



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.984.3

(02/2004)

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

Цифровые участки и система цифровых линий –
Системы оптических линий для местных сетей
и сетей доступа

**Пассивные оптические сети с возможностью
передачи на гигабитных скоростях (G-PON):
Технические характеристики передачи
на уровне сходимости**

Рекомендация МСЭ-Т G.984.3

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 СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО РАДИОРЕЛЕЙНЫМ ИЛИ СПУТНИКОВЫМ ЛИНИЯМ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.500–G.599
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	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
Общие положения	G.900–G.909
Параметры волоконно-оптических кабельных систем	G.910–G.919
Цифровые участки с иерархическими скоростями на основе скорости 2048 кбит/с	G.920–G.929
Системы цифровых линий для передачи по кабелю с неиерархическими скоростями	G.930–G.939
Системы цифровых линий, создаваемые транспортными передачами FDM	G.940–G.949
Системы цифровых линий	G.950–G.959
Цифровые участки и цифровые системы передачи для абонентского доступа к ЦСИС	G.960–G.969
Подводные волоконно-оптические кабельные системы	G.970–G.979
Системы оптических линий для местных сетей и сетей доступа	G.980–G.989
Сети доступа	G.990–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.7000–G.7999
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.8000–G.8999

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

Рекомендация МСЭ-Т G.984.3

Пассивные оптические сети с возможностью передачи на гигабитных скоростях (G-PON): Технические характеристики передачи на уровне сходимости

Резюме

В данной Рекомендации приводится описание уровня сходимости передачи для пассивных оптических сетей с возможностью передачи на гигабитных скоростях – семейства гибких сетей доступа, которые могут обеспечить диапазон услуг широкополосной и узкополосной связи. Описываются системы, работающие на скоростях нисходящего потока 1,24416 и 2,48832 Гбит/с и скоростях восходящего потока 0,15552, 0,62208, 1,24416 и 2,48832 Гбит/с. Данная Рекомендация посвящена техническим характеристикам кадра сходимости передачи (GTC) гигабитной PON, сообщениям, методу определения дальности, функциональным возможностям OAM и защите.

Данная Рекомендация является неотъемлемой частью Рекомендаций МСЭ-Т серии G.984, которые все вместе устанавливают требования к единой согласованной совокупности систем передачи доступа.

Серия G.984 отличается от предыдущей серии G.983 главным образом тем, что в ней описываются более высокие линейные скорости. Вследствие этого различия серия G.984 рассматривает многие технические вопросы и возможности отличным от серии G.983 образом. Две эти системы не могут работать друг с другом.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.984.3 утверждена 22 февраля 2004 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2001–2004 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.

Всемирная ассамблея по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяет 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.

Соответствие положениям данной Рекомендации является добровольным делом. Однако в Рекомендации могут содержаться определенные обязательные положения (для обеспечения, например, возможности взаимодействия или применимости), и тогда соответствие данной Рекомендации достигается в том случае, если выполняются все эти обязательные положения. Для выражения требований используются слова "shall" ("должен", "обязан") или некоторые другие обязывающие термины, такие как "must" ("должен"), а также их отрицательные эквиваленты. Использование таких слов не предполагает, что соответствие данной Рекомендации требуется от каждой стороны.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на то, 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 извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для реализации 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 2005

Все права сохранены. Никакая часть данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких-либо средств без письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1	Область применения 1
2	Ссылки 1
3	Определения 2
4	Сокращения 3
5	Условные обозначения 8
5.1	ONT и ONU 8
5.2	Взаимосвязь между методом формирования кадров сервисных данных и GEM 8
5.3	Архитектура мультиплексирования 8
6	Архитектура системы G-PON 11
6.1	Архитектура сети 11
6.2	Эталонная конфигурация 11
6.3	Область распространения присоединяемых OLT и типы ONU 12
6.4	Функциональные блоки 13
6.5	Возможность совместной работы G-PON и B-PON 14
7	Обзор GTC 14
7.1	Обзор 14
7.2	Стек протоколов для плоскостей C/M 15
7.3	Стек протоколов для плоскости U 17
7.4	Функции ключа GTC 18
7.5	Функции подуровней в GTC 19
7.6	Потоки трафика и QoS 19
7.7	Технические характеристики DBA 21
8	Кадр TC GTC 22
8.1	Структура кадра нисходящего потока 24
8.2	Структура кадра восходящего потока 29
8.3	Размещение трафика в полезной нагрузке GTC 33
8.4	Сигнализация и конфигурация динамического распределения пропускной способности 36
9	Сообщения GTC 41
9.1	Формат сообщения PLOAM 41
9.2	Сообщения управления 42
10	Метод активизации 55
10.1	Обзор 55
10.2	Процедура активизации в ONU 56
10.3	Процедура активизации в OLT 70
10.4	Процедура измерения RTD 75

	Стр.
11	Контроль аварийных сигналов и качественных показателей 78
11.1	Аварийные сигналы..... 78
11.2	Контроль качественных показателей..... 84
12	Защита 85
12.1	Основная модель угроз..... 85
12.2	Система шифрования 85
12.3	Смена ключа и переключение 86
13	Упреждающая коррекция ошибок 87
13.1	Введение 87
13.2	ПИО нисходящего потока..... 88
13.3	ПИО восходящего потока 90
13.4	Блоки передачи для активизации ONU..... 93
14	Механизм транспортирования OMCI..... 93
14.1	Схема транспортирования OMCI 93
14.2	Режимы транспортирования 93
14.3	Упаковка дейтаграммы 94
14.4	Адаптер OMCI в ONU 94
14.5	Адаптер OMCI на управляющей станции 94
	Добавление I – Транспортирование трафика пользователя по каналам GEM 94
I.1	Размещение кадров GEM в полезной нагрузке GTC..... 94
I.2	Размещение ВРКв GEM 94
I.3	Размещение Ethernet в GEM
	Добавление II – Живучесть систем на основе GTC 96
	Добавление III – Декодирование с защитой от ошибок заголовка GEM 96
	Добавление IV – Обзор процедур активизации ONU 98
IV.1	Получение серийного номера во время состояния серийного номера (O4b) – Горячая сеть 98
IV.2	Процесс выравнивания мощности 100
IV.3	Процесс измерения RTD 102
IV.4	Процесс POPUP..... 104

Рекомендация МСЭ-Т G.984.3

Пассивные оптические сети с возможностью передачи на гигабитных скоростях (G-PON): Технические характеристики передачи на уровне сходимости

1 Область применения

Данная Рекомендация предназначена для:

- описания гибких сетей доступа с использованием волоконно-оптической технологии. Главным для сети, прежде всего, является поддержка услуг, в том числе услуг POTS, передачи данных, видеосигналов, арендованных линий и распределения;
- описания характеристик пассивной оптической сети (PON) с возможностью транспортирования информации для различных услуг между интерфейсом пользователь–сеть и сервисным интерфейсом узла;
- концентрации на вопросах применения оптического волокна. Вопросы металлических кабелей смешанных систем описываются в других местах, например в стандартах по технологии xDSL;
- охвата вопросов сходимости передачи (ТС) между сервисным интерфейсом узла и интерфейсом пользователь–сеть.
- рассмотрения технических характеристик для формата кадра, метода управления доступом к среде передачи, метода определения дальности, функциональных возможностей OAM и защиты в сетях G-PON.

2 Ссылки

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылки на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие ссылки могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других источников, перечисленных ниже. Список действующих на настоящее время Рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно. Ссылка на документ в данной Рекомендации не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [1] IEEE Standard 802.3-2002, *Information technology – Telecommunication and Information Exchange Between Systems – LAN/MAN – Specific Requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications.*
- [2] ITU-T Recommendation G.983.1 (1998), *Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON).*
- [3] ITU-T Recommendation G.983.4 (2001), *A broadband optical access system with increased service capability using dynamic bandwidth assignment (DBA).*
- [4] ITU-T Recommendation G.983.5 (2002), *A broadband optical access system with enhanced survivability.*
- [5] ITU-T Recommendation I.432.1 (1999), *B-ISDN user-network interface – Physical layer specification: General characteristics.*
- [6] ITU-T Recommendation I.361 (1999), *B-ISDN ATM layer specification.*
- [7] ITU-T Recommendation G.803 (2000), *Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH).*
- [8] ITU-T Recommendation G.704 (1998), *Synchronous frame structures used at 1544, 6312, 2048, 8448 and 44 736 kbit/s hierarchical levels.*

- [9] ITU-T Recommendation G.707/Y.1322 (2003), *Network node interface for the synchronous digital hierarchy (SDH)*.
- [10] ITU-T Recommendation G.984.1 (2003), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): General characteristics*.
- [11] ITU-T Recommendation G.984.2 (2003), *Gigabit-capable Passive Optical Networks (G-PON): Physical Media Dependent (PMD) layer specification*.
- [12] Federal Information Processing Standard 197, *Advanced Encryption Standard, National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, November 26, 2001*.

3 Определения

В данной Рекомендации определяются следующие термины:

3.1 широкополосная пассивная оптическая сеть (B-PON): Эти сети относятся к многим широкополосным оптическим системам передачи. Они могут обеспечивать прозрачное транспортирование любых типов данных, например речи, видеосигналов, IP-данных и т. д. B-PON способна переносить данные независимо от типа линейного кадра (то есть не только естественных кадров ATM, но также кадров HDLC, Ethernet и т. д.).

3.2 плоскость C/M: C/M плоскость обрабатывает информацию контроля и управления для системы G-PON. Данные на OMCI передаются через эту плоскость.

3.3 динамическое назначение пропускной способности (DBA): DBA представляет собой процесс, при котором ONU (и связанные с ними T-CONT) динамически запрашивают пропускную способность восходящего потока (либо косвенным образом, либо напрямую), и метод, которым, при контроле в OLT незанятых ячеек или процессе формирования сообщений о состоянии буфера от ONU к OLT, OLT соответствующим образом переназначает пропускную способность восходящего потока ONU.

3.4 встроенная OAM: Встроенная система OAM обеспечивает чувствительные к времени функциональные возможности OAM, состоящие из формирования грантов, изменения ключа защиты и функциональных возможностей, относящихся к DBA.

3.5 общая процедура формирования кадра (GFP): GFP представляет собой метод формирования кадра и упаковки, который можно применить для всех типов данных. Он стандартизован МСЭ-Т.

3.6 режим упаковки G-PON (GEM): GEM представляет собой метод, которым данные упаковываются для передачи через G-PON. Хотя упакованы могут быть все типы данных, фактические типы зависят от состояния услуги. GEM обеспечивает как ориентированную на соединение связь, так и ATM. Принцип и формат формирования кадра подобны GFP (общая процедура формирования кадра).

3.7 гигабитная пассивная оптическая сеть (G-PON): Эти сети относятся ко многим широкополосным оптическим системам передачи. Они могут транспортировать все типы данных при использовании функциональных возможностей ATM или GEM (режим G-PON с упаковкой).

3.8 подуровень формирования кадра GTC: Это часть уровня TC в G-PON. Он отвечает за опознание кадра и определение границ каждой части данных.

3.9 отсутствие формирования сообщений о состоянии DBA (NSR-DBA): NSR-DBA вызывает назначение пропускной способности, при этом не требуется сообщения от ONU. Однако он обеспечивает динамическое назначение при помощи контроля трафика самим OLT.

3.10 оптическая сеть доступа (OAN): Совокупность линий доступа, совместно использующих одни и те же интерфейсы сетевой стороны и поддерживаемых системами передачи оптического доступа. OAN может включать ряд ODN, присоединяемых к одному и тому же OLT.

3.11 оптическая распределительная сеть (ODN): ODN обеспечивает оптическое транспортирование между OLT и связанными с ним ONU. В ней используются пассивные оптические компоненты.

3.12 оптическое линейное окончание (OLT): OLT обеспечивает для OAN интерфейс сетевой стороны и присоединяется к одной или более ODN.

3.13 оптическое сетевое окончание (ONT): ONT обеспечивает для OAN интерфейс потребителя и присоединяется к одной ODN. ONT используется для FTTH и включает функцию порта пользователя. С точки зрения уровня TC G-PON ONT и ONU идентичны.

3.14 оптическое сетевое устройство (ONU): ONU обеспечивает (непосредственно или дистанционно) интерфейс стороны пользователя OAN и присоединяется к ODN. С точки зрения уровня TC G-PON ONT и ONU идентичны.

3.15 ОАМ физического уровня (PLOAM): Она обеспечивает функции управления PON, такие как определение дальности, активизация ONU, установление OMCC и передачу аварийных сигналов.

3.16 порт: Порт является элементом для мультиплексирования GEM в T-CONT. Для T-CONT задается один или более портов. Через порты передается информация между OLT и ONU. Порт соответствует VP/VC в ATM. Каждый порт идентифицируется ID-порта, установленного в GEM.

3.17 определение дальности: Определение дальности представляет собой способ измерения логического расстояния между каждым ONU и связанным с ним OLT и установления синхронизации передачи, так чтобы ячейки восходящего потока, передаваемые от различных ONU в одной и той же ODN, не сталкивались.

3.18 формирование сообщений о состоянии DBA (SR-DBA): SR-DBA обеспечивает назначение пропускной способности в соответствии с сообщением от ONU.

3.19 подуровень адаптации TC: Подуровень адаптации TC является частью уровня TC G-PON. Он отвечает за фильтрацию передаваемых данных в соответствии с VPI/VCI или идентификатором порта ID-port. Кроме того, для OMCI этот подуровень поглощает разницу между ATM и GEM на основе OMCI, чтобы обеспечить общий интерфейс для объекта OMCI.

3.20 контейнеры передачи (T-CONT): T-CONT используются для управления распределением пропускной способности восходящего потока в секции PON на уровне сходимости передачи. T-CONT используются прежде всего для улучшения использования в PON пропускной способности восходящего потока.

- T-CONT переносят VPC/VCC ATM и/или порт GEM и сообщают о состоянии своего буфера в связанные с ними OLT.
- T-CONT динамически принимают от OLT гранты, идентифицированные Аллос-ID.
- Одиночный T-CONT может переносить трафик ATM или GEM с услугами различных классов.
- T-CONT может накапливать одну или более физическую очередь и помещает их в один логический буфер.
- В сообщении о состоянии DBA-T-CONT суммируется состояние логического буфера этого T-CONT.
- T-CONT является транспортным объектом на уровне TC, который обеспечивает прозрачную передачу информации высшего уровня от входа к выходу.
- Информация, проходящая через T-CONT, не изменяется, кроме тех случаев, когда в процессе передачи возникают искажения.
- Грант информации связан с одним и только одним T-CONT. T-CONT физически встречаются в аппаратных и программных средствах ONU.

3.21 сходимость передачи (ТС): ТС размещается между физической средой и клиентами G-PON. Уровень ТС состоит из подуровня формирования кадра GTC и подуровня адаптации TC.

3.22 плоскость U: U-плоскость обрабатывает данные пользователя, проходящие через систему G-PON. U-плоскость обеспечивает связь между клиентами ATM или клиентами GEM.

4 Сокращения

В данной Рекомендации используются следующие сокращения:

AAL Уровень адаптации ATM

ABR	Доступная скорость передачи
AES	Усовершенствованный стандарт шифрования
AF	Функция адаптации
Alen	Длина (сегмента) ATM
Alloc-ID	Идентификатор распределения
AN	Узел доступа
ANI	Интерфейс узла доступа
APON	ATM через пассивную оптическую сеть
APS	Автоматическое защитное переключение
ATC	Возможности передачи ATM
ATM	Асинхронный режим передачи
AVC	Изменение значения атрибута
BCH	Код Боуэ-Чаудхури-Хоккенгема
КОБ	Коэффициент ошибок по битам
ПЧБ	Паритет чередующихся битов
Ш-ЦСИС	Широкополосная цифровая сеть с интеграцией служб
Blen	Длина BWmap
B-PON	Широкополосная пассивная оптическая сеть
BW	Пропускная способность
BWmap	Карта распределения пропускной способности
CBR	Постоянная скорость передачи
CES	Услуга эмуляции канала
CID	Последовательный идентичный символ
CPE	Фазовая ошибка ячейки
CPL	Изменение уровня мощности
CRC	Циклическая проверка по избыточности
DACT	Деактивизация (ONU-ID)
DBA	Динамическое назначение пропускной способности
DBR	Детерминистическая скорость передачи
DBRu	Сообщение о динамической пропускной способности восходящего потока
DF	Деактивизация отказа
DG	"Угасающее дыхание"
DIS	Не задействован (серийный номер ONU)
DOW	Дрейф окна
DS	Нисходящий поток (от станции к линии)
DSL	Цифровая абонентская линия
EMS	Система управления элементами

E/O	Электрический/оптический
EqD	Задержка для выравнивания
ПИО	Прямое исправление ошибок
FTTB	Доведение оптического волокна до здания
FTTB/C	Доведение оптического волокна до здания/колодца
FTTBbusiness	Доведение оптического волокна до офиса
FTTC	Доведение оптического волокна до колодца
FTTCab	Доведение оптического волокна до шкафа
FTTH	Доведение оптического волокна до пользователя
GEM	Метод упаковки G-PON
GFR	Гарантированная скорость передачи кадров
GPM	Физическая среда G-PON (зависимая))
G-PON	Гигабитная пассивная оптическая сеть
GTC	Сходимость передачи G-PON
HEC	Контроль ошибок заголовка
IP	Межсетевой протокол (IP)
ЦСИС	Цифровая сеть с интеграцией служб
ЛВС	Локальная вычислительная сеть
LCD	Потеря границ ячейки
LCDA	Потеря границ канала для ATM
LCDG	Потеря границ канала для GEM
LCF	Поле управления лазером
LIM	Линейный интерфейсный модуль
LOA	Потеря подтверждения
LOAM	Потеря OAM
LOF	Потеря кадра
LOS	Потеря сигнала
МЗБ	Младший значимый бит
LT	Линейное оконечное оборудование (терминал)
MAC	Управление доступом к физическим средствам соединения
ME	Управляемый объект
MEM	Сообщение об ошибке сообщения
MIB	Информационная база управления
MIS	Несоответствие (линии)
СЗБ	Старший значимый бит
NMS	Система управления сетью
NRZ	Без возврата к нулю

NSR	Нет формирования сообщений о состоянии
CO	Сетевое окончание
O/E	Оптический/электрический
OAM	Эксплуатация, управление и техническое обслуживание
OAN	Оптическая сеть доступа
ODF	Оптическая распределительная стойка
ODN	Оптическая распределительная сеть
OLT	Оптическое линейное окончание
OMCC	Канал контроля и управления ONU
OMCI	Интерфейс контроля и управления ONU
ONT	Оптическое сетевое окончание
ONU	Оптическое сетевое устройство
ONU-ID	Идентификатор ONU
OpS	Операционная система
PCBd	Физический блок управления нисходящего потока
PCR	Пиковая скорость передачи ячеек
PDU	Блок данных протокола
PDH	Плездохронная цифровая иерархия
PEE	Ошибка физического оборудования
PHY	Физический интерфейс
Plend	Длина полезной нагрузки нисходящего потока
PLI	Индикатор длины полезной нагрузки
PLOAM	ОАМ физического уровня
PLOAMd	PLOAM для нисходящего потока
PLOAMu	PLOAM для восходящего потока
PLOu	Заголовок физического уровня восходящего потока
PLSu	Последовательность выравнивания мощности восходящего потока
PMD	Зависимый от физической среды
PON	Пассивная оптическая сеть
Port-ID	Идентификатор порта
POTS	Обычная аналоговая телефонная служба
PRBS	Псевдослучайная двоичная последовательность
PST	Трасса секции PON
КТСОП	Коммутируемая телефонная сеть общего пользования
Psync	Физическая синхронизация
PTI	Индикатор вида полезной нагрузки
QoS	Качество обслуживания

RAU	Блок доступа к запросу
RDI	Индикация дефекта на дальнем конце
REI	Индикация ошибки на дальнем конце
RMS	Среднеквадратический
RS	Код Рида-Соломона
RTD	Задержка за счет распространения в прямом и обратном направлении
RXCF	Поле управления приемником
SBR	Статистическая скорость передачи
SCR	Усредненная скорость передачи ячеек
SD	Ухудшение сигнала
СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
СБД	Сервисный блок данных
SF	Отказ сигнала
SN	Серийный номер
SNI	Сервисный интерфейс узла
SR	Формирование сообщения о состоянии
SUF	Отказ запуска
TC	Конвергенция передачи
T-CONT	Контейнер передачи
МДВР	Многократный доступ с временным разделением
ОО	Оконечное оборудование
TF	Отказ передатчика
UBR	Неопределенная скорость передачи
UNI	Интерфейс пользователь–сеть
UPC	Управление параметрами использования
US	Восходящий поток (от линии к станции)
ПСП	Переменная скорость передачи
ВК	Виртуальный канал
VCC	Соединение виртуальных каналов
VCI	Идентификатор виртуального канала
VP	Виртуальный тракт
VPC	Соединение виртуальных трактов
VPI	Идентификатор виртуального тракта
WDM	Уплотнение по длинам волн

5 Условные обозначения

Информация, на которую даются ссылки в данной Рекомендации, для лучшей читаемости приводится, как указано в следующих подразделах.

5.1 ONT и ONU

ONT и ONU определены в разделе 4/G.983.1. Однако с точки зрения функциональных возможностей уровня TC G-PON они идентичны. В данной Рекомендации при указании на эти понятия используется слово "ONU", за исключением случаев, когда имеются специальные пометки.

5.2 Взаимосвязь между методом формирования кадров сервисных данных и GEM

GEM (метод упаковки G-PON) с точки зрения структуры кадра подобен другим методам формирования кадров сервисных данных. Однако GEM встраивается в секцию PON и не зависит от типа SNI на OLT или типов UNI на ONU, как показано на рисунке 5-1.

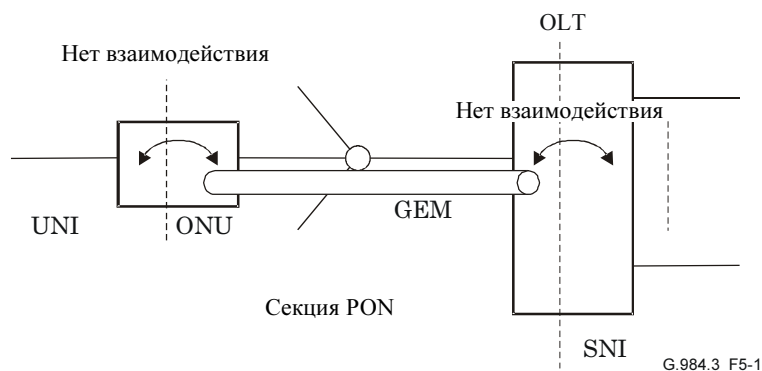


Рисунок 5-1/G.984.3 – Встроенный GEM

5.3 Архитектура мультиплексирования

В данной Рекомендации приводятся два механизма мультиплексирования: на основе ATM и на основе GEM. Эти принципы иллюстрируются на рисунках 5-2 и 5-3.

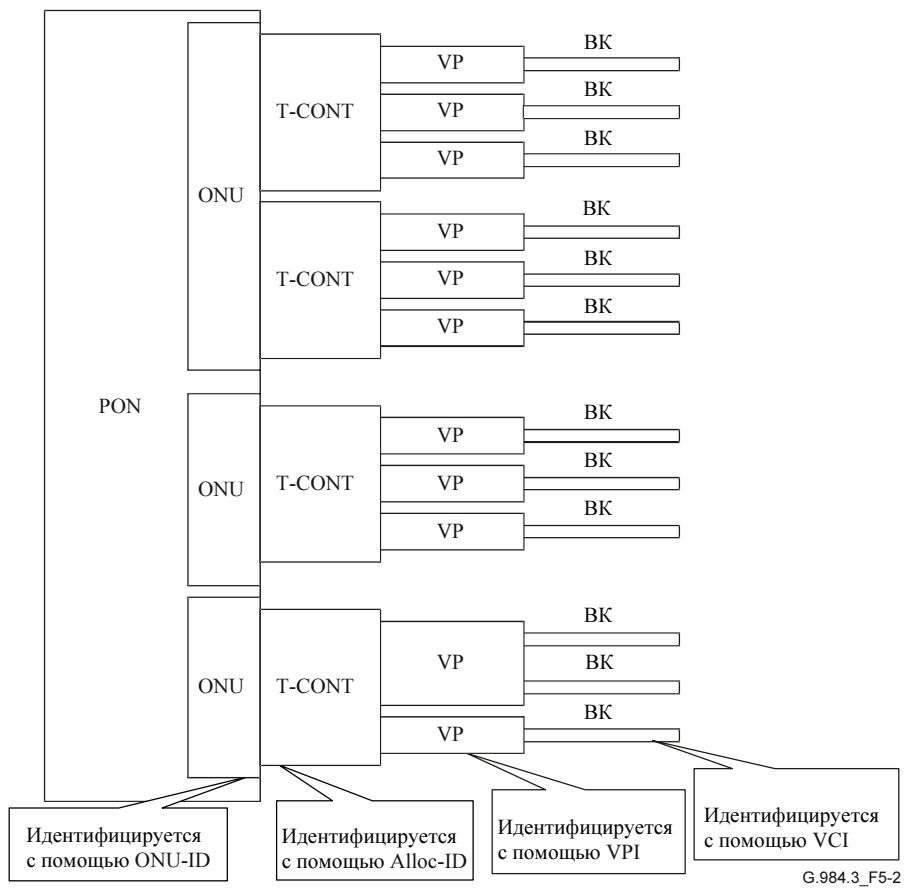


Рисунок 5-2/G.984.3 – Мультиплексирование в режиме АТМ

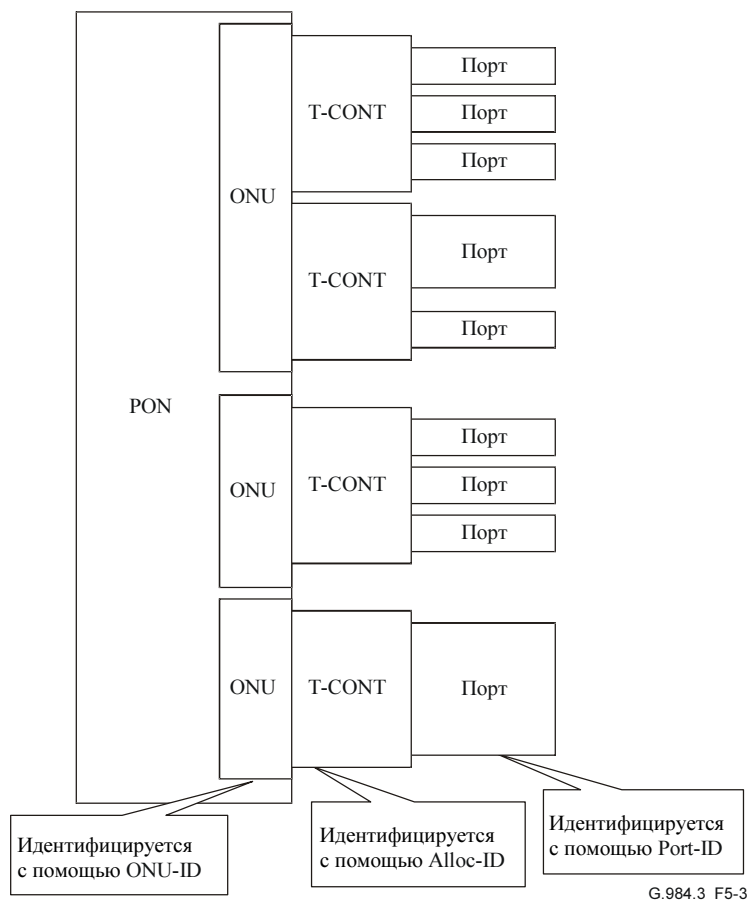


Рисунок 5-3/G.984.3 – Мультиплексирование в режиме GEM

На уровне TC G-PON T-CONT, который идентифицируется с помощью Alloc-ID, является основным блоком управления. Для мультиплексирования потоков трафика, проходящего в режиме GEM через T-CONT, используется концепция порта, который идентифицируется с помощью Port-ID. Для мультиплексирования потоков трафика в режиме ATM используются концепции организации виртуальных трактов/виртуальных каналов, идентифицируемых VPI/VCI.

Кроме того, возможны смешанные конфигурации двух режимов, как показано на рисунках 5-4 и 5-5.

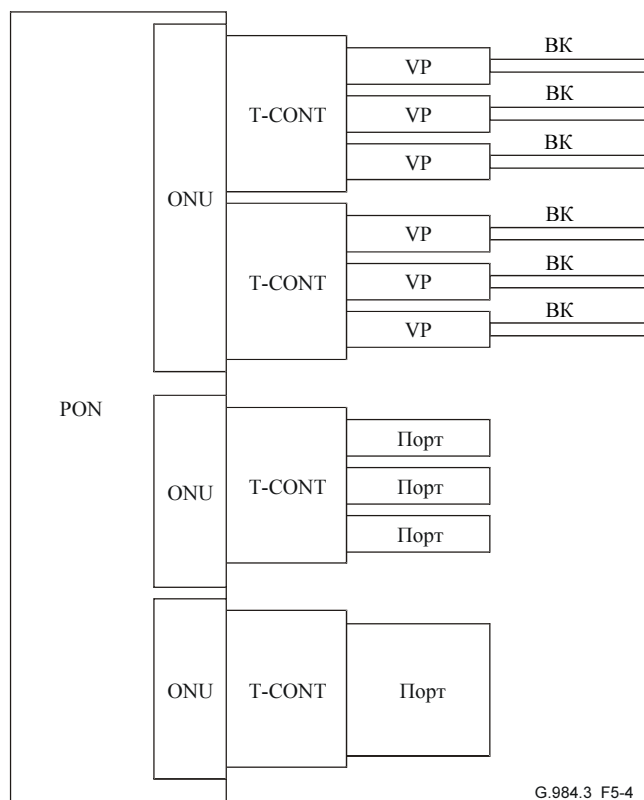


Рисунок 5-4/G.984.3 – Смешанное мультиплексирование в одной PON

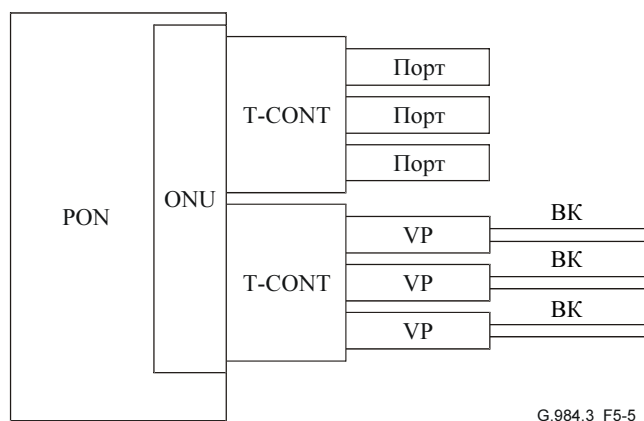


Рисунок 5-5/G.984.3 – Смешанное мультиплексирование в одном ONU

6 Архитектура системы G-PON

6.1 Архитектура сети

Архитектура G-PON такая же, как в случае В-PON, что определено в подразделе 5.1/G.983.1.

6.2 Эталонная конфигурация

Эталонные точки такие же, как в случае В-PON, что определено в подразделе 5.2/G.983.1. Специфическая информация для системы G-PON согласно Рекомендации МСЭ-Т G.984.1 приводится ниже.

Система G-PON поддерживает следующие асимметричные скорости передачи:

0,15552 Гбит/с в восходящем направлении, 1,24416 Гбит/с в нисходящем направлении;

0,62208 Гбит/с в восходящем направлении, 1,24416 Гбит/с в нисходящем направлении;
 1,24416 Гбит/с в восходящем направлении, 1,24416 Гбит/с в нисходящем направлении;
 0,15552 Гбит/с в восходящем направлении, 2,48832 Гбит/с в нисходящем направлении;
 0,62208 Гбит/с в восходящем направлении, 2,48832 Гбит/с в нисходящем направлении;
 1,24416 Гбит/с в восходящем направлении, 2,48832 Гбит/с в нисходящем направлении;
 2,48832 Гбит/с в восходящем направлении, 2,48832 Гбит/с в нисходящем направлении.

Однако эта система не может обеспечить взаимное соединение на скоростях 0,15552 и 0,62208 Гбит/с для восходящего и/или нисходящего потока и скорости 1,24416 Гбит/с для нисходящего потока, определенных в технических характеристиках В-PON.

На рисунке 6-1 показана конфигурация системы G-PON, которая состоит из OLT, нескольких ONU, оптического разветвителя и оптического волокна. Оптическое волокно, соединенное с OLT, разветвляется в оптическом разветвителе на много волокон, число которых может достигать 64, и эти волокна присоединяются к разным ONU. Зависимый от физической среды уровень, используемый для G-PON, определен в Рекомендации МСЭ-Т G.984.2.

На уровне ТС G-PON логический предел досягаемости определен как 60 км, в то время как максимальная разница расстояний между самым дальним и самым близким ONU составляет 20 км. Эта разница ограничивается таким образом, чтобы величина окна при определении дальности не превышала значения, которое определяется качеством соответствующей услуги. Что касается коэффициента разделения, то ожидается, что в будущем при совершенствовании оптических модулей уровень ТС будет поддерживать число разделений до 128.

G-PON поддерживает все услуги, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.984.1. GTC поддерживает транспортирование тактового сигнала 8 кГц и, кроме того, опорного сигнала 1 кГц, обеспечиваемого OLT по направлению к ONU при помощи сигнала управления. Имеется функция живучести G-PON, которая повышает надежность сетей доступа и является дополнительной (необязательной), как описано в Рекомендации МСЭ-Т G.984.1. Поэтому уровень ТС транспортирует информацию PST. Из-за групповой природы PON для кадров нисходящего потока на уровне ТС требуется некоторый механизм защиты.

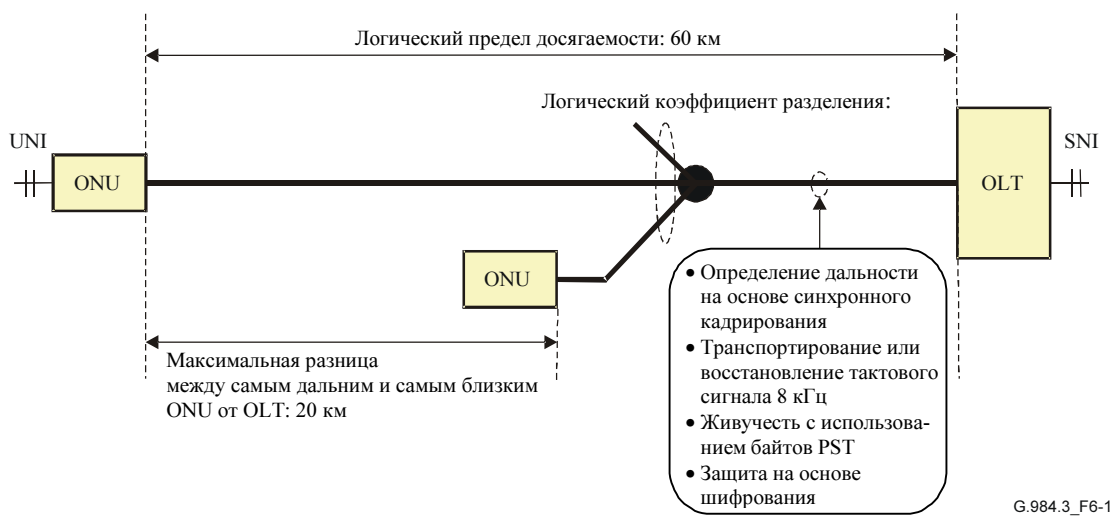


Рисунок 6-1/G.984.3 – Конфигурация системы G-PON

6.3 Область распространения присоединяемых OLT и типы ONU

OLT и ONU подразделяются на несколько типов, таких как оборудование ATM, GEM и оборудование с двойным режимом. Данная Рекомендация позволяет использовать все типы оборудования; однако комбинации этих типов следует рассматривать с точки зрения работоспособности. В таблице 6-1 показаны все комбинации, и символом "X" указаны комбинации работающего между собой оборудования. Они не обязательно поддерживают режимы OLT и ONU, а возможность совместной работы будет определяться для конкретной реализации при установке на сеть.

Таблица 6-1/G.984.3 – Область распространения поддерживаемых режимов в OLT и ONU

		OLT		
		GEM	Двойной	АТМ
ONU	GEM	X	X	Не применяется
	Двойной	X	X	X
	АТМ	Не применяется	X	X

6.4 Функциональные блоки

Система G-PON состоит из трех компонентов: OLT, ONU и ODN. В этом подразделе приводятся типовые указания по конфигурации каждого компонента.

6.4.1 Оптическое линейное окончание (OLT)

OLT присоединяется к коммутируемой сети через стандартные интерфейсы. На стороне распределения оно представляет оптические интерфейсы доступа в соответствии с данной Рекомендацией и другими стандартами G-PON с точки зрения скорости передачи, бюджета мощности, фазового дрожания и т. д.

OLT состоит из трех основных частей:

- функции интерфейса сервисного порта;
- функции кроссовых соединений;
- интерфейса оптической распределительной сети (ODN).

Основные образующие OLT блоки будут описаны в следующих разделах. На рисунке 6-2 изображена типичная функциональная блок-схема OLT.

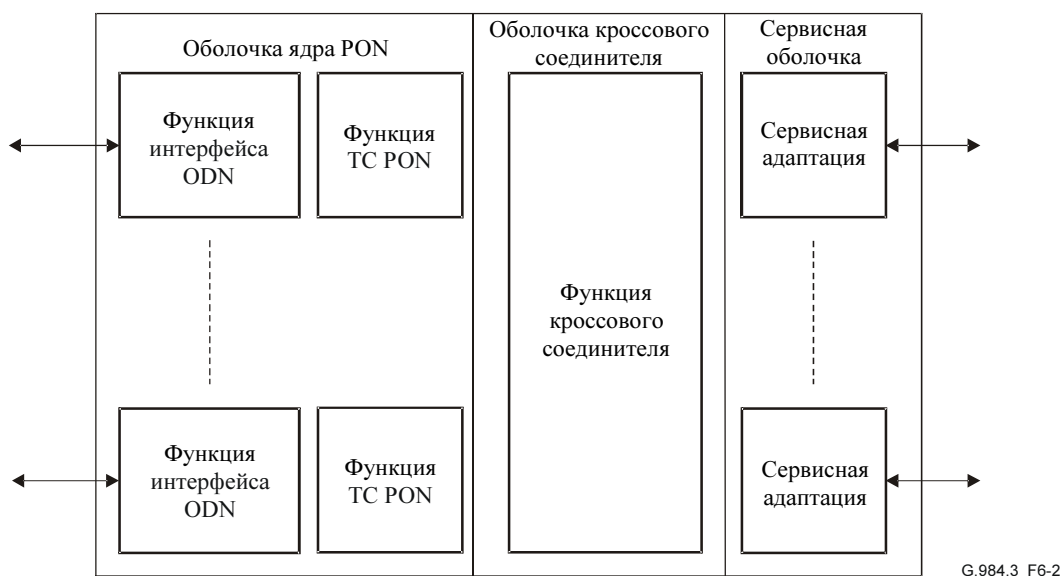


Рисунок 6-2/G.984.3 – Функциональная блок-схема OLT

1) Оболочка ядра PON

Этот блок состоит из двух частей: функции интерфейса ODN, определенной в Рекомендации МСЭ-Т G.984.2, и функции TC PON, определенной в данной Рекомендации. Функция TC PON включает формирование кадра (кадрирование), управление доступом к среде передачи, OAM, DBA и определение границ блока данных протокола (PDU) для функции кроссового соединителя и управление ONU. Каждая TC PON выбирает один режим из ATM или GEM или двойной.

2) *Оболочка кроссового соединителя*

Оболочка кроссового соединителя обеспечивает путь связи между оболочкой ядра PON и сервисной оболочкой. Технологии для выполнения соединения по этому пути зависят от услуг, внутренней архитектуры OLT и других факторов. OLT обеспечивает функционирование кроссового соединителя в соответствии с выбранным режимом, таким как GEM, ATM или двойной.

3) *Сервисная оболочка*

Эта оболочка обеспечивает трансляцию между сервисными интерфейсами и интерфейсом кадра TC секции PON.

6.4.2 Оптическое сетевое устройство (ONU)

Функциональные "строительные" блоки ONU G-PON в основном подобны функциональным "строительным" блокам OLT. Так как ONU работает только с одним интерфейсом PON (или максимум двумя для целей резервирования), функция кроссового соединителя может быть опущена. Однако вместо этой функции определена сервисная функция MUX и DMUX для обработки трафика. Типичная конфигурация ONU показана на рисунке 6-3. Каждый TC PON выбирает один режим из ATM или GEM или двойной.

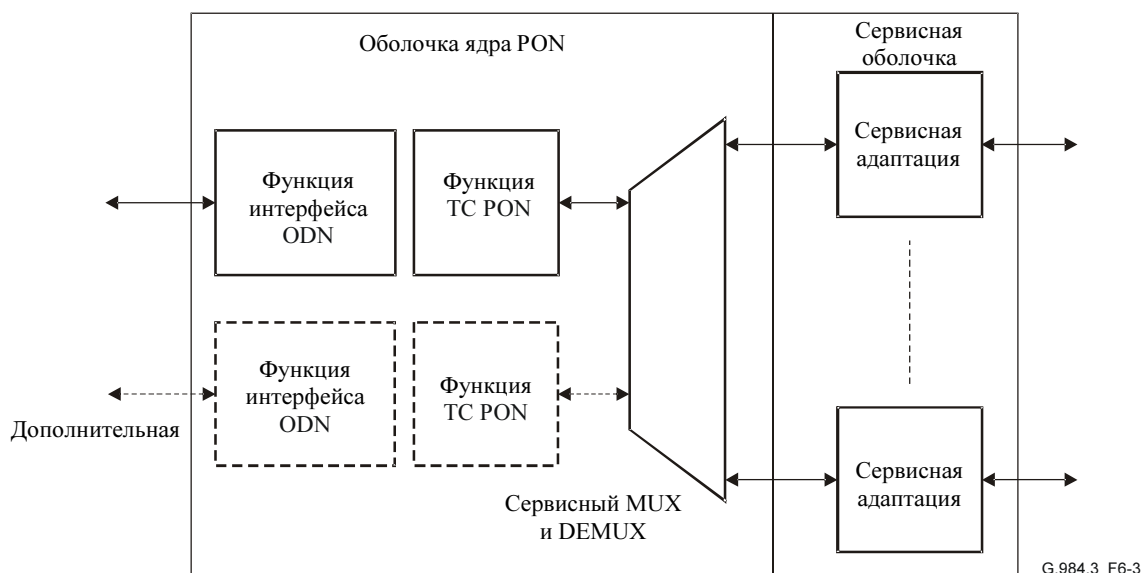


Рисунок 6-3/G.984.3 – Функциональная блок-схема ONU

6.4.3 Оптическая распределительная сеть (ODN)

Этот компонент осуществляет соединение между OLT и одним или более ONU с использованием пассивного оптического устройства. Подробно функциональные возможности описываются в подразделе 5.6/G.983.1

6.5 Возможность совместной работы G-PON и B-PON

Система G-PON, определенная в данной Рекомендации, не может обеспечить совместную работу с системой B-PON, определенной в Рекомендации МСЭ-Т G.983.1 и других Рекомендациях, даже если используется режим на основе ATM с той скоростью передачи, которая соответствует значениям, указанным в технических характеристиках B-PON.

7 Обзор GTC

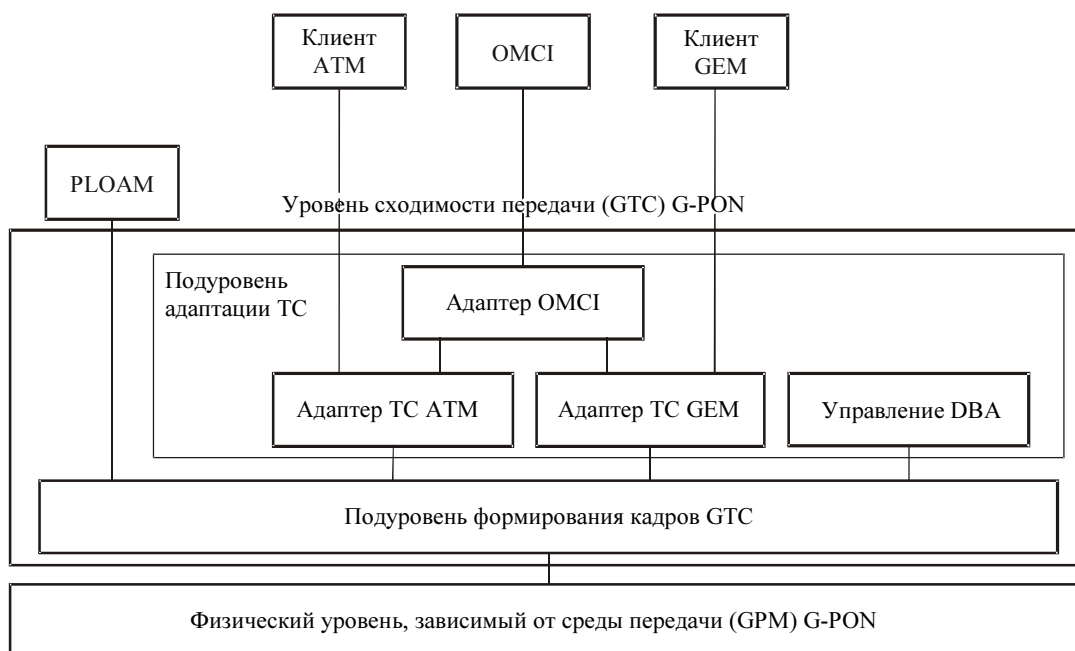
7.1 Обзор

В этом разделе описывается архитектура уровня TC в системе G-PON. На рисунке 7-1 показан стек протоколов для всей системы на уровне TC (GTC) G-PON. Уровень GTC включает два подуровня –

подуровень формирования кадров GTC и подуровень адаптации TC. С другой точки зрения GTC состоит из плоскости C/M, которая управляет потоками трафика пользователя, защитой и функциями OAM, и плоскости U, которая переносит трафик пользователя. Как показано на рисунке 7-1, в подуровне формирования кадров GTC сегмент ATM, сегмент GEM, сегменты встроенной системы OAM и PLOAM опознаются по положению в кадре GTC. Только встроенная OAM для управления через этот подуровень оканчивается на этом уровне, так как информация встроенной OAM прямо вводится в заголовок кадра GTC. Информация PLOAM обрабатывается в блоке PLOAM, размещенном в качестве клиента этого подуровня. SDU (сервисные блоки данных) в сегментах ATM и GEM преобразуются из обычных PDU (блок данных протокола) режимов ATM и GEM и обратно на каждом подуровне адаптации, соответственно. Кроме того, эти PDU включают данные канала OMCI. Эти данные также опознаются на этом подуровне, и ими обмениваются с объектом OMCI. Встроенные OAM, PLOAM и OMCI классифицируются на плоскости C/M. SDU, кроме OMCI в сегментах ATM и GEM, классифицируется в плоскость U.

На уровне формирования кадров GTC имеется глобальная видимость всей передаваемой информации, а на уровне формирования кадров GTC OLT имеется прямое равенство всех уровней формирования кадров GTC ONU.

Кроме того, в качестве общего функционального блока определяется блок управления DBA. В настоящее время это блок отвечает за всю функцию DBA сообщения ONU.



G.984.3_F7-1

Рисунок 7-1/G.984.3 – Стек протоколов для системы GTC

В этом разделе описывается архитектура этих уровней, взаимосвязь между ними, функциональные свойства GTC и операции, сосредоточенные на GTC.

OLT и ONU в системе GTC не всегда имеют два режима. Опознавание того, какие режимы поддерживаются, выполняется во время установки системы. ONU сообщает о своей основной поддержке режима ATM или GEM сообщением серийного номера (Serial_Number). Если OLT может взаимодействовать по крайней мере с одним из предложенных режимов, продолжается установка канала OMCI, и оборудование ONU обнаруживается обычным образом. Если имеется несоответствие, определяется дальность ONU, то оно объявляется несовместимым с операционной поддерживающей системой.

7.2 Стек протоколов для плоскостей C/M

В плоскости контроля и управления системы GTC входят три части: встроенная система OAM, PLOAM и OMCI. Каналы встроенной OAM и PLOAM управляют функциями на уровне PMD и GTC.

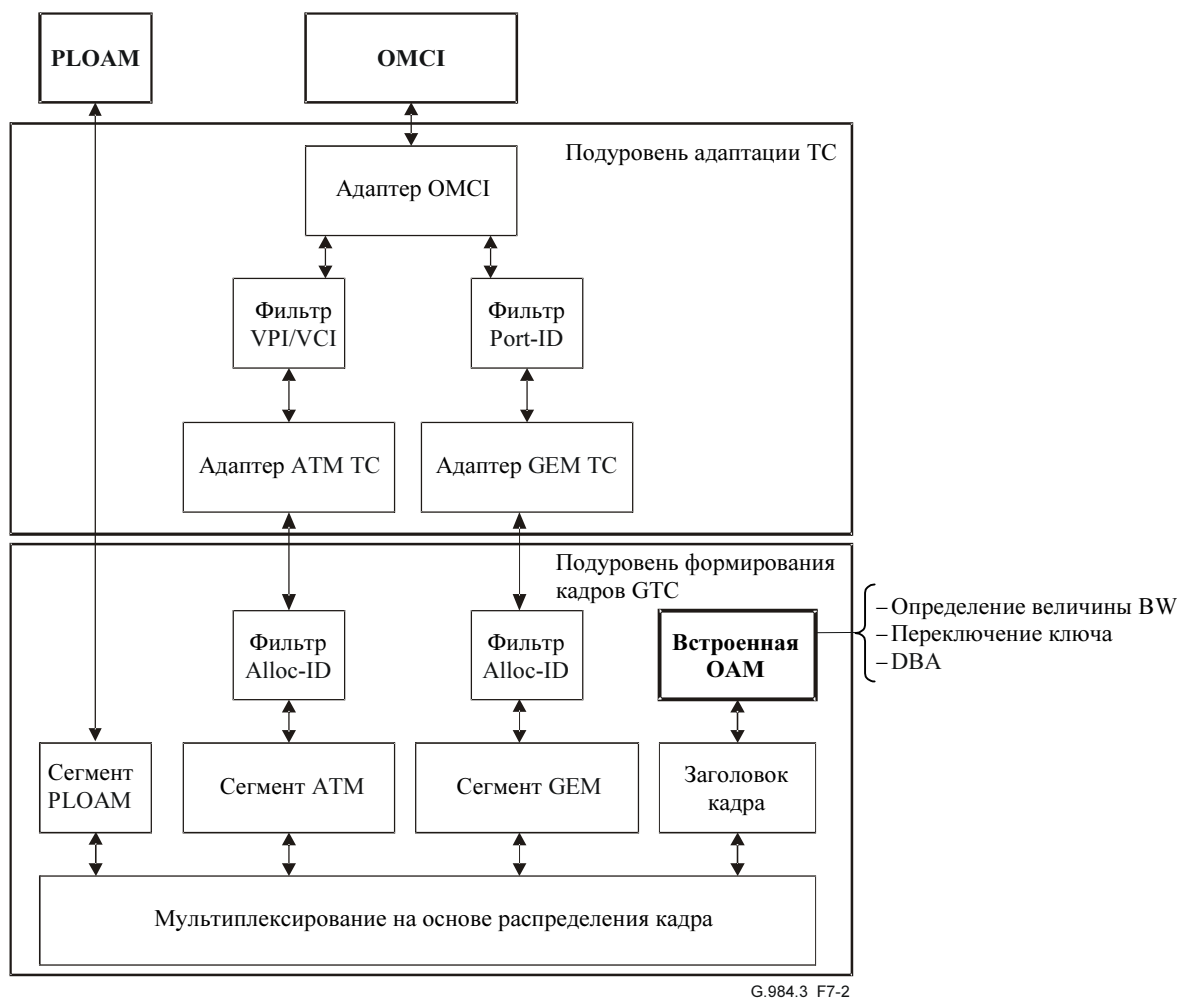
OMCI обеспечивает однородную систему управления более высокими уровнями (определяемыми услугой).

Канал встроенной OAM обеспечивается форматированной по полям информацией в заголовке кадра GTC. Этот канал обеспечивает путь с малой задержкой для срочной информации управления, так как каждая порция информации размещается точно в определенном поле в заголовке кадра GTC. Функции, которые используют этот канал, включают: определение величины пропускной способности, переключение ключа и сигнализацию динамического назначения пропускной способности. Подробно технические характеристики этого канала описываются в разделе 8 в рамках пояснений к кадру GTC.

Канал PLOAM является форматированной по сообщениям системой, переносимой в выделенной области кадра GTC. Этот канал используется для всей другой информации управления PMD и GTC, которая не передается через встроенный канал OAM. Сообщения для этого канала OAM формируются таким же образом, который можно найти в Рекомендации МСЭ-Т G.983.1. Подробно технические характеристики описаны в разделе 9.

Канал OMCI используется для управления определением уровней услуги, которые лежат выше GTC. Как таковой он формально выходит за рамки этой Рекомендации. Однако GTC может обеспечить транспортный интерфейс для этого трафика, и есть два варианта этого транспортирования: ATM или GEM. Функция обеспечивает GTC средствами для конфигурирования этих дополнительных каналов, чтобы они соответствовали возможностям оборудования, включая определение идентификаторов потока транспортного протокола (VPI/VCI или Port-ID). В данной Рекомендации приводятся формат и механизм канала OMCI. Подробно структура информации дается в Рекомендации МСЭ-Т для OMCI G-PON.

Функциональные блоки плоскостей C/M показаны на рисунке 7-2. В плоскостях C/M определяется DBA с полным сообщением ONU. Однако это является дополнительным (необязательным), как показано на этом рисунке.



G.984.3_F7-2

Рисунок 7-2/G.984.3 – Функциональные блоки в плоскостях C/M

7.3 Стек протоколов для плоскости U

Потоки трафика в плоскости U идентифицируются по типу трафика (режимы ATM или GEM) и их Port-ID или VPI. На рисунке 7-3 приводится идентификация по типу трафика и Port-ID/VPI. Тип трафика четко указывает, переносятся ли данные сегментом нисходящего потока или идентификатором распределения восходящего потока (Alloc-ID). 12-битный идентификатор Port-ID используется для идентификации потоков в случае трафика GEM. VPI используется для идентификации потоков в случае трафика ATM. Кроме того, вводится T-CONT, определенный в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4. T-CONT идентифицируется с помощью Alloc-ID и является групповым блоком для потоков трафика. Назначение пропускной способности и управление QoS выполняется в каждом T-CONT с помощью распределения BW посредством управления переменным числом канальных интервалов. Следует отметить, что упакованный трафик ATM и GEM нельзя разместить в одном T-CONT, и он не может иметь одинаковый Alloc-ID.

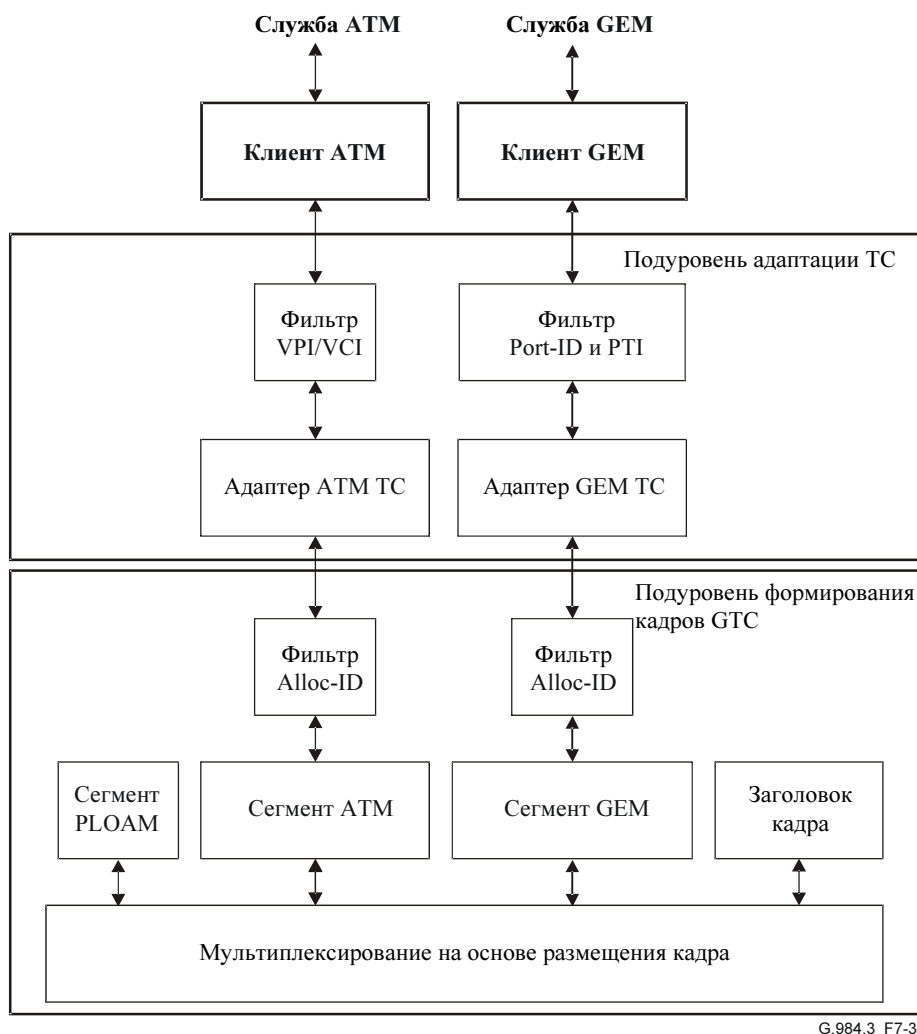


Рисунок 7-3/G.984.3 – Стек протоколов для плоскости U и идентификация по сегменту и идентификатору Port-ID или VPI

Сводка операций в каждом из типов трафика приводится ниже.

1) *ATM в GTC*

Ячейки в нисходящем потоке переносятся в сегменте ATM и достигают всех ONU. Подуровень формирования кадров ONU выделяет ячейки, а адаптер TC ATM фильтрует ячейки на основе их VPI. К функции клиента ATM разрешается пропускать только ячейки с соответствующими VPI.

Трафик ATM в восходящем потоке переносится одним или более T-CONT. Каждый T-CONT связан с трафиком только ATM или GEM, так что при мультиплексировании нет

неопределенности. OLT принимает блок передачи, связанный с T-CONT, идентифицированным Alloc-ID, и ячейки направляются в адаптер TC ATM, а затем – клиенту ATM.

2) GEM в GTC

Кадры GEM в нисходящем потоке переносятся в сегменте GEM и достигают всех ONU. Подуровень формирования кадров ONU выделяет кадры, а адаптер TC GEM фильтрует ячейки на основе их 12-битных Port-ID. К функции клиента GEM разрешается пропускать только кадры с соответствующими Port-ID.

Трафик GEM в восходящем потоке переносится одним или более T-CONT. Каждый T-CONT связан с трафиком только ATM или GEM, так что при мультиплексировании нет неопределенности. OLT принимает блок передачи, связанный с T-CONT, и кадры направляются на адаптер TC GEM, а затем – клиенту GEM.

7.4 Функции ключа GTC

В этом подразделе рассматриваются две важные функции в системе GTC.

7.4.1 Поток управления доступом к среде передачи

Система GTC обеспечивает управление доступом к среде передачи для восходящего потока трафика. По основной концепции кадры нисходящего потока показывают разрешенные места для восходящего потока в кадрах восходящего потока, синхронизированных с кадрами нисходящего потока.

Используемая в системе концепция управления доступом к среде передачи иллюстрируется на рисунке 7-4. OLT передает указатели в PCBd, и эти указатели указывают на время, когда каждое ONU может начинать и заканчивать передачу своего восходящего потока. Таким образом, только одно ONU может иметь доступ к среде передачи в определенное время, и при нормальной работе нет конфликтных ситуаций. Указатели даются в байтах, позволяя OLT управлять средой передачи при шаге разбиения эффективной статической пропускной способности 64 кбит/с. Однако в некоторых реализациях OLT может выбрать установку более широких шагов и достигнуть более точного управления пропускной способностью посредством динамического планирования.

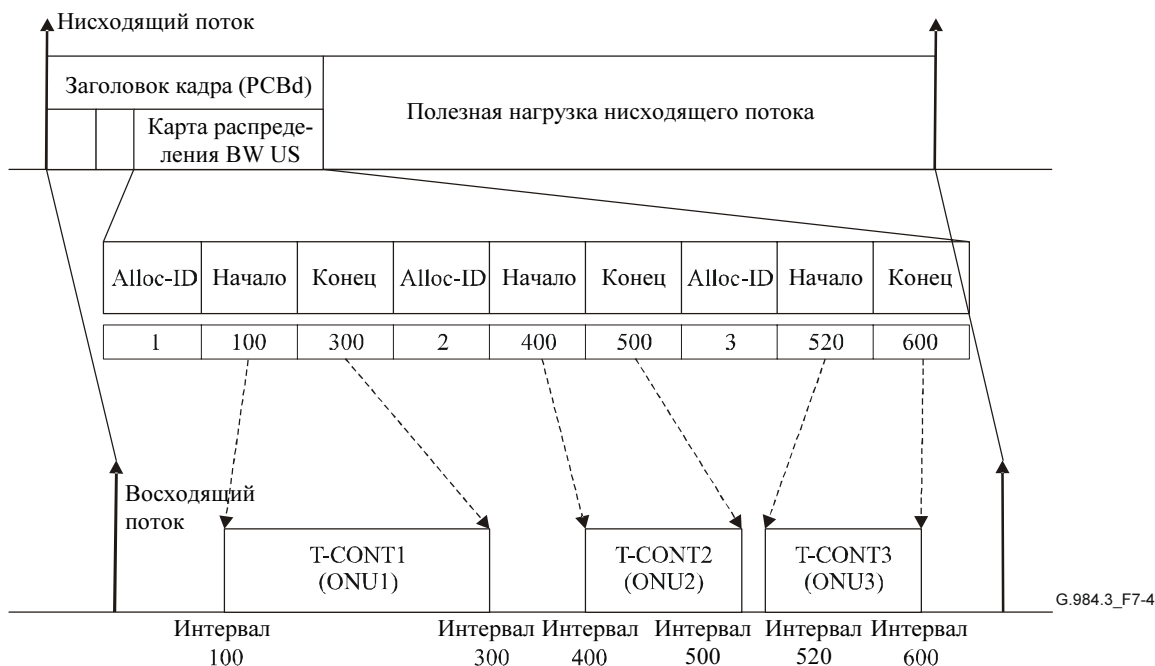


Рисунок 7-4/G.984.3 – Концепция управления доступом к среде передачи TC GTC (один T-CONT на одно ONU)

Управление доступом к среде передачи выполняется в каждом T-CONT, хотя на рисунке 7-4 для пояснения этой концепции иллюстрируются операции для случая, когда одно ONU имеет только один T-CONT. Подробно операции описываются в разделе 8.

7.4.2 Регистрация ONU

Регистрация ONU делается в процессе процедуры автоматического обнаружения. Существуют два метода регистрации ONU. В случае метода А серийный номер ONU регистрируется в OLT системой управления (например, NMS и/или EMS). В случае метода В серийный номер ONU не регистрируется в OLT системой управления. Для получения подробностей обратитесь к разделу 10.

7.5 Функции подуровней в GTC

7.5.1 Обзор подуровня формирования кадров GTC

Подуровень формирования кадров GTC имеет три следующие функциональные возможности.

- 1) *Мультиплексирование и демultipлексирование*
Сегменты PLOAM, ATM и GEM мультиплексируются в кадр TC нисходящего потока в соответствии с информацией о границах, указанной в заголовке кадра. Каждый сегмент абстрагируется из восходящего потока согласно индикатору заголовка.
- 2) *Создание и декодирование заголовка*
Заголовок кадра TC создается и форматируется в кадре нисходящего потока. Заголовок в кадре восходящего потока декодируется. Кроме того, выполняется встроенная функция OAM.
- 3) *Внутренняя функция маршрутизации на основе Аллос-ID*
Маршрутизация на основе Аллос-ID выполняется для данных от адаптеров TC ATM и GEM/к адаптерам TC ATM и GEM.

7.5.2 Обзор подуровня адаптации GTC и интерфейс для высших объектов

Подуровень адаптации обеспечивает три адаптера TC, то есть адаптер TC ATM, адаптер TC GEM и адаптер OMCI. Адаптеры TC ATM и GEM определяют границы PDU для ATM и GEM из каждого сегмента подуровня формирования кадров GTC и размещают PDU в каждом сегменте.

Эти адаптеры обеспечивают следующие интерфейсы для объектов высшего уровня.

- 1) *Интерфейс ATM*
Подуровень формирования кадров GTC и соответствующий адаптер TC ATM обеспечивает стандартный интерфейс ATM, определенный в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1 для служб ATM. В общем случае в качестве клиента ATM могут использоваться обычные объекты уровня ATM.
- 2) *Интерфейсы GEM*
Адаптер TC GEM TC может быть конфигурирован для адаптации этих кадров к различным интерфейсам транспортирования кадров.

Кроме того, эти адаптеры опознают канал OMCI в соответствии со специфическим VPI/VCI в случае ATM и специфическим Port-ID – в случае GEM. Адаптер OMCI может производить обмен информацией канала OMCI для адаптеров TC ATM и GEM. Адаптер OMCI принимает информацию от этих адаптеров TC и передает ее на объект OMCI. С другой стороны, он передает информацию от объекта OMCI к этим адаптерам TC.

7.5.3 Обзор PLOAM

Подуровень формирования кадров GTC обеспечивает интерфейс для взаимного обмена сообщениями PLOAM. Сообщения PLOAM определяются в разделе 9.

7.6 Потоки трафика и QoS

В этом подразделе описывается взаимосвязь потоков трафика между GTC и пользователя и свойства QoS через PON при управлении от GTC.

7.6.1 Взаимосвязь между GTC и управляемой информацией пользователя

1) Служба ATM

Обычно система GTC учитывает управление трафиком T-CONT, и каждый T-CONT идентифицируется с помощью Alloc-ID. Каждый T-CONT может содержать один или более виртуальных трактов, а каждый VP может содержать один или более VC. OLT контролирует нагрузку трафика в каждом T-CONT и производит регулирование распределения пропускной способности, чтобы надлежащим образом распределить ресурсы PON. Система GTC не осуществляет наблюдение или поддержку взаимосвязи QoS противостоящих VP или VC. Это должны делать клиенты ATM на каждом конце PON.

2) Служба GEM

Обычно система GTC учитывает управление трафиком T-CONT, и каждый T-CONT идентифицируется с помощью Alloc-ID. Каждый T-CONT может содержать один или более Port-ID GEM. OLT контролирует нагрузку трафика в каждом T-CONT и производит регулирование распределения пропускной способности, чтобы надлежащим образом распределить ресурсы PON. Система GTC не осуществляет наблюдение или поддержку взаимосвязи QoS противостоящих Port-ID. Это должны делать клиенты GEM на каждом конце PON.

7.6.2 Концепция распределения ресурсов

Ресурсы для каждой логической линии назначаются динамически или статически. В случае динамического распределения ресурсов OLT определяет состояние перегрузки путем проверки сообщений DBA из ONU и/или путем собственного контроля входящего трафика. Тогда оно может адекватно распределить ресурсы. Короче говоря, GTC обеспечивает такие же функциональные возможности, как SR и/или NSR-DBA, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4. Ключевые возможности, указанные в технических характеристиках DBA для G-PON, накладываются на возможности, приведенные в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4, как представлено в таблице 7-1.

Таблица 7-1/G.984.3 – Взаимосвязь функциональных возможностей G-PON DBA и Рекомендации МСЭ-Т G.983.4

	G-PON DBA	B-PON DBA (G.983.4)
Блок управления	T-CONT	T-CONT
Идентификация T-CONT	Alloc-ID	Грантовый код
Единица формирования сообщений	Ячейка ATM для ATM Блок фиксированной длины (по умолчанию 48 байтов) для GEM	Ячейка ATM
Механизм формирования сообщений	Методами по умолчанию являются встроенное поле OAM (DBRu) в режиме 0 и сообщения о состоянии типа T-CONT. Дополнительными методами являются сообщения DBRu в режимах 1 и 2 и полное сообщение DBA ONU.	Мини-интервал
Процедура согласования	OMCI G-PON	PLOAM (G.983.4) и OMCI (G.983.7)

В случае статического распределения OLT должно назначать пропускную способность в соответствии с имеющимися ресурсами, как описано в Рекомендации МСЭ-Т G.983.1.

7.6.3 Гарантии QoS

Различное QoS обеспечивается функциональными возможностями DBA, так же как и определенными в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4. На уровне TC G-PON устанавливаются пять типов T-CONT (таких, как типы 1, 2, 3, 4 и 5) с такими же характеристиками, как у типов T-CONT, определенных в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4. В случае ATM обеспечивается полная совместимость с Рекомендацией МСЭ-Т G.983.4. VCC или VPC, обозначенные по-разному в нескольких описаниях трафика, могут быть установлены на одном типе T-CONT в соответствии с требованиями QoS. Эта схема размещения управляется операторами.

В случае GEM "ячейка ATM" заменяется "блоком фиксированной длины", определенным в 7.7.2. В этом случае также обеспечивается совместимость с Рекомендацией МСЭ-Т G.983.4, за исключением этого пункта. В случае GEM соединения GEM, идентифицируемые портом, могут определяться некоторыми описаниями трафика, которые находятся на изучении, и могут быть установлены на одном типе T-CONT.

7.7 Технические характеристики DBA

В этом подразделе приводятся технические характеристики DBA для G-PON. DBA G-PON для ATM такое же, как в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4, за исключением вопросов управления, таких как процедура согласования. DBA G-PON для GEM также принимает такую же архитектуру, как в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4, в качестве метода по умолчанию. Короче говоря, даже когда в GEM поддерживаются пакеты переменной длины, эти пакеты в операциях DBA нормализуются по блокам данных фиксированной длины. Одним словом, некоторое число блоков размещается в некотором числе ячеек согласно Рекомендации МСЭ-Т G.983.4.

7.7.1 Требования для DBA

DBA в G-PON должно обеспечивать одинаковые функциональные возможности, определенные в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4, для ATM и GEM. Одним словом, функциональные возможности DBA выполняются в каждом T-CONT. Возможности DBA подразделяются на следующие части:

- 1) обнаружение состояния перегрузки оборудованием OLT и/или ONU;
- 2) сообщение о состоянии перегрузки на OLT;
- 3) обновление оборудованием OLT назначенной пропускной способности в соответствии с обеспечиваемыми параметрами;
- 4) выдача оборудованием OLT грантов в соответствии с обновляемой пропускной способностью и типом T-CONT;
- 5) выдача для операций DBA управляющих команд.

Что касается аспекта QoS, то DBA G-PON должно обеспечить такие же возможности гарантий QoS, как в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4, в которой приводится пять типов T-CONT.

7.7.2 Тип T-CONT и оперативные параметры

В системе DBA G-PON определяется пять типов T-CONT (типы T-CONT 1, 2, 3, 4 и 5). Каждый тип T-CONT характеризуется оперативными параметрами, определенными в подразделе 8.3.5.10.2.2/G.983.4. Тем не менее блок оперативных параметров определяется ниже.

ATM: Число ячеек, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4.

GEM: Число блоков фиксированной длины.

В GEM длина блока согласуется OMCI G-PON и по умолчанию равна 48 байтам.

7.7.3 Обзор операций DBA

В операциях DBA имеется два режима: SR-DBA (формирование сообщения о состоянии) и NSR-DBA (нет формирования сообщения о состоянии) в каждом T-CONT. Так как функция формирования сообщения DBA является дополнительной (необязательной) для ONU, могут рассматриваться все комбинации оборудования. Все OLT должны поддерживать оба режима, так что все ONU снабжаются некоторым уровнем функциональных возможностей DBA. Эти режимы зависят от возможности ONU, как в таблице 7-2, и состояния услуги.

Таблица 7-2/G.984.3 – Сводка операций для каждого режима DBA

	SR ONU	NSR ONU
DBA OLT	SR-DBA и/или NSR-DBA	NSR-DBA

Ниже приводится краткое описание операций каждого режима.

1) *SR-DBA*

Чтобы сообщить о состоянии перегрузки T-CONT, когда T-CONT передает информацию восходящего потока от ONU к OLT, число ячеек или блоков в буфере T-CONT устанавливается в поле DBA в DBRu, или используется другой метод. Если OLT не хочет позволить выполнять передачу информации восходящего потока к T-CONT, оно может назначить время только для DBRu или использовать другой метод. Однако даже если OLT получает сообщение, оно не всегда должно применять это сообщение для обновления пропускной способности. С другой стороны, если по этой причине T-CONT не может сообщить число ячеек или блоков, которые сохраняются в его буфере, он дает ответ OLT в поле DBA в виде неправильного кода. На рисунке 7-5 показаны эти операции. В этом режиме передача поля DBA является обязательной, если OLT ее запрашивает, так как если поле DBA пропускается, не может быть опознан формат информации восходящего потока.

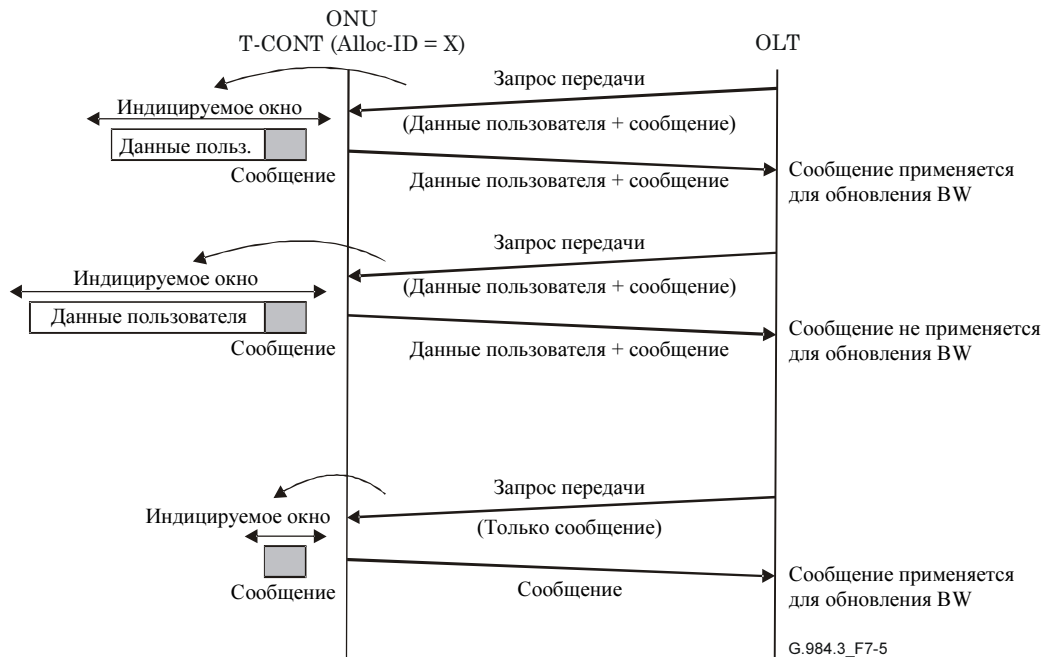


Рисунок 7-5/G.984.3 – Сводка операций SR-DBA

2) *NSR-DBA*

OLT узнает о состоянии перегрузки каждого T-CONT с помощью собственного контроля входящих потоков трафика. В этом режиме поле DBA в DBRu никогда не передается, так как OLT никогда не запрашивает его. В исключительной ситуации, когда OLT запрашивает DBRu, ONU должно его передать, хотя его содержимое будет игнорироваться в OLT.

7.7.4 Аспект управления

Чтобы DBA работало, некоторые параметры должны быть обеспечены или согласованы функциональными возможностями управления. Используя эти средства, OLT и ONU согласовывают режим работы DBA и корректно отвечают на запросы друг друга. Все параметры DBA должны быть обеспечены или согласованы OMCI G-PON.

8 Кадр TC GTC

На рисунке 8-1 показана структура кадра TC GTC для нисходящего и восходящего направлений. Кадр нисходящего потока состоит из физического блока управления нисходящего потока (PCVd), сегмента ATM и сегмента GEM. Кадр восходящего потока состоит из нескольких передаваемых пакетов. Каждый пакет восходящего потока состоит как минимум из заголовка физического уровня (PLOu). Кроме полезной нагрузки, он может содержать секции PLOAMu, PLSu и DBRu. Кадр нисходящего потока обеспечивает общий эталон времени для PON, а также сигнализацию по общему каналу для восходящего потока.

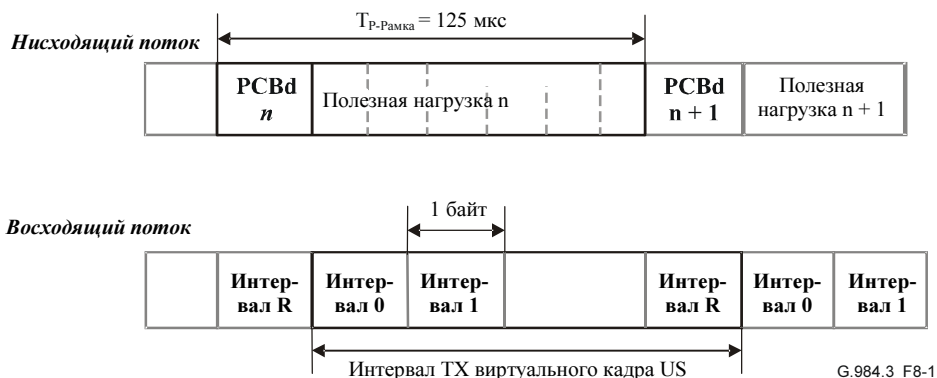


Рисунок 8-1/G.984.3 – Структура кадра TC GTC

Концепция управления доступом к среде передачи, используемой системе, иллюстрируется на рисунке 8-2.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для иллюстрации размещение полей, показанное на рисунке 8-2, упрощено. Для полного описания полей и их функций обратитесь к рисункам, приведенным ниже.

OLT передает в PCBd указатели, и эти указатели показывают время, когда каждое ONU может начинать и заканчивать передачу восходящего потока. При этом только одно ONU в каждый момент времени может получить доступ к среде передачи, и при нормальной работе столкновения отсутствуют. Указатели даются в байтах, позволяя OLT управлять средой передачи при шаге разбиения эффективной статической пропускной способности 64 кбит/с. Однако в некоторых реализациях OLT может выбрать установку более широких шагов, и может быть достигнуто более точное управление пропускной способностью посредством динамического планирования. Следует отметить, что хотя на рисунке 8-2 показан случай, когда указатели передаются в порядке возрастания, это не является требованием протокола.

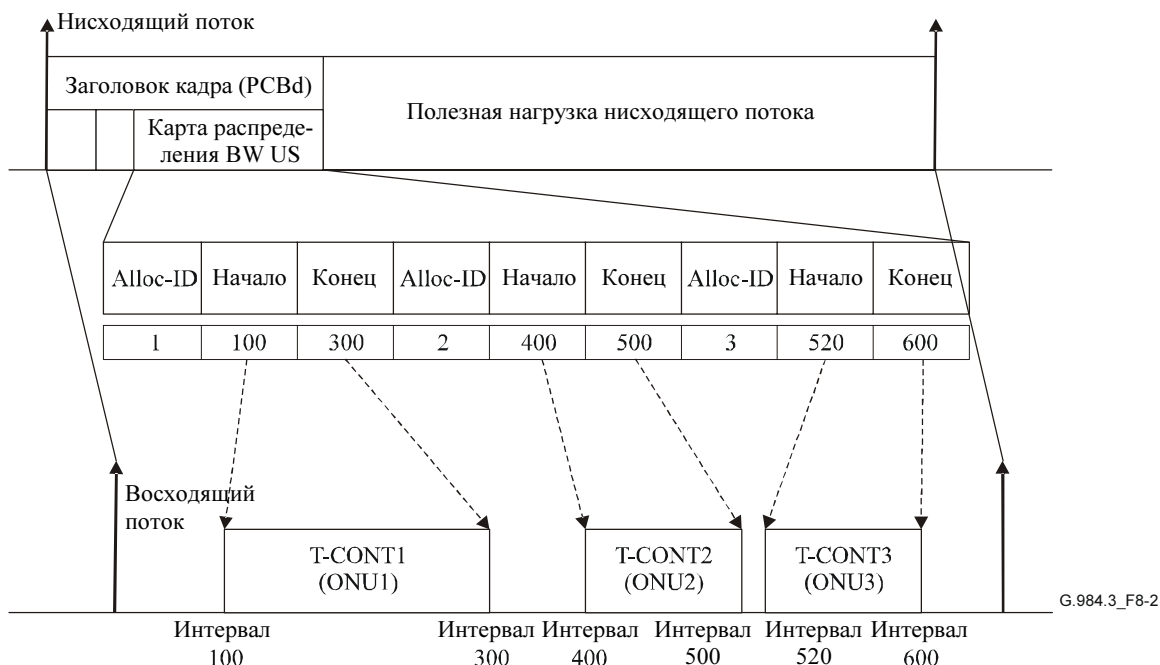


Рисунок 8-2/G.984.3 – Концепция управления доступом к среде передачи TC GTC

8.1 Структура кадра нисходящего потока

Диаграмма структуры кадра нисходящего потока показана на рисунке 8-3. Кадр имеет длительность 125 мкс для скорости передачи нисходящего потока как 1,24416 Гбит/с, так и 2,48832 Гбит/с. Таким образом, в системе на 1,24416 Гбит/с кадр имеет длину 19 440 байтов, а в системе на 2,48832 Гбит/с – длину 38 880 байтов. Диапазон длин PCVd одинаков для обеих скоростей и зависит от числа распределяемых структур в единицу времени.

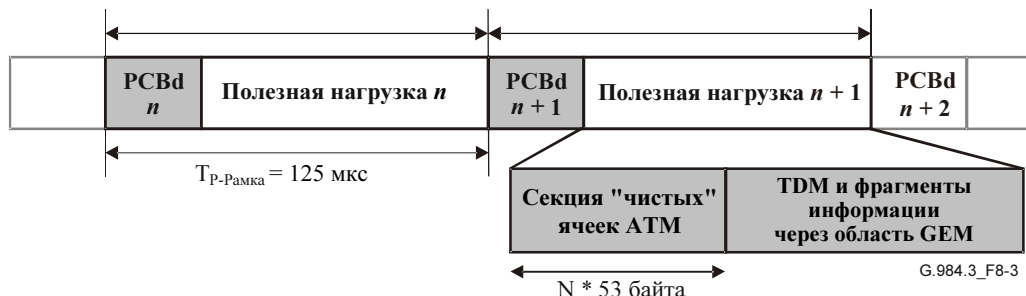


Рисунок 8-3/G.984.3 – Кадр нисходящего потока TC GTC

8.1.1 Порядок битов и байтов

В рамках данной Рекомендации выполняется соглашение, что порядок передачи всех полей начинается со старшего бита. Например, число 0xF0 показывает, что последовательность начинается с единицы, а кончается нулем.

8.1.2 Скремблирование кадра

Кадр нисходящего потока скремблируется при помощи скремблирующего полинома, синхронизируемого по битам. В качестве полинома используется $x^7 + x^6 + 1$. Эта кодовая комбинация складывается по модулю два с информацией нисходящего потока. Регистр сдвига, используемый для вычисления этого полинома, сбрасывается до единиц, начиная с первого бита, следующего за полем Psync в PCVd, и ему позволяет работать до последнего бита в кадре нисходящего потока.

8.1.3 Физический блок управления нисходящим потоком (PCVd)

Диаграмма PCVd показана на рисунке 8-4. PCVd содержит несколько полей, описание которых приводится далее. OLT передает PCVd способом широковещательной передачи (оповещения), и каждое ONU получает полный PCVd. Затем ONU действуют согласно соответствующей информации, содержащейся в нем.

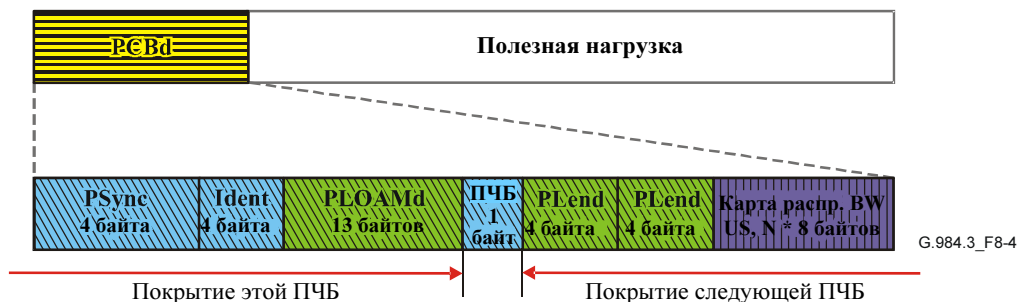


Рисунок 8-4/G.984.3 – Физический блок управления нисходящим потоком TC GTC (PCVd)

8.1.3.1 Физическое поле синхронизации (Psync)

Физическое поле синхронизации представляет собой фиксированную кодовую комбинацию из 32 битов, с которой начинается каждый PCVd. Логика ONU может использовать эту кодовую комбинацию для нахождения начала кадра. Кодировкой поля Psync является 0xB6AB31E0. Следует отметить, что поле Psync не скремблируется.

ONU работает как конечный автомат синхронизации, что показано на рисунке 8-5. ONU начинает работу в поисковом состоянии. ONU, пока находится в поисковом состоянии, осуществляет поиск кодовой комбинации Psync во всех возможных синхросигналах (как по битам, так и по байтам). Как только правильная кодовая комбинация Psync найдена, ONU переходит в состояние предварительной синхронизации и устанавливает счетчик N на значение 1. Затем ONU ищет другую кодовую комбинацию Psync, которая следует за последней Psync через 125 мкс. При каждом правильном поле Psync значение счетчика увеличивается на единицу. Если найдено неправильное поле Psync, ONU переходит обратно в поисковое состояние. В состоянии предварительной синхронизации, если на счетчике будет M_1 , ONU переходит в состояние синхронизации. Как только ONU достигает состояния синхронизации, ONU может объявить, что нашло структуру кадра нисходящего потока, и начать процесс получения информации PCVd. Если ONU определяет M_2 последовательных неправильных Psync, тогда оно может объявить, что синхросигнал кадра нисходящего потока потерян, и переходит обратно в поисковое состояние.

Рекомендуемым значением M_1 является 2. Рекомендуемым значением M_2 является 5.

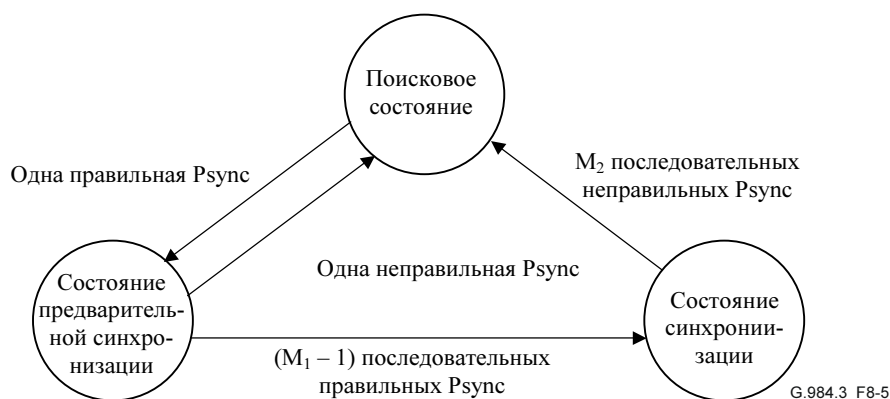


Рисунок 8-5/G.984.3 – Конечный автомат синхронизации ONU для нисходящего потока TC GTC

8.1.3.2 Поле Ident

4-байтовое поле Ident предназначено для индикации больших структур кадра. Этот счетчик суперкадра используется для системы шифрования информации пользователя и может также использоваться для обеспечения низкоскоростных синхронных опорных сигналов. 30 младших битов поля Ident образуют счетчик, и каждый Ident кадра будет на единицу больше, чем предыдущий. Когда же счетчик достигнет максимального значения, он на следующем кадре устанавливается на 0.

Для обеспечения допуска по ошибкам ONU должно иметь местный счетчик суперкадра и конечный автомат синхронизации суперкадра. Этот конечный автомат идентичен конечному автомату синхронизации, описанному выше. Когда он находится в поисковом состоянии, ONU загружает содержимое счетчика суперкадра, полученное в поле Ident, в свой местный счетчик. В состояниях предварительной синхронизации и синхронизации ONU сравнивает свое местное значение с принятым значением счетчика. Их совпадение показывает, что синхронизация правильная, в то время как несоответствие говорит либо об ошибке передачи, либо о нарушении синхронизации.

Один старший бит поля Ident используется для индикации того, используется ли в нисходящем потоке ПИО. Другие биты в поле Ident резервируются. На рисунке 8-6 показано поле Ident.

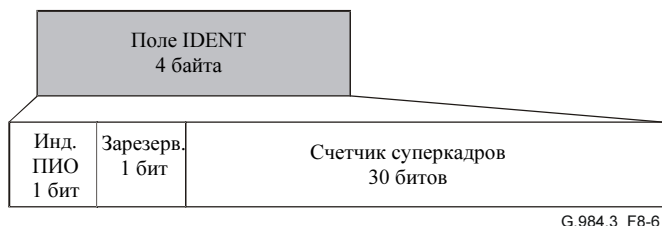


Рисунок 8-6/G.984.3 – Поле IDENT

8.1.3.3 Поле PLOAMd

Поле нисходящего потока PLOAM представляет собой 13-байтовое поле, которое содержит сообщение PLOAM. Формат этих сообщений дается в разделе 9.

8.1.3.4 Поле ПЧБ

Поле ПЧБ представляет собой 8-битовое поле, которое содержит результат проверки всех битов на четность с чередованием по битам, переданных после последнего ПЧБ. Приемник также должен вычислять чередующуюся четность битов и сравнивать результат с переданным значением ПЧБ, чтобы измерить число ошибок в линии.

8.1.3.5 Поле Plend

Поле длины полезной нагрузки нисходящего потока устанавливает длину карты распределения пропускной способности и сегмента ATM. Это поле передается дважды для защиты от ошибок, а процедура обеспечения этой защиты приводится ниже.

Длина карты распределения пропускной способности (Blen) дается в первых 12 битах. Это ограничивает до 4095 число идентификаторов распределения, которые могут быть выражены в грантах длительностью 125 мкс. Действительная длина BW-MAP в байтах тогда равна 8 длинам Blen.

Длина сегмента ATM (Alen) дается в следующих 12 битах поля Plend. Это позволяет иметь до 4095 ячеек ATM в кадре, что является достаточным для скоростей передачи информации до 10 Гбит/с. Длина сегмента ATM в байтах тогда равна 53 длинам Alen.

Последние 8 битов поля Plend содержат результат процедуры CRC-8, осуществляемой при помощи того же полинома, который приведен в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1 ($g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$). Однако в отличие от Рекомендации МСЭ-Т I.432.1 CRC не подвергается операции "Исключающее ИЛИ" при помощи 0x55. Приемник поля Plend будет обнаруживать ошибки и осуществлять корректирующие функции CRC-8. Приемник будет пытаться декодировать оба переданных поля Plend и, в зависимости от результата процесса детектирования CRC-8, будет использовать поле Plend высшего качества. Для этой цели классификация качества от высшей степени к низшей будет следующей: "без ошибок", "одна корректируемая ошибка" и "некорректируемая ошибка". В случае когда поля Plend являются некорректируемыми или характеризуют одинаковое качество, но имеют разные значения, приемник не может осуществить синтаксический разбор кадра, так как это, вероятно, недетектируемая комбинация ошибок. При двухкратной передаче минимальное число ошибок по битам, которые могли бы это вызвать, равно четырем.

На рисунке 8-7 изображено поле Plend.

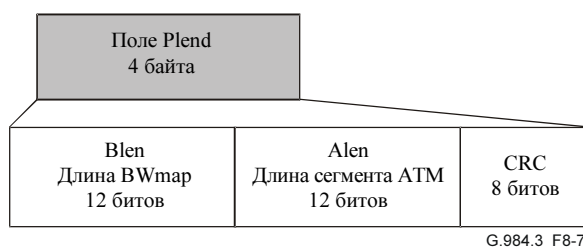


Рисунок 8-7/G.984.3 – Поле Plend

8.1.3.6 Поля BWmap

Карта распределения пропускной способности (BWmap) представляет собой скалярную сетку 8-байтовых структур распределения. Каждый раз вводимые данные этой сетки представляют собой однократное размещение пропускной способности в определенном T-CONT. Число вводов данных в карту дается в поле Plend. Формат вводимых данных приведен ниже и показан на рисунке 8-8.

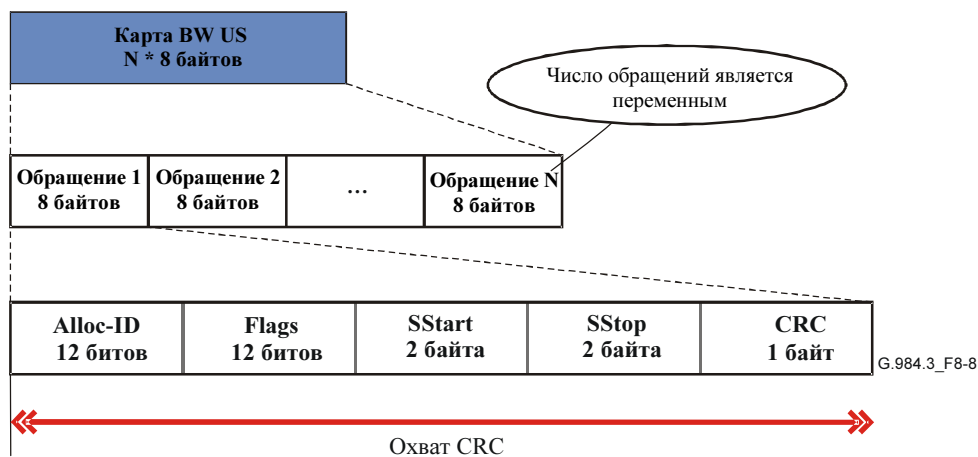


Рисунок 8-8/G.984.3 – Структура карты распределения пропускной способности GTC

8.1.3.6.1 Поле идентификаторов распределения

Поле идентификаторов (ID) распределения содержит 12-битовое число, которое указывает на определенный T-CONT, который получает гранты времени в восходящем потоке PON. 12-битовое поле обычно не структурировано, но применяется несколько соглашений. Во-первых, 254 самых низких значения идентификаторов распределений используются для направления прямо в ONU. Во время процедуры определения дальности первый Alloc-ID, выданный для ONU, должен находиться в этом диапазоне действия. Если для этого ONU необходимы последующие значения Alloc-ID, они должны быть взяты из тех, которые выше 255. Также, Alloc-ID = 254 является ID активизации ONU, используемым для обнаружения неизвестных ONU, а Alloc-ID = 255 является неназначенным Alloc-ID. Он используется для индикации того, что T-CONT может использовать соответствующую структуру распределения.

8.1.3.6.2 Поле флагов

Поле флагов представляет собой 12-битовое поле, которое содержит 4 отдельных индикатора того, как следует использовать распределение. Значение этих индикаторов следующее:

- Бит 11 (MSB): Передает PLSu (последовательность выравнивания уровня мощности): Если этот бит устанавливается, ONU во время этого распределения должно передавать свою информацию по PLSu. Если этот бит не устанавливается, ONU не должно передавать в этом распределении свою информацию по PLSu.
- Бит 10: Передает PLOAMu: Если этот бит устанавливается, ONU во время этого распределения должно передавать свою информацию по PLOAMu. Если этот бит не устанавливается, ONU не должно передавать в этом распределении информацию по PLOAMu.
- Бит 9: Используется для ПИО: Если этот бит устанавливается, ONU во время этого распределения должно вычислять и вставлять четность ПИО. Следует отметить, что этот бит должен быть одинаковым для срока существования ID распределения и является просто внутрисполосным подтверждением ранее известных данных.
- Биты 8 и 7: Передает DBRu (режим): В зависимости от содержимого этих двух битов, ONU будет передавать DBRu, соответствующий ID распределения, или нет. Кодовые значения определяются следующим образом:
 - 00: DBRu совсем не передается.
 - 01: Передается "режим 0" DBRu (два байта).
 - 10: Передается "режим 1" DBRu (три байта).
 - 11: Передается "режим 2" DBRu (пять байтов).

Описание синтаксиса различных DBRu приводится в подразделе 8.4. Следует отметить, что ONU должно отвечать требуемым числом байтов, независимо от того, какой режим поддерживается.

Биты 6–0: резервируются для будущего использования.

8.1.3.6.3 Поле StartTime

Поле StartTime содержит 16-битовое число, которое показывает время запуска распределения. Это время измеряется в байтах, начинаясь с нуля в начале кадра восходящего потока. Это ограничивает величину кадра восходящего потока 65 536 байтами. Этого достаточно для того, чтобы направлять восходящий поток со скоростью до 2,488 Гбит/с.

Время запуска показывает начало правильной передачи информации и не включает время заголовка физического уровня. Это делает значение указателя одинаковым, независимо от его положения в пакете распределений одного и того же ONU. Время заголовка физического уровня определяется, чтобы включить время, необходимое для допусков (защитное время), восстановления приемника, восстановления уровня сигнала, восстановления тактовой синхронизации, разделителя и полей PLOu, как определено в подразделе 8.2.2. Значения для времени физического уровня приведены в Рекомендации МСЭ-Т G.984.2 и изменяются в зависимости от скорости передачи информации в восходящем направлении. И OLT, и ONU должны быть разработаны так, чтобы было размещено время заголовка физического уровня. OLT отвечает за определение карты распределения пропускной способности таким образом, чтобы в нее входило время заголовка физического уровня.

8.1.3.6.4 Поле StopTime

Поле StopTime содержит 16-битовое число, которое показывает время прекращения распределения. Это время измеряется в байтах, начинаясь с нуля в начале кадра восходящего потока. Время прекращения показывает на последний правильный байт информации, связанный с этим распределением.

8.1.3.6.5 Поле CRC

Структура распределения обеспечивается защитой с помощью процедуры CRC-8, использующей такой же полином, как тот, который приведен в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1 ($g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$). Однако в отличие от Рекомендации МСЭ-Т I.432.1 CRC не подвергается операции "Исключающее ИЛИ" при помощи 0x55. Приемник поля Bwmap будет обнаруживать ошибки и осуществлять корректирующие функции CRC-8. Если CRC-8 укажет, что возникла некорректируемая ошибка, структура распределения будет отброшена.

8.1.4 Поля полезной нагрузки TC

Непосредственно за последними введенными данными карты распределения пропускной способности следуют сегменты полезной нагрузки GTC. Имеются два сегмента, как описывается ниже.

8.1.4.1 Сегмент ATM

Сегмент ATM содержит ряд 53-байтовых ячеек ATM. Длина этого сегмента (в ячейках) дается в поле Plend/Alen. Поле поэтому всегда имеет длину в виде целого числа, умноженного на 53 байта, и ячейки всегда согласуются с сегментом. Поэтому определение границ ячеек является обычным и должно быть подтверждено такой мерой предосторожности, как проверка байта HEC с остатком заголовка ячейки.

Поток ячеек нисходящего потока затем фильтруется в ONU по VPI, содержащемуся в каждой ячейке. ONT конфигурируются, чтобы опознать, какие VPI ему принадлежат, и ячейки, которые принадлежат ONU, пропускаются к процессу клиента ATM.

8.1.4.2 Сегмент GEM

Сегмент GEM содержит любое количество кадров, границы которого определены по кадрам GEM. Длиной сегмента GEM является все, что остается после того, как из полной длины кадры выделены сегменты PCBd и ATM. Операция определения границ кадра в GEM описана в подразделе 8.3.

Поток кадров нисходящего потока затем фильтруется в ONU по 12-битовому полю Port-ID, содержащемуся в каждом фрагменте кадра. ONT конфигурируются, чтобы опознать, какие Port-ID ему принадлежат, и кадры, которые принадлежат ONU, пропускаются к процессу клиента GEM.

8.2 Структура кадра восходящего потока

Диаграмма структуры кадра восходящего потока показана на рисунке 8-9. Длина кадра для всех скоростей такая же, как для нисходящего потока. Каждый кадр содержит ряд блоков передачи от одного или более ONU. BWmap предписывает порядок передачи этих блоков. Во время каждого периода распределения в соответствии с управлением OLT ONU может выполнять передачу от одного до четырех типов заголовка PON и данные пользователя. Четырьмя типами заголовка являются:

- 1) заголовок физического уровня (PLOu);
- 2) администрирование и управление в процессе эксплуатации физического уровня восходящего потока (PLOAMu);
- 3) последовательность выравнивания уровня мощности восходящего потока (PLSu);
- 4) сообщение о динамической пропускной способности восходящего потока (DBRu).

На рисунке 8-10 подробно показано содержимое этих заголовков.

OLT через поле флагов показывает в BWmap, должна или нет передаваться информация о PLOAMu, PLSu или DBRu при каждом распределении. Диспетчеру OLT при установке частоты передачи этой информации нужно принимать во внимание потребности в пропускной способности и времени задержки этих вспомогательных каналов.

Состояние информации PLOu скрыто в самом устройстве распределений. Правило состоит в том, что каждый раз, как ONU принимает среду передачи PON от другого ONU, оно должно передать новую копию данных PLOu. В случае, когда ONU выдает два ID распределения, являющиеся смежными (StopTime одного на 1 меньше StartTime другого), тогда ONU должно подавить передачу данных PLOu для второго Alloc-ID. Это подавление может возникнуть снова, так как OLT выдает в ONU много смежных ID распределения. Следует отметить, что требование для смежных распределений не позволяет OLT оставлять зазоры между передачами одного и того же ONU. Распределения должны быть либо точно смежными, либо составляться так, как если бы они приходили от двух разных ONU.

Следуя за любой из этих передач заголовка, данные полезной нагрузки пользователя передаются до тех пор, пока указателем StopTime не будет указано размещение.

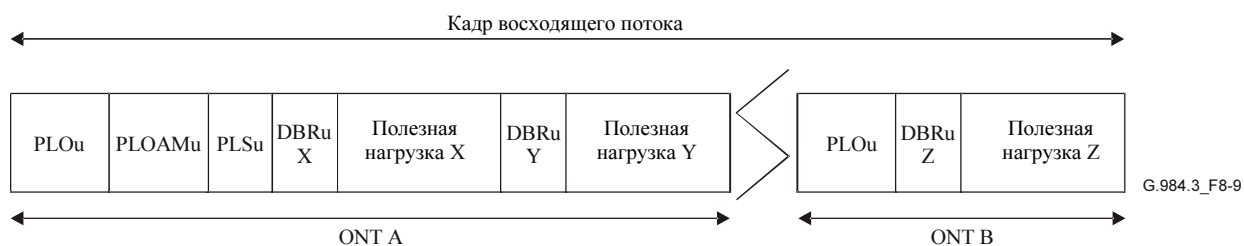


Рисунок 8-9/G.984.3 – Кадр восходящего потока GTC

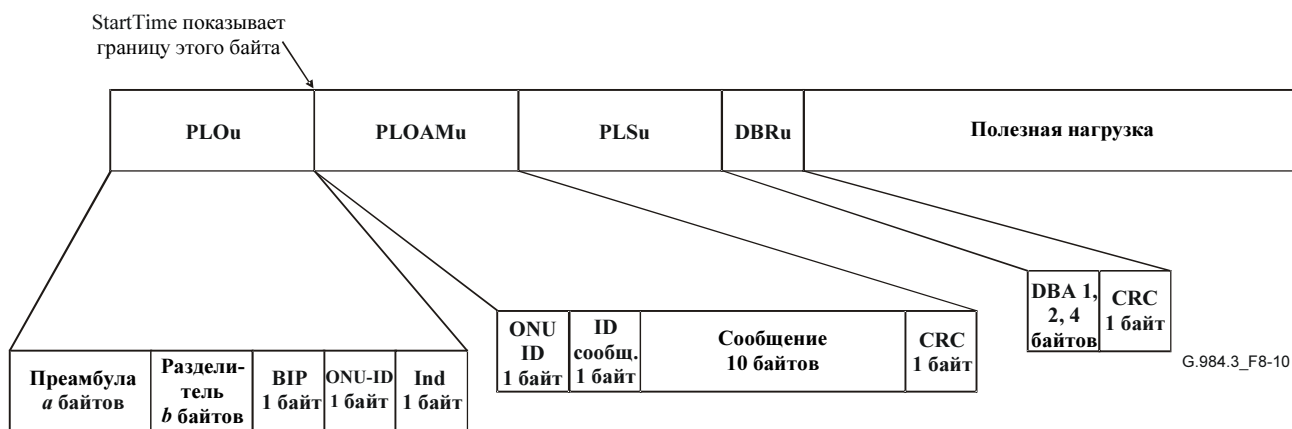


Рисунок 8-10/G.984.3 – Элементы заголовков восходящего потока GTC

8.2.1 Скремблирование кадра

Кадр восходящего потока скремблируется при помощи синхронизируемого по кадрам скремблирующего полинома. Используется полином $x^7 + x^6 + 1$. Эта кодовая комбинация прибавляется по модулю два к информации восходящего потока. Регистр сдвига, используемый для вычисления этого полинома, сбрасывается до единиц на первом бите, следующем за полем разделителя PLOu первого распределения восходящего потока, и ему позволяет работать до последнего бита передачи. Если ONU передает несколько смежных распределений, скремблер восходящего потока не должен сбрасываться ни на одной внутренней границе.

8.2.2 Заголовок физического уровня восходящего потока (PLOu)

Данные PLOu включают заголовок физического уровня (преамбулу и разделитель) и три поля данных, которые относятся к ONU в целом. Эти данные передаются в начале каждого пакета передачи ONU. Следует отметить, что для поддержания возможности соединения с ONU OLT должно попытаться распределить передачу восходящего потока к каждому ONU в определенный минимальный интервал. Длительность этого интервала определяется сервисными параметрами этого ONU.

Уровень GTC вырабатывает PLOu. Преамбула и разделитель формируется, как это предписывает OLT в сообщении "upstream_overhead". Следует отметить, что эти байты передаются непосредственно перед байтом, в котором находится указатель StartTime.

8.2.2.1 Поле ПЧБ

Поле ПЧБ представляет собой 8-битовое поле, которое содержит результат проверки всех битов на чередующуюся четность битов, переданных с этого ONU после последнего ПЧБ, за исключением битов преамбулы и разделителя. Приемник OLT должен вычислять чередующуюся четность битов для каждого пакета ONU и сравнивать результат с полученным полем ПЧБ, чтобы измерить число ошибок в линии.

8.2.2.2 Поле ONU-ID

Поле ONU-ID представляет собой 8-битовое поле, которое содержит уникальный идентификатор ONU-ID для ONU, который осуществляет эту передачу. ONU-ID назначается для ONU во время процесса определения дальности. До назначения ONU-ID ONU должно помещать в это поле неназначенный ONU-ID (255). OLT для подтверждения того, что передачу осуществляет правильное ONU, может проверить это поле в записи о распределении.

8.2.2.3 Поле Ind

Поле индикации обеспечивает для OLT сообщение о состоянии ONU в реальном времени. Формат поля Ind приведен ниже.

Положение бита	Функция
7 (СЗБ)	Ожидание срочного PLOAMu (1 = ожидание PLOAM, 0 = нет ожидания PLOAM)
6	Состояние ПИО (1 = ПИО включен, 0 = ПИО выключен)
5	Состояние RDI (1 = Дефект, 0 = ОК)
4	Ожидание трафика в контейнерах T-CONT типа 2
3	Ожидание трафика в контейнерах T-CONT типа 3
2	Ожидание трафика в контейнерах T-CONT типа 4
1	Ожидание трафика в контейнерах T-CONT типа 5
0 (МЗБ)	Зарезервирован

Следует отметить, что когда ONU показывает, что ожидается срочное PLOAM, OLT должен выдать распределение восходящего потока, которое позволит ONU своевременно передать это сообщение PLOAM. Время отклика во время нормальной работы должно быть менее 5 мс.

Следует также отметить, что ONU будет утверждать бит ожидания PLOAMu, пока оно ожидает одну или более ячейку PLOAM. В алгоритме диспетчеризации OLT при передаче распределений PLOAMu этот факт должен приниматься во внимание.

Определение индикаций "ожидания трафика" приводится в подразделе 8.4.

8.2.3 PLOAM восходящего потока (PLOAMu)

Поле PLOAMu имеет длину 13 байтов и содержит сообщение PLOAM, как определено в разделе 9. Это поле передается при индикации по полю флагов в структуре распределения.

8.2.4 Последовательность выравнивания мощности в восходящем направлении (PLSu)

Поле PLSu имеет длину 120 байтов и используется для результатов контрольных измерений мощности, проводимых ONU. Эта функция помогает при регулировке мощности ONU, чтобы уменьшить оптический динамический диапазон с точки зрения OLT. Содержимое этого поля устанавливается ONU на местном уровне в соответствии с предусмотренным при разработке решением. Это поле передается при индикации по полю флагов в структуре распределения.

Механизм контроля мощности полезен в двух случаях: первоначальная установка мощности и изменение режима мощности в передатчике ONU. Первое имеет место только во время процедур активизации ONU, в то время как второе возможно как во время работы, так и во время активизации. Таким образом, PLSu может быть запрошено в течение всего времени.

Во многих случаях OLT во время процесса активизации может установить бит PLSu на распределение для широкополосной передачи, чтобы дать возможность ONU настроить свои передатчики. Если ONU не нужно использовать поле PLSu, тогда ONU должно деактивизировать свой передатчик на это время. Это уменьшит риск возникновения конфликтов.

В случае использования PLSu во время работы ONU обычно должно осуществлять передачу после PLSu. Поэтому во время работы ONU должно передавать PLSu по запросу, независимо от необходимости выполнения регулировки передатчика.

8.2.5 Сообщение о динамической пропускной способности восходящего потока (DBRu)

Структура DBRu содержит информацию, которая связана с объектом T-CONT, в противоположность ONU. Это поле передается при индикации по полю флагов в структуре распределения.

8.2.5.1 Поле DBA

Поле DBA содержит состояние трафика соответствующего T-CONT. Для этой цели резервируется 8-, 16- или 32-битовое поле. Кодирование требований к пропускной способности в этом поле (то есть размещение по номерам ожидающих ячеек/кадров) описывается в подразделе 8.4. Следует отметить, что ONU должно передавать поле DBA соответствующей длины, даже если этот режим DBA не поддерживается, чтобы обеспечить определение границ.

8.2.5.2 Поле CRC

Структура DBRu защищена процедурой CRC-8, использующей такой же полином, как тот, который приведен в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1 ($g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$). Однако в отличие от Рекомендации МСЭ-Т I.432.1 CRC не подвергается операции "Исключающее ИЛИ" при помощи 0x55. Приемник поля DBRu будет обнаруживать ошибки и осуществлять корректирующие функции CRC-8. Если CRC-8 укажет, что возникла некорректируемая ошибка, информация в DBRu будет отброшена.

8.2.6 Секция полезной нагрузки восходящего потока

Непосредственно за последним полем заголовка восходящего потока следует полезная нагрузка восходящего потока GTC. Она может использоваться для переноса ячеек ATM, кадров GEM с определенными границами или сообщений DBA.

8.2.6.1 Полезная нагрузка восходящего потока ATM

Полезная нагрузка восходящего потока ATM содержит ряд 53-байтовых ячеек ATM. Длина поля этой полезной нагрузки определяется по длительности распределения за вычетом величины запрошенных заголовков. OLT должно пытаться так ввести указатели, чтобы полезная нагрузка ATM всегда имела длину в виде целого числа, умноженного на 53 байта. Если полезная нагрузка не состоит из целого числа ячеек, неполная часть в конце занимает загрузителем. В любом случае, ячейки всегда выровнены относительно начала полезной нагрузки (см. рисунок 8-11).

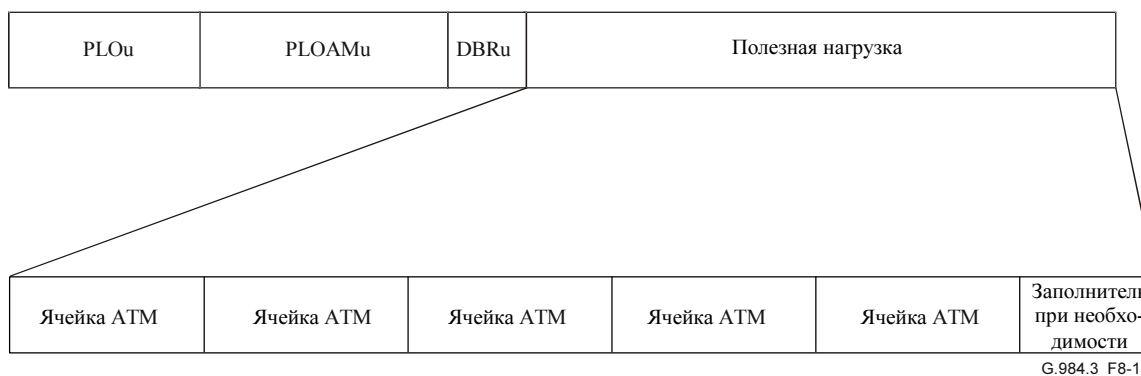


Рисунок 8-11/G.984.3 – Ячейки ATM в восходящем потоке

8.2.6.2 Полезная нагрузка восходящего потока GEM

Полезная нагрузка GEM содержит любое число кадров GEM в режиме определения границ кадра (рисунок 8-12). Длина этой полезной нагрузки определяется по длительности распределения за вычетом величины запрошенных заголовков. OLT должно поддерживать несколько конечных автоматов определения границ кадра GEM и накапливать фрагментированные кадры до их завершения. Операция определения границ кадра GEM описывается в подразделе 8.3.

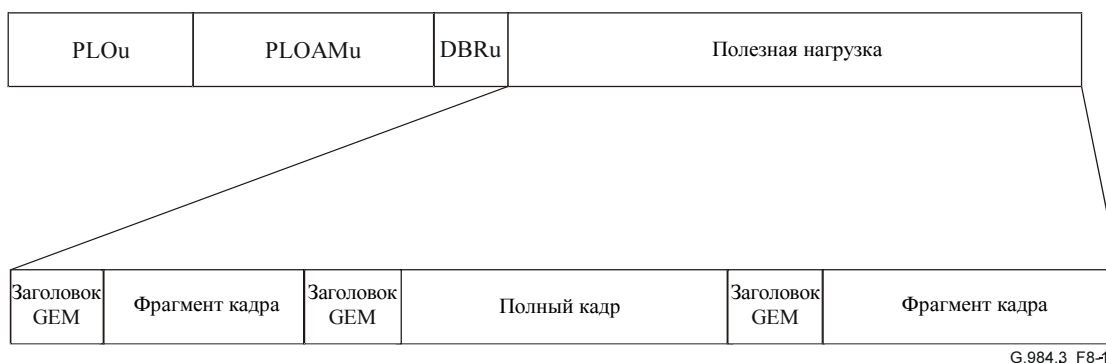


Рисунок 8-12/G.984.3 – Кадры GEM в восходящем потоке

8.2.6.3 Полезная нагрузка восходящего потока DBA

Полезная нагрузка DBA содержит группу сообщений динамического распределения пропускной способности, получаемых от соответствующего ONU (рисунок 8-13). Первое сообщение DBA всегда согласовано так, что первый байт сообщения находится в начале распределения. Все сообщения являются смежными. Если длина распределения не согласуется с общей длиной сообщения, тогда ONU для компенсации либо обрежет конец последнего сообщения, либо в конце последнего сообщения добавит заполнитель. Конфигурация, формат и использование этих сообщений описываются в подразделе 8.4. Следует отметить, что ONU, чтобы поддержать определение границ кадра, должно реагировать на распределение полезной нагрузки DBA, даже если этот режим DBA не поддерживается.

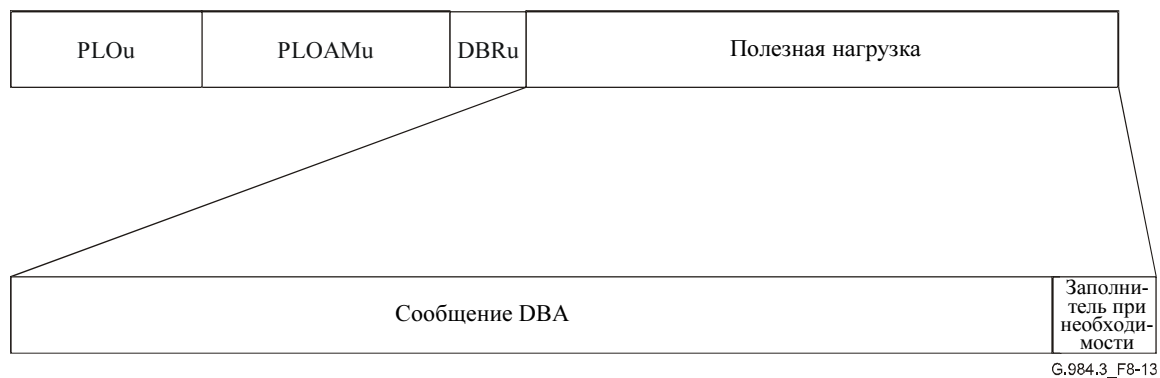


Рисунок 8-13/G.984.3 – Сообщение DBA в восходящем потоке

8.3 Размещение трафика в полезной нагрузке GTC

В полезной нагрузке GTC можно переносить множество типов данных пользователя. Основными протоколами носителя являются ATM и GEM. Внутри каждого из этих протоколов можно переносить информацию различных услуг пользователя.

8.3.1 Размещение ячеек ATM в полезной нагрузке GTC

Трафик ATM переносится посредством протокола GTC прозрачным способом. Ячейки в нисходящем потоке передаются от OLT к разным ONU при помощи сегмента полезной нагрузки ATM. OLT может распределять в нисходящем потоке столько ячеек, сколько нужно, длительность их может достигать и включать почти весь кадр нисходящего потока. Подуровень формирования кадров ONU фильтрует входящие ячейки по VPI и доставляет соответствующие ячейки клиенту ATM ONU.

Ячейки в восходящем потоке передаются от ONU к OLT при помощи конфигурируемого распределения по времени ATM. ONU накапливает ячейки ATM по мере поступления, а затем передает их пакетами в распределенное для этого время с помощью OLT. OLT принимает ячейки и осуществляет их мультиплексирование вместе с пакетами от других ONU, пропуская их все к клиенту ATM OLT.

8.3.1.1 Размещение в ATM информации услуг пользователя

Существует много Рекомендаций, в которых описывается размещение в виртуальном канале носителя ATM информации услуг пользователя, таких как речь, услуги PDH, услуги Ethernet и другие.

8.3.2 Размещение кадров GEM в полезной нагрузке GTC

Трафик GEM переносится посредством протокола GTC прозрачным способом. Кадры в нисходящем потоке передаются от OLT к разным ONU при помощи сегмента полезной нагрузки GEM. Кадры в восходящем потоке передаются от ONU к OLT при помощи конфигурируемого времени распределения GEM.

Протокол GEM имеет две функции: обеспечить определение границ кадров данных пользователя и обеспечить идентификацию порта для мультиплексирования. Следует отметить, что термин "кадры данных пользователя" обозначает кадры, как идущие к пользователю, так и приходящие от него. Это делается при помощи заголовка GEM, как показано на рисунке 8-14. Заголовок GEM содержит индикатор длины полезной нагрузки (PLI), идентификатор порта, индикатор типа полезной нагрузки (PTI) и 13-битовое поле контроля ошибок заголовка (HEC).

PLI 12 битов	Идентификатор порта 12 битов	PTI 3 битов	HEC 13 битов	Фрагментированная полезная нагрузка, L байтов
<i>Индикатор длины полезной нагрузки</i>		<i>Индикатор типа полезной нагрузки</i>		G.984.3_F8-14

Рисунок 8-14/G.984.3 – Заголовок GEM и структура кадра

PLI показывает длину (L) в байтах фрагмента полезной нагрузки, следующей за этим заголовком. PLI используется для нахождения следующего заголовка в потоке, чтобы обеспечить определение границ. Величина 12 битов этого поля позволяет иметь фрагменты до 4095 байтов. Если кадры данных пользователя больше этой величины, тогда они должны быть разбиты на фрагменты, которые меньше 4095 байтов.

Идентификатор порта используется для обеспечения 4096 уникальных идентификаторов трафика PON, чтобы обеспечить мультиплексирование трафика.

Поле PTI используется для индикации типа содержимого фрагмента полезной нагрузки и соответствующей его интерпретации. Кодирование этого трехбитового поля аналогично используемому в заголовке ATM. Следует отметить, что так как транспортирование GEM происходит только через сегмент G-PON, нет необходимости в текущей сквозной индикации OAM. Это может измениться в будущем, и для обеспечения этой функции резервируется кодовая комбинация. Кодирование показано ниже.

Код PTI	Значение
000	Фрагмент данных пользователя, перегрузка Не возникла, нет конца кадра
001	Фрагмент данных пользователя, перегрузка Не возникла, конец кадра
010	Фрагмент данных пользователя, перегрузка Возникла, нет конца кадра
011	Фрагмент данных пользователя, перегрузка Возникла, конец кадра
100	GEM OAM
101	Зарезервирован
110	Зарезервирован
111	Зарезервирован

Формирование сообщения о перегрузке через кодовые позиции 2 и 3 подлежит дальнейшему изучению.

Для кодовой позиции 4 GEM будет повторно использовать формат ячейки OAM, определенный в Рекомендации МСЭ-Т I.610, то есть этот режим будет поддерживать 48-байтовую фрагментированную полезную нагрузку, которая форматирована так, как описано для функций OAM ATM.

Наконец, HEC обеспечивает функции обнаружения и коррекции ошибок для заголовка. Подлежащий использованию HEC представляет собой комбинацию кода BCH(39, 12, 2) и одного бита проверки на четность. Порождающим полиномом для этого кода является $x^{12} + x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^3 + 1$. Код BCH вычисляется так, что результат деления по модулю 2 первых 39 битов заголовка (интерпретируется как 39-битовое число, старший бит передается первым) на порождающий полином при отсутствии ошибок должен быть равен нулю. Если для выполнения деления используется регистр сдвига, значение инициализации этого регистра представляет собой все нули. Один бит проверки на четность устанавливается так, чтобы общее число единиц во всем заголовке (40 битов) было четным числом. Процесс декодирования 13-битового HEC описан более подробно в Добавлении III.

Как только заголовок собран, передатчик вычисляет "Исключающее ИЛИ" заголовка с помощью фиксированной кодовой комбинации 0x0xB6AB31E055 и передает результат. Приемник, чтобы восстановить заголовок, вычисляет "Исключающее ИЛИ" принятых битов с помощью той же фиксированной кодовой комбинации. Это делается, чтобы убедиться, что ряд незанятых кадров будет иметь достаточное содержимое для выполнения правильного определения границ.

Процесс определения границ в G-PON требует присутствия заголовка GEM в начале каждого сегмента GEM нисходящего потока и каждой полезной нагрузки GEM восходящего потока. Приемник поэтому обеспечен данными для нахождения первого заголовка и может найти последующие заголовки при использовании PLI в качестве указателя. Другими словами, приемник немедленно переходит в состояние синхронизации в начале каждого сегмента и полезной нагрузки. Однако в случае некорректируемых ошибок в заголовке в процессе определения границ может быть потеряна синхронизация с потоком данных. Приемник затем пытается вновь достичь синхронизации путем реализации конечного автомата, показанного на рисунке 8-15. Приемник в поисковом состоянии ищет НЕС заголовка GEM во всех синхросигналах (как по битам, так и по байтам). При его нахождении он переходит в состояние предварительной синхронизации, в котором он ищет НЕС в месте, указанном в предыдущем найденном заголовке. Если этот НЕС соответствует, тогда осуществляется переход в состояние синхронизации. Если нет, тогда осуществляется переход в поисковое состояние. Следует отметить, что при конкретных реализациях может быть решено, что состояние предварительной синхронизации должно быть зафиксировано несколько раз, чтобы соответствие ложному НЕС не препятствовало обнаружению правильного разделителя. Кроме того, в процессе приема в состоянии предварительной синхронизации принимаемые данные могут накапливаться, и если переход в состояние синхронизации будет успешным, накопленные данные будут корректно сочтены правильным фрагментом GEM.

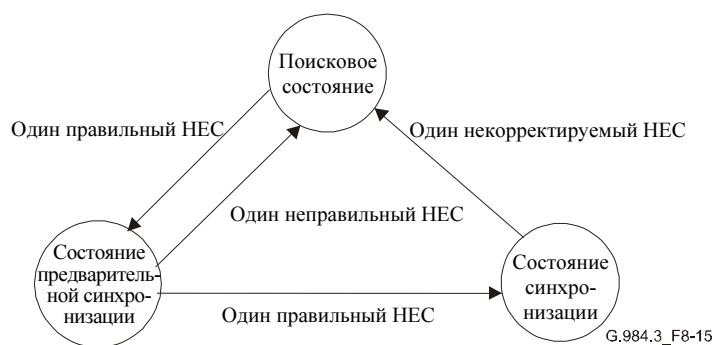


Рисунок 8-15/G.984.3 – Конечный автомат определения границ GEM

Для обеспечения разделения скоростей определяется незанятый кадр GEM. Если кадры пользователя не должны передаваться, процесс передачи будет генерировать эти незанятые кадры, чтобы заполнить незанятое время. Приемник будет использовать эти кадры для поддержания синхронизации и, конечно, не будет иметь данных для пропускания к клиенту GEM. Определено, что заголовок незанятого кадра GEM должен состоять из одних нулей. Это означает, что, в действительности, благодаря операции XOR, выполняемой до передачи, передается кодовая комбинация 0xB6AB31E055.

Из-за того, что кадры данных пользователя имеют случайную длину, протокол GEM, чтобы иметь возможность введения заголовка GEM в начале каждого сегмента или полезной нагрузки, должен поддерживать фрагментацию кадров данных пользователя. Следует отметить, что фрагментация может возникнуть как в нисходящем, так и восходящем направлении. Для этой цели в заголовке GEM используется младший бит поля PFI. Каждый кадр данных пользователя может быть разделен на ряд фрагментов. Предварительно каждому фрагменту подвешивается заголовок, а поле PFI показывает, в каком фрагменте содержится конец кадра данных пользователя. Несколько случаев применения PFI показаны на рисунке 8-16.

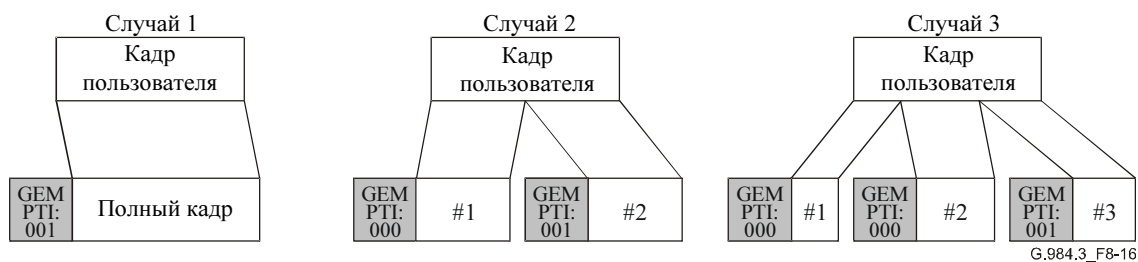


Рисунок 8-16/G.984.3 – Случаи применения поля фрагмента

Важно отметить, что образованные фрагменты передаются прилегающими друг к другу. Другими словами, фрагмент не может отклониться от границы кадра. Это является естественным следствием того требования, что каждый сегмент или полезная нагрузка должны начинаться с заголовка GEM. Поэтому при процессе фрагментации должна быть известна величина остатка времени в текущем сегменте или полезной нагрузке и фрагмента соответствующего кадра данных пользователя. Другим следствием этого факта является передача незанятых кадров. В некоторых случаях при завершении предшествующего кадра пользователя может остаться 4 или меньше байтов из сегмента или полезной нагрузки GTC. Это меньше минимального размера кадра GEM. В этом случае в процессе передачи должна быть послана кодовая комбинация прерывания заголовка GEM. В процессе приема будет обнаружено, что этот заголовок является прерванным, и он не будет учитываться. В любом случае определение границ GEM будет восстановлено в начале следующего сегмента или полезной нагрузки.

Процесс фрагментации, присущий режиму GEM, может использоваться в системе GTC для двух целей. Первая, то есть введение заголовка в начале каждого сегмента или полезной нагрузки, уже была упомянута. Кроме того, если такие чувствительные ко времени доставки данные, как речевой трафик, должны прервать передачу доставки нестрогого ко времени трафика, фрагментация обеспечивает один из способов осуществления этого. В общем случае эти два способа применения фрагментации могут быть реализованы с помощью двух отдельных этапов обработки, на первом из которых вставляется срочный трафик, а во втором – заголовки, чтобы заполнить сегмент/полезную нагрузку GTC. Однако более простым методом является применение одной стадии фрагментации, выполняющей обе функции. В этой ситуации фрагменты GEM со срочными данными всегда передаются в начале каждого сегмента или полезной нагрузки. Так как кадр GTC имеет периодичность 125 мкс, он должен обеспечить достаточно низкую задержку для срочных данных. Эта схема иллюстрируется на рисунке 8-17.

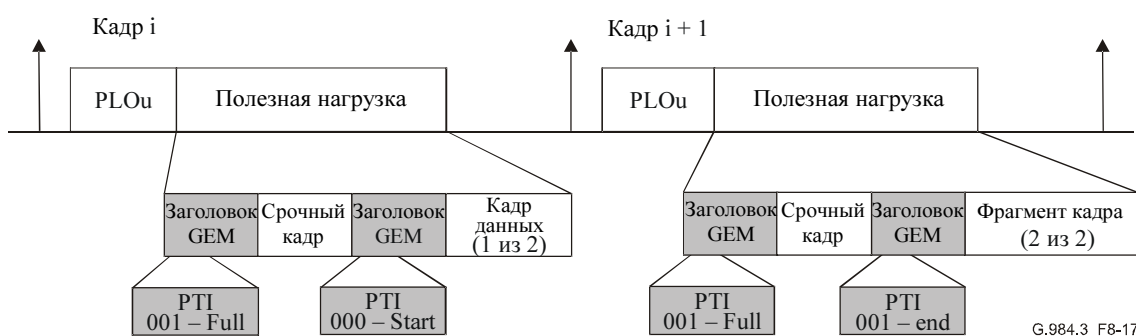


Рисунок 8-17/G.984.3 – Формирование кадров GEM относительно формирования кадров GTC

8.3.2.1 Размещение сигналов пользователя в GEM

Размещение сигналов пользователя в GEM описывается в Добавлении I.

8.4 Сигнализация и конфигурация динамического распределения пропускной способности

Система G-PON поддерживает динамическое распределение пропускной способности посредством формирования сообщений о состоянии, а также контроля трафика OLT (при отсутствии сообщений о состоянии). Все OLT обеспечивают контроль трафика DBA, так что ONU, которые не сообщают о состоянии, могут получить основные функциональные возможности DBA. В DBA без формирования

сообщений не требуются свойств протокола, и весь механизм DBA содержится внутри OLT. Однако хотя такая функция DBA без формирования сообщений о состоянии далее в данной Рекомендации не описывается, это не уменьшает ее важности. В случае DBA с формированием сообщений о состоянии имеются три механизма для передачи сообщений DBA через G-PON: индикаторы состояния в PLOu, дополнительные сообщения в DBRu и сообщение ONU в полезной нагрузке DBA. Эти механизмы теоретически описаны следующим образом.

Индикаторы состояния обеспечивают быструю и простую индикацию трафика, ожидаемого в ONU. Индикаторы переносятся в поле Ind PLOu. Имеются четыре однобитовых сообщения, по одному для каждого типа T-CONT. Они предназначены для того, чтобы предоставить OLT быстрое предупреждение, что в рассматриваемом ONU необходимо наблюдение DBA, но они не идентифицируют определенные T-CONT и не обеспечивают никаких подробных данных относительно величины пропускной способности.

Дополнительные сообщения обеспечивают непрерывное обновление состояния трафика конкретного T-CONT. Эти сообщения переносятся в DBRu, соответствующем определенному T-CONT. Имеются три формата для этого вида сообщения (типы 0, 1 и 2). Формат сообщения типа 0 поддерживается по умолчанию, а другие типы поддерживаются как дополнительные (необязательные).

Полное сообщение ONU обеспечивает путь для передачи ONU сообщения DBA на некоторые или все его T-CONT в одном блоке передачи. Оно переносится в назначенном сегменте полезной нагрузки DBA, который OLT размещает в восходящем потоке. Поддержка этой схемы не обязательна.

Так как некоторые из функций формирования сообщений DBA являются необязательными, OLT и ONU в момент запуска должны выполнить процедуру взаимодействия, чтобы согласовать подлежащий использованию тип сообщений DBA. Для этой цели используется канал OMCI G-PON. Пока процедура взаимодействия OMCI не завершена, функции DBA не должны использоваться. Однако транспортная система сделана так, чтобы быть устойчивой к дефектам, путем установления требований к ONU всегда формировать правильный формат сообщения, запрашиваемого OLT, независимо от возможностей DBA. Специфика этих дополнительных вариантов, управление ими и дефектные состояния в общих чертах рассмотрены ниже.

8.4.1 DBA с индикацией состояния

8.4.1.1 Определение сообщения

Сообщение DBA с индикацией состояния состоит из 4 битов в поле Ind PLOu. Оно передается из ONU при передаче каждого блока восходящего потока. Каждый бит соответствует определенному типу T-CONT. Если бит устанавливается на единицу для T-CONT типа X, тогда OLT может допустить, что имеются некоторые ожидающие передачи данные по крайней мере в одном буфере T-CONT типа X. Если ONU имеет более одного T-CONT этого типа, бит является логическим обозначением или функцией состояния всех этих буферов. В таком случае OLT не будет знать, какой T-CONT имеет ожидающие передачи данные, и должно будет выполнить следующие действия.

Для T-CONT типа 2–4 в контракте нет компонента фиксированной пропускной способности. Поэтому, если в этих T-CONT какие-то данные находятся в состоянии ожидания, соответствующий бит устанавливается на единицу. Однако T-CONT типа 5 является специальным в том смысле, что его буфер может содержать данные, принадлежащие фиксированной части контракта на пропускную способность. Данные фиксированной пропускной способности не должны инициировать индикацию состояния, так как это всегда приводило бы к установке индикации на единицу. Поэтому для T-CONT типа 5 только присутствие данных о нефиксированной пропускной способности должно приводить к установке бита индикации на единицу.

Эти индикаторы состояния предназначаются для раннего предупреждения OLT о том, что имеются ожидающие передачи данные. Однако алгоритму DBA OLT не нужно ждать таких индикаторов перед выделением пропускной способности различным ONU. Такое требование могло бы ввести задержку в предоставлении первоначальной пропускной способности ONU.

8.4.1.2 Дополнительные варианты, доступные для ONU и OLT

ONU и OLT могут или не могут поддерживать этот вид формирования сообщений DBA. Если ONU не поддерживает этот режим формирования сообщений, оно должно всегда устанавливать эти биты на нуль. Следует отметить, что если ONU не поддерживает определенный тип T-CONT, тогда этот бит может быть всегда установлен на нуль. При разработке OLT должен учитываться тот факт, что некоторые реализации ONU могут все время устанавливать все индикаторы состояния на нуль. Если OLT не поддерживает этот режим, биты состояния игнорируются.

8.4.1.3 Обработка исключительных случаев

Поскольку в этом режиме формирования сообщений используются фиксированные биты размещения в существующей структуре, разногласия по поддержке данного режима не вызовут ошибок при определении границ. Алгоритм OLT должен быть разработан таким образом, чтобы можно было обрабатывать оба типа ONU.

8.4.2 Дополнительные сообщения DBA DBRu

8.4.2.1 Определение сообщения

Дополнительное сообщение DBA состоит из 1-, 2- или 4-байтовых сообщений, в которых определяется количество ожидающих передачи данных в буфере T-CONT, соответствующем Alloc-ID, который инициировал передачу DBRu. OLT инициирует передачу DBRu путем установки соответствующей кодовой позиции в поле флагов структуры карты распределения пропускной способности. Сообщение затем покрывается битом CRC-8, который является частью DBRu.

Сообщение использует в качестве основной единицы число ячеек ATM или блоков GEM, ожидающих в буфере T-CONT. Имеются три разрешенных формата, как описано в Добавлении II/G.983.4. Они кратко описываются ниже:

- Режим 0: Одно поле сообщает об общем количестве данных в буфере T-CONT.
- Режим 1: Два поля, первое из которых сообщает количество данных с помощью "маркеров PCR" (1 байт), а второе – с помощью "маркеров SCR" (1 байт) в буфере T-CONT. Этот тип формирования сообщений подходит для T-CONT типа 3 и 5.
- Режим 2: Четыре поля, первое из которых содержит результат нелинейного кодирования общего числа ячеек T-CONT класса 2, которые имеют маркеры PCR (гарантированная BW) (1 байт). Второе поле содержит результат нелинейного кодирования общего числа ячеек T-CONT класса 3, которые имеют маркеры SCR (гарантированная BW) (1 байт). Третье поле содержит результат нелинейного кодирования общего числа ячеек T-CONT класса 3, которые имеют маркеры PCR (негарантированная BW) (1 байт). Четвертое поле содержит результат нелинейного кодирования общего числа ячеек T-CONT класса 4, которые имеют маркеры PCR (наиболее достижимая BW) (1 байт). Этот тип формирования сообщений использует в общей сложности 4 байта. Это подходит для T-CONT типа 5 или для ONU для информирования всех противоположащих T-CONT с помощью одного сообщения.
- В режимах 1 и 2 "PCR" и "SCR" представляют максимальную и гарантируемую пропускную способность образуемых соединений, соответственно. Они задаются в ячейках для сообщений ATM или блоках формирования сообщений фиксированной длины в соединениях GEM.

Во всех типах формирования сообщений для передачи числа ячеек или блоков в буфере используется общее поле длиной в 1 байт. Поле формирования сообщений конфигурируется на основе этого поля в мини-интервалах, определенных в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4. Однако вместо резервного кода в Рекомендации МСЭ-Т G.983.4 определяется неправильный код, так что ONU может указать, что не может сообщить действительную величину. Измененная кодовая позиция представлена в таблице 8-1.

Таблица 8-1/G.984.3 – Кодовые позиции в полях формирования сообщений DBA

Длина очереди	Двоичные входные данные (ONU)	Кодировка октета	Двоичные выходные данные (OLT)
0–127	00000000abcdefg	0abcdefg	00000000abcdefg
128–255	00000001abcdefx	10abcdef	00000001abcdef1
256–511	0000001abcdexxxx	110abcde	0000001abcde111
512–1023	000001abcdxxxxxx	1110abcd	000001abcd11111
1024–2047	00001abcxxxxxxxx	11110abc	00001abc1111111
2048–4095	0001abxxxxxxxxxxx	111110ab	0001ab111111111
4096–8191	001axxxxxxxxxxxxxx	1111110a	001a11111111111
>8191	01xxxxxxxxxxxxxxxx	11111110	011111111111111
Неправильный	Не используется	11111111	Не используется

Длина очереди в таблице 8-1 означает число ячеек для ATM и число подлежащих сообщению блоков, которое по умолчанию равно 48 байтам, для GEM в буфере T-CONT. Хотя структура очереди зависит от реализации, концепция буфера T-CONT является такой же, как в подразделе 1.3/G.983.4.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Формирование сообщений в GEM.

В случае GEM действительная длина пакета нормализуется до числа подлежащих сообщению блоков. Число подлежащих сообщению блоков длиной B получается путем общего процесса округления. Короче говоря, если в буфере T-CONT сохраняется k пакетов длиной L_i ($i = 1, \dots, k$), сообщаемое значение R вычисляется следующим образом.

$$R = \text{int} \left(0,99 + \frac{1}{B} \sum_{i=1}^k L_i \right),$$

где $\text{int}()$ – функция, которая выделяет целую часть аргумента.

8.4.2.2 Дополнительные варианты, доступные для ONU и OLT

Поддержка формирования дополнительных сообщений DBA является необязательной для ONU. Если ONU не поддерживает формирование дополнительных сообщений, оно должно поддерживать формат сообщений в режиме 0. ONU может на необязательной основе поддерживать режимы 1 и 2 или оба. OLT должно поддерживать дополнительный режим 0 DBA, а на необязательной основе может поддерживать режимы 1 и 2.

OLT узнает о возможностях ONU через OMCI. Учитывая возможности ONU и свои собственные, OLT может установить режим формирования сообщений каждого T-CONT. ONU должно тогда быть способно откликаться на распределение DBRu (установленный бит флага) обычным образом.

8.4.2.3 Обработка исключительных случаев

OLT не должно передавать распределение DBRu, когда запрашивается неправильный формат DBRu. Формат DBRu надлежащим образом контролируется OMCI. Однако из-за ошибочной конфигурации или переходных процессов при коммутации OLT может запросить DBRu типа, который ONU не ожидает или не поддерживает. Когда это происходит, ONU должно откликнуться форматом DBRu, который запрашивается в распределении, но все поля в ошибочно запрошенном формате должны быть заполнены неправильным кодом. OLT тогда интерпретирует это как ошибку и игнорирует DBRu. Важно, чтобы OLT поддерживало определение границ пакета, так как длина DBRu, передаваемого ONU, всегда согласуется с ожидаемой OLT.

8.4.3 Полное сообщение DBA от ONU

8.4.3.1 Определение сообщения

Полное сообщение ONU DBA позволяет ONU передать сообщения DBA для любого из своих T-CONT. В отличие от дополнительного метода, метод полного сообщения ONU дает ONU свободу

выбора того, о каком T-CONTs желательно получить сообщение. В общем случае эта широта позволяет OLT составлять полезную нагрузку DBA, которая значительно меньше той, которая требуется для сообщений о всех T-CONT в ONU. T-CONT могут тогда соперничать за время передачи сообщения, а ONU может делать интеллектуальный выбор расписания.

Сообщения форматируются подобно тем, которые используются в DBRu, но им предшествуют два байта, которые переносят Alloc-ID, соответствующий сообщению T-CONT, и две копии индикации режима DBRu (с использованием тех же кодовых позиций, определенных для поля флагов Alloc-ID). Это иллюстрируется на рисунке 8-18. Так как OLT не известен формат сообщения, нужно иметь особую устойчивость к ошибкам для индикации режима DBRu. В формате, показанном на рисунке 8-18, эта информация представлена в трех видах. Имеются две явные копии в индикаторах режима DBRu и одна косвенная копия в Alloc-ID, так как каждый Alloc-ID имеет соответствующий режим. Следовательно, OLT может сравнить индикаторы трех форматов и принять решение по мажоритарному принципу, чтобы определить длину сообщения. Этот результат может затем быть подтвержден присутствием CRC-8 в предсказанном месте. Если OLT потеряет границы либо из-за неокончательного решения о формате DBRu, либо из-за некорректируемой ошибки CRC, оно обычно отбрасывает остаток сообщения DBA. Следует отметить, что для того чтобы это случилось, должно быть две битовые ошибки.

Режим 0:

Alloc-ID 12 битов	MI 2b	MI 2b	Поле 1 8 битов	CRC-8 8 битов
----------------------	----------	----------	-------------------	------------------

Режим 1:

Alloc-ID 12 битов	MI 2b	MI 2b	Поле 1 8 битов	Поле 2 8 битов	CRC-8 8 битов
----------------------	----------	----------	-------------------	-------------------	------------------

Режим 2:

Alloc-ID 12 битов	MI 2b	MI 2b	Поле 1 8 битов	Поле 2 8 битов	Поле 3 8 битов	Поле 4 8 битов	CRC-8 8 битов
----------------------	----------	----------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	------------------

G.984.3_F8-18

Рисунок 8-18/G.984.3 – Три формата сообщений для полной функции DBA ONU

Структуры полного сообщения DBA ONU защищаются при помощи процедуры CRC-8, использующей такой же полином, как в Рекомендации МСЭ-Т I.432.1 ($g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$). Однако в отличие от Рекомендации МСЭ-Т I.432.1, CRC не подвергается операции "Исключающее ИЛИ" при помощи 0x55. OLT будет обнаруживать ошибки и осуществлять корректирующие функции CRC-8. Если CRC-8 укажет, что возникла некорректируемая ошибка, тогда информация в структуре будет отброшена.

8.4.3.2 Дополнительные варианты, доступные для ONU и OLT

Возможность формирования полного сообщения в ONU является необязательной для ONU и OLT. OLT узнает о возможностях ONU через OMCI. Учитывая возможности ONU, OLT может назначить новый идентификатор Alloc-ID и конфигурировать его для полного сообщения DBA ONU. ONU должно тогда быть способно откликаться на Alloc-ID обычным образом.

8.4.3.3 Обработка исключительных случаев

OLT не должно пытаться конфигурировать Alloc-ID для полного сообщения DBA, если ONU не поддерживает эту функцию. Однако в случае поддержки этой функции ONU будет реагировать на распределение, но заполнять полезную нагрузку всеми нулями, как будто не имеет сообщений для передачи. OLT будет принимать эту передачу этого блока как случайную и проигнорирует ее.

9 Сообщения GTC

Этот раздел посвящен сообщениям OAM на физическом уровне.

Имеются три способа передачи информации со станции управления сетью, OLT и ONU:

Встроенные каналы OAM. В структурах кадров нисходящего и восходящего потоков определено несколько полей. Эти поля передают информацию в реальном времени, такую как обмен информацией для защиты, DBA и контроль КОБ в линии. Это описывается в разделе 8.

Сообщения PLOAM. Назначенное 13-байтовое сообщение может быть передано в нисходящем потоке от OLT к разным ONU и от ONU в восходящих потоках к OLT, при этом между ними транспортируются функции OAM. Это описывается в настоящем разделе.

Информация OAM, переносящая OMCI, транспортируется по назначенному каналу GEM или назначенному VPI/VCI ATM. Точный способ транспортирования описывается в разделе 14. Синтаксис OMCI описывается в Рекомендации для OMCI G-PON.

9.1 Формат сообщения PLOAM

Относящиеся к OAM аварийные сигналы или предупредительные сигналы о пересечении порогов, инициируемые событиями, транспортируются посредством сообщений в 13-байтовом поле PLOAM. Также в поле сообщений поля PLOAM размещаются все относящиеся к активизации сообщения.

Структура сообщения GTC показана на рисунке 9-1, и ниже приведены соответствующие определения.

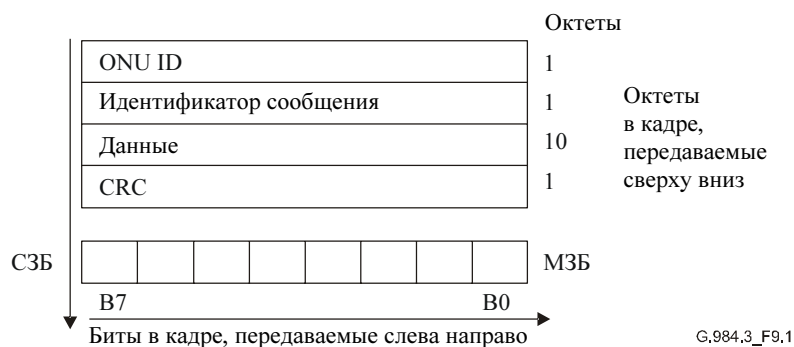


Рисунок 9-1/G.984.3 – Общая структура сообщения

9.1.1 ONU-ID

Он относится к определенному ONU. Во время протокола определения дальности ONU назначается номер – ONU-ID. Этот ONU-ID может быть от 0 до 253. При широковещательной передаче ко всем ONU это поле устанавливается на 0xFF.

9.1.2 Идентификатор сообщения

Указывает тип сообщения.

9.1.3 Данные сообщения

Эти оклеты используются для полезной нагрузки сообщений GTC.

9.1.4 CRC

Это поле представляет собой последовательность проверки кадра. Сообщение на приеме будет отброшено при неправильном значении CRC.

CRC – это остаток от деления (по модулю 2) на порождающий полином $x^8 + x^2 + x + 1$ значения x^8 , умноженного на полином с коэффициентами содержимого поля сообщения, за исключением поля CRC.

В передатчике первоначальное содержимое регистра устройства, вычисляющего остаток от деления, устанавливается на все нули, а затем изменяется при делении поля сообщения, за исключением поля CRC, на порождающий полином (как описано выше); результирующий остаток передается как 8-битовое слово CRC.

9.2 Сообщения управления

Время обработки всех сообщений нисходящего потока находится в пределах 750 мкс, которые являются временем, необходимым ONU для обработки сообщения нисходящего потока и подготовки любых соответствующих действий в восходящем направлении.

9.2.1 Определения сообщений нисходящего потока

В следующей таблице приводятся определения сообщений нисходящего потока.

	Имя сообщения	Функция	Побудительная причина	Число передаваемых раз	Действие на приеме
1	Upstream_Overhead	Проинструктировать ONU, какую предварительно назначенную задержку для выравнивания и число байтов преамбулы использовать в восходящем направлении. Кроме того, определяется оптическая мощность ONU и число блоков передачи SN на запрос SN.	Каждый раз, когда запускается процесс.	3	ONU устанавливает предварительно назначенную EqD.
2	Serial_number_mask	Обеспечивает серийный номер и маску, маскирующую часть этого серийного номера.	Чтобы найти серийный номер уникального ONU.	1	Если серийный номер и маска согласуются с серийным номером ONU, ONU способно реагировать на настройку мощности и запросы SN.
3	Assign_ONU-ID	Связывает свободный номер ONU-ID с серийным номером, также предоставляемым этим сообщением.	Когда OLT находит серийный номер уникального ONU.	3	ONU с этим серийным номером использует данный ONU-ID, и к нему будет направляться этот ONU-ID.
4	Ranging_Time	Указывает значение (выраженное числом битов восходящего потока), которым ONU должно заполнить регистр задержки для выравнивания. Назначенное поле показывает, предназначено ли это EqD для главного или резервного пути.	Когда OLT решает, что задержка должна быть обновлена, см. протокол определения дальности.	3	ONU заполняет этим значением регистр задержки для выравнивания.
5	Deactivate_ONU-ID	Сообщает ONU с помощью этого ONU-ID о необходимости прекращения передачи трафика восходящего потока и перехода в исходное состояние. Это может быть также сообщением ширококонтрастной передачи.	Когда обнаружены аварийные сигналы LOS, LOF, LCD, LOA и SUF от ONU.	3	ONU с помощью этого ONU-ID выключает лазер, и ONU-ID отбрасывается. ONU переходит в первоначальное состояние.

	Имя сообщения	Функция	Побудительная причина	Число передаваемых раз	Действие на приеме
6	Disable_serial_number	Отменяет/разрешает работу ONU с помощью этого серийного номера.	По команде из OpS.	3 или пока не будет обнаружено ни одного пакета.	Переводит ONU в аварийное выключенное состояние. ONU не может реагировать на указатели D/S. Переводит ONU в первоначальное состояние. ONU может реагировать на запросы D/S.
7	Configure_VP/VC	Это сообщение активизирует или деактивизирует VP/VC в нисходящем и восходящем потоках для связи на уровне ATM, то есть для переноса OMCC.	Когда OLT хочет установить или разорвать соединение с ONU.	3	ONU активизирует/деактивизирует эти VP/VC для канала связи. Передает 1 подтверждение после каждого правильно принятого сообщения.
8	Encrypted_Port-ID/VPI	Показать ONU, какие каналы зашифрованы или не зашифрованы.	Когда новый канал должен быть зашифрован или не зашифрован.	3	Ставит метку на канал/снимает метку с этого канала как зашифрованного. Передает 1 подтверждение после каждого правильно принятого сообщения.
9	Request_password	Запросить пароль от ONU, чтобы проверить его. OLT имеет местную таблицу паролей присоединенных ONU. Если после переопределения дальности пароль изменяется, с его помощью ONU не активизируется.	После определения дальности ONU. Эта команда необязательная.	1	Передает сообщение с паролем 3 раза.
10	Assign_Alloc-ID	Назначает идентификатор распределения для ONU с конкретным ONU-ID.	Когда в ONU-ID создается T-CONT.	3	Этот Alloc-ID будет направлен T-CONT в ONU
11	Нет сообщения	Не имеется сообщений, когда передается ячейка PLOAM.	Пустая очередь сообщений.	–	
12	POPUP	OLT вынуждает все ONU, которые находятся в состоянии POPUP и не в состоянии LOS/LOF перейти из состояния POPUP в состояние определения дальности (O5) или выдает команду конкретному ONU перейти прямо в рабочее состояние (O6).	Ускорить активизацию ONU в состоянии LOS.	3	ONU переходит в состояние определения дальности (O5), (или в рабочее состояние (O6)).
13	Request_Key	OLT инициирует ONU генерировать новый ключ шифрования и передать его в восходящем направлении.	С частотой, определяемой OpS.	1	Три раза передает сообщение с ключом шифрования.
14	Configure Port-ID	Это сообщение связывает созданный внутри ONU канал OMCI с 12-битовым Port-ID. Port-ID присоединяется к заголовку GEM и используется в качестве механизма адресации, чтобы направить OMCI через канал GEM.	По команде от OpS.	3	Логическому порту управления назначается Port-ID.

	Имя сообщения	Функция	Побудительная причина	Число передаваемых раз	Действие на приеме
15	РЕЕ – ошибка оборудования физического уровня	Указать ONU, что OLT не способно передавать как ячейки ATM или кадры GEM, так и ячейки OMCC.	Когда OLT обнаруживает, что не может передавать как ячейки ATM или кадры GEM, так и ячейки OMCC.	1 раз в секунду	В ONU объявляется аварийный сигнал РЕЕ.
16	Изменение уровня мощности	OLT заставляет ONU либо увеличить, либо уменьшить уровень передаваемой мощности.	Когда OLT обнаруживает, что мощность ONU меньше/больше заранее установленного порога.	1	ONU соответствующим образом регулирует уровень передаваемой мощности.
17	Сообщение PST	Проверить возможность соединения ONU-OLT в жизнеспособной конфигурации PON и выполнить APS.	Периодически, а также после обнаружения дефектов.	1 раз в секунду	ONU проверяет номер линии и действует по командам APS.
18	Интервал КОБ	Определяет интервал накопления для каждого ONU, выражаемый числом кадров нисходящего потока, для подсчета ONU числа битовых ошибок нисходящего потока.	OpS определяет этот интервал и может сосредоточиться на определенном ONU.	3	ONU запускает таймер и накапливает ошибки нисходящего потока. Для каждого правильно принятого сообщения передается подтверждение.
19	Время переключения ключа	OLT указывает ONU, когда начинать использование нового ключа шифрования.	Когда OLT готово к изменению этого ключа.	3	ONU готовится к изменению этого ключа в указанное время.

9.2.2 Определения сообщений восходящего потока

В следующей таблице приводятся определения сообщений восходящего потока.

	Имя сообщения	Функция	Побудительная причина	Число передаваемых раз	Действие на приеме
1	Serial_number_ONU	Содержит серийный номер ONU.	ONU передает это сообщение при нахождении в режиме определения дальности и при приеме Alloc-ID определения дальности (254).	X может быть передан несколько раз во время определения диапазона.	OLT выделяет серийный номер и может назначить свободный ONU-ID этому ONU. Чтобы позволить 1-е измерение RTD во время опроса SN, в сообщении включается используемая в это время случайная задержка.
2	Пароль	Проверить ONU по паролю.	Когда OLT запрашивает пароль командой "request_password".	3	Если OLT принимает 3 идентичных пароля, он объявляется правильным. Дальнейшая обработка зависит от системы.
3	Dying_Gasp	Информировать OLT, что на ONU выключено питание при нормальной работе. Это нужно для того, чтобы предотвратить выдачу OLT нежелательных аварийных сообщений.	ONU вырабатывает это сообщение, когда при нормальной работе активизируется выключение питания.	По крайней мере 3 раза.	Отбрасывает все последующие аварийные сигналы для этого ONU. Информировует OpS.

	Имя сообщения	Функция	Побудительная причина	Число передаваемых раз	Действие на приеме
4	Нет сообщения	Разъединение канала PLOAM, возможность регулировки мощности для ONU.	Пустая очередь сообщений.		Нет.
5	Encryption_Key	На OLT передается фрагмент нового ключа шифрования.	OLT передает сообщение с запросом ключа шифрования.	3 для каждого фрагмента	OLT проверяет каждый фрагмент на ошибки и сохраняет результирующий ключ, если он правильный. OLT может затем назначить событие изменения ключа.
6	Ошибка оборудования физического уровня (PEE)	Указать OLT, что ONU не способно передавать как ячейки ATM или кадры GEM, так и ячейки/кадры OMCC в направлении от уровней ATM/GEM к уровню TC.	Когда ONU обнаруживает, что не может передавать как ячейки ATM или кадры GEM, так и ячейки/кадры OMCC в направлении от уровней ATM/GEM к уровню TC.	1 раз в секунду	На OLT объявляется аварийный сигнал PEE.
7	Сообщение PST	Проверить возможность соединения ONU-OLT в жизнеспособной конфигурации PON и выполнить APS.	Периодически, а также после обнаружения дефектов.	1 раз в секунду	ONU проверяет номер линии и действует по командам APS.
8	Индикация ошибки на дальнем конце	Содержит число обнаруженных ошибок ПЧБ, подсчитанных во время интервала КОБ.	Когда закончится интервал КОБ.	1 раз в интервал КОБ	OLT может определить КОБ как функцию времени для каждого ONU.
9	Подтверждение	Используется ONU для индикации приема сообщений нисходящего потока.	После приема правильных сообщений нисходящего потока.	1 раз	Это сообщение предусматривает надежное транспортирование сообщений нисходящего потока.

9.2.3 Форматы сообщений нисходящего потока

9.2.3.1 Сообщение Upstream_Overhead

Сообщение Upstream_Overhead		
Октет	Содержание	Описание
1	11111111	Сообщение оповещения (широковещательной передачи) ко всем ONU.
2	00000001	Идентификатор сообщения "Upstream_Overhead".
3	gggggggg	gggggggg = Число защитных битов.
4	xxxxxxx	xxxxxxx = Число битов преамбулы типа 1. Биты преамбулы типа 1 содержат кодовую комбинацию "все единицы". Оно может быть установлено на нуль.
5	uuuuuuu	uuuuuuu = Число битов преамбулы типа 2. Биты преамбулы типа 2 содержат кодовую комбинацию "все нули". Оно может быть установлено на нуль.
6	ssssss	ssssss = Кодовая комбинация, подлежащая использованию для битов преамбулы типа 3 (Примечание 1).
7	bbbbbbb	Данные, подлежащие программированию в байте 1 разделителя (Примечания 2, 3).
8	bbbbbbb	Данные, подлежащие программированию в байте 2 разделителя.

Сообщение Upstream_Overhead		
Октет	Содержание	Описание
9	bbbbbbbb	Данные, подлежащие программированию в байте 3 разделителя.
10	xxemsspp	<p>xx = зарезервированы:</p> <p>e = состояние механизма предварительного выравнивания: "0" = нет задержки для предварительного выравнивания, "1" = использование задержки для предварительного выравнивания, приведенной ниже.</p> <p>m = состояние механизма SN_Mask: "0" = SN_Mask не задействована, "1" = SN_Mask задействована.</p> <p>ss = максимальное число дополнительных блоков передачи SN, переданных в ответ на один SN-запрос. Например, ss = 10 означает, что ONU при ответе на SN-запрос 3 раза передаст блок передачи SN.</p> <p>Режим уровня передаваемой мощности ONU по умолчанию:</p> <p>pp = "00" – Режим 0: нормальный.</p> <p>pp = "01" – Режим 1: нормальный – 3 дБ.</p> <p>pp = "10" – Режим 2: нормальный – 6 дБ.</p> <p>pp = "11" – зарезервированы.</p>
11	dddddddd	СЗБ задержки для предварительного выравнивания (единицы 32-байтового слова).
12	dddddddd	МЗБ задержки для предварительного выравнивания (единицы 32-байтового слова).
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Длина преамбулы типа 3 может быть вычислена путем вычитания времени, распределенного для защитного времени, преамбулы типа 1, преамбулы типа 2 и трех байтов для разделителя из суммарного времени заголовка физического уровня, определенного в Рекомендации МСЭ-Т G.984.2. Кодовую комбинацию, заданную в этом поле, следует повторять столько раз, сколько это необходимо, и оставить незаконченной, так чтобы неполный байт кодовой комбинации примыкал к разделителю.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Кодовая комбинация разделителя занимает последние три байта времени физического уровня. Во многих случаях действительная функция разделителя не использует все три байта, так что кодовая комбинация в старших битах поля разделителя фактически служит последней частью преамбулы. В исключительном случае, когда защитное время перекрывает поле разделителя, защитное время должно иметь преимущество.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для 16-битовых разделителей предлагаются следующие значения: 0x85B3, 0x8C5B, 0xB433, 0xB670 и 0xE6D0. Для 20-битовых разделителя предлагается 0xB5983.</p>		

9.2.3.2 Сообщение Serial_Number_Mask

Сообщение Serial_Number_Mask		
Октет	Содержание	Описание
1	11111111	Сообщение оповещения ко всем ONU
2	00000010	Идентификатор сообщения "Serial_Number_Mask"
3	nnnnnnnn	Число правильных битов, счет начинается с МЗБ байта 4 и идет до СЗБ байта 11
4	abcdefgh	Октет 1 серийного номера
5–10	
11	stuvwxyz	Октет 8 серийного номера
12	Не определено	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ. – Это сообщение является необязательным для OLT, если используется метод "случайной задержки". ONU должно быть способно интерпретировать это сообщение.</p>		

9.2.3.3 Сообщение Assign_ONU-ID

Сообщение Assign_ONU-ID		
Октет	Содержание	Описание
1	11111111	Сообщение оповещения ко всем ONU
2	00000011	Идентификатор сообщения "Assign_ONU-ID"
3	pppppppp	ONU-ID
4	abcdefgh	Байт 1 серийного номера
5–10	
11	stuvwxyz	Байт 8 серийного номера
12	Не определено	

ПРИМЕЧАНИЕ. – Это сообщение используется для назначения ONU-ID физическому ONU. Позже каждому T-CONT конкретного ONU назначаются идентификаторы Alloc-ID в соответствии с его ONU-ID.

9.2.3.4 Сообщение Ranging_Time

Сообщение Ranging_Time		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Сообщение направляется одному ONU
2	00000100	Идентификатор сообщения "Ranging_Time"
3	0000000b	"0" – EqD основного пути "1" – EqD резервного пути
4	dddddddd	СЗБ задержки
5	dddddddd	
6	dddddddd	
7	dddddddd	МЗБ задержки
8–12	Не определено	

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Единица параметра задержки для выравнивания в битах.
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – С использованием этого сообщения для ONU может назначаться как EqD главного тракта, так и EqD резервного тракта.

9.2.3.5 Сообщение Deactivate_ONU-ID

Сообщение Deactivate_ONU-ID		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID или 11111111	Сообщение направляется одному или всем ONU. При оповещении всех ONU ONU-ID = 0xFF.
2	00000101	Идентификатор сообщения "Deactivate_ONU-ID"
3–12	Не определено	

9.2.3.6 Сообщение Disable_Serial_Number

Сообщение Disable_Serial_Number		
Октет	Содержание	Описание
1	11111111	Сообщение оповещения ко всем ONU
2	00000110	Идентификатор сообщения "Disable_Serial_Number"
3	Не задействовано/ задействовано	0xFF: Доступ в восходящий поток для ONU с этим серийным номером отвергается. 0x0F: Все ONU, доступ которых в восходящий поток был отвергнут, могут участвовать в процессе определения дальности. Содержание байтов 4–11 не учитывается. 0x00: ONU с этим серийным номером может участвовать в процессе определения дальности.
4	abcdefgh	Байт 1 серийного номера
5–10	
11	stuvwxyz	Байт 8 серийного номера
12	Не определено	

9.2.3.7 Сообщение Configure_VP/VC

Сообщение Configure_VP/VC		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Сообщение направляется одному ONU
2	00000111	Идентификатор сообщения "Configure_VP/VC"
3	0000000a	Байты 4–11 определяют VP/ВК нисходящего и восходящего потоков a: 1 активизирует этот VP/ВК a: 0 отменяет активизацию этого VP/ВК
4	HEADER1	Байт 1 (СЗБ) заголовка ATM
5	HEADER2	Байт 2 заголовка ATM
6	HEADER3	Байт 3 заголовка ATM
7	HEADER4	Байт 4 (МЗБ) заголовка ATM 4 младших бита (PTI и CLP) являются прозрачными для уровня ТС
8	MASK1	Все биты маски, которые установлены на 1, определяют соответствующие биты в заголовке, которые могут использоваться для окончания или генерации ячеек на уровне ATM
9	MASK2	
10	MASK3	
11	MASK4	Используются только 4 старших бита
12	Не определено	

9.2.3.8 Сообщение Encrypted_VPI/Port-ID

Сообщение Encrypted_VPI/Port-ID		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Сообщение направляется одному ONU
2	00001000	Идентификатор сообщения "Encrypted_VPI/Port-ID"
3	xxxxxxba	a = 1: зашифровано a = 0: не зашифровано b = 0: VPI (байты 4, 5 игнорируются) b = 1: GEM Port-ID (байты 6, 7 игнорируются)
4	abcdefgh	abcdefgh = Port-ID[11..4]
5	ijk10000	ijklmnop = Port-ID[3..0]
6	abcdefgh	abcdefgh = VPI[11..4]
7	ijk10000	ijkl = VPI[3..0]
8-12	Не определено	

9.2.3.9 Сообщение Request_Password

Сообщение Request_Password		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Сообщение направляется одному ONU
2	00001001	Идентификатор сообщения "Request_Password"
3-12	Не определено	

9.2.3.10 Сообщение Assign_Alloc-ID

Сообщение Assign_Alloc-ID		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Сообщение направляется одному ONU
2	00001010	Идентификатор сообщения "Assign_Alloc-ID"
3	rrrrrrrr	Alloc-ID[11-4]
4	rrrr0000	Alloc-ID[3-0]
5	Тип идентификатора Alloc-ID	Показывает, для какого типа полезной нагрузки используется этот Alloc-ID: 0: полезная нагрузка ATM 1: полезная нагрузка GEM 2: полезная нагрузка DBA 3-255: зарезервированы
6-12	Не определено	

9.2.3.11 Нет сообщения

Нет сообщения		
Октет	Содержание	Описание
1	11111111	Сообщение оповещения ко всем ONU
2	00001011	Идентификатор сообщения "нет сообщения"
3–12	Не определено	

9.2.3.12 Сообщение POPUP

Сообщение POPUP		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID или 11111111	Сообщение направляется одному или всем ONU. При оповещении всех ONU ONU-ID = 0xFF.
2	00001100	Идентификатор сообщения "POPUP"
3–12	Не определено	

ПРИМЕЧАНИЕ. – Все ONU в состоянии POPUP, которые принимают сообщения оповещения POPUP, возвращаются в состояние определения дальности. ONU, которое принимает особое сообщение POPUP (со своим ONU-ID), прямо переходит в рабочее состояние, хотя сохраняются задержка для выравнивания, ONU-ID и Alloc-ID.

9.2.3.13 Сообщение Request_Key

Сообщение Request_Key		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Сообщение направляется одному ONU
2	00001101	Идентификатор сообщения "Request_Key"
3–12	Не определено	

9.2.3.14 Сообщение Configure Port-ID

Сообщение Configure Port-ID		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Сообщение направляется одному ONU
2	00001110	Идентификатор сообщения "Configure Port-ID"
3	0000000a	Байты 4-5 определяют Port-ID нисходящего и восходящего потоков a: 1 активизирует этот Port-ID a: 0 отменяет активизацию этого Port-ID
4	abcdefgh	abcdefgh = Port-ID[1..4]
5	ijkl0000	ijklmnop = Port-ID[3..0]
6–12	Не определено	

9.2.3.15 Сообщение об ошибке оборудования физического уровня (PEE)

Сообщение Physical_equipment_error		
Октет	Содержание	Описание
1	11111111	Сообщение оповещения ко всем ONU
2	00001111	Идентификатор сообщения "Physical_equipment_error"
3-12	Не определено	

9.2.3.16 Сообщение об изменении уровня мощности (CPL)

Сообщение CPL		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID или 11111111	Сообщение направляется одному или всем ONU. При оповещении всех ONU ONU-ID = 0xFF.
2	00010000	Идентификатор сообщения "изменение уровня мощности"
3	000000ID	ID = "10": увеличение передаваемой мощности ONU ID = "01": уменьшение передаваемой мощности ONU ID = "00" или "11": нет действия
4-12	Не определено	

9.2.3.17 Сообщение PST

Сообщение PST		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID или 11111111	Сообщение направляется одному или всем ONU. При оповещении всех ONU ONU-ID = 0xFF.
2	00010001	Идентификатор сообщения "PST"
3	Номер линии	Может быть 0 или 1
4	Управление	Это байт K1, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.841
5	Управление	Это байт K2, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.841
6-12	Не определено	

9.2.3.18 Сообщение об интервале КОБ

Сообщение об интервале КОБ		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID или 11111111	Сообщение направляется одному или всем ONU. При оповещении всех ONU ONU-ID = 0xFF.
2	00010010	Идентификатор сообщения "интервал КОБ"
3	Interval1	СЗБ в 32-битовом интервале КОБ, в единицах кадров нисходящего потока.
4	Interval2	
5	Interval3	
6	Interval4	МЗБ в 32-битовом интервале КОБ, в единицах кадров нисходящего потока.
7-12	Не определено	

9.2.3.19 Сообщение Key_Switching_Time

Сообщение Key_Switching_Time		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID или 11111111	Сообщение направляется одному или всем ONU. При оповещении всех ONU ONU-ID = 0xFF.
2	00010011	Идентификатор сообщения "Key_Switching_Time"
3	FrameCounter1	СЗБ в 30-битовом счетчике суперкадра в первом кадре, чтобы применить новый ключ.
4	FrameCounter2	
5	FrameCounter3	
6	FrameCounter4	МЗБ в 30-битовом счетчике суперкадра в первом кадре, чтобы применить новый ключ.
7–12	Не определено	

9.2.4 Форматы сообщений восходящего потока

9.2.4.1 Сообщение Serial_Number_ONU

Serial_Number_ONU		
Октет	Содержание	Описание
1	11111111 ONU-ID	ONU-ID еще не назначен Если ONU-ID был назначен этому ONU
2	00000001	Идентификатор сообщения "Serial_Number_ONU"
3	VID1	Байт 1 идентификатора Vendor_ID
4	VID2	Байт 2 идентификатора Vendor_ID
5	VID3	Байт 3 идентификатора Vendor_ID
6	VID4	Байт 4 идентификатора Vendor_ID
7	VSSN1	Байт 1 серийного номера, характерного для поставщика
8	VSSN2	Байт 2 серийного номера, характерного для поставщика
9	VSSN3	Байт 3 серийного номера, характерного для поставщика
10	VSSN4	Байт 4 серийного номера, характерного для поставщика
11	RRRRRRRR	Случайная задержка (СЗБ) (в 32-байтовых единицах), используемая ONU при передаче этого сообщения
12	RRRRAGTT	RRRR = случайная задержка (МЗБ) (в 32-байтовых единицах), используемая ONU при передаче этого сообщения A = транспортирование ATM поддерживается этим ONU (A = 1 – поддерживается) G = транспортирование GEM поддерживается этим ONU (G = 1 – поддерживается) TT = режим уровня мощности передатчика ONU, используемый ONU TT = 00 – низкая мощность TT = 01 – средняя мощность TT = 10 – высокая мощность TT = 11 – зарезервировано

ПРИМЕЧАНИЕ. – Код, установленный для идентификатора поставщика (Vendor_ID), определен в ANSI T1.220. 4 знака размещают в 4-байтовом поле, взяв знаки ASCII/ANSI и объединив их в цепочку.
Пример: Vendor_ID = ABCD → VID1 = 0x41, VID2 = 0x42, VID3 = 0x43, VID4 = 0x44.

9.2.4.2 Сообщение о пароле

Сообщение о пароле		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Указывает ONU, являющееся источником этого сообщения
2	00000010	Идентификатор сообщения "пароль"
3	rrrrrrrrr	Пароль1
4-11
12	rrrrrrrrr	Пароль10

9.2.4.3 Сообщение Dying_Gasp

Сообщение Dying-Gasp		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Указывает ONU, являющееся источником этого сообщения
2	00000011	Идентификатор сообщения "Dying_Gasp"
3..12	Не определено	

ПРИМЕЧАНИЕ. – В Рекомендации G.983.1 это сообщение называется R-INH.

9.2.4.4 Нет сообщения

Нет сообщения		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Указывает ONU, являющееся источником этого сообщения
2	00000100	Идентификатор сообщения "нет сообщения"
3..12	Не определено	Данные, которые ONU здесь помещает, можно использовать как известную фиксированную кодовую комбинацию для измерения и управления своим передатчиком. ONU должно так сформировать данные, чтобы при их скремблировании получалась необходимая кодовая комбинация. Кроме того, следует принять меры к тому, чтобы не выработывалось более 72 последовательных одинаковых цифр, или приемник OLT может войти в состояние LOS.

9.2.4.5 Сообщение Encryption_Key

Сообщение Encryption_Key		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Указывает ONU, являющееся источником этого сообщения
2	00000101	Идентификатор сообщения "Encryption_Key"
3	Key_Index	Индекс, показывающий, какой ключ ONU переносится этим сообщением
4	Frag_Index	Индекс, показывающий, какая часть ключа переносится этим сообщением (примечание)
5	KeyBYTE0	Байт 0 фрагмента (Frag_Index) ключа (Key_Index)
6	KeyBYTE1	Байт 1 фрагмента (Frag_Index) ключа (Key_Index)
7	KeyBYTE2	Байт 2 фрагмента (Frag_Index) ключа (Key_Index)
8	KeyBYTE3	Байт 3 фрагмента (Frag_Index) ключа (Key_Index)
9	KeyBYTE4	Байт 4 фрагмента (Frag_Index) ключа (Key_Index)
10	KeyBYTE5	Байт 5 фрагмента (Frag_Index) ключа (Key_Index)

Сообщение Encryption_Key		
Октет	Содержание	Описание
11	KeyBYTE6	Байт 6 фрагмента (Frag_Index) ключа (Key_Index)
12	KeyBYTE7	Байт 7 фрагмента (Frag_Index) ключа (Key_Index)
ПРИМЕЧАНИЕ. – Первый фрагмент ключа будет иметь Frag_Index = 0, второй Frag_Index = 1 и т. д. для стольких фрагментов, сколько нужно для перенесения этого ключа. В настоящее время для AES-128 требуются только два фрагмента.		

9.2.4.6 Сообщение об ошибке оборудования физического уровня (PEE)

Сообщение Physical_equipment_error		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Указывает ONU, являющееся источником этого сообщения
2	00000110	Идентификатор сообщения "Physical_equipment_error"
3–12	Не определено	

9.2.4.7 Сообщение PST

Сообщение PST		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Указывает ONU, являющееся источником этого сообщения
2	00000111	Идентификатор сообщения "PST"
3	Линейный номер	Может быть 0 или 1
4	Управление	Это байт K1, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.841
5	Управление	Это байт K2, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.841
6–12	Не определено	

9.2.4.8 Сообщение REI

Сообщение REI		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Указывает ONU, являющееся источником этого сообщения
2	00001000	Идентификатор сообщения "сообщение REI"
3	Error_count1	СЗБ для 32-битового счетчика REI
4	Error_count2	
5	Error_count3	
6	Error_count4	МЗБ для 32-битового счетчика REI
7	0000SSSS	Порядковый номер: При посылке каждого сообщения REI биты SSSS увеличиваются на 1.
8–12	Не определено	

9.2.4.9 Сообщение подтверждения

Сообщение подтверждения		
Октет	Содержание	Описание
1	ONU-ID	Указывает ONU, являющееся источником этого сообщения
2	00001001	Идентификатор сообщения "подтверждение"
3	DM_ID	Идентификатор сообщения нисходящего потока
4	DMBYTE1	Байт 1 сообщения нисходящего потока
5	DMBYTE2	Байт 2 сообщения нисходящего потока
6	DMBYTE3	Байт 3 сообщения нисходящего потока
7	DMBYTE4	Байт 4 сообщения нисходящего потока
8	DMBYTE5	Байт 5 сообщения нисходящего потока
9	DMBYTE6	Байт 6 сообщения нисходящего потока
10	DMBYTE7	Байт 7 сообщения нисходящего потока
11	DMBYTE8	Байт 8 сообщения нисходящего потока
12	DMBYTE9	Байт 9 сообщения нисходящего потока

10 Метод активизации

10.1 Обзор

Для измерения логически достижимых расстояний между каждым ONU и OLT следует использовать полностью цифровой метод внутрисполосной активизации. После определения дальности ONU может работать на PON.

Максимальным радиусом действия PON является по меньшей мере 20 км. Должна иметься возможность измерения задержки передачи для каждого ONU, пока PON находится в рабочем состоянии, без прерывания работы с другими ONU.

При определении дальности новых ONU работающие ONU должны временно прекратить передачу, открывая при этом окно определения дальности. Информация о положении новых ONU может минимизировать продолжительность этого, но для ONU, которые раньше не подвергались определению дальности, продолжительность определяется в соответствии с максимальной разностью радиусов действия PON.

Протокол активизации определяется и может применяться для нескольких различных методов ввода в действие ONU.

10.1.1 Метод ввода ONU в действие

Имеются два возможных характерных метода ввода ONU в действие:

– Метод А:

Серийный номер ONU заранее регистрируется на OLT системой OpS. В случае обнаружения ONU с серийным номером, не зарегистрированным на OLT, ONU объявляется *непредвиденным ONU*.

– Метод В:

Серийный номер ONU не регистрируется на OLT системой OpS. Требуется механизм автоматического определения серийного номера ONU. В случае обнаружения нового ONU ему присваивается ONU-ID, и ONU активизируется.

Существуют три триггера для инициирования активизации ONU:

- Оператор сети имеет возможность начать процесс активизации, когда известно, что присоединено новое ONU.
- OLT автоматически иницирует процесс активизации, когда одно или более ранее работающих ONU "пропадают", чтобы увидеть, могут ли эти ONU вернуться к работе. Частота опроса программируется по указаниям системы OpS.
- OLT периодически иницирует процесс активизации, проверяя, присоединены ли какие-либо новые ONU. Частота опроса программируется по указаниям системы OpS.

10.1.2 Тип процесса активизации

Возможны различные ситуации, которые описываются ниже, когда может возникнуть процесс активизации. Имеются три категории, при которых может случиться процесс активизации.

10.1.2.1 Холодная PON, холодное ONU

Эта ситуация отличается тем, что на PON нет активного трафика восходящего потока и ONU еще не получило ONU-ID от OLT.

10.1.2.2 Горячая PON, холодное ONU

Эта ситуация отличается добавлением нового (новых) ONU, дальность которых ранее не определялась, или добавлением ранее активного (активных) ONU, на котором восстановилось питание и который возвращается обратно в PON во время активного трафика на PON.

10.1.2.3 Горячая PON, горячее ONU

Эта ситуация отличается ранее активным ONU, питание которого остается включенным и которое остается присоединенным к активной PON, но из-за длительного аварийного состояния возвращается в первоначальное состояние (O1).

10.2 Процедура активизации в ONU

10.2.1 Общая процедура активизации

Процесс активизации выполняется под управлением OLT. ONU откликается на сообщения, которые иницируются в OLT.

Схема процедуры активизации следующая:

- ONU регулирует уровень оптической передаваемой мощности по требованию OLT.
- OLT определяет серийный номер нового присоединенного ONU.
- OLT присваивает ONU идентификатор ONU-ID.
- OLT измеряет фазу прибытия блока передачи восходящего потока от ONU.
- OLT уведомляет ONU о задержке выравнивания (equalization_delay).
- ONU регулирует фазу передачи по сообщенному значению.

Эта процедура выполняется путем обмена флагами восходящего и нисходящего потоков и сообщениями PLOAM.

В нормальном рабочем состоянии все блоки передачи могут использоваться для контроля фазы прибытия передачи. На основе информации, полученной при контроле фазы передачи, сообщение "equalization_delay" может обновляться.

10.2.2 Состояния ONU

Процедура активизации определяется функциональным поведением в состояниях и состоянием передачи, как показано ниже.

10.2.2.1 Состояния ONU

ONU имеет 8 состояний:

a) *Первоначальное состояние (Initial-state) (O1)*

В этом состоянии на ONU подается питание. Объявляется LOS/LOF. Как только трафик нисходящего потока принят, LOS и LOF сбрасываются, ONU переходит в резервное состояние (O2).

b) *Резервное состояние (Standby-state) (O2)*

ONU принимается трафик нисходящего потока. ONU ждет глобальных параметров сети. Как только принято сообщение **Upstream_Overhead**, ONU переходит в состояние настройки мощности (O3).

c) *Состояние настройки мощности (Power-Setup-state) (O3)*

ONU на основе принятого сообщения **Upstream_Overhead** регулирует свой уровень передаваемой мощности. Как только уровень оптической мощности отрегулирован, ONU переходит в состояние серийного номера (O4).

Состояние настройки мощности (O3) подразделяется на следующие подсостояния:

- *Первоначальное состояние настройки мощности (InitialPower-Setup-state) (O3a)*

Состояние подготовки к процедуре регулировки мощности. Применяется механизм SN-Mask. ONU не разрешается отвечать на запрос **Serial_Number**.

Следует отметить, что в некоторых реализациях ONU может регулировать уровень передаваемой мощности без активизации передатчика. В таком случае ONU устанавливает уровень мощности своего передатчика во время этого состояния и переходит прямо к O4a.

- *Состояние настройки мощности (Power-Setup-state) (O3b)*

ONU устанавливает уровень мощности своего передатчика на основе значения, определенного в сообщении **Upstream_Overhead**. ONU осуществляет процесс установки мощности, отвечая на запрос **Serial_Number** и передавая поле настройки мощности, которое содержит серию нулей и единиц.

d) *Состояние серийного номера (Serial-Number-state) (O4)*

Путем передачи запроса **Serial_Number** в состоянии серийного номера всем ONU OLT узнает о существовании новых ONU и их серийные номера.

При обнаружении ONU ожидает назначения уникального ONU-ID со стороны OLT. ONU-ID назначается при помощи сообщения **Assign_ONU-ID**. Как только ONU-ID назначен, ONU переходит в состояние определения дальности (O5).

Состояние серийного номера (O4) подразделяется на следующие подсостояния:

- *Первоначальное состояние серийного номера (Initial Serial-Number-state) (O4a)*

Состояние подготовки к процедуре серийного номера. Применяется механизм SN-Mask. ONU не разрешается отвечать на запрос **Serial_Number**.

- *Состояние серийного номера (Serial-Number-state) (O4b)*

ONU отвечает на запрос **Serial_Number**. Как только OLT узнает о существовании ONU и его серийный номер, оно назначает ONU-ID при помощи сообщения **Assign_ONU-ID**.

- *Состояние выравнивания мощности (SN-Power-Levelling-state) (O4c)*

В некоторых случаях из-за большого расстояния от OLT уровень мощности передатчика ONU может быть слишком низким. Поэтому в этом состоянии ONU может принять сообщение оповещения **Change_Power_Level** и потом заново откалибровать свой передатчик для работы при более высокой мощности.

e) *Состояние определения дальности (Ranging-state) (O5)*

Передача в восходящем направлении от различных ONU должна быть синхронизирована по кадрам восходящего потока. Чтобы те ONU, которые расположены на разных расстояниях от OLT, казались находящимися на равном расстоянии от OLT, требуется задержка выравнивания для каждого ONU.

Коэффициент задержки выравнивания для каждого ONU вычисляется в процессе определения дальности, который инициируется передачей запроса на этот процесс от OLT к ONU, подлежащему определению дальности. ONU откликается передачей в восходящем направлении.

OLT на основе времени круговой задержки вычисляет задержку для выравнивания и передает ее в ONU с использованием сообщения "Ranging Time".

Кроме того, передача для определения дальности содержит SN для ONU. В рамках цикла определения дальности OLT проверяет, согласуется ли ONU-ID с SN, то есть что назначение ONU-ID в состоянии серийного номера (O4) было успешным.

Как только ONU получает сообщение *Ranging Time*, оно переходит в рабочее состояние (O6).

f) *Рабочее состояние (Operation-state) (O6)*

Как только сеть определит дальность, и все ONU будут работать с правильными задержками выравнивания, все кадры восходящего потока будут синхронизированы между всеми ONU. Блоки передачи восходящего потока будут прибывать по отдельности, каждый в правильном месте кадра.

Остановка работы ONU: В некоторых случаях из-за серийного номера или процессов определения дальности на других ONU работа ONU может быть остановлена OLT. Это может быть выполнено установкой указателей начала и конца интервала на нуль для Alloc-ID, соответствующих ONU. В качестве альтернативы OLT может просто не передавать ONU какие-либо структуры распределения в BWmap. ONU будет обрабатывать распределение одного из двух методов обычным образом, в результате чего ONU не будет осуществлять передачу в течение некоторого времени.

g) *Состояние (POPUP-state) (O7)*

ONU переходит в это состояние из рабочего состояния (O6) после обнаружения аварийных сигналов LOS или LOF. При входе в состояние POPUP (O7) ONU немедленно прекращает передачу в восходящем направлении. В результате OLT обнаружит аварийный сигнал LOS от этого ONU. На основе схемы живучести сети должен быть реализован один из следующих вариантов:

- В случае когда OLT переключает все ONU на резервные оптические волокна, для всех ONU снова будет определяться дальность. Поэтому OLT передаст *сообщение широкоэвещательной передачи POPUP* ONU, которое в результате перейдет в состояние определения дальности (O5).
- В случае коротких аварийных сигналов LOS или LOF или в случае, когда ONU само переключается на резервное оптическое волокно (когда дальность уже определена), ONU может вернуться в рабочее состояние (O6). Поэтому OLT должно сначала протестировать ONU, подав команду ONU передать один пакет в восходящем направлении. OLT объявляет следующие поля (указатели для всех других ONU должны быть установлены на 0):
 - ONU-Id = тестируемые ONU-Id.
 - PLOAM_u = "1".
 - Указатели – Значения, выбранные для чередования тестируемого ONU со всеми другими ONU, находящимися в нормальном рабочем состоянии.

ONU откликается, на основе объявленного для него указателя, следующими полями POPUP восходящего потока: PLO_u и PLOAM_u, содержащими сообщение серийного номера ONU.

Целью этого теста является проверка того, что ONU работает с правильной *задержкой выравнивания* и *параметрами*. В случае, когда передача принимается OLT в ожидаемом месте, OLT передаст *сообщение ONU-ID POPUP* в ONU (для одноадресной передачи), которое вернется в рабочее состояние (O6).

Следует отметить, что если *задержка выравнивания* и *параметры* не известны ONU, оно игнорирует прибывший запрос на тест, и тест закончится отказом.

- В случае, когда ONU не получит никакого сообщения POPUP, оно перейдет после времени ожидания (TO2) в первоначальное состояние (O1).

h) *Состояние аварийного прекращения работы (Emergency-Stop-state) (O8)*

Во время аварийного прекращения работы ONU не передает данные в восходящем направлении.

При приеме сообщения *Disable_Serial_Number* с вариантом "Disable" ONU должно перейти в состояние аварийного прекращения работы (O8) и запретить свой лазер.

Если ONU не удастся перейти в состояние *Emergency-Stop*, OLT продолжает принимать передачу восходящего потока ONU (аварийный сигнал LOS не объявляется), в OLT объявляется аварийный сигнал *Dfi*.

Когда зафиксирована неправильная работа деактивизированного ONU, OLT может активизировать ONU, чтобы привести его обратно в рабочее состояние. Активизация достигается путем передачи в ONU сообщения *Disable_Serial_Number* с вариантом "Enable". В результате ONU возвращается в резервное состояние (O2). Все параметры (включая серийный номер, PSU и ONU-ID) заново проверяются.

10.2.2.2 Диаграмма состояний ONU

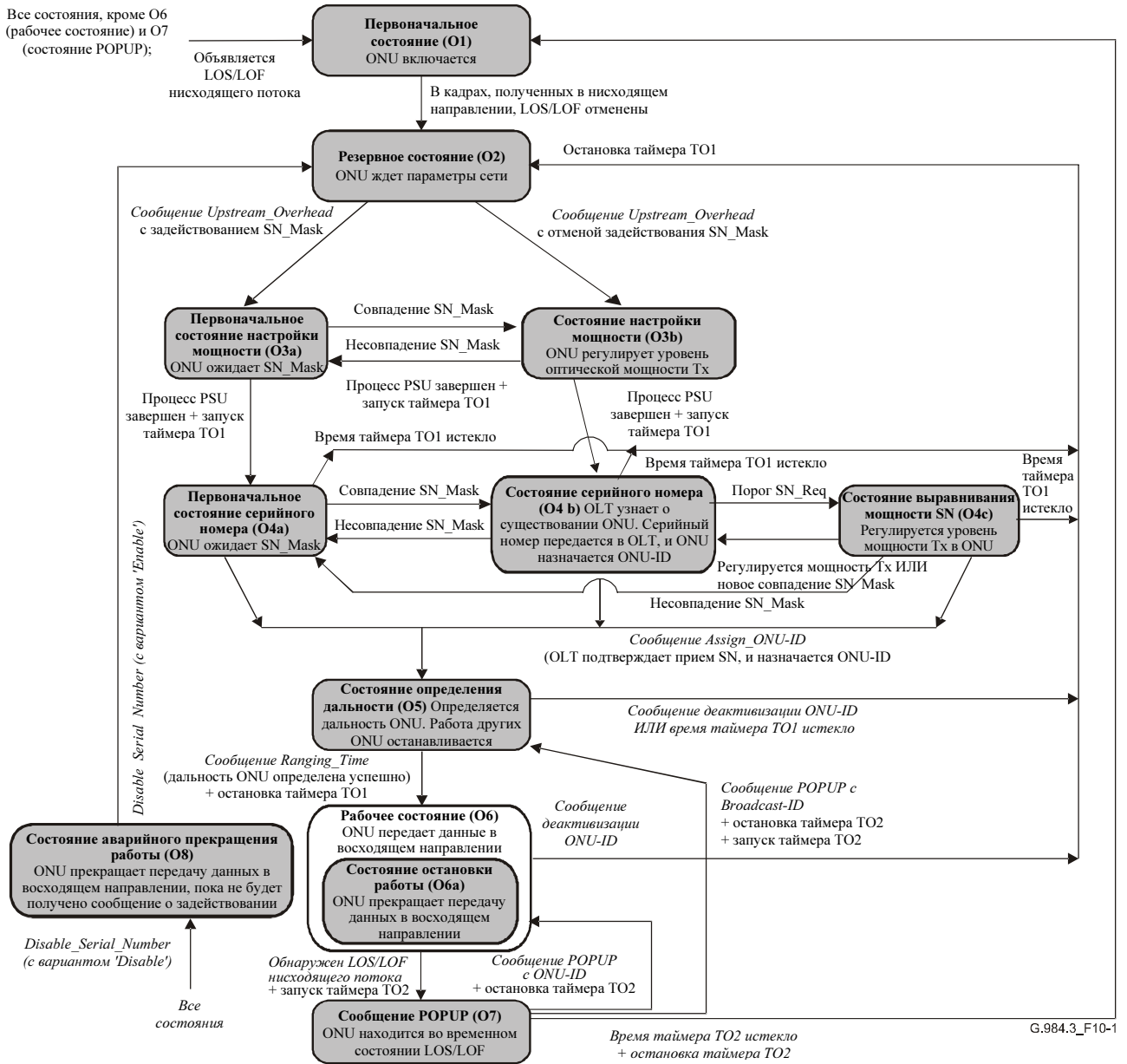


Рисунок 10-1/G.984.3 – Диаграмма состояний ONU

10.2.3 Описание поведения в ONU

10.2.3.1 Таблица функциональных переходов ONU

Следующая таблица используется для описания функционального поведения в ONU. В первой колонке показаны генерируемые события, включая прием сообщений, а в первом ряду – состояния в ONU.

	Состояния										
	Первоначальное (O1)	Резервное (O2)	Первоначальная настройка мощности (O3a)	Настройка мощности (O3b)	Первоначальный SN (O4a)	SN (O4b)	Выравнивание мощности для SN (O4c)	Определение дальности (O5)	Рабочее (O6)	POPUP (O7)	Аварийное прекращение работы (O8)
Сброс LOS или LOF нисходящего потока	⇒ O2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Сообщение Upstream_Overhead	–	Установка параметров PON Установка по умолчанию уровня мощности Установка для SN_Mask состояния задействовано/ не задействовано SN_Mask задействована ⇒ O3a SN_Mask не задействована ⇒ O3b	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Совпадение сообщений SN_Mask	–	–	⇒ O3b	–	⇒ O4b	–	⇒ O4b	–	–	–	–
Несовпадение сообщений SN_Mask (и SN_Mask задействована)	–	–	–	⇒ O3a	–	⇒ O4a	⇒ O4a	–	–	–	–

	Состояния										
	Первоначальное (O1)	Резервное (O2)	Первоначальная настройка мощности (O3a)	Настройка мощности (O3b)	Первоначальный SN (O4a)	SN (O4b)	Выравнивание мощности для SN (O4c)	Определение дальности (O5)	Рабочее (O6)	POPUP (O7)	Аварийное прекращение работы (O8)
Запрос Serial_Number (PLSu = 1)	–	–	–	Ожидание Rand_Delay – ПЕРЕДАЧА SN С ПОЛЕМ PLSu	–	Ожидание Rand_Delay – Передача SN (без поля PLSu)	Ожидание Rand_Delay СООБЩЕНИЕ CHANGE_POWER_LEVEL НЕ ПОЛУЧЕНО? Передача SN СООБЩЕНИЕ CHANGE_POWER_LEVEL ПОЛУЧЕНО? Передача SN с полем PLSu – УВЕЛИЧЕНИЕ/ УМЕНЬШЕНИЕ УРОВНЯ МОЩНОСТИ НА 3 дБ**	–	–	–	–
Событие завершения настройки мощности	–	–	Запуск таймера TO1 ⇒ O4a	Запуск таймера TO1 ⇒ O4b			⇒ O4b				
Запрос Serial_Number (PLSu = 0)	–	–	–	–	–	Ожидание Rand_Delay – Передача SN	Ожидание Rand_Delay – Передача SN	–	–	–	–
Порог SN_Req пересечен	–	–	–	–	–	⇒ O4c	–	–	–	–	–
Сообщение о назначении ONU-ID	–	–	–	–	SN СОВПАДАЕТ? Назначение ONU-ID ⇒ O5	SN СОВПАДАЕТ? Назначение ONU-ID ⇒ O5	SN СОВПАДАЕТ? Назначение ONU-ID ⇒ O5	–	–	–	–

	Состояния										
	Первоначальное (O1)	Резервное (O2)	Первоначальная настройка мощности (O3a)	Настройка мощности (O3b)	Первоначальный SN (O4a)	SN (O4b)	Выравнивание мощности для SN (O4c)	Определение дальности (O5)	Рабочее (O6)	POPUP (O7)	Аварийное прекращение работы (O8)
Сообщение Change_Power_Level	–	–	–	–	–	–	ONU-ID широко-вещательной передачи? – ONU готовится к увеличению/уменьшению уровня мощности на 3 дБ при следующем запросе SN с PLSu = 1*	ONU-ID совпадает? – ONU готовится к увеличению/уменьшению уровня мощности на 3 дБ при следующем запросе определения дальности с PLSu = 1*	ONU-ID совпадает? – ONU готовится к увеличению/уменьшению уровня мощности на 3 дБ при следующем запросе данных с PLSu = 1*	–	–
Запрос определения дальности (PLSu = 0)	–	–	–	–	–	–	–	ONU-ID совпадает? – Передача сообщений определения дальности	–	–	–
Запрос определения дальности (PLSu = 1)	–	–	–	–	–	–	–	ONU-ID совпадает? СООБЩЕНИЕ CHANGE_POWER_LEVEL НЕ ПОЛУЧЕНО? Передача сообщений определения дальности СООБЩЕНИЕ CHANGE_POWER_LEVEL ПОЛУЧЕНО? Передача сообщений определения дальности с полем PLSu – Увеличение/уменьшение уровня мощности на 3 дБ**	–	–	–

	Состояния										
	Первоначальное (O1)	Резервное (O2)	Первоначальная настройка мощности (O3a)	Настройка мощности (O3b)	Первоначальный SN (O4a)	SN (O4b)	Выравнивание мощности для SN (O4c)	Определение дальности (O5)	Рабочее (O6)	POPUP (O7)	Аварийное прекращение работы (O8)
Сообщение Ranging_Time	–	–	–	–	–	–	–	ONU-ID СОВПАДАЕТ? Установка EQD –ОСТАНОВКА ТАЙМЕРА TO1 ⇒ O6	ONU-ID СОВПАДАЕТ? Установка EQD	–	–
Запрос данных (PLSu = 1)	–	–	–	–	–	–	–	–	ONU-ID СОВПАДАЕТ? СООБЩЕНИЕ CHANGE_POWER_LEVEL НЕ ПОЛУЧЕНО? Запуск передатчика СООБЩЕНИЕ CHANGE_POWER_LEVEL ПОЛУЧЕНО? Запуск передатчика с полем PLSu – Увеличение/уменьшение уровня мощности на 3 дБ**	–	–
Запрос данных (PLSu = 0)	–	–	–	–	–	–	–	–	ONU-ID СОВПАДАЕТ? – Запуск передатчика	–	–
Остановка работы через нулевые указатели	–	–	–	–	–	–	–	–	ONU-ID СОВПАДАЕТ? Ожидание EQD – Остановка передатчика для 1 кадра	–	–
Запрос POPUP	–	–	–	–	–	–	–	–	–	ONU-ID СОВПАДАЕТ? Ожидание EQD – Передача сообщения POPUP	–

	Состояния										
	Первоначальное (O1)	Резервное (O2)	Первоначальная настройка мощности (O3a)	Настройка мощности (O3b)	Первоначальный SN (O4a)	SN (O4b)	Выравнивание мощности для SN (O4c)	Определение дальности (O5)	Рабочее (O6)	POPUP (O7)	Аварийное прекращение работы (O8)
Сообщение POPUP (широковещательная передача)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Остановка таймера TO2 ЗАПУСК ТАЙМЕРА TO1 ⇒ O5	-
Сообщение POPUP (ONU-ID)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ONU-ID СОВПАДАЕТ? Остановка таймера TO2 ⇒ O6	-
Время таймера TO1 истекло	-	-	-	-	Остановка таймера TO1 ⇒ O2	Остановка таймера TO1 ⇒ O2	Остановка таймера TO1 ⇒ O2	Остановка таймера TO1 ⇒ O2	-	-	-
Время таймера TO2 истекло	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Остановка таймера TO2 ⇒ O1	-
Deact_ONU-ID	-	-	-	-	-	-	-	ONU-ID СОВПАДАЕТ? Остановка таймера TO1 ⇒ O2	ONU-ID СОВПАДАЕТ? Остановка передатчика ⇒ O2	-	-
Disable_Serial_Number с вариантом "Disable"	-	SN СОВПАДАЕТ? ⇒ O8	SN СОВПАДАЕТ? ⇒ O8	SN СОВПАДАЕТ? ⇒ O8	SN СОВПАДАЕТ? Остановка таймера TO1 ⇒ O8	SN СОВПАДАЕТ? Остановка таймера TO1 ⇒ O8	SN СОВПАДАЕТ? Остановка таймера TO1 ⇒ O8	SN СОВПАДАЕТ? Остановка таймера TO1 ⇒ O8	SN СОВПАДАЕТ? Остановка передатчика ⇒ O8	SN СОВПАДАЕТ? Остановка таймера TO2 ⇒ O8	-
Disable_Serial_Number с вариантом "Enable"	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SN СОВПАДАЕТ? ⇒ O2
Обнаружение LOS или LOF нисходящего потока	-	⇒ O1	⇒ O1	⇒ O1	Остановка таймера TO1 ⇒ O1	Остановка таймера TO1 ⇒ O1	Остановка таймера TO1 ⇒ O1	Остановка таймера TO1 ⇒ O1	Запуск таймера TO2 Остановка передатчика ⇒ O7	-	-
* В случае, когда ONU может регулировать уровень своей передаваемой мощности без активизации передатчика, это будет сделано автоматически по получении сообщения <i>Change_Power_Level</i> .											
** В случае, когда ONU может регулировать уровень своей передаваемой мощности без активизации передатчика, он может игнорировать поле PLSu, так как уровень его передаваемой мощности уже был отрегулирован по получении сообщения <i>Change_Power_Level</i> .											

10.2.3.2 Прием сообщений

Сообщения, передаваемые в полях PLOAM и флагов из OLT, должны быть защищены с помощью CRC, и когда результат проверки CRC положительный, должно генерироваться событие приема сообщения. Эти сообщения передаются три раза, чтобы гарантировать правильный прием в ONU. Событие приема сообщения генерируется после того, как сообщение правильно принято по крайней мере дважды.

a) *Событие приема сообщения **Upstream-Overhead***

Это событие происходит только в резервном состоянии (O2). После успешного приема сообщения *Upstream-overhead* (заголовок восходящего потока) ONU узнает о состоянии использования SN_Mask в процессе активизации.

- В случае, когда задействовано состояние использования SN_Mask, возникает переход ONU в первоначальное состояние настройки мощности (O3a).
- В случае, когда состояние использования SN_Mask не задействовано, возникает переход ONU в состояние настройки мощности (O3b).

b) *Событие приема сообщения **SN_Mask***

Это событие может произойти в состояниях O3a, O3b, O4a, O4b и O4c.

Если ONU находится в состоянии O3a или O4a, при получении сообщения о маске серийного номера, который совпадает с собственным серийным номером ONU, ONU перейдет в состояние O3b или O4b, соответственно.

Если ONU находится в состоянии O3b или O4b, при получении сообщения о маске серийного номера, который не совпадает с собственным серийным номером ONU, ONU перейдет в состояние O3a или O4a, соответственно.

Если ONU находится в состоянии O4c, при получении сообщения о маске серийного номера, который не совпадает с собственным серийным номером ONU, ONU перейдет в состояние O4a. Кроме того, когда получено сообщение о маске серийного номера, который отличается от принятого ранее, но все же совпадает с собственным серийным номером ONU, ONU перейдет в состояние O4b.

Следует отметить, что OLT должно ждать минимум 1 мс после передачи сообщения **SN_Mask**, прежде чем выдать запрос *Serial_Number*.

c) *Событие приема сообщения **Assign_ONU-ID***

Это событие происходит только в первоначальном состоянии серийного номера (O4a), состоянии серийного номера (O4b) и состоянии выравнивания мощности для SN (O4c). Когда серийный номер в сообщении *Assign_ONU-ID* совпадает со своим собственным серийным номером, запрашивается ONU-ID, и происходит переход ONU в состояние определения дальности (O5).

d) *Событие приема сообщения **Ranging_Time***

Это событие происходит в состоянии определения дальности (O5) и рабочем состоянии (O6). Когда номер ONU-ID в поле PLOAM совпадает со своим собственным ONU-ID, запрашивается EqD. Когда ONU находится в состоянии определения дальности (O5), таймер TO1 останавливается, и происходит переход ONU в рабочее состояние (O6).

e) *Событие приема сообщения **Change_Power_Level** со специфическим ONU-ID*

Это событие происходит только в состоянии определения дальности (O5) и рабочем состоянии (O6). Когда ONU-ID в сообщении *Change_Power_Level* совпадает со своим собственным ONU-ID, ONU готовится к регулировке (увеличению/ уменьшению) своего уровня мощности при следующем запросе *Ranging* (определение дальности) или *Data* (данные), когда будет принята команда PLSu = 1.

f) *Событие приема сообщения **Change_Power_Level** с ONU-ID широкополосной передачи*

Это событие происходит только в состоянии выравнивания мощности для SN (O4c). В этом состоянии после получения указанного сообщения ONU готовится к регулировке (увеличению/уменьшению) своего уровня мощности при следующем запросе *SN*, когда будет принята команда PLSu = 1.

- g) *Событие приема сообщения **POPUP** широкоэвещательной передачи*
 Это событие происходит только в состоянии POPUP (O7). Происходит переход ONU в состояние определения дальности (O5). Таймер TO2 останавливается, а таймер TO1 запускается.
- h) *Событие приема специфического сообщения **POPUP** одноадресной передачи*
 Это событие происходит только в состоянии POPUP (O7). Когда номер ONU-ID в поле PLOAM совпадает с его собственным ONU-ID, происходит переход ONU в рабочее состояние (O6), и ONU начинает передачу в восходящем направлении. Таймер TO2 также останавливается.
- i) *Событие приема сообщения **Deactivate_ONU-ID***
 Это событие происходит только в состоянии определения дальности (O5) и рабочем состоянии (O6). Когда номер ONU-ID в поле PLOAM совпадает с его собственным ONU-ID, ONU прекращает передачу в восходящем направлении, и происходит переход ONU в резервное состояние (O2). В случае, когда ONU находилось в состоянии определения дальности (O5), таймер TO1 также останавливается.
- j) *Событие приема сообщения **Disable_Serial_Number** с параметром Disable*
 Это событие происходит только в состоянии серийного номера (O4), состоянии определения дальности (O5), рабочем состоянии (O6) и состоянии POPUP (O7). Когда серийный номер в сообщении **Disable_Serial_Number** совпадает с его собственным серийным номером, ONU прекращает передачу в восходящем направлении, и происходит переход ONU в состояние аварийного прекращения работы (O8). В случае, когда ONU находилось в состоянии серийного номера (O4) или состоянии определения дальности (O5), таймер TO1 также останавливается. В случае, когда ONU находилось в состоянии POPUP (O7), таймер TO2 также останавливается.
- k) *Событие приема сообщения **Disable_Serial_Number** с параметром Enable*
 Это событие происходит только в состоянии аварийного прекращения работы (O8). Когда серийный номер в сообщении **Disable_Serial_Number** совпадает с его собственным серийным номером, происходит переход ONU в резервное состояние (O2).

10.2.3.3 Прием запросов

Специальные запросы от OLT к ONU доставляются в секции заголовка нисходящего потока, в частности в полях PLOAM, указателей и флагов. Эти запросы требуют от ONU реакции в реальном времени. В отличие от описанных выше сообщений, эти запросы передаются ONU только один раз, а событие приема запроса генерируется сразу после принятия запроса.

- a) *Событие завершения настройки мощности*
 Это событие происходит в первоначальном состоянии настройки мощности (O3a), состоянии настройки мощности (O3b) или состоянии выравнивания мощности для SN (O4c) после определения ONU того, что мощность его передатчика установлена надлежащим образом. Следует отметить, что в некоторых реализациях это может произойти без активизации передатчика. Когда происходит это событие, ONU переходит из состояния O3a в состояние O4a или из состояния O3b в O4b и запускает таймер TO1; либо из состояния O4c в состояние O4b.
- b) *Событие приема запроса **Serial_Number** с $PLSu = 0$*
 Запрос серийного номера основан на следующих объявленных полях: ONU-ID = 254 и PLOAMu = "1".
 Это событие происходит только в состоянии серийного номера (O4b) и состоянии выравнивания мощности для SN (O4c). После успешного запроса **Serial_Number** ONU ждет в течение времени случайной задержки и передает SN в восходящем направлении. Блок передачи SN представляет собой блок передачи восходящего потока, содержащий следующие поля: PLOu и PLOAMu с сообщением серийного номера для ONU (**Serial-Number-ONU**).
 Чтобы ускорить процесс передачи серийного номера в случае конфликтов, может быть применен метод "многократной" передачи блоков SN.

Исходя из этого метода ONU реагирует на запрос серийного номера несколькими передачами блоков SN (максимальное число блоков передачи SN указывается в сообщении Upstream_Overhead). Между блоками передачи SN используется случайная задержка, где максимальное значение каждой случайной задержки основано на общем допустимом случайном времени задержки, разделенном на число ответов с помощью блоков передачи SN.

Не обязательно, что все ONU должны поддерживать метод "многократной" передачи блоков SN. Когда ONU не поддерживает этот метод, разрешается передавать только один блок передачи SN.

c) *Событие приема запроса **Serial_Number** с $PLSu = 1$*

Запрос серийного номера основан на следующих объявленных полях: ONU-ID = 254, PLOAMu = "1", PLSu = "1", Sstart = 0 и Sstop = длина поля Power-Setup.

Это событие происходит только в состоянии настройки мощности (O3b), состоянии серийного номера (O4b) и состоянии выравнивания мощности для SN (O4c).

- В состоянии настройки мощности (O3b) ONU ждет в течение времени случайной задержки и передает сообщение настройки мощности в восходящем направлении. Блок передачи настройки мощности представляет собой блок передачи восходящего потока, содержащий следующие поля: PLOu, PLOAMu и PLSu.
- В состоянии серийного номера (O4b) ONU ждет в течение времени случайной задержки и передает SN в восходящем направлении. Блок передачи SN представляет собой блок передачи восходящего потока, содержащий следующие поля: PLOu и PLOAMu с сообщением Serial-Number-ONU.
- В состоянии выравнивания мощности для SN (O4c) поведение обусловлено получением или неполучением ONU сообщения оповещения Change_Power_Level. В случае получения этого сообщения ONU ждет в течение времени случайной задержки и передает в восходящем направлении SN с полем PLSu. Во время передачи поля PLSu ONU увеличивает/уменьшает уровень своей мощности на 3 дБ (новый уровень мощности указывается в PLOAMu SN ONU). Обычно генерируется событие завершения увеличения мощности, и происходит переход ONU в состояние серийного номера (O4b). В случае неполучения ONU сообщения оповещения Change_power_level ONU не изменяет уровень своей мощности и реагирует таким поведением, которое определено для состояния 4b.

d) *Событие приема запроса **Ranging** (определение дальности) с $PLSu = 0$*

Запрос определения дальности основан на следующих объявленных полях: ONU-ID = подлежащий определению ONU-ID и PLOAMu = "1".

Это событие происходит только в состоянии определения дальности (O5). После успешного приема запроса определения дальности, ONU немедленно передает в восходящем направлении сообщение определения дальности. Блок передачи определения дальности представляет собой блок передачи восходящего потока, содержащий следующие поля: PLOu и PLOAMu с сообщением Serial-Number-ONU.

e) *Событие приема запроса **Ranging** с $PLSu = 1$*

Запрос определения дальности основан на следующих объявленных полях: ONU-ID = подлежащий определению ONU-ID и PLOAMu = "1".

Это событие происходит только в состоянии определения дальности (O5).

- В случае, когда после успешного приема запроса определения дальности сообщение **Change_Power_Level** не получено, ONU немедленно передает в восходящем направлении сообщение определения дальности. Блок передачи определения дальности представляет собой блок передачи восходящего потока, содержащий следующие поля: PLOu и PLOAMu с сообщением Serial-Number-ONU.
- В случае, когда после успешного приема запроса определения дальности сообщение **Change_Power_Level** получено, ONU немедленно во время распределенных временных интервалов передает в восходящем направлении сообщение определения дальности с

полем PLSu. Во время передачи поля PLSu ONU увеличивает/уменьшает (на основе сообщения **Change_Power_Level**) уровень своей мощности на 3 дБ.

f) *Событие приема запроса **POPUP***

Это событие происходит только в состоянии POPUP (O7). После успешного приема запроса POPUP ONU ждет в течение времени своей EqD и передает POPUP в восходящем направлении.

g) *Событие приема запроса **Halt** (остановка) или неполучения распределения*

Это событие происходит только в рабочем состоянии (O6). ONU не осуществляет передачи.

h) *Событие приема запроса **Data** (данные) через действительные указатели с $PLSu = 0$*

Это событие происходит только в рабочем состоянии (O6). ONU передает свой U/S во время распределенных временных интервалов. ONU начинает передачу во время начального интервала *Start-Timeslot* и прекращает ее во время конечного интервала *End-Timeslot*.

i) *Событие приема запроса **Data** через соответствующие указатели с $PLSu = 1$*

Это событие происходит только в рабочем состоянии (O6).

- В случае, когда сообщение **Change_Power_Level** не получено, ONU передает свой U/S во время распределенных временных интервалов. ONU начинает передачу во время начального интервала *Start-Timeslot* и прекращает ее во время конечного интервала *End-Timeslot*.
- В случае, когда сообщение **Change_Power_Level** получено, ONU передает свой U/S с полем PLSu во время распределенных временных интервалов. Во время передачи поля PLSu ONU увеличивает/уменьшает (на основе сообщения **Change_Power_Level**) уровень своей мощности на 3 дБ.

10.2.3.4 Другие события

a) *Порог $SN_Requests$ пересечен*

Это событие генерируется, когда ONU находится в состоянии серийного номера (O4b) и получено более четырех запросов серийного номера, на которые даны ответы без назначения ONU-ID (не получено сообщения Assign_ONU-ID). Это событие генерирует переход в состояние выравнивания мощности для SN (O4c).

Если используется механизм маски серийного номера, счетчик "SN_Req-Threshold-Crossed" сбрасывается, когда принимается новая маска, даже если новая маска SN все еще совпадает с маской SN ONU.

b) *Время таймера TO1 истекло*

Это событие генерируется, когда процедура активизации не завершена в течение определенного периода времени. Это событие генерирует переход к резервному состоянию (O2).

Значение TO1 равно 10 с.

c) *Обнаружение LOS или LOF*

Любое из этих событий вынуждает ONU перейти в первоначальное состояние (O1), за исключением того случая, когда оно находится в рабочем состоянии (O6) или в состоянии POPUP (O7). Кроме того, в состояниях серийного номера (O4a-c) и определения дальности (O5) оно останавливает таймер TO1.

В рабочем состоянии (O6) это событие вынуждает ONU перейти в состояние POPUP (O7) после установления таймера TO2 на запуск.

d) *Сброс LOS или LOF*

Это событие вынуждает ONU перейти из первоначального состояния (O1) в резервное (O2).

е) *Время таймера TO2 истекло*

Это событие генерируется, когда в состоянии POPUP в течение определенного периода времени не получено сообщение POPUP. Это событие генерирует переход в первоначальное состояние (O1).

Предлагаемое значение TO2 равно 100 мс.

10.2.4 Процедуры и методы ONU

10.2.4.1 Метод случайной задержки

Так как запрос *серийного номера* в состоянии настройки мощности и состоянии серийного номера выдается всем ONU, могут быть сформированы отклики более чем одним ONU. Может возникнуть проблема, когда в одно и то же время более одного блока передачи *PLSu* или серийного номера достигнет OLT, вызывая таким образом конфликт. Для разрешения этой проблемы используется метод случайной задержки.

На основе метода случайной задержки каждый блок передачи *PLSu* и *Serial_Number* задерживается на случайное число единиц задержки, формируемой каждым ONU. Единицы задержки имеют длину в 32 байта для всех скоростей передачи. Случайная задержка должна содержать целое число единиц задержки. После отклика на запрос *Serial_Number* ONU генерирует новое случайное число, таким образом позволяя легко и эффективно предотвратить конфликты.

Диапазон случайной задержки составляет 0–50 мкс. Этот диапазон измеряется от начала самого раннего возможного блока передачи (с нулевой задержкой обработки) до конца последнего возможного блока передачи (в диапазон случайной задержки включаются случайная задержка внутренней обработки ONU и длительность пакета восходящего потока, поэтому это следует учитывать при выборе нового значения случайной задержки).

10.2.4.2 Процесс выравнивания мощности

Из-за разницы потерь в ODN для различных ONU приемник OLT должен обеспечить высокую чувствительность и большой динамический диапазон при приеме сигналов на высоких скоростях передачи.

Для ослабления требований к динамическому диапазону приемника OLT уровень передаваемой мощности ONU, испытывающего низкие потери в ODN, следует уменьшить, чтобы избежать перегрузки приемника OLT. А в случае высоких потерь в ODN уровень мощности передатчика ONU следует увеличить. По этой причине должен применяться механизм соответствующего выравнивания мощности.

Для механизма выравнивания мощности требуется, чтобы ONU было способно увеличивать и уменьшать передаваемую мощность при приеме сообщения нисходящего потока *Change_Power_Level*, передаваемого OLT, так же как OLT должно иметь возможность выполнять выравнивание мощности во время процесса активизации ONU и во время работы.

10.2.4.2.1 Уровни Tx ONU

ONU должно быть способно работать в трех режимах выходной мощности. ONU можно дать команду работать в любом режиме. При получении такой информации управления ONU будет выполнять те действия, какие нужны для достижения нужного уровня выходной мощности.

Во время состояния настройки мощности (*Power-Setup-state*) (O3) ONU устанавливает уровень мощности своего передатчика (Tx) на уровень мощности по умолчанию, который задается в сообщении *Upstream_Overhead*. Рекомендуется, чтобы этот уровень мощности Tx по умолчанию был основан на режиме 2 (самый низкий уровень передаваемой мощности). Однако из соображений более короткого времени активизации уровень мощности Tx может быть также основан на режиме 1. Только в случаях, когда OLT не требует выравнивания мощности, режимом по умолчанию будет режим 0.

10.3 Процедура активизации в OLT

Процедура активизации определяется функциональным поведением в различных состояниях и переходом состояний, как было описано выше.

10.3.1 Состояния OLT

Функции OLT для процедуры активизации можно разделить на общую часть и часть (части), относящуюся к определенному ONU. Общая часть трактует общую функцию на одном линейном интерфейсе, а часть (части), относящаяся к определенному ONU, имеет дело с каждым ONU, поддерживаемым на одном линейном интерфейсе. Все состояния для обеих частей и соответствующее поведение описываются ниже.

10.3.2 Описание поведения в OLT

10.3.2.1 Поведение общей части

Общая часть имеет дело с получением серийных номеров для новых ONU и с обнаружением ONU, которые возвращаются в эксплуатацию после состояния LOS.

Диаграмма состояний, используемая для описания функционального поведения в общей части, показана в следующей таблице. В первой колонке в таблице показаны генерируемые события, а в первом ряду – состояния в общей части.

Определяются следующие состояния:

- a) *Резервное состояние получения серийного номера (OLT-COM1)*
OLT ждет индикации "нового" или "пропавшего" ONU или периодического перерыва цикла.
- b) *Состояние получения серийного номера (OLT-COM2)*
При входе в это состояние OLT начинает цикл получения серийного номера. Поэтому OLT проверяет "новые" или "пропавшие" ONU и присваивает ONU-ID обнаруженным ONU.
В результате активизируются циклы измерений RTD для обнаруженных ONU.
- c) *Резервное состояние измерений RTD (OLT-COM3)*
При входе в это состояние индивидуальная часть OLT начинает цикл измерений RTD для обнаруженных ONU.
Пока применяются циклы измерений RTD, OLT не может проверять "новые" или "пропавшие" ONU.

События определяются следующим образом:

- a) *"Новое" ONU ищет запрос от системы OpS*
Это событие генерируется, когда ONU определяется системой OpS.
- b) *Аварийный сигнал "пропавших" ONU (потеря сигнала – состояние LOS)*
Это событие генерируется, когда число активных ONU (не находящихся в состоянии LOS) меньше числа установленных ONU, как определено системой OpS.
- c) *Периодический перерыв цикла получения серийного номера*
В некоторых случаях из-за ручного и автоматического процесса обнаружения OLT будет начинать цикл SN даже при отсутствии пропавших ONU. Это событие генерируется по истечении перерыва для этой периодической операции.
- d) *Получен правильный блок передачи сообщения Serial_Number для "нового" ONU*
Это событие генерируется, когда во время цикла получения SN дважды принят один и тот же серийный номер для нового ONU. В результате для ONU будет активизирован полный процесс измерения RTD.
- e) *Получен правильный блок передачи сообщения Serial_Number для "пропавшего" ONU*
Это событие генерируется, когда во время цикла получения SN дважды принят правильный ONU-ID для "пропавшего" ONU. В результате для ONU будет активизирован краткий процесс измерения RTD.

- f) *Получен блок передачи непредвиденного сообщения Serial_Number*
 Это событие генерируется, когда во время цикла получения SN дважды принят один и тот же непредвиденный серийный номер.
- g) *Не получен никакой правильный блок передачи сообщения Serial_Number*
 Это событие генерируется, когда никакой блок передачи SN (правильный или неправильный, то есть с конфликтами) не был получен в восходящем направлении в течение двух циклов, то есть в восходящем направлении в течение 2 циклов получения серийного номера имеется LOS.
- h) *Достигнут предел циклов получения серийного номера*
 Это событие генерируется после 10-го цикла получения серийного номера.
- i) *Измерение задержки завершено*
 Это событие генерируется, когда для всех ONU, обнаруженных во время описанного выше состояния получения серийного номера, принято (n) уведомлений об окончании измерений задержки от части (частей), относящейся к определенному ONU, то есть закончены измерения задержки RTD для всех ONU.

	Резервное состояние получения серийного номера (OLT-COM1)	Состояние получения серийного номера (OLT-COM2)	Резервное состояние измерений RTD (OLT-COM3)
"Новое" ONU от системы OpS	⇒OLT-COM2	–	–
Аварийный сигнал "пропавших" ONU (состояние LOS)	⇒OLT-COM2	–	–
Периодический перерыв цикла получения серийного номера	⇒OLT-COM2	–	–
Получен правильный блок передачи сообщения Serial_Number для "нового" ONU		Выделение SN Распределение свободного ONU-ID	–
Получен правильный блок передачи сообщения Serial_Number для "пропавшего" ONU		Выделение SN Переназначение ONU-ID	–
Получен блок передачи непредвиденного сообщения Serial_Number		Деактивизация ONU	
Не получен никакой правильный блок передачи сообщения Serial_Number		⇒OLT-COM3	
Достигнут предел циклов получения серийного номера		⇒OLT-COM3	
Измерение задержки завершено			⇒OLT-COM1

10.3.2.2 Поведение части, относящейся к определенному ONU

Диаграмма состояний, которая описывает функциональное поведение в части (частях), относящейся к определенному ONU, показана в следующей таблице. В первой колонке в таблице показаны генерируемые события, а в первом ряду – состояния в (n) части (частях), относящейся к определенному ONU.

Определяются следующие состояния:

- a) *Первоначальное состояние (OLT-IDV1)*
 OLT ждет распоряжения для начала измерения RTD, то есть ONU (n) находится в первоначальном состоянии, резервном состоянии или состоянии серийного номера.
- b) *Состояние измерения задержки (OLT-IDV2)*
 При входе в это состояние OLT начинает цикл измерения RTD.

- c) *Рабочее состояние (OLT-IDV3)*
ONU (n) находится в рабочем состоянии.
- d) *Состояние POPUP (OLT-IDV4)*
ONU (n) находится в состоянии POPUP.

События определяются следующим образом:

- a) *Распоряжение начать измерение задержки RTD (n)*
Это событие генерируется, когда получено предписание от общей части.
- b) *Измерение задержки завершено (n)*
Это событие генерируется, когда измерение RTD выполнено успешно.
После того как сообщение **Ranging_time**, содержащее задержку выравнивания (Equalization_Delay), 3 раза передано в ONU (n), уведомление об окончании измерения задержки (n) выдается для удобства общей части OLT, затем происходит переход в рабочее состояние (OLT-IDV3).
- c) *Аномальное прекращение измерения задержки (n)*
Это событие генерируется, когда измерение задержки было неудачным.
После того как сообщение Deactivate_ONU-ID 3 раза передано в ONU (n), уведомление об окончании измерения задержки (n) выдается для удобства общей части OLT, затем происходит переход в первоначальное состояние (OLT-IDV1).
- d) *Обнаружение LOS(n), LOF(n)*
Это событие приводит к переходу в состояние POPUP (OLT-IDV4).
- e) *Успешный тест POPUP (n)*
Это событие генерируется, когда тест POPUP выполнен успешно.
Поскольку блок передачи восходящего потока ONU правильно достиг OLT, ONU может перейти обратно в рабочее состояние (O6). Это достигается путем 3-кратной передачи сообщения **POPUP** (с ONU-ID) в ONU (n). Уведомление об окончании теста POPUP (n) выдается для удобства общей части OLT, затем происходит переход в рабочее состояние (OLT-IDV3).
- f) *Неудачный тест POPUP (n)*
Это событие генерируется, когда тест POPUP был неудачным.
После того как сообщение Deactivate_ONU-ID 3 раза передано в ONU (n), уведомление об окончании теста POPUP (n) выдается для удобства общей части OLT, затем происходит переход в первоначальное состояние (OLT-IDV1).

	Первоначальное состояние (OLT-IDV1)	Состояние измерения задержки (OLT-IDV2)	Рабочее состояние (OLT-IDV3)	Состояние POPUP (OLT-IDV4)
Распоряжение начать измерение задержки (n)	Уведомление о начале измерения задержки (n). ⇒ OLT-IDV2	–	–	–
Измерение задержки завершено (n)	–	3-кратная передача сообщения Ranging_time. Уведомление об окончании измерения задержки (n). ⇒ OLT-IDV3	–	–
Аномальное прекращение измерения задержки (n)	–	3-кратная передача сообщения Deactivate_ONU-ID. Уведомление об окончании измерения задержки (n). ⇒ OLT-IDV1	–	–
Обнаружение LOS(n), LOF(n)	–	–	Уведомление о начале теста на прибытие передачи (n). ⇒ OLT-IDV4	
Успешный тест POPUP (n)				3-кратная передача сообщения POPUP (с ONU-ID). Уведомление об окончании теста POPUP (n). ⇒ OLT-IDV3
Неудачный тест POPUP (n)				3-кратная передача сообщения Deactivate_ONU-ID. Уведомление об окончании теста POPUP (n). ⇒ OLT-IDV1

10.3.3 Методы и процедуры OLT

10.3.3.1 Открытие OLT окна определения дальности

Во время состояний настройки мощности, получения серийного номера и измерения RTD, новые ONU разделяются на части блоками передачи для настройки мощности, SN и определения дальности. Чтобы эти блоки передачи не сталкивались с данными от работающих ONU, OLT создает окно определения дальности в кадре восходящего потока.

Это делается путем остановки ONU либо с использованием структур распределения с нулевыми указателями, либо совсем без распределения. Следует отметить, что даже после того как ONU получают индикацию об остановке, они продолжают передавать данные в восходящем направлении в течение времени задержки выравнивания, как обычно. После этого времени ONU в рабочем состоянии прекращают передачу данных в восходящем направлении, пока принимаются запросы об остановке.

Поскольку работающие ONU останавливают передачу восходящего потока на несколько кадров в течение цикла остановки, OLT должно ждать достаточное время, чтобы очередь работающих ONU вернулась в нормальное рабочее состояние. Это время называется минимальным временем между циклами остановки. Точное время зависит от соображений, касающихся реализации.

10.3.3.1.1 Уменьшение тихой зоны, когда не известно расстояние до ONU

В случае, когда местоположение нового ONU не известно, предлагается, чтобы OLT открыло окно определения дальности, которое основано на сумме времени распространения D/S и U/S в допустимом диапазоне для ONU (обычно 20 км, поэтому полное время равно 200 мкс) и дополнительной случайной задержки (типичное значение равно 50 мкс). Поэтому предлагаемое значение для окна определения дальности равно 250 мкс.

10.3.3.1.2 Уменьшение тихой зоны, когда известно расстояние до ONU

Когда известна некоторая информация о местоположении ONU, нет необходимости для OLT создавать упомянутую выше "полностью тихую зону". Вместо этого OLT должно открыть минимальную тихую зону, размер которой уменьшается в зависимости от известного расстояния OLT-ONU.

Поэтому OLT должно передать нулевые указатели тем ONU, блок передачи восходящего потока которых достигает OLT во время требуемой минимальной тихой зоны.

10.3.3.2 Передача непредвиденного серийного номера

В случаях, когда блок передачи SN включает непредвиденный SN (серийный номер не был определен в OLT системой OpS), OLT деактивирует ONU при помощи сообщения *Disable_Serial_Number* (с вариантом "Disable"). ONU перейдет в состояние **аварийного прекращения работ (O8)** и перестанет отвечать на запросы серийного номера.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Как только серийный номер ONU будет определен в OLT системой OpS, оно активирует ONU при помощи сообщения *Disable_Serial_Number* (с вариантом "Enable"), и ONU перейдет в резервное состояние (O2).

10.4 Процедура измерения RTD

10.4.1 Определение соотношения фаз между D/S и U/S

Благодаря свойствам PON данные восходящего потока, получаемые OLT, основаны на сумме всех данных, передаваемых ONU. Чтобы избежать их столкновений, каждому ONU внутри кадра восходящего потока назначается блок передачи, где только этому конкретному ONU разрешается передавать данные. Кроме того, все ONU должны казаться равноотстоящими от OLT при формировании кадров восходящего потока, то есть начало всех кадров восходящего потока от всех ONU должно достигать OLT в одно и то же время. Чтобы обеспечить это, каждому ONU присваивается задержка выравнивания (*Equalization-Delay*). ONU осуществляет задержку фазы восходящего потока по отношению к фазе нисходящего потока на основе величины присвоенной задержки выравнивания.

В процессе определения дальности выполняется вычисление задержки выравнивания. Оно основано на измерении круговой задержки между OLT и каждым ONU.

10.4.2 Определение задержки отношения фаз

Конфигурация точек задержки фазы, описанных ниже, показана на рисунке 10-2.

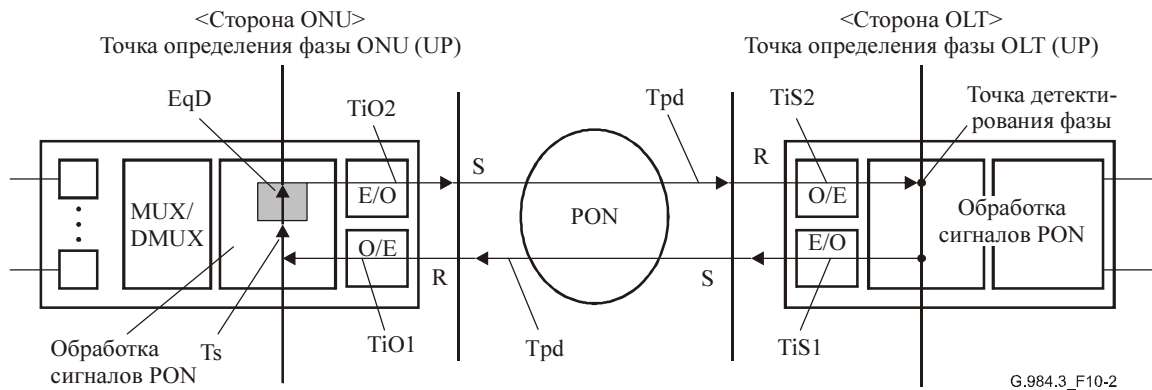


Рисунок 10-2/G.984.3 – Конфигурация точек задержки фазы

10.4.2.1 Задержка за счет распространения по оптическому волокну (Tpd)

Задержка за счет распространения по оптическому волокну (Tpd) зависит от длины оптического волокна/расстояния между OLT и ONU.

10.4.2.2 Основная задержка передачи (Ts)

Основная задержка передачи (Ts) обусловлена обработкой сигналов PON в ONU.

10.4.2.3 Оптическая задержка

Оптическая задержка (TiO1, TiO2, TiS1, TiS2) обусловлена оптоэлектрическим и электрооптическим преобразованием в ONU и OLT.

10.4.2.4 Задержка выравнивания (EqD)

Задержка выравнивания представляет собой встроенную задержку ONU, устанавливаемую и управляемую OLT. Назначение этого параметра – обеспечить такую задержку передачи восходящего потока, чтобы она достигала OLT в правильной фазе.

10.4.2.5 Измеряемая круговая задержка

При измерении круговой задержки (RTD) до конкретного ONU при помощи процедуры определения дальности *задержка выравнивания* обычно устанавливается на нуль; однако она может быть установлена на некоторое заранее определенное значение. Поэтому результат будет основан на сумме следующих задержек:

$$RTD = 2 * T_{pd} + T_s + TiO1 + TiO2 + TiS1 + TiS2 + EqD.$$

По оценкам, в качестве достаточного времени обработки сигнала в OLT и ONU значение $T_s + TiO1 + TiO2 + TiS1 + TiS2$ должно быть меньше 50 мкс.

Кроме того, $2 * T_{pd}$ равно:

$$2 * T_{pd} = \frac{\text{Расстояние до ONU [км]}}{0,1 \left[\frac{\text{км}}{\text{мкс}} \right]}.$$

10.4.2.6 Выравненная круговая задержка

Из-за различных расстояний от разных ONU до OLT требуется, чтобы фаза восходящего потока у всех ONU была одинаковой. Поэтому задержка выравнивания ONU (EqD) устанавливается таким образом, чтобы все ONU имели *одинаковую* постоянную выравненную круговую задержку (TeqD).

Выравненная круговая задержка (Teqd) определяется по формуле:

$$Teqd = RTD(n) + EqD(n).$$

Соответственно, задержка выравнивания ONU (для ONU n) вычисляется по формуле:

$$EqD(n) = Teqd - RTD(n).$$

10.4.3 Контроль фазы и обновление RTD

Как только ONU получает коэффициент задержки выравнивания, происходит его синхронизация по началу кадра восходящего потока. Действительные данные восходящего потока передаются в конкретном блоке передачи ONU (группа временных интервалов) в пределах кадра восходящего потока в соответствии с указателями, полученными в нисходящем потоке.

Начало кадра восходящего потока будет подвергнуто задержке относительно начала принимаемого кадра нисходящего потока с помощью коэффициента задержки выравнивания.

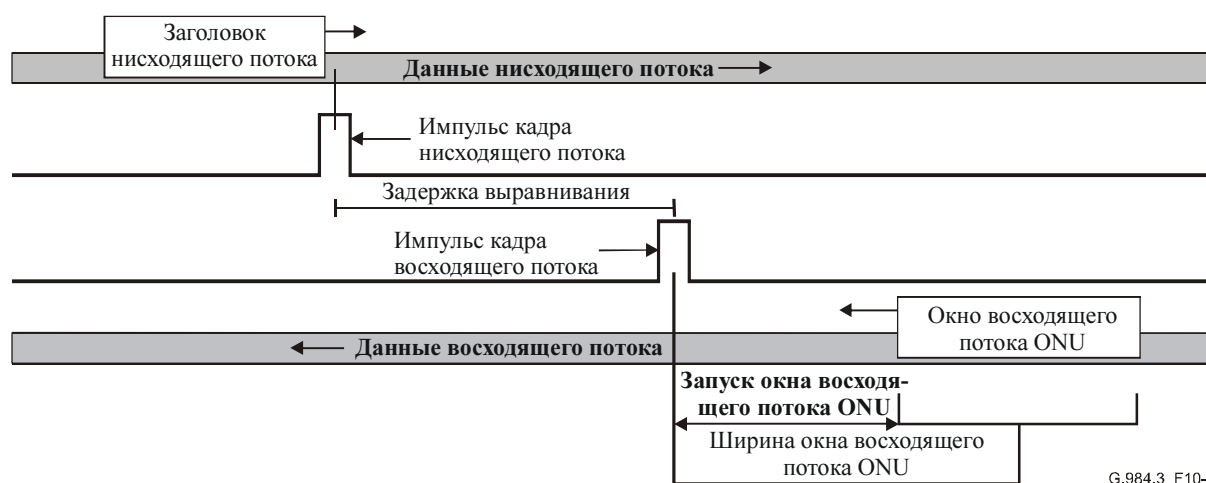


Рисунок 10-3/G.984.3 – Синхронизация кадра восходящего потока

Ожидается, что блок передачи восходящего потока ONU прибудет в фиксированное время кадра восходящего потока. Фаза прибытия блока передачи ONU может дрейфовать из-за старения, температурных изменений и т. д. В этих случаях задержка выравнивания может быть заново вычислена/обновлена на основе дрейфа блока передачи восходящего потока. При этом не требуется дополнительного процесса определения дальности.

Изменение задержки выравнивания будет равно времени дрейфа с противоположным знаком. Поэтому, если кадр приходит рано, время дрейфа должно добавляться к задержке выравнивания. Если кадр запаздывает, время дрейфа должно вычитаться из задержки выравнивания.

Новое значение задержки выравнивания будет вычисляться OLT и будет обновляться в ONU при помощи сообщения *Ranging_Time* PLOAM.

10.4.4 Процесс измерения RTD

Круговой задержкой (RTD) является время от первого бита/байта запроса определения дальности в кадре нисходящего потока до приема последнего бита/байта блока передачи определения дальности. Она используется для вычисления задержки выравнивания.

10.4.4.1 Критерии успешного или неудачного измерения RTD

Во время процедуры определения дальности могут иметь место некоторые погрешности. Чтобы уменьшить эти погрешности, измерение RTD перед вычислением коэффициента задержки выравнивания выполняется несколько раз.

Измерение RTD считается успешным, если удовлетворяются все следующие условия. Если одно из этих условий не удовлетворяется, измерение RTD считается *неудачным*.

- OLT получен правильный блок передачи сообщения определения дальности с совпадающими ONU-ID и серийным номером.
- Блок передачи сообщения определения дальности на максимальной длине PON принимается в течение ожидаемых пределов времени.
- Измеренная RTD находится в диапазоне времени, основанном на расчетном значении расстояния между ONU и OLT. OLT получает это значение от системы OpS. Если значение расстояния не получено, это условие игнорируется.
- RTD находится в пределах допустимого отклонения дальности, которое равно N битам (в зависимости от скорости передачи восходящего потока), по сравнению с последним успешным измерением RTD. Это условие игнорируется до первого успешного измерения RTD.
 - 1,244 Гбит/с – 8 битов.
 - 622 Мбит/с – 4 бита.
 - 155 Мбит/с – 1 бит.

10.4.4.2 Процедура успешного измерения RTD

Процедура измерения RTD считается завершенной после двух успешных или двух неудачных измерений.

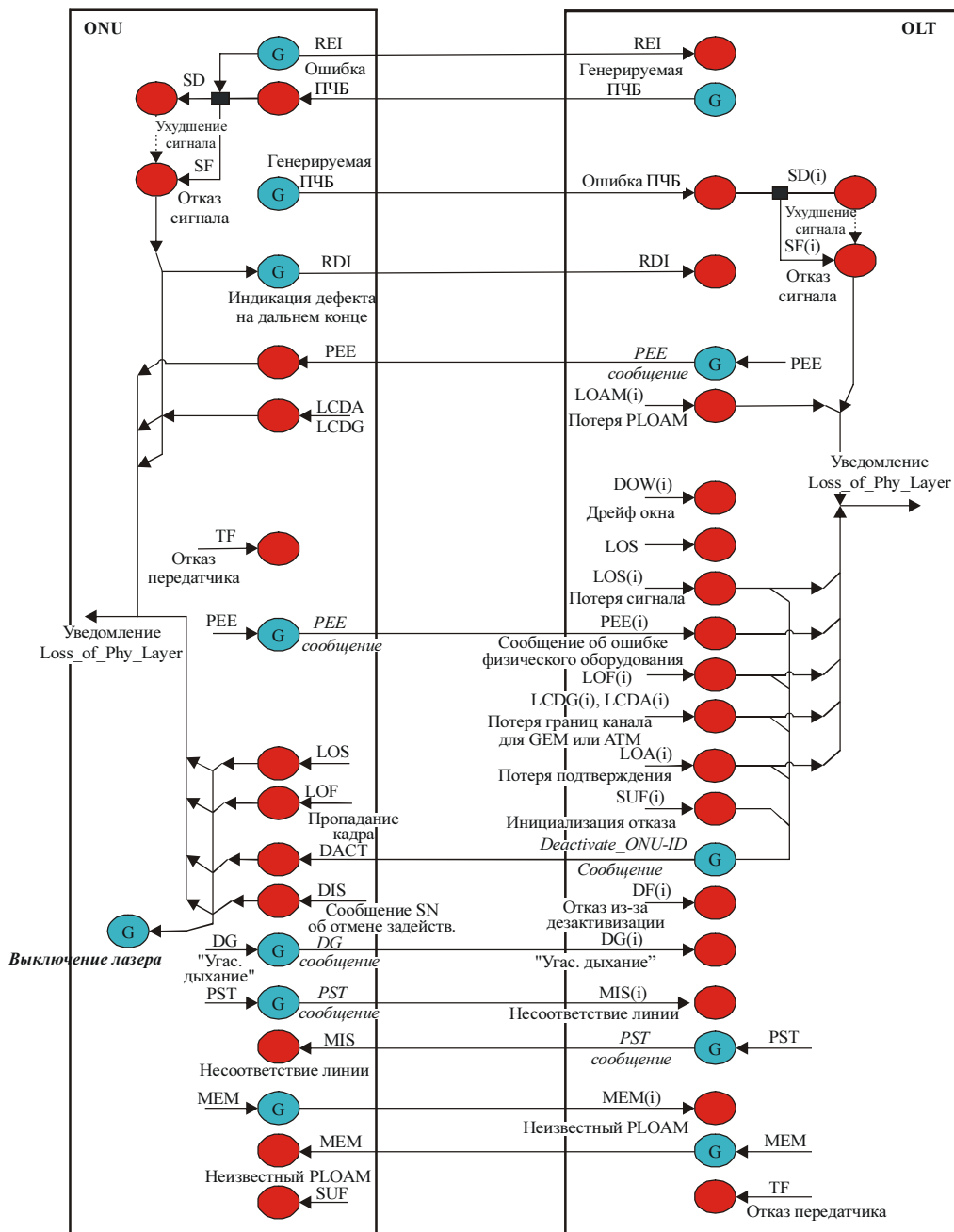
- При процедуре успешного измерения RTD результат будет получен путем усреднения двух успешных результатов измерений.
- При процедуре неудачного измерения RTD будет объявлен аварийный сигнал **SUFI**, и ONU будет деактивизировано при помощи сообщения Deactivate_ONU-ID (таким образом осуществляется переход в первоначальное состояние (O1)).

11 Контроль аварийных сигналов и качественных показателей

Контроль аварийных сигналов и качественных показателей включает механизмы обнаружения отказов линии и контроля жизнеспособности и качественных показателей линий. В этом разделе не охватываются такие функции, как управление станцией, распределение пропускной способности или подготовка к работе.

11.1 Аварийные сигналы

Функции OAM, установленные в ONU и OLT, показаны на рисунке 11-1. На нем показаны также сигналы уведомления между OLT и ONU.



G.984.3_F11-1

Рисунок 11-1/G.984.3 – Аварийные сигналы

11.1.1 Элементы, обнаруживаемые OLT

Тип		Описание			
		Условия обнаружения	Действия	Условия отмены	Действия
LOS _i	Потеря сигнала ONU _i	Нет правильного оптического сигнала от ONU, когда он ожидался в течение M последовательных кадров. (M является конфигурируемым. Рекомендуемым значением является 4)	Генерирование уведомления Loss_of_phy_layer_I.	Когда OLT получает правильный оптический сигнал от ONU _i .	—

Тип		Описание			
		Условия обнаружения	Действия	Условия отмены	Действия
LOS	Потеря сигнала	OLT не получил никакого ожидаемого блока передачи в восходящем потоке (полный отказ PON) в течение N последовательных кадров. (M является конфигурируемым. Рекомендуемым значением является 4)		Когда OLT получает по крайней мере один блок передачи восходящего потока.	–
LOFi	Потеря кадра ONUi	Когда получено 4 последовательных неправильных разделителя от ONUi.	Передача 3-х сообщений Deactivate_ONU-ID. Генерация уведомления Loss_of_phy_layer_I.	Когда для ONUi в рабочем состоянии достигнуто определение границ кадра.	–
DOWi	Дрейф окна ONUi	Блок передачи ONU получен в непредвиденном месте в пределах виртуального кадра U/S. DOWi означает, что произошел сдвиг фазы, но она является корректируемой через измененную EqD.	Передача в ONUi измененной EqD.	Когда OLT получает блок передачи ONUi в правильном месте.	–
SFi	Отказ сигнала ONUi	Это состояние вводится, когда КОБ восходящего потока от ONUi становится $\geq 10^{-y}$. Y является конфигурируемым в диапазоне от 3 до 8.	Передача 3-х сообщений Deactivate_ONU-ID. Генерация уведомления Loss_of_phy_layer_I.	Это состояние отменяется, когда КОБ восходящего потока от ONUi становится $< 10^{-y+1}$.	–
SDi	Ухудшение сигнала ONUi	Это состояние вводится, когда КОБ восходящего потока от ONUi становится $\geq 10^{-x}$. X является конфигурируемым в диапазоне от 4 до 9, но должно быть больше Y (порог SF).	–	Это состояние отменяется, когда КОБ восходящего потока от ONUi становится $< 10^{-x+1}$.	–
LCDAi	Потеря границ канала ATM	Когда из ONUi получено 8 последовательных неправильных NEC.	Передача 3-х сообщений Deactivate_ONU-ID Генерация уведомления Loss_of_phy_layer_I.	Когда для ONUi успешно достигается определение границ ячейки.	–
LCDGi	Потеря границ канала GEM	Границы канала GEM не могут быть определены в течение 3 последовательных кадров.	Передача 3-х сообщений Deactivate_ONU-ID Генерация уведомления Loss_of_phy_layer_I.	Когда для ONUi успешно достигается определение границ канала.	–

Тип		Описание			
		Условия обнаружения	Действия	Условия отмены	Действия
RDi	Индикация дефекта на дальнем конце ONUi	Когда появляется поле RDI от ONUi. Блок передачи OLT принимается на ONUi с дефектами.	–	Когда поле RDI от ONUi исчезает.	–
TF	Отказ передатчика	Отказ передатчика OLT объявляется, когда нет номинального фототока задней грани или когда потоки передачи выходят за пределы максимальных требований.	–	–	–
SUFi	Инициализация отказа ONUi	Определение дальности ONUi было неудачным n раз (n = 2), в то время как OLT получил оптические пакеты от этого ONU.	Передача 3-х сообщений Deactivate_ONU-ID.	Дальность до ONU была определена успешно.	–
DFi	Отказ дезактивации ONUi	ONU не реагирует правильно после трех сообщений Deactivate_ONU-ID.	–	Отменяется оператором.	–
LOAi	Потеря подтверждения от ONUi	OLT не получает подтверждения от ONUi после ряда сообщений нисходящего потока, которые предполагают подтверждение восходящего потока.	Передача 3-х сообщений Deactivate_ONU-ID. Генерация уведомления Loss_of_phy_layer_I.	Когда OLT получает подтверждение от ONU.	–
DGi	Прием сообщения "угасающее дыхание" от ONUi	Когда OLT получает от ONUi сообщение DG, объявляется DGi.	Игнорирование получаемых от этого ONU аварийных сигналов. Генерация уведомления Loss_of_phy_layer_I.	Когда OLT во время процесса определения дальности получает сообщение PLOAM.	–
LOAMi	Потеря PLOAM от ONUi	Когда пропускаются 3 последовательных сообщения PLOAM от ONUi, после того как OLT выдает запрос на передачу PLOAMi для этого ONU.	Передача 3-х сообщений Deactivate_ONU-ID. Генерация уведомления Loss_of_phy_layer_I.	Когда OLT получает сообщение PLOAM, соответствующее его флагу PLOAM в рабочем состоянии.	–
MEMi	Сообщение Message_Error от ONUi	Когда OLT получает от ONUi неизвестное сообщение.	–	Когда оператор проинформирован.	–

Тип		Описание			
		Условия обнаружения	Действия	Условия отмены	Действия
MISi	Несоответствие ONU _i линии	OLT обнаруживает, что полученная PST _i и передаваемая PST различны.	–	OLT обнаруживает, что полученная PST _i и передаваемая PST являются одинаковыми.	–
PEEi	Ошибка оборудования физического уровня в ONU _i	Когда OLT получает от ONU сообщение PEE.	Генерация уведомления Loss_of_physical_layer_1.	Когда OLT не получает от ONU _i сообщение PEE в течение 3 с.	

11.1.2 Элементы, обнаруживаемые в ONU

Тип		Описание			
		Условия обнаружения	Действия	Условия отмены	Действия
LOS	Потеря сигнала	Правильный оптический сигнал не принимается в течение N последовательных кадров, или не получено никаких электрических переходов в течение M последовательных кадров. N и M являются конфигурируемыми. Рекомендуемым значением является 3.	Выключение лазера. Генерация уведомления Loss_of_phy_layer. Переход в первоначальное состояние	Правильный оптический сигнал.	Переход в резервное состояние
LOF	Потеря кадра	Когда от OLT получено 5 последовательных неправильных PSYNC.	Выключение лазера. Генерирование уведомления Loss_of_phy_layer. Переход в первоначальное состояние	Когда в 2 последовательных кадрах есть правильная PSYNC.	Переход в резервное состояние
SF	Отказ сигнала	Это состояние вводится, когда КОБ нисходящего потока становится $\geq 10^{-Y}$. Y является конфигурируемым в диапазоне от 3 до 8	–	Становится неактивным, когда КОБ нисходящего потока $< 10^{-(Y+1)}$.	–
SD	Ухудшение сигнала	Это состояние вводится, когда КОБ нисходящего потока становится $\geq 10^{-X}$. X является конфигурируемым в диапазоне от 4 до 9, но должно быть больше Y.	–	Становится неактивным, когда КОБ нисходящего потока $< 10^{-(X+1)}$.	–
LCDA	Потеря границ канала ATM	Когда от OLT получено 7 последовательных неправильных NEC.	Выключение лазера. Генерирование уведомления Loss_of_phy_layer.	Когда успешно достигается определение границ ячейки.	–

Тип		Описание			
		Условия обнаружения	Действия	Условия отмены	Действия
LCDG	Потеря границ канала GEM	Границы канала GEM не могли быть определены в течение 3 последовательных кадров.	Выключение лазера. Генерирование уведомления Loss_of_phy_layer.	Когда успешно достигается определение границ GEM.	–
TF	Отказ передатчика	Отказ передатчика ONU объявляется, когда нет номинального фототока задней грани или когда потоки передачи выходят за пределы максимальных требований.	–	–	–
SUF	Инициализация отказа	Определение дальности этого ONU было неудачным (см. протокол определения дальности для точного состояния).	–	Когда определение дальности прошло удачно.	–
MEM	Сообщение об ошибке сообщения	Когда ONU получает неизвестное сообщение.	–	–	–
DACT	Деактивизация ONU-ID	Когда ONU получает сообщение Deactivate_ONU-ID. Оно дает указание ONU деактивизироваться.	Выключение лазера и переход в <i>резервное состояние</i> . Генерирование уведомления Loss_of_phy_layer.	Прием сообщения Upstream_overhead.	Задействовать лазер.
DIS	Отключение ONU	Когда ONU получает сообщение Disable_serial_number со своим серийным номером и флагом задействия = 0xFF. Оно остается в этом состоянии даже после выключения питания.	Выключение лазера. Переход в состояние <i>аварийного прекращения работы</i> Генерация уведомления Loss_of_phy_layer.	Когда ONU получает сообщение Disable_Serial_Number с флагом задействия = 0x0F, или когда он получает сообщение Disable_Serial_Number со своим серийным номером и флагом задействия = 0x00.	Переход в первоначальное состояние.
MIS	Несоответствие линии	ONU обнаруживает, что полученный PST и передаваемый PST различны.	–	ONU обнаруживает, что полученный PST и передаваемый PST одинаковы.	–
PEE	Ошибка оборудования физического уровня	Когда ONU получает сообщение PEE.	Генерирование уведомления Loss_of_physical_layer.	Когда ONU не получает сообщение PEE в течение 3 с.	–

Тип		Описание			
		Условия обнаружения	Действия	Условия отмены	Действия
RDI	Индикация дефекта на дальнем конце в ONU	Когда блок передачи получен OLT с дефектами на ONU. Дефекты включают общие отказы тракта передачи данных нисходящего потока, в том числе чрезмерные битовые ошибки (после ПИО) или искаженные заголовки. Одиночные битовые ошибки не считаются дефектами.	Установка бита состояния RDI в PLOu.	Когда дефект передачи OLT устранен.	Привести бит состояния RDI в PLOu в исходное состояние.

11.1.3 Описание порогов SD и SF

Как часть предлагаемого в рамках протокола GTC контроля качественных показателей логикой приемной части определяются состояния отказа сигнала (SF) и ухудшения сигнала (SD), которые объявляются аварийными сигналами.

Определение состояний SF и SD осуществляется путем подсчета нарушений ПЧБ в течение определенного периода времени и сравнения их с заранее определенным порогом. Сброс состояний SF и SD производится аналогичным образом с учетом требования того, что сброс должен осуществляться при величине на порядок ниже, чем состояние дефекта, например, если SD объявляется при КОБ, равном 10^{-5} , он должен сбрасываться при КОБ, равном 10^{-6} .

Время обнаружения и пороги обнаружения зависят от скорости передачи сигнала, необходимого значения КОБ и требуемой вероятности обнаружения.

11.2 Контроль качественных показателей

11.2.1 Элементы, определяемые в OLT

Тип		Описание	
		Условия обнаружения	Действия
ERRi	Ошибка ПЧБ в ONUi	Полученное значение ПЧБ-8 сравнивается с вычисленным значением ПЧБ-8 для полученного потока. В случае разницы на счетчике ERRi происходит увеличение значения на единицу.	Число отличающихся битов накапливается в ERR. После превышения КОБ определенного порога объявляются SDi и Sfi.
REIi	Индикация ошибки на дальнем конце в ONUi	Когда ONU обнаруживает ошибки ПЧБ, он передает в восходящем направлении число ошибок в сообщении REI PLOAM. Когда полученное сообщение REI отличается от нуля, на счетчике REIi происходит увеличение значения на единицу.	На счетчике REIi происходит соответствующее увеличение значения на единицу.

11.2.2 Элементы, определяемые в ONU

Тип		Описание	
		Условия обнаружения	Действия
ERR	Ошибки ПЧБ	Полученное значение ПЧБ-8 сравнивается с вычисленным значением ПЧБ-8 для полученного потока. В случае разницы на счетчике ERR происходит увеличение значения на единицу.	Число отличающихся битов накапливается в ERR. После превышения КОБ определенного порога объявляются SD и SF.

11.2.3 События контроля качественных показателей

Контроль качественных показателей (PM) на ближнем конце основан на дефектах и ошибках ПЧБ, обнаруженных в кадре/блоке передачи, в то время как PM на дальнем конце основан на принимаемых индикациях REI и RDI.

12 Защита

В этом разделе рассматриваются вопросы защиты данных, которые поднимает PON. Рассматривается также модель угроз, которой должна противостоять защита. Затем рассматривается основной метод изменения и активизации ключа.

12.1 Основная модель угроз

Основное беспокойство в PON вызывает то, что данные нисходящего потока передаются в широкоэмиттерном режиме всем ONU, присоединенным к PON. Если злонамеренный пользователь перепрограммирует свой ONU, тогда он сможет перехватывать информацию, передаваемую в нисходящем потоке всем пользователям. Это та "угроза" перехвата сообщений, которой должна противостоять система защиты PON. Другие, более экзотические угрозы не считаются практически важными, поскольку чтобы попытаться их осуществить, пользователь должен был бы потратить больше средств, чем приобрести.

Кроме того, PON сама имеет уникальную способность, заключающуюся в том, что она является чрезвычайно направленной. Так, все ONU не могут следить за трафиком восходящего потока от других ONU на PON. Это позволяет пропускать привилегированную информацию (такую как ключи защиты) в восходящем потоке в чистом виде. Хотя имеются угрозы преодоления защиты данных, такие как выполнение несанкционированных отводов от общих волокон на PON, они вновь не считаются реалистичными, потому что злоумышленник может сделать это в местах общего пользования и, вероятно, повлиять на ту самую PON, к которой он подключается.

12.2 Система шифрования

Подлежащим использованию алгоритмом является усовершенствованный стандарт шифрования (AES). Это блочный шифр, который работает с 16-байтовыми (128-битовыми) блоками данных. Он позволяет иметь ключи на 128, 192 и 256 байтов. Этот алгоритм описывается в документах, опубликованных Национальным институтом стандартов и технологий (NIST) в США.

Имеются несколько режимов работы по этому стандарту; однако следует использовать только режим "счетчик" (CTR). При шифровании генерируется поток 16-байтовых псевдослучайных блоков шифра, который подвергается обработке функцией "Исключающее ИЛИ" с входящим открытым текстом, чтобы сформировать зашифрованный исходящий текст. Чтобы восстановить открытый текст, зашифрованный текст подвергается обработке функцией "Исключающее ИЛИ" с теми же самыми псевдослучайными блоками шифра. Кроме того, фиксируется длина ключа, которая равна 128 битам. Могут поддерживаться и более длинные ключи, но их использование не является обязательным.

В режиме счетчика используется синхронизированный криптосчетчик, который является общим для OLT и всех ONU. Структура этого криптосчетчика состоит в следующем. Счетчик имеет размер в 46 битов. 16 младших битов представляют внутрикадровый счетчик, а 30 старших битов – межкадровый счетчик.

Внутрикадровый счетчик в начале кадра нисходящего потока сбрасывается на нуль (первый байт PCBd) и увеличивает свое значение на единицу через каждые четыре байта. Например, в системах со скоростью нисходящего потока 1,244 Гбит/с счетчик будет вести подсчет от 0 до 4859.

Межкадровый счетчик является таким же, как счетчик суперкадра, пропускаемый в поле Ident в PCBd. В ONU применяется синхронизированный местный счетчик, и поэтому имеется устойчивость к ошибкам в этом поле.

Блоки случайного шифра выравниваются по началу полезной нагрузки дейтаграммы. В случае данных ATM шифруются 48 байтов полезной нагрузки. Так как эти данные равны трем одинаковым блокам по 16 байтов, три блока случайного шифра прямо подвергаются обработке с данными функцией "Исключающее ИЛИ" (XOR).

В случае фрагментов GEM шифруется только полезная нагрузка. Заголовок Port-ID не шифруется. Так как фрагменты не обязательно являются целым числом кодовых блоков, последний блок данных (длиной от 1 до 16 байтов) подвергается обработке функцией XOR с наиболее значимой частью последнего блока шифра AES (длиной 16 байтов). Лишняя часть последнего блока шифра отбрасывается.

Следует отметить, что криптосчетчик выравнивается по кадру нисходящего потока GTC, а блоки шифра AES выравниваются по полезной нагрузке. Взаимосвязь этих двух последовательностей иллюстрируется на рисунке 12-1. Когда дейтаграмма передается в OLT или принимается в ONU, отмечается положение первого байта заголовка. Значение криптосчетчика в этом положении байта используется в качестве значения запуска счетчика блоков шифра для этой дейтаграммы. Для последующих блоков шифра в этой дейтаграмме счетчик увеличивает свое значение на 1 для каждого блока. Это устройство гарантирует, что одно и то же значение счетчика никогда не используется более одного раза.

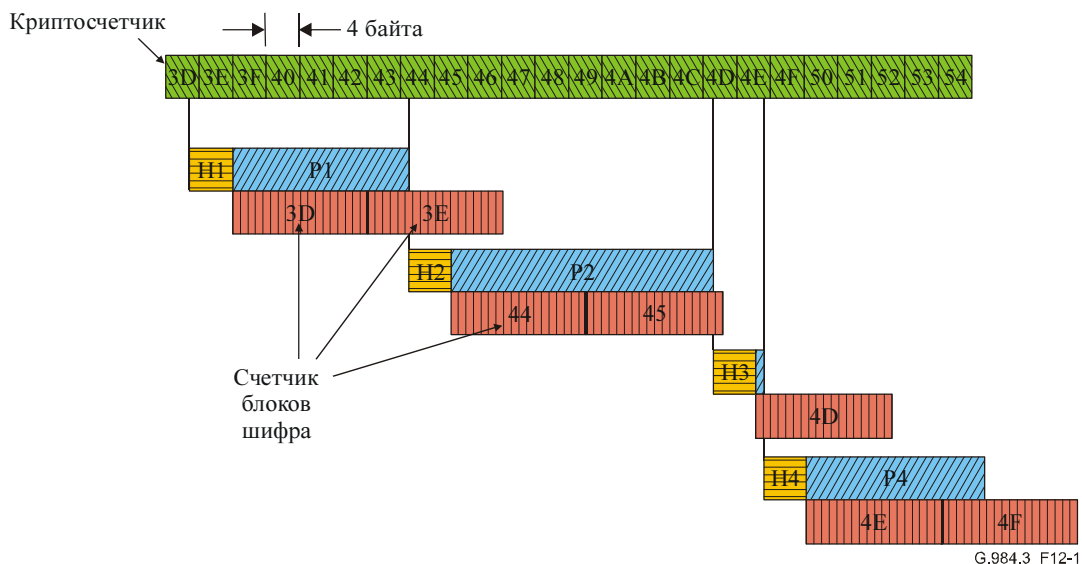


Рисунок 12-1/G.984.3 – Взаимосвязь между последовательностью криптосчетчика и последовательностью блоков шифра

46-битовое значение счетчика блоков запускает 128-битовый вход алгоритма AES следующим образом. 46 битов повторяются 3 раза, образуя 138-битовую последовательность. 10 старших битов затем отбрасываются. Результирующее 128-битовое число затем шифруется с помощью алгоритма AES, образуя 128 битов случайного шифра, которые подвергаются обработке функцией XOR с данными полезной нагрузки пользователя.

12.3 Смена ключа и переключение

Предполагается, что OLT и ONU уже конфигурировали для режима шифрования VPI или Port-ID, и что в них установлен ключ для использования. Как в ONU, так и в OLT данные ключа хранятся в регистрах активного ключа (active_key_registers), и именно этот регистр использует алгоритм шифрования.

Смена ключа инициируется OLT. OLT делает это путем передачи по каналу PLOAM сообщения запроса ключа (key_request_message). ONU откликается путем формирования, сохранения и передачи ключа. ONU сохраняет новый ключ в теневом регистре ключа (shadow_key_register). Так как сообщение PLOAM ограничено по длине, ключ передается двумя частями при помощи поля

фрагментации, которое показывает, какая часть ключа посылается. Обе части ключа передаются три раза для дополнительной избыточности. Все блоки передачи ONU для определенного ключа имеют одинаковое значение Key_Index, так что OLT может безусловно подтвердить, что все блоки передачи из одного и того же ключа. Key_Index увеличивается на единицу для каждого ключа, который ONU формирует по запросу OLT.

Если OLT неудачно приняло какую-либо часть ключа все три раза, когда она передавалась, тогда OLT попросит ONU сформировать другой ключ, послав новое сообщение запроса ключа. Если передача ключа будет неудачной три раза, тогда OLT объявит о потере синхронизации ключа.

Как только OLT успешно принимает ключ, оно сохраняет вступивший силу ключ в своем теневом регистре ключа. Теперь система готовится к переключению ключа. OLT выбирает номер будущего кадра, который будет первым кадром, где будет использоваться новый ключ. Оно передает номер суперкадра этого кадра в ONU, используя сообщение о времени переключения ключа (Key_switching_time). Это сообщение передается три раза, и ONU нужно только получить новую правильную копию, чтобы узнать время переключения. В начале выбранного кадра OLT скопирует содержимое теневого регистра ключа в регистр активного ключа, и ONU скопирует содержимое теневого регистра ключа в свой регистр активного ключа. Таким образом как OLT, так и ONU начинают использование нового ключа с одной и той же границы кадра для новых PDU (ячейки или кадра), в которых происходит замена.

Следует отметить, что алгоритм AES требует формирования ряда круглых ключей на основе одного ключа. Эта операция составления ключа занимает определенное время и поэтому должна выполняться в ожидании переключения ключа. В момент, когда бит переключения (key_switch) изменяется, и OLT, и ONU должны быть готовы к использованию нового ключа.

13 Упреждающая коррекция ошибок

13.1 Введение

Упреждающая коррекция ошибок (FEC) используется на транспортном уровне в системах передачи данных и основана на передаче данных в закодированной форме. При кодировании вводится избыточность, что позволяет декодеру обнаружить и исправить ошибки передачи. Например, при КОБ на входе, равном 10^{-4} , КОБ на выходе декодера ПИО снижается до 10^{-15} . При использовании метода ПИО можно добиться передачи данных с очень низким коэффициентом ошибок и избежать повторной передачи.

ПИО приводит к увеличению бюджета линии приблизительно на 3-4 дБ. Поэтому может быть поддержана более высокая скорость передачи и более протяженное расстояние от OLT до ONU, так же как и большее число разделений на одно дерево PON.

13.1.1 Код Рида-Соломона (ПИО на основе блоков)

Код Рида-Соломона (RS) является кодом на основе блоков, который берет блок данных постоянной величины и добавляет в конце дополнительные "избыточные" биты, таким образом создавая кодовое слово. При использовании этих дополнительных битов декодер ПИО обрабатывает поток данных, обнаруживает и корректирует ошибки и восстанавливает первоначальные данные. Код Рида-Соломона определен в Рекомендации МСЭ-Т J.81.

Общепринятым кодом RS является RS(255,239), где кодовое слово имеет длину 255 байтов, состоит из 239 байтов данных, за которыми следует 16 избыточных байтов ОН. RS(255,239) используется в Рекомендациях МСЭ-Т G.975 и G.709.

При использовании ПИО на основе блоков сохраняются первоначальные данные. Поэтому первоначальные данные могут быть обработаны, даже если другая сторона не поддерживает ПИО, путем игнорирования битов четности.

Коррекция ошибок с помощью ПИО на основе блоков не эффективна при очень высоком КОБ (например, при КОБ, равном 10^{-3} , будут генерироваться ошибки декодирования).

13.1.2 Взаимная работа OLT ⇔ ONU

Решение ПИО должно поддерживать случаи, когда OLT осуществляет связь одновременно с теми ONU, которые поддерживают ПИО, и теми ONU, которые поддерживают ПИО.

13.1.2.1 Взаимная работа в нисходящем направлении

- OLT должно быть способно как кодировать, так и не кодировать данные в нисходящем потоке.
- Состояние кодирования (вкл./выкл.) ПИО будет передаваться в ONU при помощи бита ПИО поля IDENT.
- Каждое ONU должно быть способно как кодировать, так и не кодировать принимаемые данные (считая, что они кодированы). При использовании кода RS на основе блоков местоположение битов четности известно заранее. Таким образом, ONU, которые не поддерживают ПИО, могут перескочить биты четности, то есть не обрабатывать их, и полностью восстановить данные нисходящего потока без декодирования ПИО.

13.1.2.2 Взаимная работа в восходящем направлении

- Каждое ONU может как кодировать, так и не кодировать с использованием ПИО свои данные восходящего потока.
- OLT устанавливает состояние кодирования ПИО ONU (вкл./выкл.) при помощи бита ПИО в поле FLAGS.
- OLT должно быть способно (для каждого блока передачи ONU) как кодировать, так и не кодировать входящие данные восходящего потока (считая, что они кодированы).

13.2 ПИО нисходящего потока

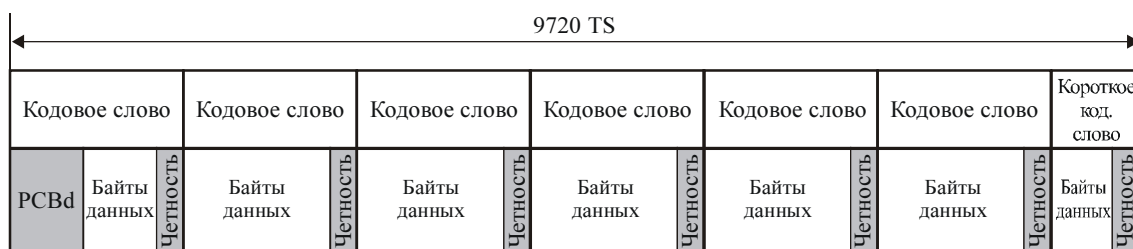
13.2.1 Кадр D/S со структурой ПИО

13.2.1.1 Байты четности

При составлении кадра D/S с ПИО в конце каждого кодового слова вставляются байты четности ПИО. При использовании RS(255,239) за каждыми 239 байтами данных следуют 16 байтов четности.

Часть PCVd кадра входит в первое кодовое слово, то есть кодовое слово начинается с секции формирования кадра, которая представляет собой первый байт. Следующее кодовое слово начнется после 255-го байта и будет повторяться через каждые 255 байтов.

Следует отметить, что поскольку скорость передачи D/S не увеличивается, байты четности ПИО вставляются *вместо* байтов данных. Поэтому при использовании ПИО для данных пользователя пропускная способность будет меньше.



G.984.3_F13-1

Рисунок 13-1/G.984.3 – Кадр D/S с ПИО

13.2.1.2 Более короткое последнее кодовое слово

Кадр D/S разделяется на ряд 255-байтовых кодовых слов. При использовании кадров длительностью 125 мкс для последнего кодового слова останется меньше 255 байтов. Далее описывается механизм последнего кодового слова.

- Для того чтобы в последнем кодовом слове число байтов было равно 255, до кодирования в конце последнего кодового слова добавляются дополнительные "нулевые" байты (заполняющие байты "0").
- Вычисляются байты четности.
- Дополнительные байты (заполняющие байты "0") удаляются, и передается более короткое кодовое слово.
- Когда кадр принимается в OLT, дополнительные "нулевые" байты вновь вставляются в конце последнего кодового слова до поступления в декодер.
- После процесса декодирования дополнительные байты снова удаляются.

При скорости данных нисходящего потока, равной 2,488 Гбит/с, кадр имеет длину 38 880 байтов. Так как для последнего кодового слова осталось только 120 байтов, 104 байта используются как байты данных, 16 байтов используются как байты четности, а 135 байтов используются для заполнителя "0".

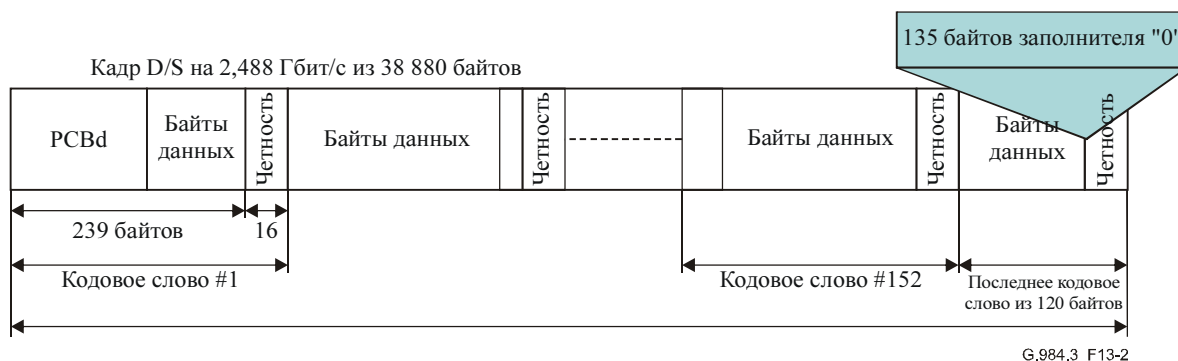


Рисунок 13-2/G.984.3 – Последнее кодовое слово для данных D/S со скоростью передачи 2,5 Гбит/с

13.2.2 Синхронизация кодового слова ПИО

13.2.2.1 Синхронизация кадра в ONU

Последовательность формирования кадра нисходящего потока представляет собой физическое поле синхронизации (Psync), которое основано на первых 32 битах (0xB6AB31E0) PCVd в первом кодовом слове кадра. Так как используется кодирование по блокам, эти биты не изменяются во время кодирования ПИО и принимаются в ONU в неизменном виде. Поэтому ONU может продолжать использовать эту последовательность для синхронизации кадра.

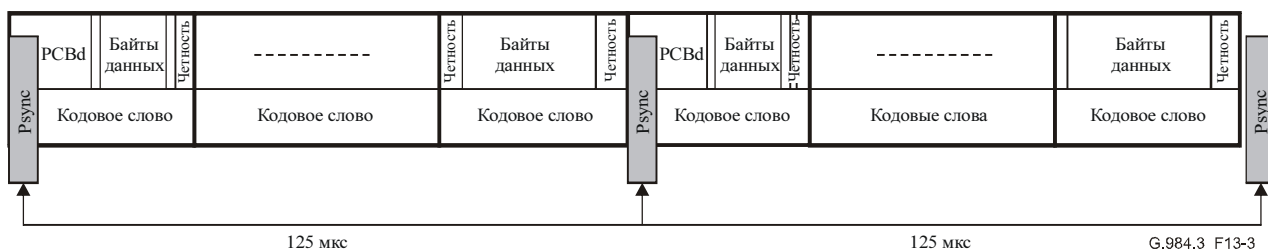


Рисунок 13-3/G.984.3 – Синхронизация кадра D/S

13.2.2.2 Синхронизация кодовых слов

Так как все кодовые слова расположены в кадре последовательно, никакой синхронизации для кодовых слов не нужно, то есть раз достигнута кадровая синхронизация, то при применении счетчика 255 байтов также достигнута синхронизация кодовых слов.

Раз достигнута синхронизация кодовых слов, каждое кодовое слово декодируется (биты четности удаляются, и принимаются скорректированные данные), и восстанавливается первоначальная полезная нагрузка нисходящего потока.

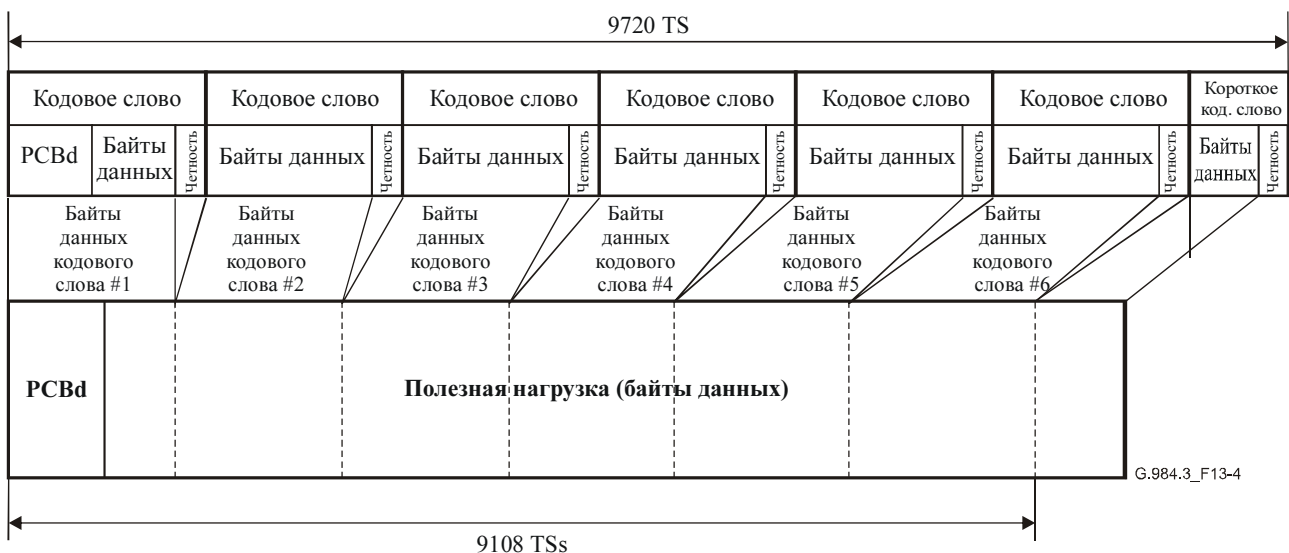


Рисунок 13-4/G.984.3 – Синхронизация кодовых слов в декодере ПИО

13.2.3 Управление включением/выключением ПИО нисходящего потока

13.2.3.1 Бит индикации ПИО D/S

Функция ПИО нисходящего потока активизируется/дезактивизируется в OLT системой OpS. Для уведомления ONU об изменении состояния ПИО используется бит внутрислосной индикации.

Кадр D/S содержит бит индикации ПИО, размещенный в поле IDENT.

Бит индикации ПИО действует следующим образом:

- "0" – ПИО выключена. ПИО в кадре нисходящего потока отсутствует.
- "1" – ПИО включена. Кадр нисходящего потока декодируется.

В случае, когда ПИО не поддерживается (ПИО "Выкл."):

- Байты четности не включаются в кадр нисходящего потока.
- Кадр нисходящего потока не декодируется.

13.2.3.2 Процесс обнаружения включения/выключения ПИО D/S в приемнике ONU

Так как КОБ в линии может быть очень высоким ($\approx 10^{-6}$), вероятность того, что в ONU будет получен ошибочный бит индикации ПИО, относительно велика. Поэтому для обнаружения включения/выключения ПИО используется механизм гистерезиса:

- Состоянием ПИО по умолчанию является "Выкл." В ONU не применяется декодирование ПИО D/S.
- После 4 последовательных битов индикации "Вкл." ПИО состояние ПИО устанавливается на "Вкл." В ONU активизируется декодирование ПИО D/S.
- После 4 последовательных битов индикации "Выкл." ПИО состояние ПИО устанавливается на "Выкл." Декодирование ПИО D/S в ONU прекращается.

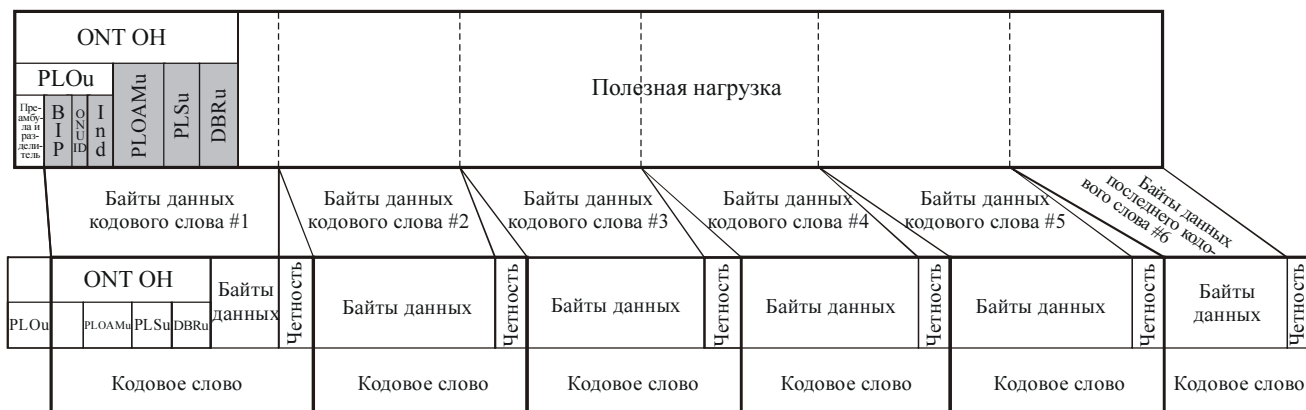
13.3 восходящего потока

13.3.1 Передача восходящего потока со структурой ПИО

13.3.1.1 Байты четности

При составлении кадра U/S с ПИО в конце каждого кодового слова вставляются байты четности ПИО. При использовании RS(255,239) за каждыми 239 байтами данных следуют 16 байтов четности.

Поля разделителя и преамбулы секции PLOu в ОН ONU не включаются в первое кодовое слово, то есть кодовое слово начинается с байта ПЧБ.



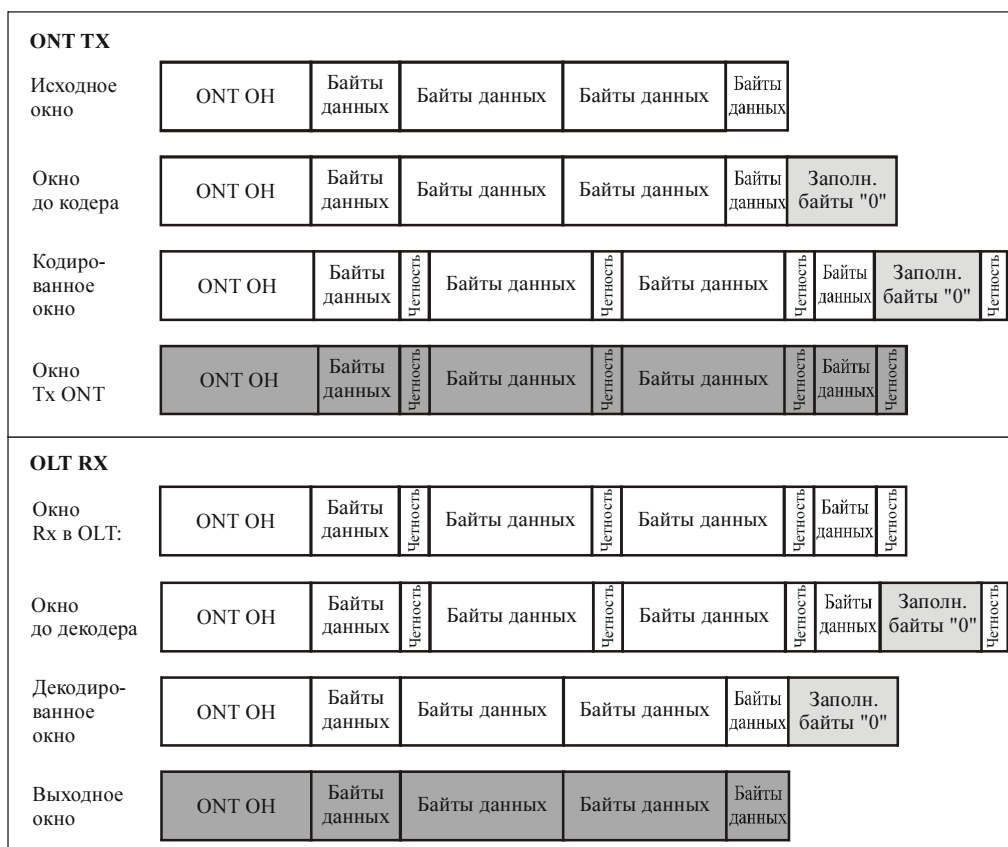
G.984.3_F13-5

Рисунок 13-5/G.984.3 – Блок передачи U/S со структурой ПИО

13.3.1.2 Более короткое последнее кодовое слово

Первоначальный блок передачи разделяется на 239-байтовые кодовые слова. В большинстве случаев для последнего кодового слова останется менее 239 байтов. Далее описывается механизм последнего кодового слова:

- Для того чтобы в последнем кодовом слове число байтов было равно 239, до кодирования в конце последнего кодового слова добавляются дополнительные "нулевые" байты (заполняющие байты "0").
- Вычисляются байты четности.
- Дополнительные байты удаляются, и передается более короткое кодовое слово.
- Блок передачи принимается OLT.
- Дополнительные "нулевые" байты вновь вставляются в конце последнего кодового слова до поступления в декодер. Так как величина блока передачи заранее известна OLT, оно может легко вычислить число таких "нулевых" байтов.
- После процесса декодирования дополнительные байты снова удаляются.



G.984.3_F13-6

Рисунок 13-6/G.984.3 – Передача U/S со структурой ПИО

13.3.1.3 Размер блока передачи ONU

Размер блока передачи, определенный в BWMар U/S в части PCBd кадра нисходящего потока, основан на кодированной информации без заполняющих байтов "0".

13.3.2 Синхронизация кодовых слов ПИО

13.3.2.1 Синхронизация блока передачи

Для синхронизации блока передачи восходящего потока используются поля преамбулы и разделителя в секции PLOu блока передачи восходящего потока ONU. Эти поля не изменяются во время процесса кодирования ПИО, то есть принимаются в OLT в неизменном виде. Поэтому OLT может продолжать использовать преамбулу и разделитель в заголовке ONU для передачи синхронизации.

Так как все кодовые слова расположены в блоке передачи последовательно, никакой синхронизации для кодовых слов не нужно. Раз достигнута синхронизация блока передачи, известно точное размещение каждого кодового слова, и достигнута синхронизация кодовых слов (255 байтов на одно кодовое слово).

13.3.2.2 Ошибки слова формирования кадра

Из-за высокого КОБ вероятность ошибок при приеме в слове формирования кадра является высокой. Поэтому для достижения синхронизации блока передачи в слове разделителя (формирования кадра) допускается иметь до трех или четырех ошибочных битов, если разделитель имеет длину 16 или 20 битов, соответственно.

13.3.3 Включение/выключение ПИО U/S

13.3.3.1 Бит индикации ПИО U/S

Функция ПИО восходящего потока ONU может быть активизирована/деактивизирована системой OpS через OLT. Для уведомления ONU об изменении состояния ПИО в OLT используется бит внутрисполосной индикации.

OLT устанавливает состояние кодирования ПИО в ONU (Вкл./выкл.) при помощи бита UseПИО в поле FLAGS (флаги).

Бит индикации ПИО действует следующим образом:

- "0" – выключено. ПИО в блоке передачи U/S отсутствует.
- "1" – включено. Блок передачи U/S кодируется.

В случае, когда ПИО не поддерживается (ПИО"Выкл."):

- Байты четности не включаются в блок передачи.
- Блок передачи восходящего потока будет обрабатываться, как он есть, то есть без процесса декодирования.

13.3.3.2 Процесс обнаружения включения/выключения ПИО U/S в OLT

Так как КОБ в линии может быть очень высоким ($\approx 10^{-6}$), вероятность того, что в OLT будет получен ошибочный бит индикации ПИО, относительно велика. Поэтому для включения/выключения ПИО на OLT используется механизм гистерезиса:

- Состоянием ПИО по умолчанию является "Выкл." В OLT не применяется декодирование ПИО U/S.
- После 4 последовательных битов индикации "Вкл." ПИО состояние ПИО устанавливается на "Вкл." В OLT активизируется декодирование ПИО U/S.
- После 4 последовательных битов индикации "Выкл." ПИО состояние ПИО устанавливается на "Выкл." Декодирование ПИО U/S ПИО в OLT прекращается.

13.4 Блоки передачи для активизации ONU

Для всех специальных блоков передачи для активизации ONU, то есть блоков передачи SN и блоков передачи определения дальности, ПИО не должна применяться, даже если ONU использует ПИО, специальный блок передачи не будет содержать ПИО.

Это обусловлено малой длиной специального блока передачи и тем, что специальные блоки передачи передаются очень редко.

14 Механизм транспортирования OMCI

Интерфейс контроля и управления ONU является услугой OAM, которая предоставляет стандартный способ раскрытия возможностей ONU и управления и контроля над ними. Основная структура OMCI приводится в Рекомендации МСЭ-Т G.983.2; она будет расширена в новой Рекомендации, чтобы охватить новые возможности, которые стали необходимы для системы G-PON.

14.1 Схема транспортирования OMCI

Как описано в Рекомендации МСЭ-Т G.983.2, OMCI работает в назначенном двунаправленном виртуальном канале между управляющей станцией и ONU. Это делается по аналогии с сетями, соответствующими Рекомендации МСЭ-Т G.983.1, где транспортирование информации OMCI выполняется при помощи специального VC, установленного во время процесса определения дальности. Управляющая станция может помещаться в самом OLT или в сетевом элементе дальше в сети. В последнем случае должно обеспечиваться виртуальное соединение от ONU до сетевого элемента.

14.2 Режимы транспортирования

Протокол GTC обеспечивает два альтернативных режима транспортирования для дейтаграмм OMCI: ATM и GEM. И OLT, и ONU могут поддерживать режимы ATM, GEM или оба режима одновременно.

OLT узнает возможности OMCI для ONU во время процесса определения дальности через сообщение PLOAM Serial_Number_ONU. Если между OLT и ONU есть соединение для взаимной работы, то тогда OLT конфигурирует VPI/VCI или Port-ID, подлежащие использованию для транспортирования OMCI, при помощи соответствующего сообщения PLOAM.

14.3 Упаковка дейтаграммы

Примитивные единицы данных OMCI имеют длину 48 байтов. В режиме ATM эти дейтаграммы переносятся в ячейках полезной нагрузки ATM. Они транспортируются через G-PON в сегменте ATM нисходящего потока и по умолчанию в Alloc-ID восходящего потока.

В режиме GEM 48-байтовые блоки полезной нагрузки упаковываются с заголовком GEM (содержащим конфигурируемый 12-битовый Port-ID OMCI). Они транспортируются через G-PON в сегменте GEM нисходящего потока и по умолчанию в Alloc-ID восходящего потока.

14.4 Адаптер OMCI в ONU

Адаптер OMCI в ONU отвечает за фильтрацию и распаковку ячеек или кадров в нисходящем потоке и упаковку PDU в восходящем потоке. 48-байтовые PDU передаются в логику, которая выполняет функции OMCI.

14.5 Адаптер OMCI на управляющей станции

Адаптер OMCI на управляющей станции отвечает за фильтрацию и распаковку ячеек кадров И в восходящем потоке. Должно поддерживаться много действующих одновременно каналов, и они могут быть смешанного типа. Он отвечает также за упаковку в соответствующем формате 48-байтовых PDU от управляющей логики OMCI для транспортирования к ONU.

Добавление I

Транспортирование трафика пользователя по каналам GEM

Данное Добавление содержит информативный материал, касающийся транспортирования в G-PON общеупотребительных протоколов пользователя по каналам GEM.

I.1 Размещение кадров GEM в полезной нагрузке GTC

Трафик GEM переносится по протоколу GTC прозрачным способом. В нисходящем потоке кадры передаются от OLT к разным ONU при помощи сегмента полезной нагрузки GEM. OLT может разместить в нисходящем потоке необходимую длительность вплоть до кадров нисходящего потока, включая почти все эти кадры. Подуровень формирования кадров ONU фильтрует приходящие кадры на основе Port-ID и доставляет соответствующие кадры клиенту GEM ONU.

В восходящем потоке кадры передаются от ONU к OLT при помощи конфигурируемого времени распределения GEM. ONU накапливает кадры GEM по мере прибытия, а затем передает их пакетами в соответствии с временем распределения, полученным от OLT. OLT получает эти кадры и мультиплексирует их с пакетами от других ONU, пропуская их все к клиенту GEM OLT.

I.2 Размещение ВРК в GEM

В этой схеме используются кадры GEM переменной длины, чтобы упаковать информацию клиента ВРК. Данные ВРК упаковываются в GEM, как показано на рисунке I.1. Пакеты данных ВРК с одинаковым Port-ID объединяются в цепочку на верхнем уровне через TC. Секция полезной нагрузки должна содержать L байтов фрагмента ВРК.

PLI 12 битов	Port ID 12 битов	PTI 3 бита	HEC 13 битов	Полезная нагрузка фрагмента, L байтов
<i>Индикатор длины полезной нагрузки</i>		<i>Индикатор вида полезной нагрузки</i>		G.984.3_F1-1

Рисунок I.1/G.984.3 – Структура кадра для данных ВРК в кадре GEM

Информация клиентов ВРК размещается в кадре GEM, где допускается, чтобы длина кадра GEM изменялась в соответствии со сдвигом частоты клиента ВРК. Длина фрагмента индицируется полем "Индикатор длины полезной нагрузки".

В процессе *адаптации источника ВРК* будет образована очередь входящих данных во входном буфере сигнала (то есть каждые 125 мкс) кадра, представляющем *объект мультиплексирования кадра GEM* ряда байтов, которые готовы к транспортированию в текущем кадре GEM. Обычно поле PLI будет показывать постоянное число байтов в соответствии с номинальной скоростью TDM. Время от времени, большее или меньшее количество байтов будет требовать транспортирования. Это будет отражаться в содержимом поля PLI.

Если частота выходного сигнала больше частоты входящего сигнала, входной буфер начнет очищаться. Наполнение буфера со временем падает ниже нижнего порогового уровня. В результате, из входного буфера будет считываться на один байт меньше, и наполнение буфера будет подниматься выше нижнего порога. Наоборот, если частота выходного сигнала меньше частоты входящего сигнала, буфер начнет заполняться. Наполнение буфера со временем будет подниматься выше верхнего порога. В результате, из входного буфера будет считываться на один байт больше, и наполнение буфера будет опускаться ниже верхнего порога.

На рисунке I.2 показаны концепции размещения фрагментов ВРК переменной длины в секции полезной нагрузки кадра GEM.

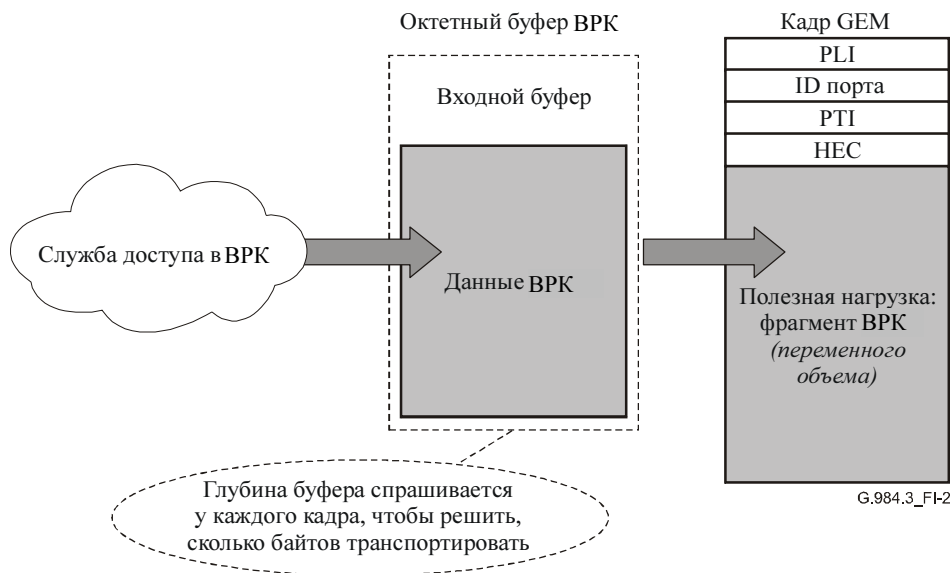


Рисунок I.2/G.984.3 – Размещение ВРК в GEM

I.3 Размещение Ethernet в GEM

Данные Ethernet упаковываются в GEM, как показано на рисунке I.3. Каждый пакет размещается в кадре GEM. Байты преамбулы и SFD не включаются в кадр GEM. Фрагментация пакетов Ethernet по кадрам GEM описывается в подразделе 8.3.2.

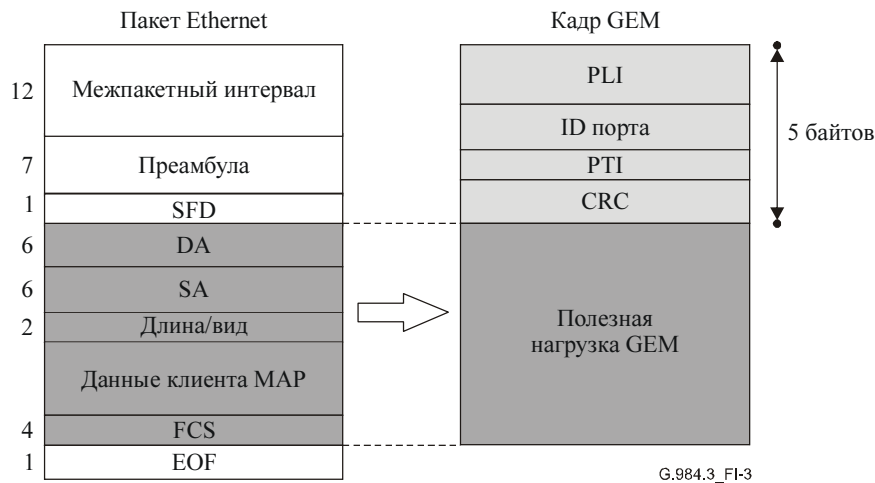


Рисунок I.3/G.984.3 – Структура кадра при размещении Ethernet в кадре GEM

Добавление II

Живучесть систем на основе GTC

Живучесть в системах G-PON моделируется после того, как она была определена для PON тех типов, которые соответствуют Рекомендации МСЭ-Т G.983.1, как описывается в Рекомендации МСЭ-Т G.983.5. Все аспекты Рекомендации МСЭ-Т G.983.5 в G-PON действуют так же, как в B-PON. Требования, обмен сообщениями, конфигурация и методы коммутации одни и те же.

Добавление III

Декодирование с защитой от ошибок заголовка GEM

Структура заголовка GEM показана на рисунке III.1.

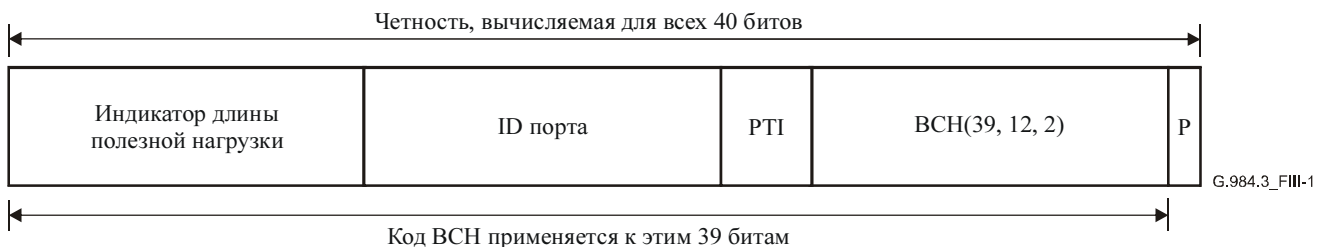


Рисунок III.1/G.984.3 – Структура заголовка GEM, подробно показывающая 13-битовое поле заголовка для защиты от ошибок

НЕС в GEM представляет собой исправление двойных ошибок, код обнаружения тройных ошибок. Он состоит из двух частей. Первая часть является усеченным кодом BCH(63, 12, 2). Порождающий многочлен для этого кода имеет вид $x^{12} + x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^3 + 1$. Этот код применяется к полезной нагрузке заголовка (это 27 битов), так что 39-битовый результат делится на порождающий многочлен без остатка. Свойства этого кода таковы, что каждая единичная ошибка и каждая двойная ошибка имеет уникальный 12-битовый синдром. Таким образом, все данные ошибки могут быть исправлены.

Тройные ошибки могут формировать синдромы, которые или являются уникальными, или совпадают с определенными синдромами двойных ошибок, но нет синдрома тройных ошибок, который совпадает с синдромом единичной или нулевой ошибки. Именно это последнее свойство позволяет использовать простой бит четности для обнаружения и исключения тройных ошибок.

Синдромы ошибок для этого кода приводятся ниже в таблице.

Положение ошибочного бита	Синдром (Основание 16)
1	977
2	E27
3	D8F
4	C5B
5	CB1
6	CC4
7	662
8	331
9	B04
10	582
11	2C1
12	BFC
13	5FE

Положение ошибочного бита	Синдром (Основание 16)
14	2FF
15	BE3
16	F6D
17	D2A
18	695
19	9D6
20	4EB
21	8E9
22	EE8
23	774
24	3BA
25	1DD
26	A72

Положение ошибочного бита	Синдром (Основание 16)
27	539
28	800
29	400
30	200
31	100
32	080
33	040
34	020
35	010
36	008
37	004
38	002
39	001

Поскольку существуют 39 уникальных синдромов единичной ошибки, общее число уникальных синдромов двойной ошибки составляет 741. При наличии в 12-битовом промежутке 4095 возможных синдромов остается 3315 кодовых комбинаций, которые не используются. Эти неиспользуемые кодовые комбинации считаются "запрещенными," которые могут быть результатом только трех или более ошибок.

Вторая часть GEM НЕС представляет собой просто бит четности. Этот бит четности устанавливается таким образом, что суммарное число единиц в заголовке является четным числом. Такая проверка на четность в данном случае показывает, когда в заголовке возникнет нечетное число ошибок. Следует отметить, что код ВСН не включает бит четности в свои вычисления, но бит четности включает в свои вычисления код ВСН.

В следующей таблице приводятся несколько примеров правильных заголовков GEM. Следует отметить, что эти заголовки являются как бы вычисленными значениями и не включают фиксированной кодовой комбинации (0x0xB6AB31E055). Она может использоваться для выполнения тестирования процессов кодирования и декодирования.

528A739F79	B61925D883	BF2D33B47F	9727D4C430	7D3A32AA75	A257E5A295
7F2963C54B	7F0BF34736	7EF99F35F6	974CF521A3	86785F3E30	BB4A72F128
BEDB6545BA	CE98AC73EF	7C6CA16F93	E617D9905C	0B2A61476B	95F1933472
BA487424EA	95F8B97926	BAB7C5FC86	BEBBF4A2E7	B9F1AFBA45	04E7E3A963
A6FB9FAEFF	7F4A25750A	9A696E9B88	86EA5F7CE3	CA47E19CFC	BEDB7532FA
DE1CDF6663	7E59A67E44	8A5CA75CE7	17986C90AB	BA47F4EEFF	BA9D39E439

НЕС может быть декодирован в приемнике путем вычисления синдрома и проверки на четность в приемнике, а затем применения следующей логики.

Случай	Результат определения синдрома ВСН	Результат проверки на четность	Состояние ошибки полезной нагрузки заголовка	Действие полезной нагрузки заголовка
1	Нет ошибок	Четная	Нет ошибок	Корректируется, как оно есть
2	Нет ошибок	Нечетная	Нет ошибок	Корректируется, как оно есть
3	Единичная ошибка	Четная	Одна ошибка	Корректируемая единичная ошибка
4	Единичная ошибка	Нечетная	Одна ошибка	Корректируемая единичная ошибка
5	Двойная ошибка	Четная	Две ошибки	Корректируемая двойная ошибка
6	Двойная ошибка	Нечетная	2 или более ошибок	Некорректируемая
7	Запрещенная кодовая комбинация	Четная	3 или более ошибок	Некорректируемая
8	Запрещенная кодовая комбинация	Нечетная	3 или более ошибок	Некорректируемая

Случаи 1, 4 и 5 таковы, что проверка ВСН и проверка на четность действуют согласованно в определении числа ошибок. Случаи 2 и 3 являются ситуациями, когда бит четности должен содержать ошибку, так что он не принимается во внимание результатом ВСН. В случае 6 должна возникнуть тройная ошибка, так как или возникла двойная ошибка полезной нагрузки и проверка на четность неверная, ИЛИ возникла тройная ошибка полезной нагрузки. В каждом событии заголовок отвергается. В случаях 7 и 8 код ВСН воспринимается как запрещенный код, и заголовок отвергается.

Минимальное число ошибок, которые необходимы, чтобы привести к решению об ошибочном заголовке, равно 4. В пределе множества случайных ошибок вероятность принятия ложного решения составляет 10%.

Добавление IV

Обзор процедур активизации ONU

Показанные здесь процедуры активизации являются примерами нормальной работы активизации ONU.

IV.1 Получение серийного номера во время состояния серийного номера (O4b) – Горячая сеть

- a) Число установленных ONU определяется в OLT системой OpS. В случаях, когда число активных (не находящихся в состоянии LOS/LOF) ONU меньше этого числа, OLT будет искать дополнительные ONU путем передачи запроса Serial_Number, то есть осуществится переход к шагу b.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В таких случаях, применяя ручной или автоматической процесс обнаружения, OLT начнет цикл SN, то есть передаст запросы Serial_Number, даже если нет пропавших ONU.

- b) В горячих сетях (когда сеть является активной и переносит живой трафик), активные ONU передают трафик в направлении восходящего потока, который может столкнуться с блоками передачи SN, посылаемыми от ONU в состоянии серийного номера. Чтобы предотвратить такие коллизии, OLT должно перед выдачей запросов Serial_Number остановить работающие ONU посредством нулевых указателей.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для случаев, когда ONU размещаются на расстоянии от 0 до 20 км, рекомендуется остановить работающие ONU на 2 последовательных кадра, таким образом предотвращая коллизии.

- c) OLT останавливает работающие ONU путем передачи им нулевых указателей и ожидает в течение периода *задержки определения дальности* перед передачей запросов Serial_Number.
- d) Запрос Serial_Number принимается всеми ONU в состоянии *серийного номера*. Пока ONU находится в состоянии серийного номера, оно будет ожидать в течение периода *случайной задержки* и будет отправлять блок передачи SN в OLT, содержащий его серийный номер и величину случайной задержки.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В случаях, когда ONU уже имеет ONU-ID, например, благодаря сбросу LOS, оно переходит в первоначальное состояние, ONU будет включать свой ONU-ID в блок передачи SN.

e) ONU генерирует новую величину случайной задержки для следующего запроса Serial_Number.

f) Блок передачи SN принимается OLT.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – В случаях, когда блок передачи SN включает ONU-ID, OLT будет проверять, согласуется ли ONU-ID с SN, то есть, присвоило ли OLT тот же ONU-ID одному и тому же SN. Если это не так, ONU-ID игнорируется.

g) Для всех ONU, где один и тот же SN был принят дважды, передается сообщение **Assign_ONU-ID**. Сообщение Assign_ONU-ID основано на ONU-ID и SN.

h) Присваивается ONU-ID. ONU прекращает отвечать на запросы Serial_Number и переходит в состояние определения дальности (O5) (если ONU неудачно получит сообщение ONU-ID, оно продолжит отвечать на запросы Serial_Number).

i) Шаги b–g повторяются до тех пор, пока все пропавшие ONU (разность между числом ожидаемых ONU и уже активных ONU) не ответят на запрос Serial_Number, то есть все ONU, которые получили сообщение Assign_ONU-ID, или до тех пор, пока никаких блоков передачи SN (правильных или неправильных, то есть с коллизиями) не будет получено в направлении восходящего потока в течение двух кадров, то есть в течение двух кадров будет иметь место LOS в направлении восходящего потока. Однако этот процесс не повторяется более 10 раз. После 10-го раза все серийные номера, которые были получены один раз, будут игнорироваться OLT.

j) OLT переходит к состоянию определению дальности (O5).

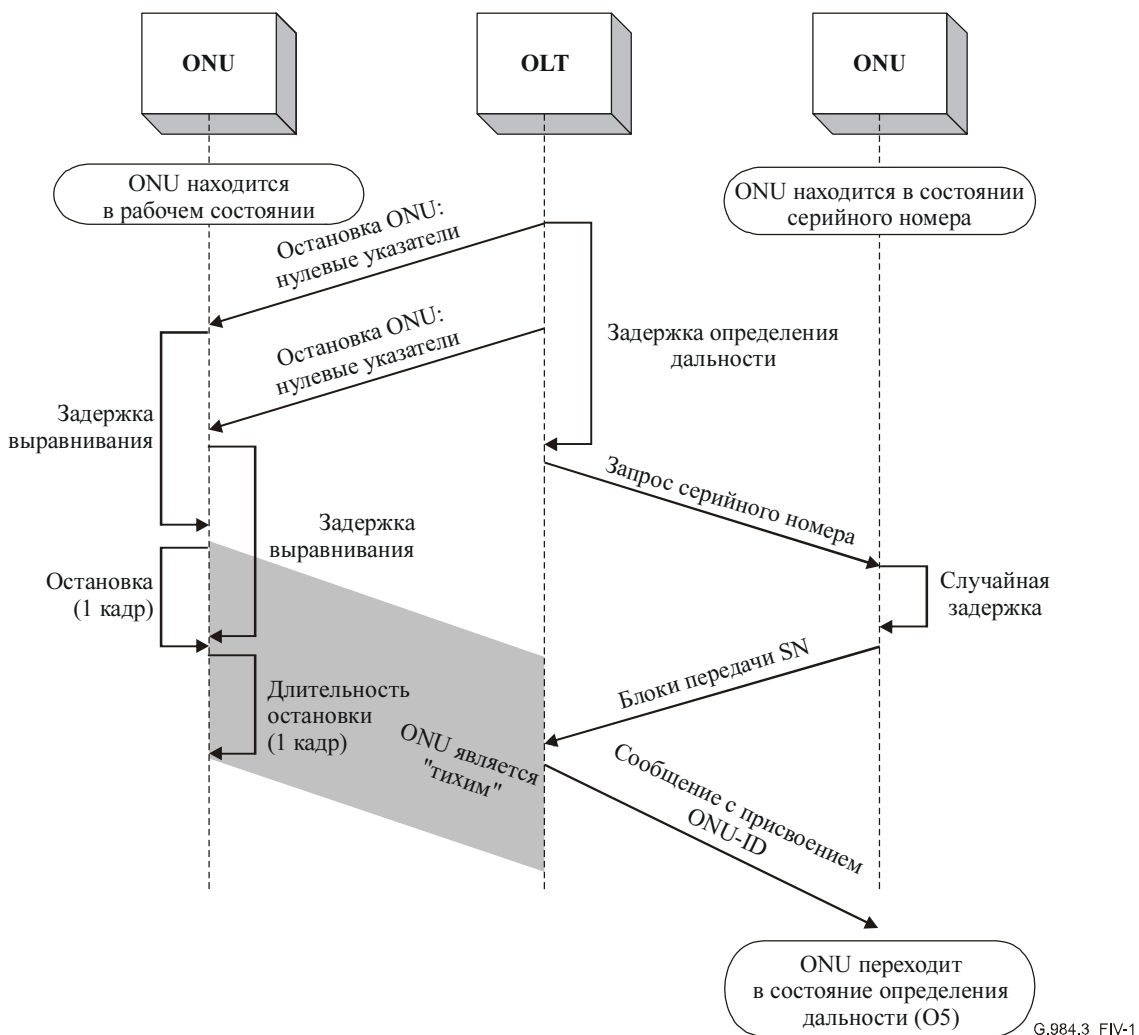


Рисунок IV.1/G.984.3 – Процесс серийного номера – Горячая сеть

IV.2 Процесс выравнивания мощности

IV.2.1 Выравнивание мощности во время состояния установки мощности (O3) – Горячая сеть

После *резервного состояния* (O2), при получении сообщения *Upstream_Overhead* ONU переходит в *состояние установки мощности* (O3). Во время этого состояния ONU устанавливает уровень мощности своего Tx на значение, заданное в сообщении *Upstream_Overhead*.

Рекомендуется, чтобы уровень мощности Tx по умолчанию, заданный в сообщении *Upstream_Overhead*, был основан на режиме 2 (режим наименьшей передаваемой мощности). Однако из-за соображений более короткого времени активизации уровень мощности Tx может быть также основан на режиме 1. Только в случаях, когда OLT не требует выравнивания мощности, режимом по умолчанию будет режим 0.

Отметим, что следующий процесс не требуется для ONU, которые могут регулировать уровень своей передаваемой мощности без активизации передатчика.

- a) В горячих сетях (когда сеть является активной и переносящий живой трафик) активные ONU уже передают трафик в направлении восходящего потока, что вызовет коллизии с блоками передачи *Power_Setup*, посылаемыми от ONU в *состоянии установки мощности* (O3b). Для предотвращения таких коллизий OLT должно перед выдачей запросов *SN* с $PLSu = 1$ остановить работающие ONU посредством нулевых указателей.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для случаев, когда ONU размещаются на расстоянии от 0 до 20 км, рекомендуется остановить работающие ONU на 2 последовательных кадра, таким образом предотвращая коллизии.

- b) OLT останавливает работающие ONU путем передачи им нулевых указателей и ждет в течение периода *задержки определения дальности* (задержка определения дальности требуется для того, чтобы была уверенность в том, что работающие ONU уже остановлены до выдачи запроса *SN* с $PLSu = 1$) и передает запрос *SN* с $PLSu = 1$.

- Длина поля ONU-ID = 254, PLOAMu = 1, PLSu = 1, Sstart = 0 & Sstop = PLOAMu + PLSu.

- c) Запрос *SN* с $PLSu = 1$ принимается всеми ONU в *состоянии установки мощности* (O3b).

- d) ONU ожидает в течение периода случайной задержки и передает поле *PLSu* (серии нулей и единиц – определяется поставщиком):

- Так как поле PLSu не используется OLT, оно передается только один раз (даже в случае коллизий).

- Пока передается поле PLSu, ONU устанавливает уровень мощности своего Tx на требуемое значение Tx, заданное сообщением *Upstream_Overhead*.

- e) Как только поле *PLSu* передано, в ONU формируется событие завершения установки мощности.

- f) ONU генерирует новое значение случайной задержки для следующего запроса *SN*.

- g) ONU переходит в *состояние серийного номера* (O4).

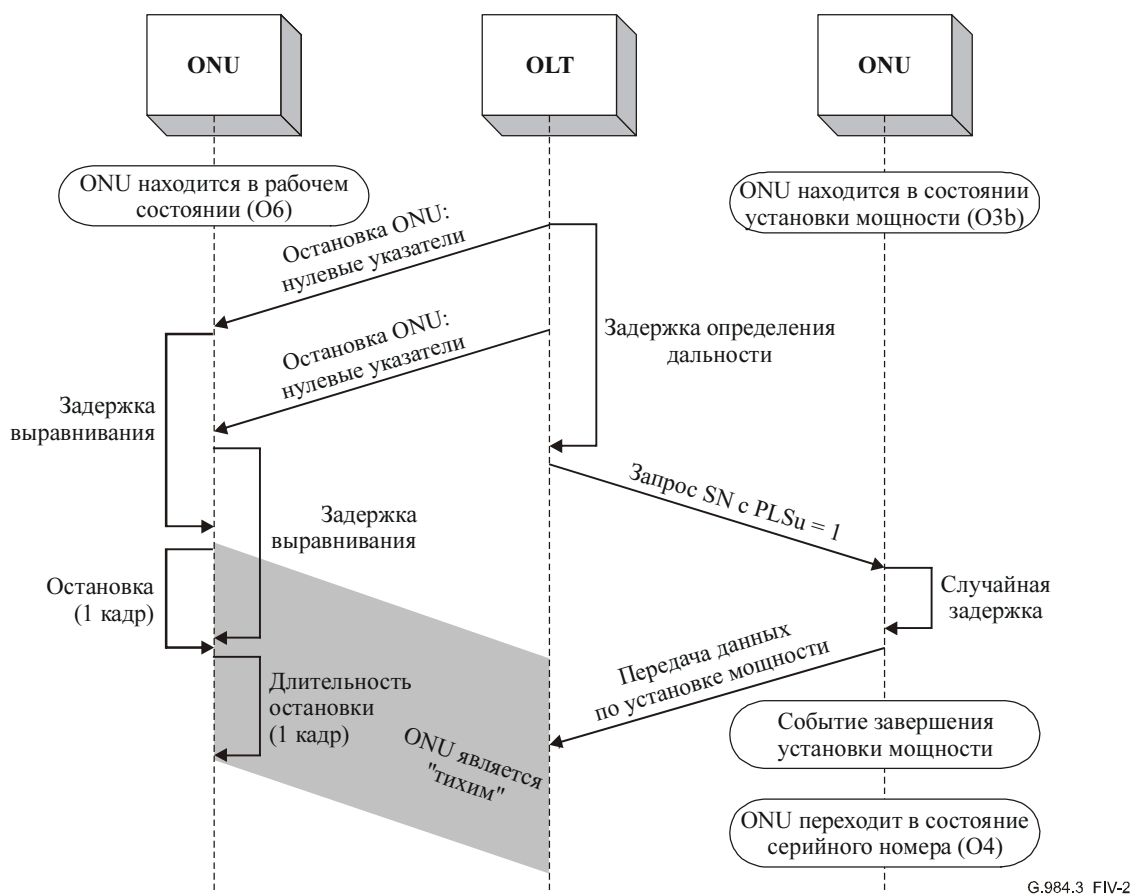


Рисунок IV.2/G.984.3 – Процесс установки мощности – Горячая сеть

IV.2.2 Выравнивание мощности во время состояния серийного номера (O4) – Из-за малой мощности оптического сигнала

В некоторых случаях мощность оптического сигнала для принимаемой передачи *SN* ONU блока так мала, что OLT не может определить значение *серийного номера*. Чтобы увеличить передаваемую мощность этих ONU, используется следующий способ:

- a) OLT определяет слабые передачи *SN* (в течение нескольких циклов серийного номера).
- b) ONU, которые уже ответили на заранее определенное число запросов *Serial_Number* (рекомендуемое значение 4), но не получили сообщения *Assign_ONU-ID*, сформируют событие *SN_Req-Threshold-Crossed* и перейдут в *состояние выравнивания мощности для SN (O4c)*.
 - Тот факт, что эти ONU не получили сообщения *Assign_ONU-ID*, означает то, что их передачи *SN* не были приняты правильно в OLT, вероятно, из-за малой мощности оптического сигнала.
- c) Предпринимаются повторные попытки в течение следующих нескольких циклов серийного номера (рекомендуемое значение 4), в случае если все еще принимаются слабые передаваемые сигналы *SN*, OLT передаст сообщение об изменении уровня мощности (*Change_Power_Level*) (с вариантом увеличения), которое следует за запросом *Serial_Number* со следующими значениями установки:
 - Длина поля *ONU-ID* = 254, *PLOAMu* = 1, *PLSu* = 1, *Sstart* = 0 & *Sstop* = *PLOAM* + *PLSu*.
- d) При получении запроса *Serial_Number* с *PLSu* = 1:
 - ONU, которые находятся в *состоянии выравнивания мощности для SN (O4c)*, ответят передачей *SN*, которая содержит поле *PLSu*, пока идет увеличение мощности на 3 дБ. Так как оптическая мощность *Tx* стабильна только в конце передачи *PLSu*, правильная (не слабая) передача *SN* будет приниматься только в следующем цикле серийного номера (который будет очередным запросом *Serial_Number* с *PLSu* = 0).

- Так как запрос *Serial_Number* принимается также ONU, которые находятся в *состоянии Serial_Number* (O4b), они будут отвечать очередной передачей *SN* (не содержащей поле PLSu).
 - ONU, которые находятся в других состояниях, не будут отвечать на запрос *Serial_Number*.
- e) Как только ONU в *состоянии выравнивания мощности для SN* (O4c) увеличат свою оптическую мощность, они вернутся в *состояние серийного номера* (O4b) и сбросят свои счетчики превышения порога запросов SN ("SN_Req-Threshold-Crossed").
- f) В случае несовпадения при приеме сообщения *SN_Mask* ONU вернется к *состоянию Initial_Serial_Number* (O4a) и сбросит свой счетчик превышения порога запросов SN.

IV.2.3 Выравнивание мощности во время состояния определения дальности (O5)

Пока ONU находится в состоянии определения дальности (O5), оно будет передавать поле *определения дальности* в ответ на запрос *определения дальности*. Приемник OLT будет измерять среднюю мощность принимаемого от ONU оптического сигнала и сравнивать ее с порогами Rx OLT.

В случае, когда принимаемый от ONU сигнал передачи *определения дальности* слишком слабый/сильный, OLT может увеличить/уменьшить его мощность путем передачи на конкретный ONU сообщения PLOAM *Change_Power_Level* с вариантом "увеличения/уменьшения".

После передачи сообщения PLOAM *Change_Power_Level* OLT передаст запрос *определения дальности* с заявленным флагом PLSu (PLSu=1). ONU ответит с помощью поля PLSu в своей передаче данных *определения дальности* U/S. Во время передачи поля PLSu ONU увеличит/уменьшит свой уровень мощности.

IV.2.4 Выравнивание мощности во время рабочего состояния (O6)

Пока ONU находится в рабочем состоянии (O6), оно будет передавать поля данных в OLT. Каждый раз через заранее определенное время приемник OLT будет измерять среднюю мощность принимаемого от ONU оптического сигнала и сравнивать ее с порогами Rx OLT.

В случае, когда принимаемый от U/S ONU сигнал передачи слишком слабый/сильный, OLT может увеличить/уменьшить его мощность путем передачи на конкретное ONU сообщения PLOAM *Change_Power_Level* с вариантом "увеличения/уменьшения".

В одном из следующих кадров будет объявлен флаг PLSu (PLSu = 1), и ONU ответит сообщением с помощью поля PLSu в своей передаче U/S. Во время передачи поля PLSu ONU увеличит/уменьшит свой уровень мощности.

IV.3 Процесс измерения RTD

IV.3.1 Триггеры для инициирования измерений RTD

Имеются два триггера для инициирования измерений RTD:

- 1) Новое ONU присоединено и обнаружено как часть процесса серийного номера. Целью процесса определения дальности является вычисление его задержки выравнивания.
- 2) "Пропавшее" ONU (в состоянии LOS) обнаружено как часть процесса серийного номера. Целью процесса определения дальности является проверка того, является ли точной его задержка выравнивания и может ли ONU быть возвращено в эксплуатацию.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В этом случае может быть применен короткий цикл определения дальности.

IV.3.2 Измерение RTD во время состояния определения дальности (O5)

- a) В горячих сетях (когда сеть является активной и переносящий живой трафик) активные ONU уже передают трафик в направлении восходящего потока, который может иметь коллизии с сигналами передачи определения дальности, посылаемыми от ONU в состоянии определения дальности. Чтобы предотвратить такие коллизии, OLT должно перед выдачей запросов определения дальности остановить работающие ONU посредством нулевых указателей.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Для случаев, когда ONU размещаются на расстоянии от 0 до 20 км, рекомендуется остановить работающие ONU на 2 последовательных кадра, таким образом предотвращая коллизии. Для диапазона ONU в пределах 0–45 км время остановки составляет 4 кадра.

- b) OLT останавливает работающие ONU, ожидает в течение периода **задержки определения дальности** (задержка определения дальности требуется, чтобы была уверенность, что дальнейшие работающие ONU уже остановлены перед тем, как будет выдан запрос определения дальности) и затем передает запрос определения дальности.
- c) Запрос определения дальности передается от OLT.
- d) Запрос определения дальности принимается в ONU.
- e) ONU посылает сигнал передачи определения дальности.
- f) OLT принимает сигнал передачи определения дальности и вычисляет параметры определения дальности (задержку выравнивания для ONU).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для ONU, дальность которых уже была определена раньше (и в их передачу SN включен правильный ONU-ID), может применяться короткий процесс определения дальности.

- g) Успешное определение дальности:
 - OLT передает в ONU параметры определения дальности при помощи сообщения **Ranging_Time**.
 - ONU принимает сообщение **Ranging_Time**. Параметры определения дальности обновляются, а ONU переходит в рабочее состояние (если сообщение Ranging_Time не было получено, ONU останется в состоянии определения дальности и осуществит собственный сброс до тайм-аута TO1).
- h) Неудачное определение дальности:
 - OLT объявляет аварийный сигнал неудачного определения дальности.
 - ONU сбрасывается при помощи сообщения Deactivate_ONU-ID.

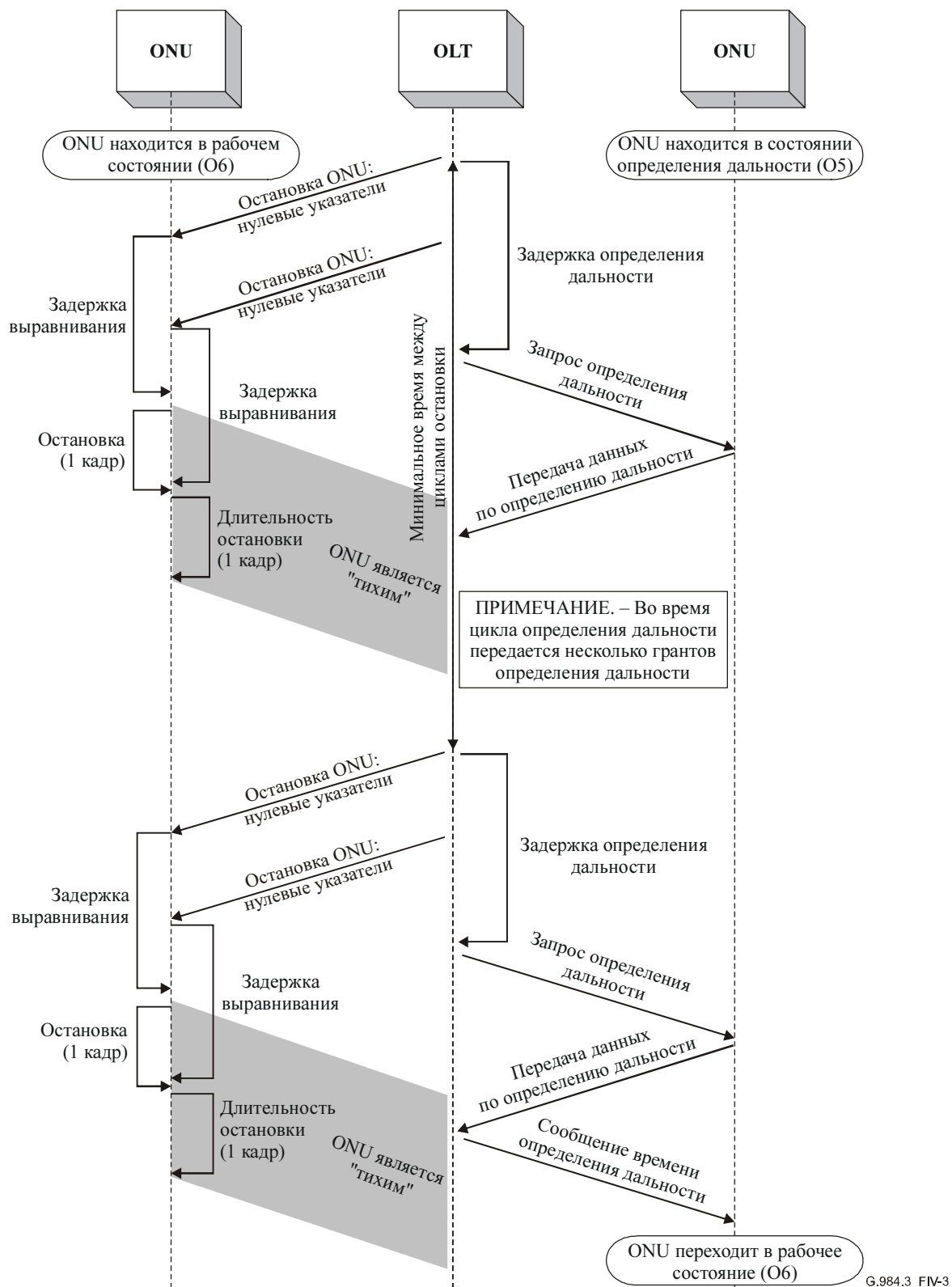


Рисунок IV.3/G.984.3 – Процесс определения дальности – Горячая сеть

IV.4 Процесс POPUP

IV.4.1 OLT переключает все ONU на резервное волокно

- а) ONU определяет один из следующих аварийных сигналов нисходящего потока:
- LOS – Потеря сигнала.

- LOF – Потеря кадра.
- b) ONU переходит в состояние POPUP (O7).
- c) Таймер TO2 активизируется. TO2 = 100 мс.
- d) OLT определяет один из следующих аварийных сигналов восходящего потока, относящихся ко всем или конкретным ONU:
- LOS – Потеря сигнала.
 - LOF – Потеря кадра.
- e) OLT переключает все ONU на резервные волокна (защитное переключение типа А и В). Результатом этого является короткое состояние LOS для D/S, и все ONU переходят в состояние POPUP. В случае успешного перехода на резерв ONU остаются в состоянии POPUP, но не дольше того времени, пока длится LOS.
- f) Предполагается, что состояние всех ONU в OLT изменяется на состояние POPUP (O7), и в OLT активизируется механизм параллельного таймера TO2.
- g) OLT передает всем ONU широковещательное сообщение PLOAM, содержащее **сообщение POPUP**. В результате все ONU переходят в состояние определения дальности (O5).
- h) OLT начинает процесс определения дальности по всем ONU.
- i) Если время таймера ONU TO2 истекает, а ONU еще находится в состоянии POPUP (O7), то есть ONU потерпело неудачу при переходе в состояние определения дальности (O5), оно деактивируется само по себе и переходит в первоначальное состояние (O1). ONU останется в первоначальном состоянии (O1)/резервном состоянии (O2) до следующего цикла активизации, когда это будет обнаружено, и активизируется с помощью OLT.

IV.4.2 ONU переключается самостоятельно на резервное волокно

- a) ONU определяет один из следующих аварийных сигналов нисходящего потока:
- LOS – Потеря сигнала.
 - LOF – Потеря кадра.
- b) ONU переходит в состояние POPUP (O7).
- c) Активизируется таймер TO2. TO2 = 100 мс.
- d) OLT определяет один из следующих аварийных сигналов восходящего потока, относящихся ко всем или конкретным ONU:
- LOS – Потеря сигнала.
 - LOF – Потеря кадра.
- e) В OLT активизируется механизм параллельного таймера и предполагается, что состояние ONU в OLT изменяется на состояние POPUP (O7).
- f) OLT передает **запрос POPUP** всем ONU, для которых предполагается, что они находятся в состоянии POPUP (O7), и грант разовой остановки всем другим ONU.
- g) Если состояние аварийного сигнала завершилось, ONU будут принимать **запрос POPUP** и отвечать сигналами **передачи POPUP**.
- Как только принимается **запрос POPUP**, ONU отвечает сигналами **передачи POPUP**, в которой передается следующий EqD + начальный временной интервал **передачи** восходящего потока ONU.
 - Если вместо **запроса POPUP** ONU получает сообщение PLOAM, содержащее "**сообщение POPUP**" с широковещательным оповещением ONU-ID, ONU перейдет в состояние определения дальности (O5).
- h) OLT принимает сигналы **передачи POPUP**.
- Сигналы передачи POPUP принимаются правильно (правильная фаза прибытия). Сигналы передачи должны прибыть в OLT после выравненной задержки за счет распространения в двух направлениях (Teqf) и дополнительной задержки, вызванной начальным временным интервалом передачи. ONU активизируется, то есть переходит в рабочее состояние (O6) при помощи сообщения PLOAM, содержащего **сообщение POPUP**.

- Сигналы передачи POPUP принимаются неправильно (неправильная фаза прибытия). OLT будет повторять описанный выше процесс (снова передаст *запрос POPUP*). Если *передача POPUP* снова принимается в том же неправильном временном интервале, OLT вычислит новую скорректированную EqD и передаст ее в ONU при помощи *сообщения Ranging_Time*, за которым следует *сообщение POPUP*.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Если *сигналы передачи POPUP* принимаются в различных неправильных TS, то OLT проигнорирует первый неправильный результат и повторит процесс.

- Передача POPUP не принимается.

OLT предполагает, что состояние аварийного состояния в ONU не завершилось. Поэтому OLT повторит процесс, то есть передаст *запрос POPUP* и *грант остановки*. Это происходит благодаря тому факту, что OLT не имеет информации о состоянии аварийного сигнала нисходящего потока в ONU.

- i) Если время таймера TO2 в ONU истекает, а ONU все еще находится в состоянии POPUP (O7), оно деактивируется само по себе и переходит в первоначальное состояние (O1). Поэтому состояние ONU в OLT изменится на первоначальное (O1) из-за окончания времени действия параллельного таймера TO2 в OLT. Кроме того, для безопасных измерений OLT передаст в ONU *сообщение Deactivate_ONU-ID* (с вариантом "RST").

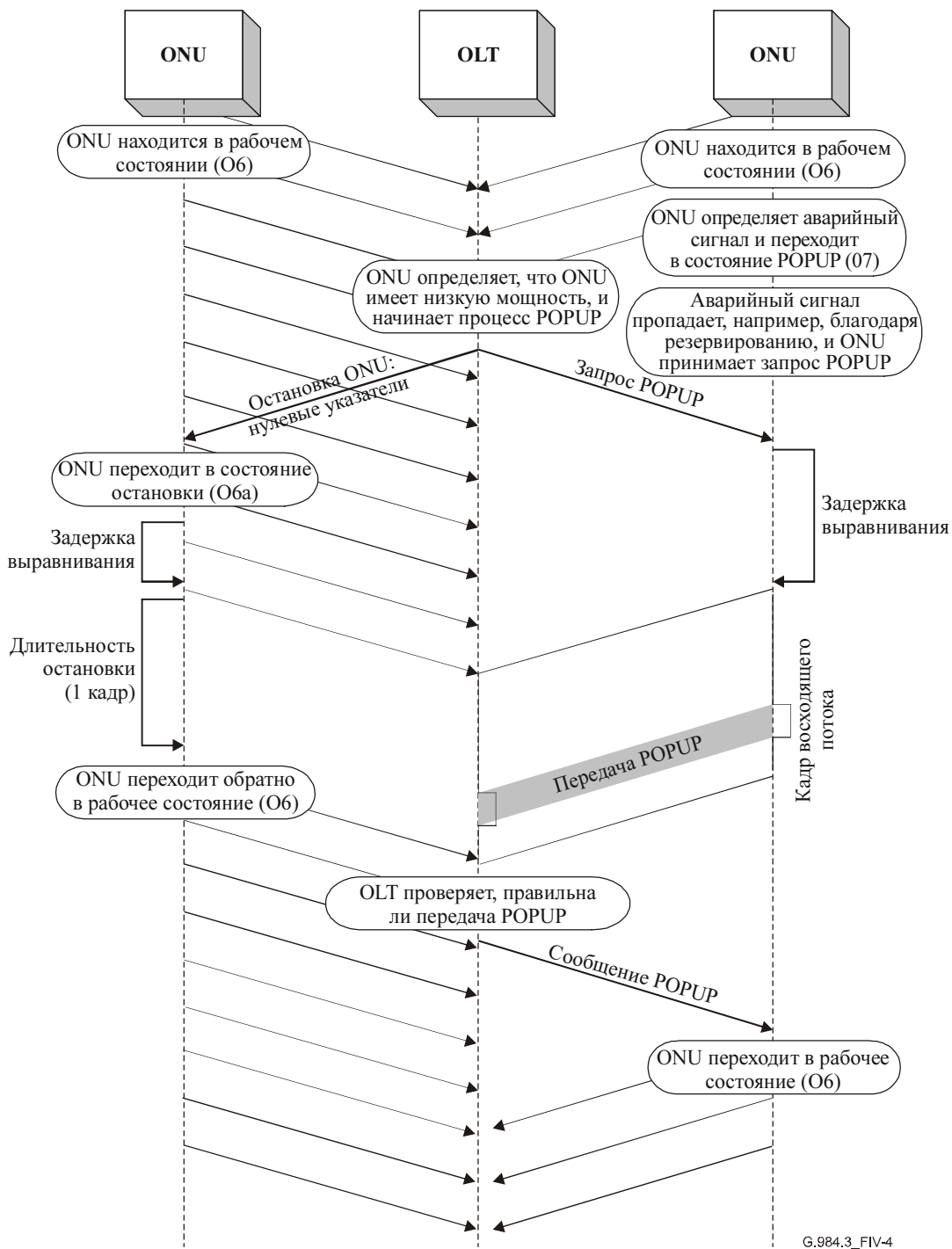


Рисунок IV.4/G.984.3 – Успешный процесс измерения прибытия

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия В	Средства выражения: определения, символы, классификация
Серия С	Общая статистика электросвязи
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	TMN и техническое обслуживание сетей: международные системы передачи, телефонные, телеграфные, факсимильные и арендованные каналы
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 и взаимосвязь открытых систем
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола (IP) и сети следующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи