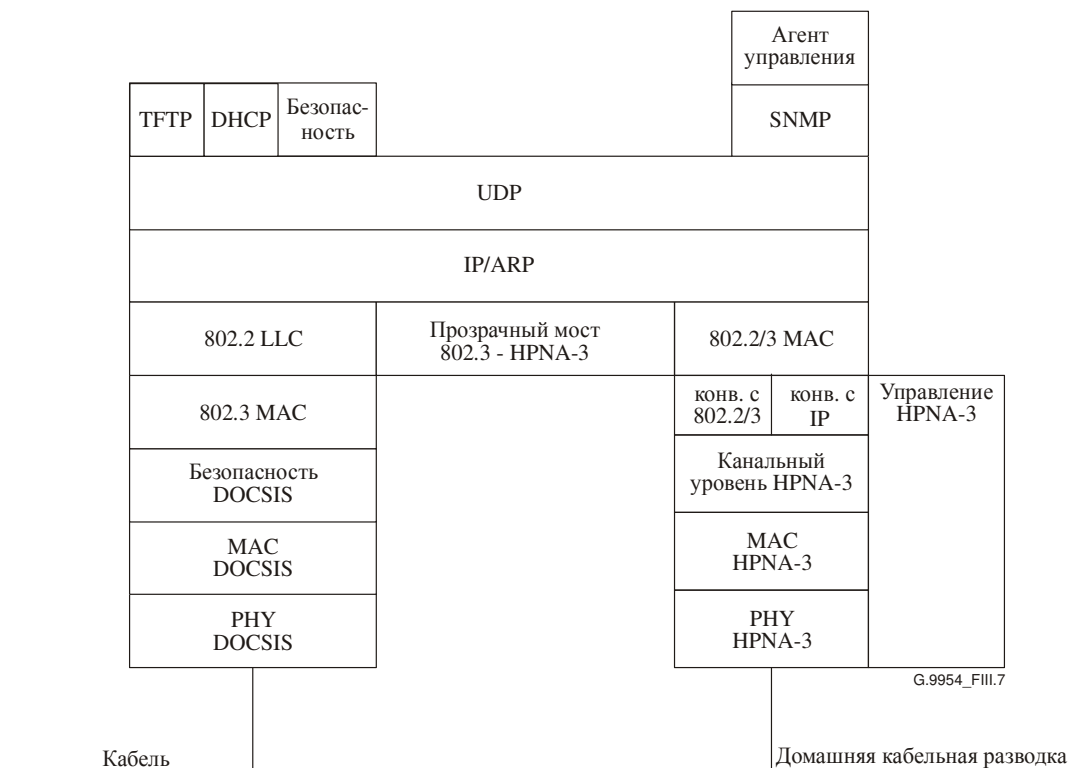


Рисунок III.7/G.9954 – Стек протоколов DOCSIS – G.9954

Дополнительная конфигурация включает прямой интерфейс с MAC DOCSIS. Этот интерфейс является интерфейсом более низкого, по сравнению с интерфейсом Ethernet/802.3, уровня, и предоставляет доступ к элементам Интерфейса обработки данных MAC DOCSIS, таким, как СИНХРОНИЗАЦИЯ ВЕДУЩИХ ЧАСОВ, СИНХРОНИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ КАНАЛА ДЛЯ ВОСХОДЯЩЕГО ТРАФИКА, которые могут быть использованы для синхронизации домашней сети G.9954 с внешней сетью DOCSIS. Данная ситуация показана на Рисунке III.8.

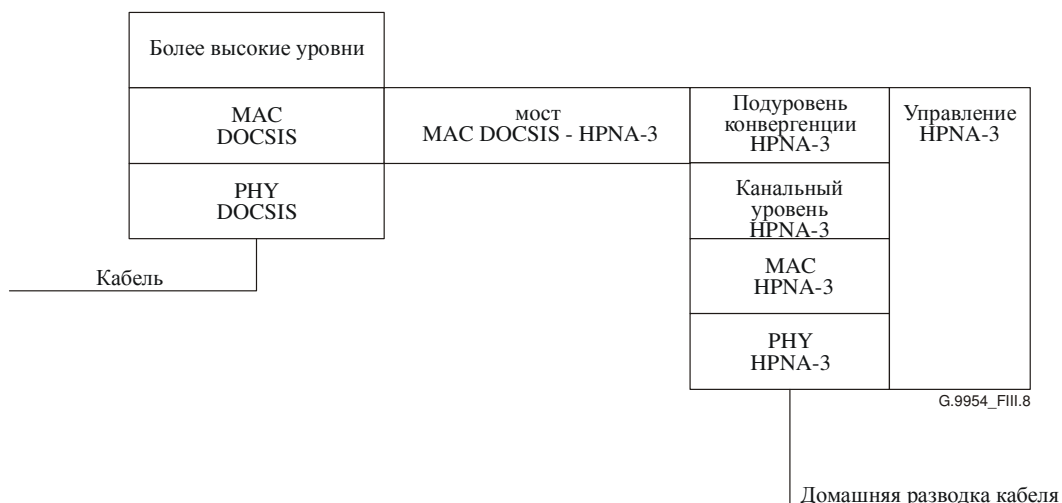


Рисунок III.8/G.9954 – Мост DOCSIS – G.9954

Дополнение IV

Сетевая синхронизация

Необходимость поддержки синхронизации с внешней сетью и протоколами объясняется типами услуг, доставляемых в домашнюю сеть и сетевыми технологиями и протоколами, используемыми для транспортировки этих услуг. Зная, что некоторые из этих услуг, такие, как передача голоса, видео- и аудиоинформации, являются по своей природе изохронными и чувствительны к задержкам и дрожанию, привносимым соединением сетей, а также к разнице частот тактовых генераторов у элемента-источника и элемента-получателя; технологии домашних сетей следует предоставлять возможности для синхронизации домашних и внешних сетей, с тем, чтобы сохранить качество доставляемых в домашнюю сеть услуг.

Предлагаемый протокол G.9954 поддерживает несколько встроенных механизмов, которые, будучи использованы вместе, поддерживают сквозную синхронизацию домашних сетей с внешней синхронной сетью и услугами. Данные механизмы и способы их взаимодействия описаны в следующих пунктах.

IV.1 Требования к синхронизации

Для того чтобы синхронизировать элементы, подключенные к домашней сети, с внешним источником или услугой, должны быть учтены следующие требования:

- Синхронизация частот дискретизации данных – Частоты тактовых генераторов (часов), используемых для выборки данных устройства-источника и устройства-получателя услуги должны быть синхронизированы для защиты от недогрузки или перегрузки данных.
- Синхронизация со справочными часами – Синхронизация часов с общим источником справочного времени может требоваться для того, чтобы оценивать относительное значение встречающихся в выбранных данных или управляющих сообщения протокола временных отметок.
- Синхронизация с выделенными временными слотами и предоставлениями ширины полосы пропускания (канала) – Для того чтобы снизить уровень запаздывания и дрожания, привносимых домашней сетью, необходимо синхронизировать выделение временных слотов в домашней сети слотами внешней сети, используемыми для доставки услуги. Требованием к синхронизации является выполнение условия, чтобы данным, поступающим в одну сеть, приходилось ждать минимальное количество времени перед тем, как получить доступ к другой сети.
- Качество обслуживания (QoS) – Механизмы QoS в сети требуются для того, чтобы гарантировать своевременный доступ к сети в соответствии с ограничениями QoS доставляемой услуги.
- Осведомленность о протоколах – Для того чтобы синхронизироваться с внешними протоколами, необходимо иметь определяемые протоколом знания об элементах, используемых для синхронизации, например, знания об услугах синхронизации часов (тактовых генераторов) в IEEE 1394 или синхронизации времени и информации о предоставлении временных слотов в DOCSIS.

IV.2 Модель сетевой синхронизации

На Рисунке IV.1 показаны механизмы, используемые для поддержки сквозной синхронизации с внешней сетью.

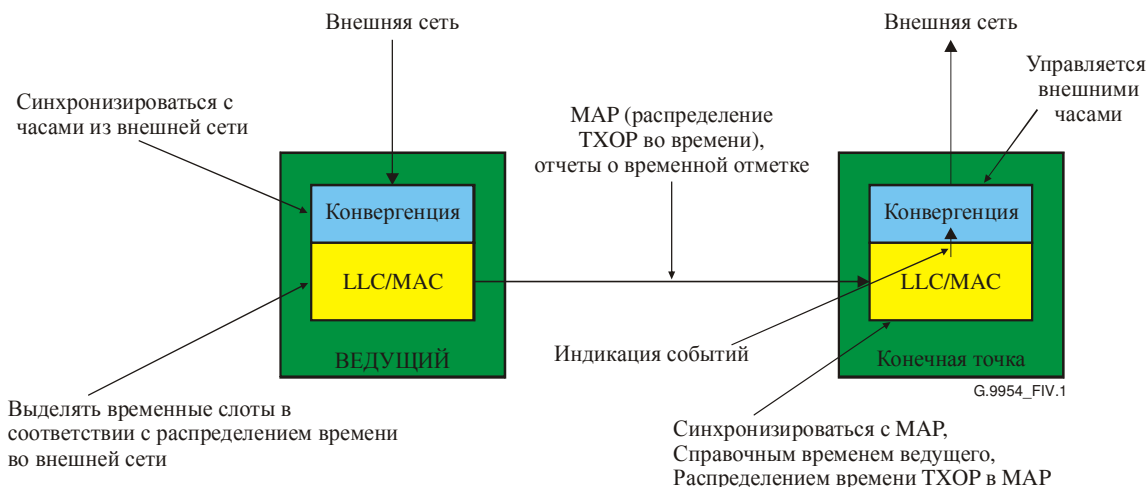


Рисунок IV.1/G.9954 – Модель сетевой синхронизации

Данная модель описывает сеть, состоящую из ведущего, подключенного к внешней сети, которая доставляет синхронные услуги, такие как телефонные или видеослужбы, и одного или нескольких устройств – конечных точек (ведомых), подключенных к ведущему в домашней сети.

В данной модели Уровень конвергенции на стороне ведущего обладает определяемыми протоколом знаниями о подключенной внешней сети и использует эти знания для получения справочного значения тактового генератора (часов) из внешней сети. Это может включать обработку определяемых протоколом сообщений, таких, как сообщения Синхронизации времени (SYNC) DOCSIS, или получение доступа к определяемым протоколом регистрам, которые реализуют услуги синхронизации тактовых генераторов (часов), как определено в IEEE 1394. Данная информация о распределении времени может быть использована для "управления" системными часами устройства G.9954 и синхронизации его справочного времени с аналогичным временем внешней сети. Это позволяет легко интерпретировать информацию о справочном времени, полученную из внешней сети, такую, как информация о временной отметке, в контексте домашней сети.

Далее от Уровня конвергенции требуется распознать наличие и распределение во времени предоставлений ширины полосы пропускания, временных слотов или каналов, связанных с транспортировкой услуги, и направить эти услуги в связанные потоки, созданные в домашней сети. Сообщения сигнализации протоколов, полученные из внешней сети и связанные с установкой доставленных услуг, могут быть использованы для получения параметров QoS в домашней сети. Потоки, создаваемые в домашней сети Уровнем конвергенции, создаются с использованием информации о QoS и распределении времени, полученной напрямую из внешней сети. Конкретнее, Уровень конвергенции предписывает управляющему шириной полосы пропускания блоку в стеке G.9954 выделять TXOP в такое время в синхронном цикле MAC, которое близко синхронизировано с предоставлениями ширины полосы пропускания во внешней сети. Это используется для контроля над запаздыванием и дрожанием для услуг.

Когда ведущий синхронизирован с внешней сетью и временные слоты (TXOP) синхронизированы с прибытием информации из внешней сети, из определенного для G.9954 протокола синхронизации естественным образом вытекает синхронизация конечных устройств. Конечные точки могут синхронизироваться с (синхронизированными) ведущими справочными часами, используя периодически распространяемые или Отчеты о временной отметке, или используя информацию, содержащуюся в периодическом сообщении MAP. Механизм Индикации событий может быть использован для оповещения Уровня конвергенции конечной точки о предполагаемом или реальном распределении во времени TXOP, предоставленных услуге. Для тех потоков, у которых для флага Индикация события временного слота установлено значение "Истина", MAC G.9954 оповещает (используя механизм прерываний или аналогичный) более высокий Уровень конвергенции о

планируемом прибытии предоставления временных слотов (ТХОР) или данных услуги. Данная индикация может использоваться для управления часами конечной точки и/или частотой дискретизации данных конечной точки.

Также возможна синхронизация с внешней сетью без синхронизации справочных часов или тактовых генераторов выборки. Если часы ведущего и внешней сети не синхронизированы, услуга может испытать воздействие MAXIMUM TRANSMISSION DELAY (максимальной задержки передачи), являющейся функцией длины цикла MAC, отталкиваясь от наихудших значений периода получения и запаздывания доступа к сети. Более того, недостаточная синхронизация времени прибытия данных (выборки) и выделенных ТХОР в домашней сети может привести к возникновению знакомого "пилообразного" профиля поведения запаздывания/дрожания, как показано на Рисунке IV.2.

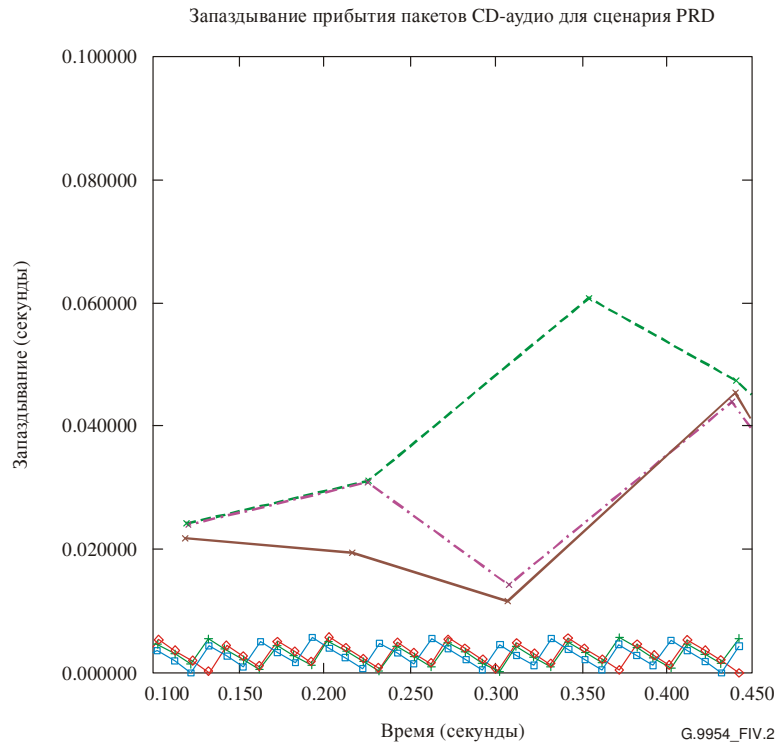


Рисунок IV.2/G.9954 – "Пилообразное" поведение запаздывания/дрожания

IV.3 Резюме по механизмам синхронизации

В Таблице IV.1 обобщается набор механизмов синхронизации, поддерживаемых предлагаемым протоколом G.9954.

Таблица IV.1/G.9954 – Обобщение механизмов синхронизации

Механизм синхронизации	Назначение
Синхронный протокол	Поддерживает синхронизацию с другими синхронными протоколами. Синхронизация конечной точки с ведущим.
Синхронизация часов (тактового генератора)	Синхронизация часов с общим источником справочного времени. Синхронизация частот дискретизации.
Индикация цикла MAC	Синхронизация внешних сетей или протоколов с циклом MAC.
Индикации событий временных слотов	Синхронизация с запланированным распределением TXOP во времени, используя информацию из MAP.
Снабжение данных потока временной отметкой	Снабжение данных временной отметкой с использованием справочных часов.
Контроль выделения временных слотов	Синхронизация выделения временных слотов в домашней сети с предоставлением временных слотов во внешней сети.
Уровень конвергенции протоколов	Поддерживает определяемую протоколом обработку методов синхронизации из внешних сетей.

Дополнение V

Поддержка потоков с Переменной битовой скоростью (VBR)

Потоки с переменной битовой скоростью (VBR) могут обрабатываться с использованием следующих стратегий выделения ширины полосы пропускания:

- Запрос ширины полосы пропускания для каждого цикла;
- UGS + Совместно используемые интервалы, доступные для передачи (TXOP);
- UGS + Явный запрос ширины полосы пропускания;
- UGS + Дополнительная ширина полосы пропускания.

V.1 Запрос ширины полосы пропускания для каждого цикла

Данный метод требует, чтобы запрос RTS осуществлялся в явном виде в каждом цикле. Запрашиваемая в каждом цикле ширина полосы пропускания является переменной и изменяется в соответствии с "поведением" потока услуги в том, что касается VBR.

Метод выделения ширины полосы пропускания хотя и является простым, может потребовать жесткого контроля в режиме реального времени для того, чтобы удостовериться, что конечный узел не нарушает ограничения по характеристикам скорости трафика и что ограничения QoS могут быть соблюдены.

V.2 UGS + Совместно используемые интервалы, доступные для передачи (TXOP)

Данный метод является подходящим, когда одновременно присутствуют несколько активных потоков VBR. Он наиболее уместен, если источником всех потоков VBR является одна и та же станция, т. е. между потоками услуг VBR нет конкуренции, хотя он может быть использован и тогда, когда потоки VBR исходят от разных станций.

Данный метод подразумевает, что группа потоков VBR совместно использует один интервал, доступный для передачи. Этот TXOP выделен как TXOP для типов услуг UGS (то есть явного RTS не требуется); однако ширина выделяемой полосы пропускания вычисляется как кумулятивная средняя битовых скоростей всех потоков, совместно использующих один и тот же TXOP.

Данный метод полагается на переменную природу потоков VBR. Он предполагает, что потоки VBR НЕ достигнут пиковой скорости все одновременно, а скорее суммарные требования к ширине полосы пропускания всех потоков VBR будут приблизительно равны кумулятивной средней их битовых скоростей.

Данный метод проиллюстрирован на Рисунке V.1.

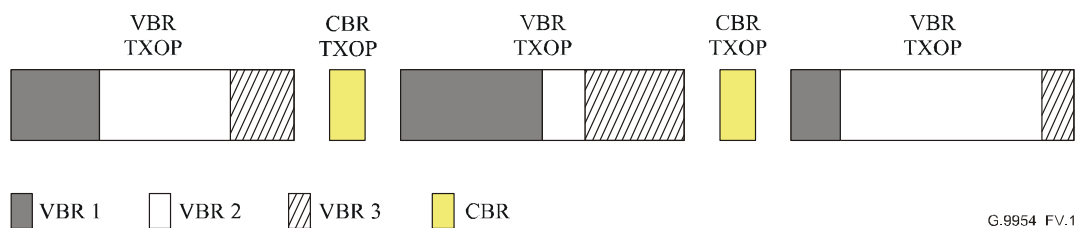


Рисунок V.1/G.9954 – Выделение ширины полосы пропускания потокам с переменной битовой скоростью(VBR)

V.3 UGS + Явный запрос ширины полосы пропускания

Описанный ниже метод (показан на Рисунке V.2) представляет собой комбинацию методов UGS и явного запроса ширины полосы пропускания. Поток VBR рассматривается как поток CBR, которому может случайно потребоваться дополнительная ширина полосы пропускания для обработки переменчивого трафика. Базовая скорость передачи данных, запрошенная для потока VBR, основывается на средней битовой скорости потока.

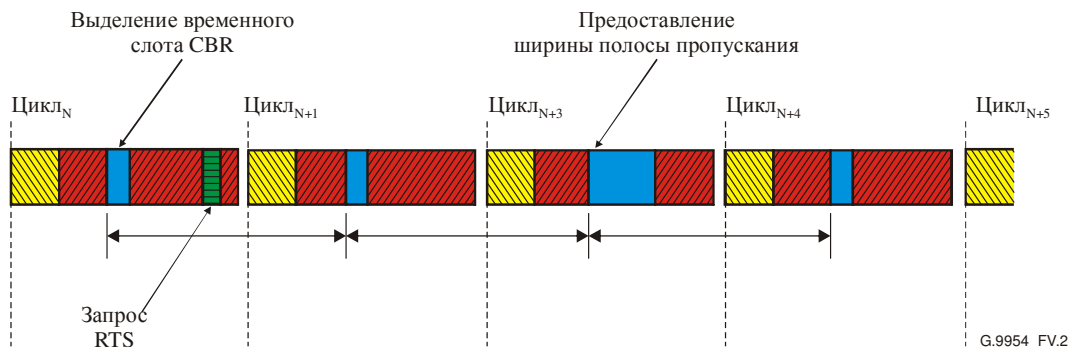


Рисунок V.2/G.9954 – VBR, используя CBR + Явный запрос ширины полосы пропускания

Выделение потоку VBR TXOP фиксированного размера эффективно формирует трафик, придавая ему форму Постоянной битовой скорости (CBR). Если у потока есть достаточный объем связанных буферов, для того чтобы "справиться" с "пакетированностью" ("насыщенностью пакетами") трафика, этого должно быть достаточно для того, чтобы "справиться" с переменным по своей природе характером битовой скорости потока без явных запросов ширины полосы пропускания. Однако если достаточного объема буферного пространства в наличии нет, конечный узел может осуществить явный запрос дополнительной ширины полосы пропускания, для того чтобы временно разгрузить "очередь" трафика, ожидающего обработки.

V.4 UGS + Дополнительная ширина полосы пропускания

Еще один метод работы с услугами VBR включает использование дополнительной (нераспределенной) ширины полосы пропускания для обработки пакетов трафика, которые превосходят скорость передачи, определенную TXOP с CBR, выделенными для данного потока. Данная ситуация показана на Рисунке V.3.

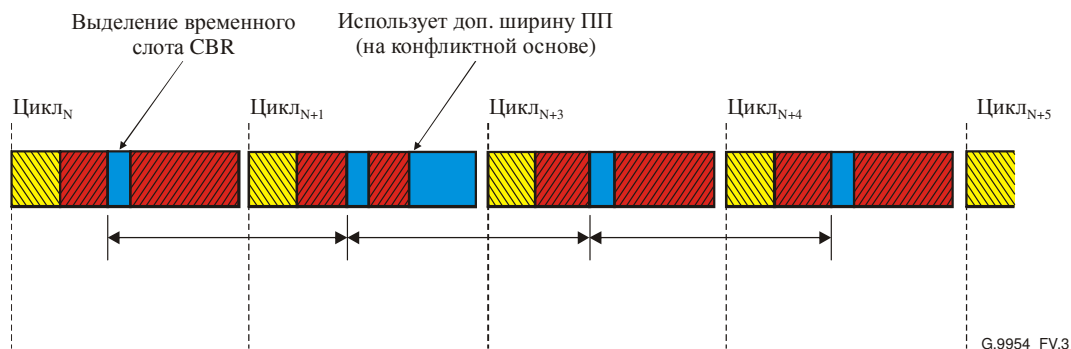


Рисунок V.3/G.9954 – VBR, используя CBR + Дополнительная ширина полосы пропускания

Дополнительная ширина полосы пропускания может также быть выделена TXOP услуги с VBR так, чтобы имелось достаточное количество дополнительного времени среды для передачи как минимум одного целого (дополнительного) пакета. Используя этот метод, ведущему-планировщику следует выделять чуть больше, чем требует Средняя битовая скорость, полагая, что дополнительная ширина полосы пропускания будет использоваться иногда для очистки очередей трафика.

Дополнение VI

Параметры качества обслуживания (QoS)

В рамках настоящей Рекомендации поддерживаются все услуги, описанные в Таблице VI.1. Дополнительно, одновременно данной Рекомендации следует поддерживать все услуги, описанные в Таблице VI.1.

Таблица VI.1/G.9954 – Требования QoS стандартных услуг¹

Услуга	Относительный приоритет	Скорость передачи полезной нагрузки МАС (на поток)	Определение полезной информации	Мин. к-во одновременных потоков	Макс. частота возникновения ошибок (BER)	Макс. запаздывание	Макс. дрожание
Голосовые услуги							
Высококачественная узкополосная голосовая телефония	Высокий	32–64 кбит/с	Голосовая полезная информация ^{a)}	8 ^{b)}	1e-6	5 миллисекунд номинальная; 10 миллисекунд макс.	±5 миллисекунд
Узкополосная голосовая телефония более низкого качества	От низкого до среднего	6–16 кбит/с	Голосовая полезная информация	8	1e-6	10 миллисекунд номинальная; 30 миллисекунд макс.	±10 миллисекунд
Критичные ко времени пакетные услуги (например, видеоконференции)	Высокий	4–13 кбит/с для голоса, 0,032–1,5 Мбит/с для аудио/видео	Голосовая полезная информация для голоса, Полезная информация MPEG-TS ^{c)} для аудио/видео	4 (2 разговора 2 потока на разговор)	1e-8	5 миллисекунд номинальная; 10 миллисекунд макс для полнодуплексных услуг	±5 миллисекунд

¹ Источник: CableLabs "Home Networking Requirements for Cable-Based Services," Vendor Release 1.0 dated June 9, 2000. Copyright Cable Television Laboratories, Inc. 2001. All rights Reserved. Reprinted with permission (except as noted).

Таблица VI.1/G.9954 – Требования QoS стандартных услуг¹

Услуга	Относительный приоритет	Скорость передачи полезной нагрузки MAC (на поток)	Определение полезной информации	Мин. к-во одновременных потоков	Макс. частота возникновения ошибок (BER)	Макс. запаздывание	Макс. дрожание
Высокоскоростные услуги передачи данных							
Услуги класса "Best effort"	Низкий	До максимальной скорости Физического уровня	Пакет данных ^{d)}	Нет	1e-6	500 миллисекунд	N/A
Услуги QoS (SLA ^{e)})	От среднего до высокого	10 Мбит/с	Пакет данных	2	1e-8	10 миллисекунд номинальная; 30 миллисекунд макс.	±10 миллисекунд
Потоки медиаинформации IP							
Стандартное аудио	От низкого до среднего	96–256 кбит/с	MPEG-TS	3	1e-6	200 миллисекунд	±20 миллисекунд
Аудио CD-качества	Средний	192–256 кбит/с (стерео)	MPEG-TS	3	1e-8	100 миллисекунд	±10 миллисекунд
Потоковое видео более низкого качества	От среднего до высокого	64–500 кбит/с	MPEG-TS	3	1e-6	100 миллисекунд	±10 миллисекунд
Аудио класса "Домашний кинотеатр" ^{f)}	Высокий	6 Мбит/с	MPEG-TS	1	1e-8	100 миллисекунд	±10 миллисекунд
Потоковое видео более высокого качества	Высокий	1,5–10 Мбит/с	MPEG-TS	1	1e-8	50 миллисекунд	±10 миллисекунд
Цифровой видеодиск ^{g)}		3,0–20 Мбит/с	MPEG-TS	2	1e-8	100 миллисекунд	±10 миллисекунд
Видео широковещательного качества							
SDTV	Высокий	3–7 Мбит/с		2	1e-8	90 миллисекунд номинальная	Межпакетное ±10 миллисекунд
HDTV	Высокий	19,68 Мбит/с		1	1e-8	90 миллисекунд номинальная	Межпакетное ±10 миллисекунд

- a) Голосовая полезная нагрузка: переменный размер в зависимости от кодека, при выборе которого учитывается "бюджет" сквозного запаздывания. Например, Кодирование G.711 (по закону μ) указывает кадры, состоящие из 4 выборок, где каждая аудиовыборка закодирована как 8-битное значение (т. е. 32 бита).
- b) Разработанный для данной технологии протокол должен иметь возможность поддерживать как минимум 4 конкурирующих устройства на линии в активном состоянии. В случае, если скорости сетевого соединения больше либо равны эквивалентам 10Base-T, протокол должен поддерживать 8 конкурирующих устройств в активном состоянии.
- c) MPEG-TS: Полезная нагрузка типа "аудио/видео" предполагает наличие Транспортного потока MPEG (TS) размером 188 байт.
- d) Пакет данных: Полезная нагрузка Ethernet, включая заголовки TCP/IP, но исключая заголовок Ethernet и CRC Ethernet.
- e) SLA в данном контексте обозначает "Соглашение уровня услуги" (Service Level Agreement) и относится к минимальному Качеству обслуживания, получение которого закреплено за услугой. В данном контексте SLA означает "Закрепленная скорость передачи информации".
- f) Аудио класса "домашний кинотеатр" включает в себе 5.1 одновременных каналов аудиоинформации. Отметим, что это не включено в документ CableLabs. Предполагается, что формат AC-3 Dolby Digital уплотняется в MPEG-2 TS.
- g) Цифровой видеодиск включает в себе 2 потока SDTV. Отметим, что это не включено в документ CableLabs.

Таблица VI.2/G.9954 – Требования QoS дополнительных стандартных услуг

Услуга	Относительный приоритет	Скорость передачи полезной нагрузки MAC на поток	Мин. к-во одновременных потоков	Макс. частота возникновения ошибок (BER)	Макс. запаздывание	Макс. дрожание
Голосовые услуги						
Высококачественная узкополосная голосовая телефония	Высокий	32–64 кбит/с	6 (3 разговора; 2 потока на разговор)	1e-6	5 миллисекунд номинальная; 10 миллисекунд макс.	±5 миллисекунд
Критичные ко времени пакетные услуги (например, видеоконференции)	Высокий	4–13 кбит/с для голоса, 0,032–1,5 Мбит/с для аудио/видео	2 (1 разговор; 2 потока на разговор)	1e-8	5 миллисекунд номинальная; 10 миллисекунд макс для полнодуплексных услуг	±5 миллисекунд
Высокоскоростные услуги передачи данных						
Услуги класса "Best effort"	Низкий	До максимальной скорости Физического уровня	Нет	1e-6	500 миллисекунд	Нет
Потоки медианформации IP						
Аудио CD-качества	Средний	192–256 кбит/с (стерео)	3	1e-8	100 миллисекунд	±10 миллисекунд
<i>Любая 2-х потоковая комбинация следующего:</i>						
Потоковое видео более высокого качества	Высокий	1,5–10 Мбит/с	1	1e-8	50 миллисекунд	±10 миллисекунд
Аудио класса "Домашний кинотеатр"	Высокий	6 Мбит/с	1	1e-8	100 миллисекунд	±10 миллисекунд
Цифровой видеодиск		3,0–20 Мбит/с	1	1e-8	100 миллисекунд	±10 миллисекунд
Видео широковещательного качества						
SDTV	Высокий	3–7 Мбит/с	2	1e-8	90 миллисекунд номинальная	Межпакетное ±10 миллисекунд
HDTV	Высокий	19,68 Мбит/с	1	1e-8	90 миллисекунд номинальная	Межпакетное ±10 миллисекунд

Дополнение VII

Тестовые профили одновременных приложений

Тестовый профиль 1 описывает домашнюю сеть, состоящую из Домашнего шлюза (RG), предоставляющего доступ к услугам телефонии и Интернет, и второй шлюз или сервер, предоставляющий доступ к услугам, связанным с видео. RG и, возможно, сервер Видео/ТВ подключены к широкополосным магистральным каналам. Более того, профиль домашней сети состоит из клиентов, которые потребляют широкополосные услуги, а также тех, которые взаимодействуют с равноправными устройствами напрямую в одной и той же домашней сети.

Требования к пропускной способности сети для Тестового профиля 1 приведены в Таблице VII.1. Предполагается, что конфигурация сети – "звезда", где каждое из устройств подключено 6-футовым кабелем (примерно 183 см).

Таблица VII.1/G.9954 – Требования к пропускной способности сети

Услуга	Количество	Скорость [Мбит/с]	Требования к пропускной способности
Высококачественный голос (HQ Voice, ВК голос)	6	0,064	0,384
Видеоконференция	2	1,5	3
"Best effort"	1	До физического предела	До физического предела
CD	3	0,256	0,768
SDTV	2	3	6
HDTV	1	19,68	19,68
Домашний кинотеатр	2	5,76	11,52
ВСЕГО			41,352

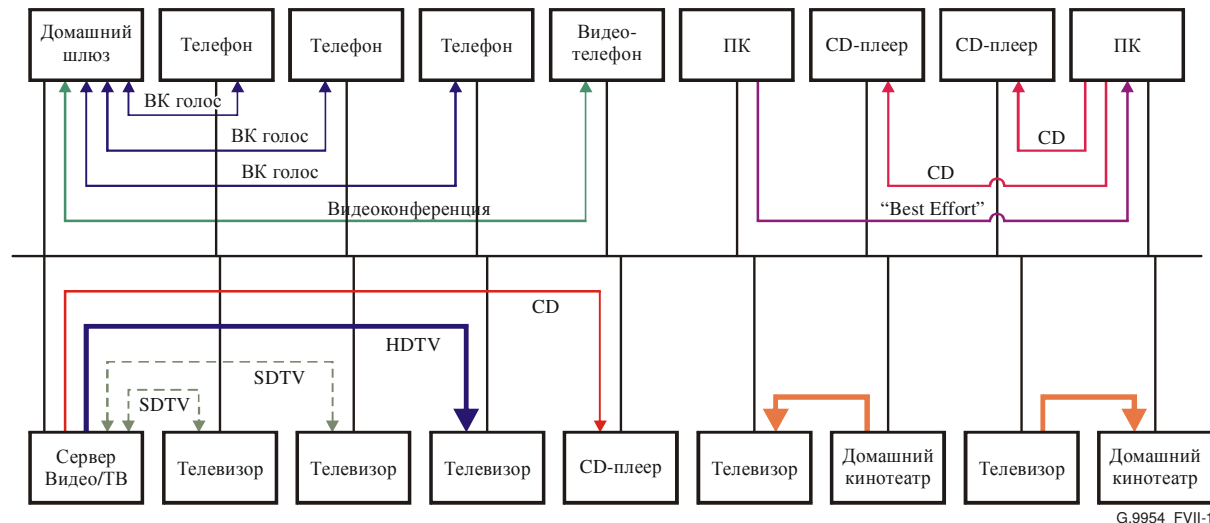


Рисунок VII.1/G.9954 – Тестовый профиль 1

Дополнение VIII

Руководящие принципы планирования доступа к среде передачи данных

Планирование доступа к среде передачи представляет собой деятельность по планированию, целью которой является создание Плана доступа к среде передачи (MAP), который удовлетворяет требованиям QoS всех конкурирующих потоков в сети. Алгоритм планирования выполняется полностью внутри ведущего узла и учитывает доступную ширину полосы пропускания среды и ограничения QoS всей сети.

Хотя спецификация алгоритмов планирования, используемых ведущим G.9954, выходит за рамки настоящей Рекомендации, предполагается, что ведущий-планировщик G.9954 поддерживает следующий базовый набор функциональных возможностей:

- Управление ресурсами;
- Выделение и назначение ресурсов среды;
- Управление размером пакета кадров;

- Управление длительностью цикла МАС;
- Формирование трафика и контроль над соблюдением политик;
- Контроль запаздывания и дрожания;
- Назначение стратегии управления коллизиями;
- Управление запросами ширины полосы пропускания;
- Создание MAP.

VIII.1 Управление ресурсами

Ведущему следует управлять информацией о состоянии относительно выделения ресурсов среды в домашней сети и поддерживать карту распределения, которая описывает выделенные и свободные ресурсы среды и их размеры. Карта распределения используется функцией Выделения ширины полосы пропускания при выполнении контроля допуска запросов услуг.

VIII.2 Выделение и назначение ресурсов среды

Если ведущий знает о доступности достаточных ресурсов среды для того, чтобы обслужить запрос ширины полосы пропускания, ему следует выделить ТХОП указанному потоку. Выделенный(е) ТХОП впоследствии описываются в MAP.

VIII.3 Управление размером пакета кадров

Для того чтобы использовать среду передачи более эффективно и снизить объем служебного трафика протокола, желательно объединять пакеты более высокого уровня, исходящие из одного источника, в один пакет (кадры) Физического уровня (РНУ). Длина пакета РНУ зависит от целого ряда факторов, таких как длина ТХОП, требования потока к запаздыванию, характеристики BER и т. п.

Ведущему-планировщику следует попытаться сконцентрировать ТХОП, назначенные одному и тому же источнику таким образом, чтобы конечная точка могла максимизировать длину пакета РНУ, при этом соблюдая ограничения QoS потока относительно запаздывания и дрожания.

VIII.4 Управление длительностью цикла МАС

В каждом кадре MAP явным образом указывается продолжительность (во времени) Плана доступа к среде передачи. Это предоставляет инфраструктуру для поддержки циклом МАС, которые имеют переменную длину и даже могут динамически изменяться от цикла к циклу.

Ведущий-планировщик отвечает за выбор подходящего размера цикла МАС. Руководящие принципы, используемые в процессе выбора, требуют, чтобы планировщик выбирал такую длину цикла, которая уравнивала бы требования периодичности активных потоков с учетом служебного трафика протокола, приносимого передачей кадра MAP.

VIII.5 Формирование трафика и контроль над соблюдением политик

Для того чтобы удостовериться в соответствии потока согласованным для него параметрам трафика, ведущему-планировщику следует формировать трафик таким образом, чтобы сеть не испытывала отрицательного воздействия, если источник трафика вдруг стал бы генерировать трафик ненадлежащим образом. Контроль соблюдения политик трафика и формирование трафика осуществляется путем выделения ТХОП таким способом, чтобы оно соответствовало спецификациям трафика.

Для конечного узла G.9954, который распределяет пакеты по ТХОП в соответствии с описанием в MAP, это естественным образом сформирует трафик конечного узла так, что он примет форму, предусмотренную ведущим. Это снижает потенциальную сложность конечных узлов путем централизации алгоритмов контроля соблюдения политик и формирования трафика в ведущем, а также позволяет гарантировать, что конечные узлы не генерируют трафик способом, нарушающим их соглашения.

VIII.6 Контроль запаздывания и дрожания

Ведущий-планировщик отвечает за осуществление контроля запаздывания и дрожания, гарантируя, что ТХОР выделяются потокам с требуемой частотой, размером и интервалом, что позволяет им соответствовать требованиям, предъявляемым к запаздыванию и дрожанию.

Рассмотрим два примера выделения ТХОР во времени (на Рисунке VIII.1), относительно времени прибытия пакетов от источника ввода. В Примере 1 ТХОР выделяются таким образом, что обеспечивают дрожание, равное нулю. В Примере 2 вариация запаздывания вызывает появление дрожания, как показано на Рисунке VIII.2.

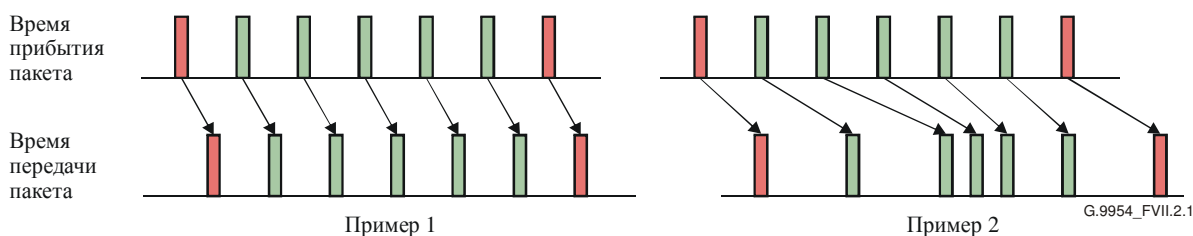


Рисунок VIII.1/G.9954 – Примеры запаздывания/дрожания

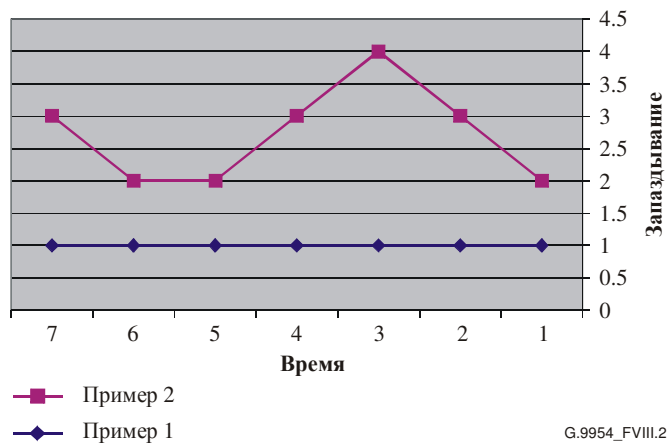


Рисунок VIII.2/G.9954 – График запаздывание/дрожание

VIII.7 Создание MAP

Результатом работы ведущего по планированию доступа к среде является кадр MAP. Ведущий отвечает за создание периодических контрольных кадров MAP, содержащих результаты выполнения процессов и принятия решений, описанных выше.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [4] Data-Over-Cable Service Interface Specifications – *Cable Modem to Customer Premise Equipment Interface Specification SP-CMCI-I05-001215, July 14, 2000.*
- [5] Data-Over-Cable Service Interface Specifications – *Radio Frequency Interface Specification, SP-RFIv1.1-I06-001215, December 15, 2000.*
- [6] P1394.1 *Draft Standard for High Performance Serial Bus Bridges, 0.16, March 29, 2001.*

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи