



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

G.7041/Y.1303

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

(12/2003)

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

Цифровое оконечное оборудование –
Общие положения

СЕРИЯ Y: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
ИНФРАСТРУКТУРА И АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА (IP)

Аспекты межсетевого протокола – Транспортирование

Общая процедура формирования кадров (GFP)

Рекомендация МСЭ-Т G.7041/Y.1303

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
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И ОТНОСЯЩИЕСЯ К ПОЛЬЗОВАТЕЛЮ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.7000–G.7999
Общие положения	G.7000–G.7099
Кодирование аналоговых сигналов с помощью импульсно-кодовой модуляции	G.7100–G.7199
Кодирование аналоговых сигналов с помощью методов, отличающихся от ИКМ	G.7200–G.7299
Основные характеристики первичного мультиплексного оборудования	G.7300–G.7399
Основные характеристики мультиплексного оборудования второго порядка	G.7400–G.7499
Основные характеристики мультиплексного оборудования высшего порядка	G.7500–G.7599
Основные характеристики оборудования транскодера и цифрового мультиплексирования	G.7600–G.7699
Особенности эксплуатации, управления и технического обслуживания передающего оборудования	G.7700–G.7799
Основные характеристики оборудования мультиплексирования для синхронной цифровой иерархии	G.7800–G.7899
Другое оконечное оборудование	G.7900–G.7999
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.8000–G.8999

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

Рекомендация МСЭ-Т G.7041/Y.1303

Общая процедура формирования кадров (GFP)

Резюме

Данная Рекомендация определяет общую процедуру формирования кадров (GFP) для описания выровненных по октетам полезных нагрузок переменной длины высокоуровневых сигналов клиента для последующего отображения в тракты с октетной синхронизацией, такие, как определены в Рекомендациях МСЭ-Т G.707/Y.1322 и G.709/Y.1331. Определения Рекомендации включают в себя:

- форматы кадров для протокольных блоков данных (PDUs), передаваемых между начинающей и завершающей точками GFP;
- процедуру отображения сигналов клиента в GFP.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.7041/Y.1303 утверждена 14 декабря 2003 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2001–2004 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т А.8.

Ключевые слова

Общая процедура формирования кадров, оптическая транспортная сеть, синхронная цифровая иерархия.

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 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 Предмет рассмотрения.....	1
2 Ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Сокращения	2
5 Соглашения.....	4
6 Общие аспекты GFP.....	4
6.1 Структура базового сигнала для кадров клиента GFP	5
6.2 Кадры управления GFP	15
6.3 Функции кадрового уровня GFP	15
7 Специфические для полезной нагрузки аспекты для GFP с кадровым отображением...	19
7.1 Полезная нагрузка Ethernet MAC	19
7.2 Полезная нагрузка IP/PPP	19
7.3 Полезная нагрузка волоконно-оптического канала через FC-BBW_SONET.....	21
7.4 Обработка ошибок в GFP с кадровым отображением.....	22
7.5 Полезная нагрузка IEEE 802.17 RPR	22
8 Специфические для полезной нагрузки аспекты прозрачного отображения клиентов 8B/10B в GFP	22
8.1 Общие аспекты GFP-T.....	22
8.2 Динамический разбаланс в кодах 64B/65B	26
8.3 Аспекты повреждения специфического для клиента сигнала.....	29
8.4 Прозрачное отображение на полной скорости клиентов 8B/10B в GFP	31
8.5 Асинхронное (на полной скорости или на субскорости) отображение клиентов 8B/10B в GFP	35
Добавление I – Примеры функциональных моделей для приложений GFP.....	35
Добавление II – Выборка типов полезной нагрузки GFP	38
Добавление III – Пример кадра GFP, иллюстрирующий порядок передачи и вычисление ЦПИ	39
Добавление IV – Количество суперблоков, используемое в прозрачной GFP.....	42
IV.1 Введение	42
IV.2 Вычисление "резервной" пропускной способности	42
IV.3 Вычисление доступной пропускной способности для CMF	43
Добавление V – Требования к пропускной способности для транспортировки Ethernet.....	44

Введение

GFP обеспечивает общий механизм адаптации трафика высокоуровневых сигналов клиента в транспортной сети. Сигналы клиента могут быть представлены через ПБД (такие, как IP/PPP или MAC Ethernet) с помощью потока блочного кода с постоянной битовой скоростью (такие, как волоконно-оптический канал (Fibre Channel) или ESCON/SBCON).

Спецификация GFP включает в себя как общие, так и специфические для клиента аспекты. Общие аспекты GFP применимы ко всему трафику, адаптируемому посредством GFP, и они заданы в разделе 6. Специфические для клиента аспекты GFP заданы в разделах 7 и 8. В настоящее время для GFP определены два режима адаптации сигнала клиента.

- Режим адаптации с использованием ПБД, называемый "GFP с кадровым отображением" (GFP-F), задан в разделе 7.
- Режим адаптации с использованием блочного кода, называемый "прозрачный GFP" (GFP-T), задан в разделе 8.

На рисунке 1 показана взаимосвязь между высокоуровневыми сигналами клиента, GFP и его транспортными трактами.

Ethernet	IP/PPP	Другие сигналы клиента
GFP – Аспекты, специфические для клиента (зависящие от полезной нагрузки)		
GFP – Общие аспекты (не зависящие от полезной нагрузки)		
Тракт VC-n SDH	Другие тракты с октетной синхронизацией	Тракт ODUk OTN

G.7041/Y.1303_F1

Рисунок 1/G.7041/Y.1303 – Взаимосвязь GFP с сигналами клиента и транспортными трактами

На рисунке 2 показана среда, в которой функционирует GFP.

В режиме адаптации с кадровым отображением, функция адаптации "клиент/GFP" может действовать на уровне звена данных (или на более высоком уровне) сигнала клиента. Требуется, чтобы ПБД клиента был виден. Это достигается, когда ПБД клиента принимаются либо от сети уровня данных (например, оборудование IP-маршрутизатора или оборудование коммутатора Ethernet (C/C' на рисунке 2)), либо, например, от функции моста, коммутатора или маршрутизатора в элементе транспортной сети (TNE). В последнем случае, ПБД клиента принимаются, например, через интерфейс Ethernet (A/A' на рисунке 2).

В прозрачном режиме адаптации, функция адаптации "клиент/GFP" действует в потоке кодированных знаков, а не во входящих ПБД клиента. Вследствие этого для сигнала клиента требуется обработка пространства входящего кодового слова (B/B' на рисунке 2).

В типичной реализации могут быть установлены взаимные соединения между портами A и A', B и B', C и C', A и C' и C и A'. Следует отметить, что для поддержки взаимных соединений физические типы портов B и B' должны быть одними и теми же, в то время как физические типы портов A и A' могут быть различными.

Некоторые функциональные модели высокого уровня, связанные с указанной выше обработкой GFP, можно найти в Добавлении I.

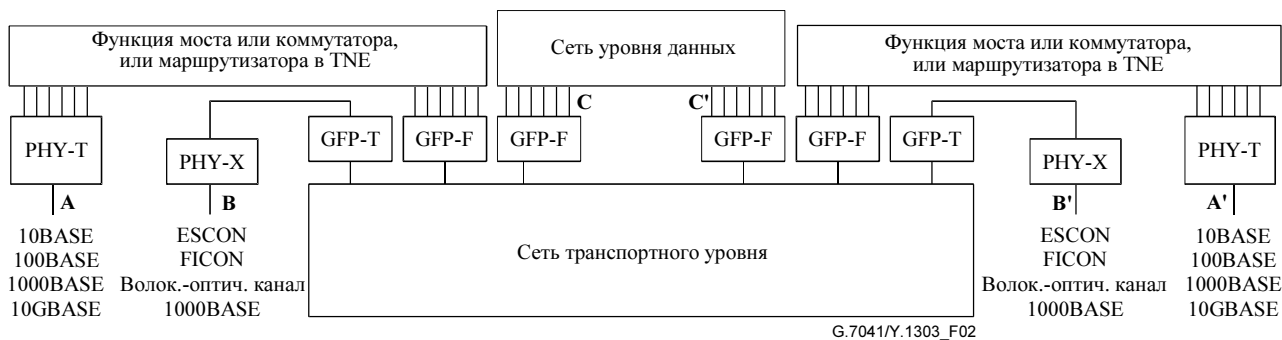


Рисунок 2/G.7041/Y.1303 – Функциональная модель GFP (одиночный клиент)

Общая процедура формирования кадров (GFP)

1 Предмет рассмотрения

В данной Рекомендации определяется общая процедура формирования кадров (GFP), служащая для инкапсуляции полезной нагрузки переменной длины сигналов разных клиентов для последующей транспортировки через сети СЦИ и OTN, как определено в Рекомендациях МСЭ-Т G.707/Y.1322 и G.709/Y.1331. Определения Рекомендации включают в себя:

- форматы кадров для протокольных блоков данных (PDUs), передаваемых между начинающей и завершающей точками GFP;
- процедуру отображения сигналов клиента в GFP.

Описанная в данной Рекомендации процедура формирования кадров может быть применена как к инкапсуляции целых кадров клиента (GFP с кадровым отображением), когда одиночный кадр клиента отображается в одиночный кадр GFP, так и к транспортировке с отображением знаков (прозрачная GFP), когда некоторое количество знаков данных клиента отображается в эффективные блочные коды для транспортировки внутри кадра GFP.

2 Ссылки

Нижеследующие Рекомендации МСЭ-Т и другие источники содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие источники являются предметом пересмотра; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается рассмотреть возможность применения последнего издания Рекомендаций и других ссылок, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т публикуется регулярно. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- ITU-T Recommendation G.707/Y.1322 (2003), *Network node interface for the Synchronous Digital Hierarchy (SDH)*.
- ITU-T Recommendation G.709/Y.1331 (2003), *Interfaces for the Optical Transport Network (OTN)*.
- ITU-T Recommendation G.783 (2000), *Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) equipment functional blocks*.
- ITU-T Recommendation G.798 (2002), *Characteristics of optical transport network hierarchy equipment functional blocks*.
- ITU-T Recommendation G.806 (2004), *Characteristics of transport equipment – Description methodology and generic functionality*.
- ITU-T Recommendation I.432.1 (1999), *B-ISDN user-network interface – Physical layer specification: General characteristics*.
- ISO/IEC 3309:1993, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level Data Link Control (HDLC) procedures – Frame structure*.
- IEEE Standard 802.3-2002, *Information Technology – Telecommunications 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*.
- ANSI X3.230-1994, *Fibre Channel – Physical and Signaling Interface (FC-PH)*.

- ANSI X3.296-1997, *Information Technology – Single-Byte Command Code Sets CONnection (SBCON) Architecture*.
- ANSI INCITS 342-2001, *Information Technology – Fibre Channel Backbone (FC-BB)*.
- ANSI INCITS 372-2003, *Information Technology – Fibre Channel Backbone (FC-BB-2)*.
- IETF RFC 1661 (1994), *The Point-to-Point Protocol (PPP)*.
- IETF RFC 1662 (1994), *PPP in HDLC-like Framing*.
- ETSI (CENELEC): EN 50083-9 (1998), *Cable distribution systems for television, sound signals and interactive multimedia signals; Part 9: Interfaces for CATV/SMATV Headends and Similar Professional Equipment for DVB/MPEG-2 transport streams (DVB Blue Book A010), Annex B, Asynchronous Serial Interface*.

3 Термины и определения

В данной Рекомендации определены следующие термины:

3.1 GFP с кадровым отображением: Тип отображения GFP, при котором кадр сигнала клиента принимается и отображается полностью в одном кадре GFP.

3.2 идентификатор канала (ID): Идентификатор канала (CID) – 8-битовое двоичное число, используемое для указания одного из 256 каналов связи в точке инициации/завершения GFP.

3.3 кадр данных клиента: Кадр данных клиента – кадр GFP, содержащий данные полезной нагрузки из сигнала клиента.

3.4 кадр управления клиента: Кадр управления клиента – кадр GFP, содержащий информацию, относящуюся к управлению соединением GFP между источником и приемником GFP.

3.5 кадр управления: Кадр управления – кадр GFP, используемый для управления соединением GFP. Определенными в настоящее время кадрами управления являются только "пустые" (Idle) кадры GFP.

3.6 максимальный размер передаваемого блока (MTU): Максимальный размер области полезной нагрузки GFP в октетах.

3.7 динамический разбаланс: Процедура, используемая в блочных линейных кодах, таких как 8B/10B, для выравнивания полного количества единиц и нулей, передаваемых в течение длительного времени. Динамический разбаланс в конце субблока линейного кода – положительный, если к этому моменту было передано больше единиц, чем нулей, и отрицательный, если нулей было передано больше, чем единиц. В кодере значение динамического разбаланса используется при выборе для передачи одного из двух возможных кодов для отображения следующего знака с целью выравнивания количества передаваемых единиц и нулей.

3.8 порт источника/пункта назначения (SP/DP): Логически адресуемый объект в физическом интерфейсе.

3.9 суперблок: Суперблок представляет структуру прозрачной GFP, в которой объединены множественные коды 64B/65B с ЦПИ-16 для целей обеспечения выравнивания октетов полезной нагрузки и защиты от ошибок битов суперблока. См. рисунок 8-3.

3.10 прозрачная GFP: Тип отображения GFP, в котором знаки клиента с блочным кодированием декодируются и затем отображаются в кадр GFP фиксированной длины и могут передаваться немедленно без ожидания получения целого кадра данных клиента.

4 Сокращения

В данной Рекомендации используются следующие сокращения:

ANSI Институт национальных стандартов США

ASI	Асинхронный интерфейс для DVB
АСП	Асинхронный способ передачи
сHEC	Основной HEC
CID	Идентификатор канала
CoS	Категория обслуживания
ЦПИ	Циклическая проверка по избыточности
CSF	Повреждение сигнала клиента
DE	Право на отбрасывание
DP	Порт пункта назначения
DST	Пункт назначения
DVB	Цифровое телевидение
еHEC	Расширение HEC
EOF	Конец кадра
ESCON	Соединение учрежденческих систем
EXI	Идентификатор заголовка расширения
FC	Волоконно-оптический канал
FCS	Контрольная последовательность кадра
FICON	Волоконно-оптическое соединение
GFP	Общая процедура формирования кадров
GFP-F	GFP с кадровым отображением
GFP-T	Прозрачная GFP
HDLC	Управление звеном данных верхнего уровня
HEC	Обнаружение ошибок в заголовке
IEEE	Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IFG	Межкадровый интервал
IP	Межсетевой протокол, IP-протокол
IPG	Межпакетный интервал
ЦСИС	Цифровая сеть с интеграцией служб
ИСО	Международная организация по стандартизации
МСЭ-Т	Сектор стандартизации электросвязи Международного союза электросвязи
LCC	Последний управляющий знак
LOL	Пропадание света
LOS	Потеря сигнала
МЗБ	Младший значащий бит
MAC	Управление доступом к среде передачи данных
MAPOS	Протокол множественного доступа через SONET/СЦИ
MSB	Старший значимый бит

MTU	Максимальный размер передаваемого блока
NE	Элемент сети
OA&M	Эксплуатация, управление и техническое обслуживание
ODU	Блок оптических данных
OTN	Оптическая транспортная сеть
ПБД	Протокольный блок данных
PFI	Индикатор FCS полезной нагрузки
PLI	Индикатор длины полезной нагрузки
PPP	Протокол соединения "точка-точка"
PTI	Идентификатор типа полезной нагрузки
RD	Динамический разбаланс
RPR	"Эластичное" пакетное кольцо
SBCON	Соединение с использованием наборов однобайтовых командных кодов
СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SOF	Начало кадра
SONET	Синхронная оптическая сеть
SP	Порт источника
SPE	Конверт синхронной полезной нагрузки
SRC	Источник
SSF	Повреждение сигнала сервера
STS	Синхронный транспортный сигнал
tNEC	Тип NEC
TSF	Повреждение сигнала тракта
TTL	Время существования
UPI	Идентификатор полезной нагрузки пользователя

5 Соглашения

Порядок передачи: Порядок передачи информации на всех диаграммах в данной Рекомендации сначала – слева направо, а затем – сверху вниз. Внутри каждого байта старший значащий байт передается первым. На всех диаграммах старший значащий байт показывается слева.

Значения в полях, которые не определены: Значение по умолчанию для любых не определенных полей заголовка равняется 0, если не задано иное значение.

6 Общие аспекты GFP

В этом разделе рассмотрены общие (не зависящие от протокола) аспекты GFP для выровненных по октетам полезных нагрузок. Отображение сформированных в кадры полезных нагрузок в VC-*n* СЦИ задано в Рекомендации МСЭ-Т G.707/Y.1322. Отображение сформированных в кадры полезных нагрузок в ODUk OTN задано в Рекомендации МСЭ-Т G.709/Y.1331.

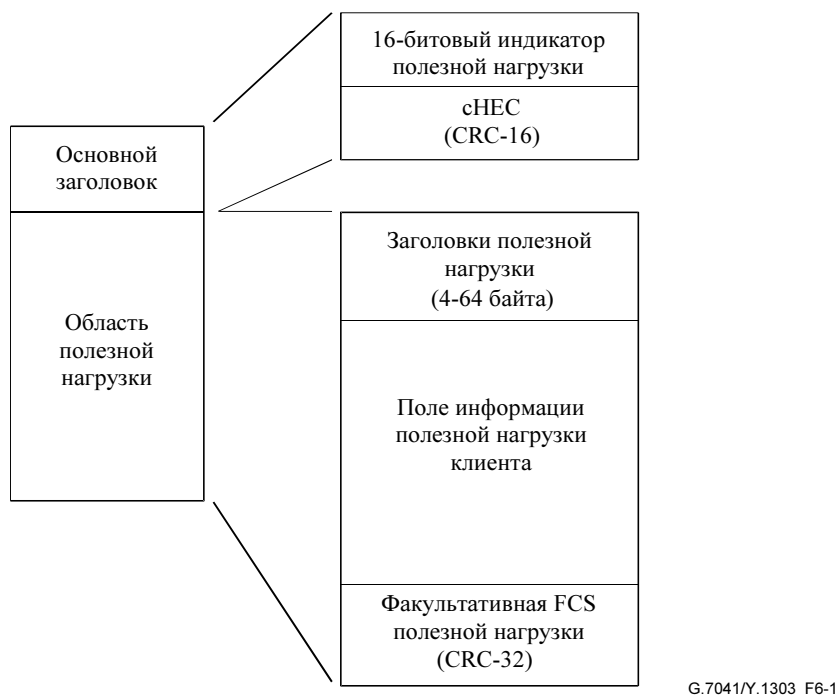
В GFP используется базирующийся на HECS вариант механизма описания кадра, определенный для асинхронного способа передачи (АСП) (см. Рек. МСЭ-Т I.432.1). Определены два вида кадров GFP: кадры клиента GFP и кадры управления GFP. Форматы кадров клиента GFP и управления GFP определены в 6.1 и 6.2. GFP поддерживает также механизм гибкого расширения заголовка (полезной нагрузки), служащий для упрощения адаптации GFP при использовании с различными механизмами транспортировки. Определенные к настоящему времени типы заголовков расширения полезной нагрузки заданы в 6.1.2.3.

6.1 Структура базового сигнала для кадров клиента GFP

Формат кадров для GFP показан на рисунке 6-1. Кадры GFP выровнены по октетам и содержат "основной заголовок" (Core Header) GFP и, за исключением "пустых" (Idle) кадров GFP, "область полезной нагрузки" (Payload Area) GFP.



а) Размер кадра и порядок передачи



б) Структура полей, образующих кадр клиента GFP

Рисунок 6-1/G.7041/Y.1303 – Формат кадра для кадров клиента GFP

6.1.1 Основной заголовок GFP

Формат основного заголовка GFP показан на рисунке 6-2. Четыре октета основного заголовка GFP содержат 16-битовое поле индикатора длины ПБД и 16-битовое поле обнаружения ошибок основного заголовка (сНЕС). Этот заголовок обеспечивает описание кадра GFP, не зависящее от содержимого ПБД более высоких уровней.

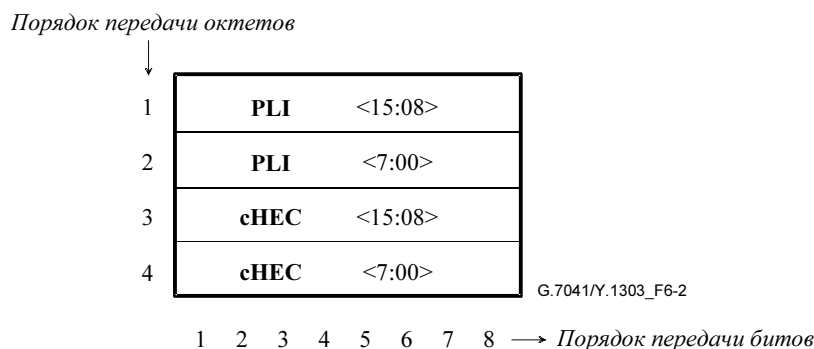


Рисунок 6-2/G.7041/Y.1303 – Формат основного заголовка GFP

6.1.1.1 Поле индикатора длины (PLI) ПБД

Двухоктетное поле PLI содержит двоичное число, представляющее количество октетов в области полезной нагрузки GFP. Абсолютная минимальная величина поля PLI в кадре клиента GFP составляет 4 октета. Значения PLI 0-3 зарезервированы для использования кадра управления GFP (см. 6.2).

6.1.1.2 Поле основного НЕС (сНЕС)

Двухоктетное поле обнаружения ошибок основного заголовка содержит код для обнаружения ошибок ЦПИ-16, который защищает целостность содержимого основного заголовка, обеспечивая как исправление однобитовых ошибок, так и обнаружение многобитовых ошибок. Последовательность сНЕС вычисляется на основании октетов основного заголовка, как это определено в 6.1.1.2.1.

6.1.1.2.1 Обработка НЕС

Порождающий полином НЕС имеет вид: $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$, с значением инициализации, равным нулю, где x^{16} соответствует MSB, а x^0 соответствует МЗБ.

Поле сНЕС генерируется процессом адаптации источника, в котором используются следующие этапы (см. Добавление I/V.41):

- 1) Первые два октета кадра GFP берутся в порядке следования октетов в сети, с первым старшим значащим битом, для формирования 16-битовой комбинации, представляющей коэффициенты полинома $M(x)$ 15-й степени.
- 2) $M(x)$ умножается на x^{16} и делится (по модулю 2) на $G(x)$, при этом получается остаток $R(x)$ 15-й или меньшей степени.
- 3) Коэффициенты $R(x)$ рассматриваются как 16-битовая последовательность, в которой x^{15} является старшим значащим битом.
- 4) Эта 16-битовая последовательность представляет собой ЦПИ-16, где подлежащий передаче первым бит ЦПИ-16 представляет собой коэффициент при x^{15} , а последний передаваемый бит представляет собой коэффициент при x^0 .

В процессе адаптации приемника выполняются этапы 1-3 точно так же, как и в процессе адаптации источника. При отсутствии ошибок битов остаток должен быть 0000 0000 0000 0000.

Это исправление одиночной ошибки должно осуществляться в основном заголовке. Процессом адаптации приемника GFP производится сброс любых из тех кадров GFP, в которых обнаружены многобитовые ошибки. Процессом адаптации приемника обновляются также некоторые соответствующие системные записи, служащие для целей контроля характеристик.

6.1.1.3 Скремблирование основного заголовка

Основной заголовок скремблируется для балансировки постоянного тока с помощью операции "исключающее ИЛИ" (суммирование по модулю 2) с шестнадцатеричным числом B6AB31E0. Это число представляет собой максимальную переходную последовательность с минимальными боковыми лепестками типа кода Баркера длиной 32. Скремблирование основного заголовка GFP повышает защищенность от помех процедуры описания кадра GFP и обеспечивает достаточное число переходов 0-1 и 1-0 в течение периодов передачи "пустых" знаков.

6.1.2 Область полезной нагрузки GFP

Область полезной нагрузки GFP, которая содержит все октеты кадра GFP, передаваемые после основного заголовка GFP, используется для переноса информации специфического протокола более высокого уровня. Эта область переменной длины может включать в себя от 4 до 65 535 октетов. Как показано на рисунке 6-3, область полезной нагрузки GFP содержит два общих компонента: заголовок полезной нагрузки (Payload Header) и поле информации полезной нагрузки (Payload Information). Также поддерживается факультативное поле FCS полезной нагрузки (Payload FCS, pFCS).

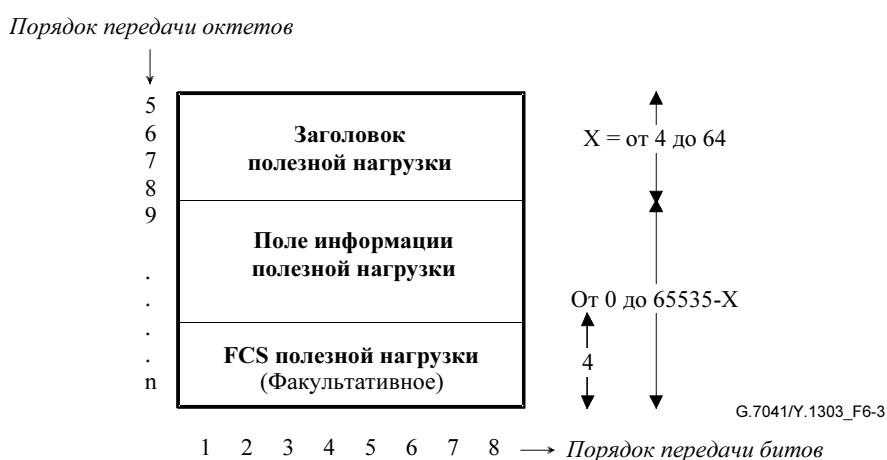


Рисунок 6-3/G.7041/Y.1303 – Формат области полезной нагрузки GFP

На практике размеры MTU GFP для области полезной нагрузки являются специфическими для приложения. Реализации следует поддерживать передачу и прием кадров GFP с областями полезной нагрузки GFP по меньшей мере 1600 октетов. Согласно прежним соглашениям, действующим в отношении реализаций GFP, могут использоваться другие значения MTU. Реализациям, поддерживающим волоконно-оптический канал с кадровым отображением, следует поддерживать величину областей полезной нагрузки GFP по меньшей мере 2156 октетов.

6.1.2.1 Заголовок полезной нагрузки

Заголовок полезной нагрузки является областью переменной длины от 4 до 64 октетов, предназначенной для поддержки процедур управления звеном данных, специфических для сигнала клиента более высокого уровня. Структура заголовка полезной нагрузки GFP показана на рисунке 6-4. Область содержит два обязательных поля, "Тип" и tHEC, и переменное количество дополнительных полей заголовка полезной нагрузки. Эта группа дополнительных полей заголовка полезной нагрузки считается заголовком расширения (Extension Header). Наличие заголовка расширения и его формат и наличие факультативного FCS полезной нагрузки определяется полем "Тип". tHEC защищает целостность поля "Тип".

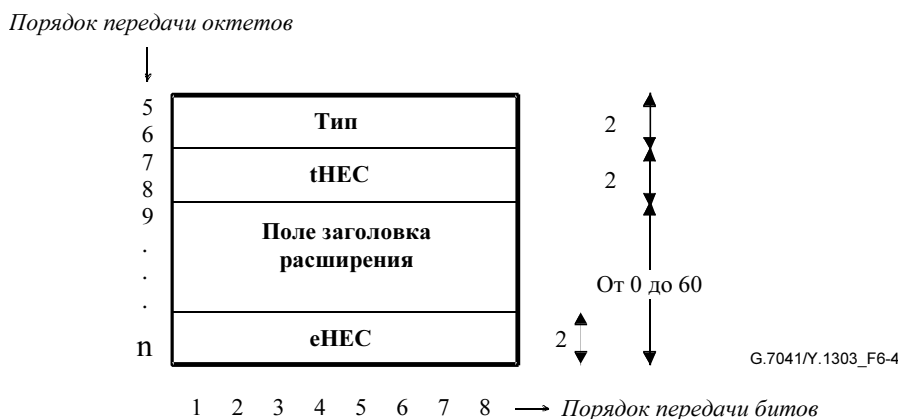


Рисунок 6-4/G.7041/Y.1303 – Формат заголовка полезной нагрузки GFP

Реализация поддерживает прием кадра GFP с заголовком полезной нагрузки любой длины в диапазоне от 4 до 64 октетов.

6.1.2.1.1 Поле типа GFP

Поле "Тип" GFP является обязательным двухоктетным полем заголовка полезной нагрузки, которое указывает содержимое и формат поля информации полезной нагрузки GFP (см. 6.1.2.2). Поле "Тип" указывает типы кадров GFP и различные службы в мультисервисной среде. Как показано на рисунке 6-5, поле "Тип" состоит из идентификатора типа полезной нагрузки (Payload Type Identifier, PTI), индикатора FCS полезной нагрузки (Payload FCS Indicator, PFI), идентификатора заголовка расширения (Extension Header Identifier, EXI) и идентификатора полезной нагрузки пользователя (User Payload Identifier, UPI).

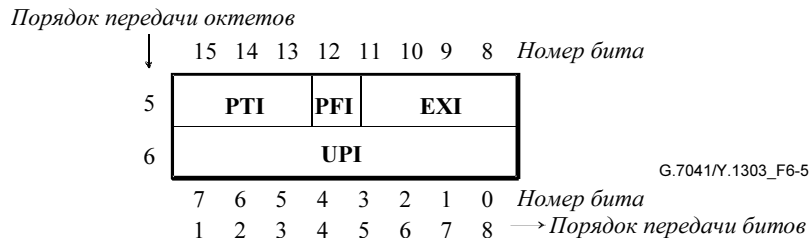


Рисунок 6-5/G.7041/Y.1303 – Формат поля типа GFP

Интерпретация поля UPI для значений PTI, отличных от 000 или 100, подлежит дальнейшему изучению. Примеры значений поля "Тип" приведены в Добавлении II.

6.1.2.1.1.1 Идентификатор типа полезной нагрузки

3-битовое подполе поля "Тип" идентифицирует тип кадра клиента GFP. В настоящее время определены два вида кадров клиента, кадры данных пользователя (PTI = 000) и кадры управления клиента (PTI = 100). Кодовые точки PTI приведены в таблице 6-1.

Таблица 6-1/G.7041/Y.1303 – Идентификаторы типа полезной нагрузки GFP

Биты типа <15:13>	Применение
000	Данные клиента
100	Управление клиента
Другие	Зарезервированы

6.1.2.1.1.2 Индикатор FCS полезной нагрузки (PFI)

Одноразрядное подполе поля "Тип" указывает наличие (PFI = 1) или отсутствие (PFI = 0) поля FCS полезной нагрузки.

6.1.2.1.1.3 Идентификатор заголовка расширения (EXI)

4-битовое подполе поля "Тип" идентифицирует тип заголовка расширения GFP. В настоящее время определены три вида заголовков расширения, заголовок нулевого расширения (Null Extension Header), заголовок линейного расширения (Linear Extension Header), заголовок кольцевого расширения (Ring Extension Header). Кодовые точки EXI приведены в таблице 6-2.

Таблица 6-2/G.7041/Y.1303 – Идентификаторы заголовка расширения GFP

Биты типа <11:8>	Применение
0000	Заголовок нулевого расширения
0001	Линейный кадр
0010	Кольцевой кадр
Другие	Зарезервированы

6.1.2.1.1.4 Идентификатор полезной нагрузки пользователя (UPI)

8-битовое поле, идентифицирующее тип полезной нагрузки, переносимой в поле информации полезной нагрузки GFP. Интерпретация поля UPI производится относительно типа кадра клиента GFP, как указывается подполем PTI. Значения UPI для кадров данных клиента заданы в 6.1.3.1, а значения UPI для кадров управления клиента заданы в 6.1.3.2.

6.1.2.1.2 Поле типа HEС (tHEС)

Двухбайтовое поле обнаружения ошибок заголовка "Тип" содержит код обнаружения ошибок ЦПИ-16, который защищает целостность содержимого поля "Тип", обеспечивая как исправление однобитовых ошибок, так и обнаружение многобитовых ошибок. Заголовок "Тип" содержит поле "Тип" и tHEC.

Содержимое поля tHEC генерируется с использованием тех же этапов, что и сHEC (см. 6.1.1.2.1), со следующим исключением:

- Для tHEC этап 1) изменен таким образом, что $M(x)$ формируется из всех октетов в поле "Тип", но исключая само поле tHEC.

В процессе адаптации приемника GFP осуществляется исправление однобитовых ошибок в поле "Тип", которое защищено полем tHEC. Процессом адаптации приемника GFP производится сброс любых из тех кадров GFP, в которых обнаружены многобитовые ошибки. Процессом адаптации приемника обновляются также некоторые соответствующие системные записи, служащие для целей контроля характеристик.

6.1.2.1.3 Заголовки расширения GFP

Заголовок расширения полезной нагрузки – расширяемое поле от 0 до 60 октетов (включая eHEC), которое поддерживает специфические для технологии заголовки звена данных, такие как идентификаторы виртуального канала, адреса источника/пункта назначения, номера портов, категория обслуживания, обнаружение ошибок заголовка расширения и др. Тип заголовка расширения указывается содержимым битов EXI в поле "Тип" заголовка полезной нагрузки.

В настоящее время определены три варианта заголовка расширения для поддержки специфических данных клиента в конфигурациях "логическое кольцо" или "логическая точка-точка" (линейная).

В данном подразделе описываются разные поля в каждом заголовке расширения. Значение по умолчанию для любых не определенных полей равняется 0, если не задано другое значение.

6.1.2.1.3.1 Заголовок нулевого расширения

Заголовок полезной нагрузки для кадра с заголовком нулевого расширения показан на рисунке 6-6. Этот заголовок расширения применим к конфигурации "логическая точка-точка". Он предназначен для сценариев, в которых транспортный тракт выделен для одного сигнала клиента.

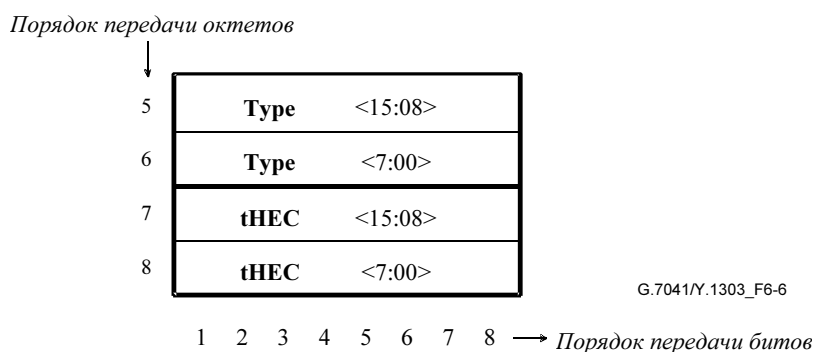


Рисунок 6-6/G.7041/Y.1303 – Заголовок полезной нагрузки для кадра GFP с заголовком нулевого расширения

6.1.2.1.3.2 Заголовок расширения для линейного кадра

Заголовок полезной нагрузки для линейного (точка-точка) кадра с заголовком расширения показан на рисунке 6-7, он предназначен для сценариев, в которых требуется объединение нескольких независимых каналов в один транспортный тракт.

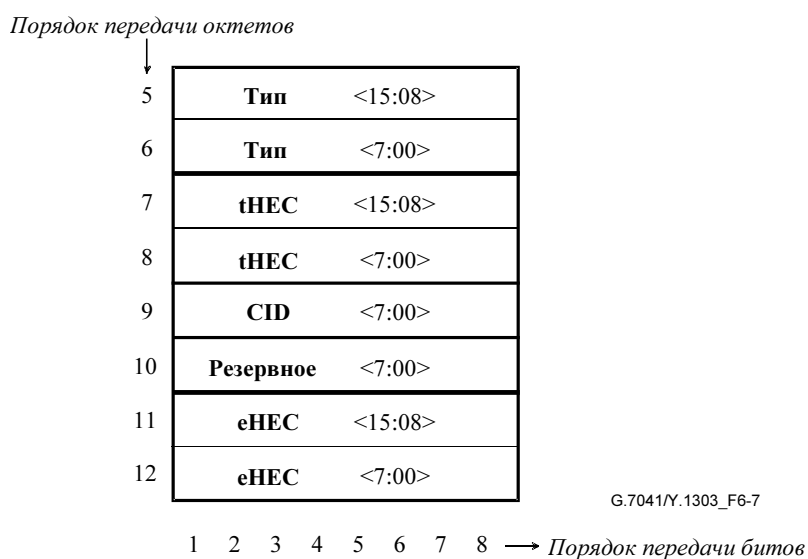


Рисунок 6-7/G.7041/Y.1303 – Заголовок полезной нагрузки для линейного (точка-точка) кадра, включающего заголовок расширения

6.1.2.1.3.2.1 Поле "Идентификатор канала" (CID)

CID – 8-битовое двоичное число, используемое для указания одного из 256 каналов связи в конечной точке GFP.

6.1.2.1.3.2.2 Резервное поле

Для будущего использования зарезервировано 8-битовое резервное поле.

6.1.2.1.3.2.3 Поле расширения HEС (eHEC)

См. 6.1.2.1.4.

6.1.2.1.3.3 Заголовок расширения для кольцевого кадра

Для дальнейшего изучения.

6.1.2.1.4 Поле расширения НЕС (eНЕС)

Двухоктетное поле обнаружения ошибок заголовка расширения содержит код обнаружения ошибок ЦПИ-16, который защищает целостность содержимого заголовков расширения, обеспечивая как исправление однобитовых ошибок (факультативно), так и обнаружение многобитовых ошибок.

Содержимое поля eНЕС генерируется с использованием тех же этапов, что и сНЕС (см. 6.1.1.2.1), со следующим исключением:

- Для eНЕС этап 1) изменен так, что $M(x)$ формируется из всех октетов в заголовке расширения, но исключая само поле eНЕС.

Процессом адаптации приемника GFP может выполняться исправление однобитовых ошибок во всех полях, защищенных полем tНЕС. Исправление одиночных ошибок является факультативным для заголовка расширения. Процесс адаптации приемника GFP производит сброс любых кадров GFP, в которых были обнаружены многобитовые ошибки или в которых возникли какие-либо ошибки в поле заголовка, где не используется исправление одиночных ошибок. Процесс адаптации приемника обновляет также любые соответствующие системные записи для целей контроля характеристик.

6.1.2.2 Поле информации полезной нагрузки

Поле информации полезной нагрузки содержит кадрированные ПБД для GFP с битовым отображением или, в случае прозрачной GFP, группу знаков сигнала клиента. Это поле переменной длины может включать от 0 до 65535- X октетов, где X – размер заголовка полезной нагрузки. Это поле может содержать факультативное поле FCS полезной нагрузки. ПБД/сигнал клиента всегда передается в поле информации полезной нагрузки GFP в виде потока выровненных по октетам пакетов.

6.1.2.2.1 Поле "Контрольная последовательность кадра полезной нагрузки" (pFCS)

FCS полезной нагрузки GFP, как показано на рисунке 6-8, представляет собой факультативную контрольную последовательность кадра длиной четыре октета. Она содержит последовательность ЦПИ-32, которая защищает содержимое поля информации полезной нагрузки GFP. Процесс генерации FCS определен в 6.1.2.2.1.1. Значение 1 бита PFI внутри поля "Тип" указывает на наличие поля FCS полезной нагрузки.

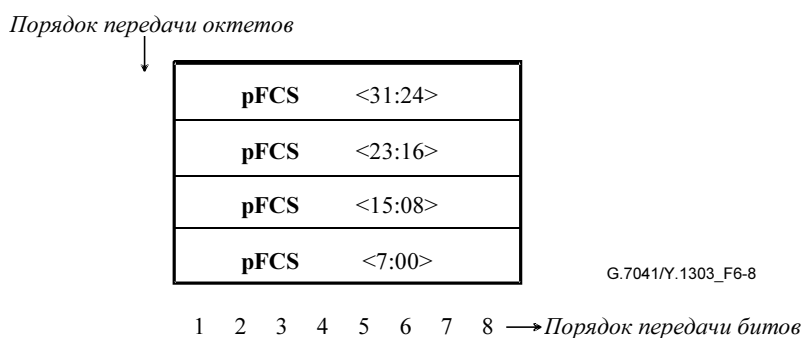


Рисунок 6-8/G.7041/Y.1303 – Формат контрольной последовательности кадра полезной нагрузки GFP

6.1.2.2.1.1 Генерация FCS полезной нагрузки

FCS полезной нагрузки генерируется с использованием порождающего полинома ЦПИ-32 (ИСО/МЭК 3309) $G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$, где x^{32} соответствует MSB, а x^0 соответствует МЗБ.

Поле FCS полезной нагрузки генерируется с использованием следующих этапов:

- 1) N октетов из поля информации полезной нагрузки GFP, исключая FCS, берутся в порядке следования октетов в сети, начиная со старшего значащего бита, для формирования 8N-битовой комбинации, представляющей коэффициенты полинома $M'(x)$ степени $8N-1$.
- 2) $M'(x)$ умножается на x^{32} , суммируется с состоящим из одних единиц полиномом $U(x) = 1 + x^1 + x^2 + \dots + x^{31}$ и делится (по модулю 2) на $G(x)$, образуя остаток $R(x)$ степени 31 или меньшей степени.
 ПРИМЕЧАНИЕ. – Суммирование с $x^{8N} [1 + x^1 + x^2 + \dots + x^{31}]$ эквивалентно предустановке регистра сдвига во все единицы для типовых реализаций регистра сдвига, использующих предустановку.
- 3) Коэффициенты $R(x)$ рассматриваются как 32-битовая последовательность, в которой x^{31} – старший значащий бит.
- 4) Дополнением этой 32-битовой последовательности является ЦПИ-32.

Процесс адаптации приемника выполняет этапы 1-3 точно так же, как процесс адаптации источника. При отсутствии ошибок остаток должен быть 11000111_00000100_11011101_01111011, в направлении от x^{31} к x^0 .

6.1.2.3 Скремблирование области полезной нагрузки

Скремблирование области полезной нагрузки GFP требуется для обеспечения защиты от скремблирующего слова (или его инверсии), копирующего информацию полезной нагрузки из синхронного с кадром скремблера, такого, какой используется на уровне RS СЦИ или в канале OPUk OTN. На рисунке 6-9 показаны процессы скремблера и дескремблера.

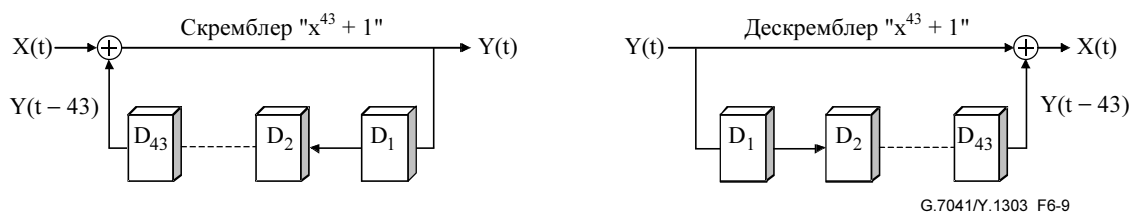


Рисунок 6-9/G.7041/Y.1303 – Процессы скремблера и дескремблера $X^{43}+1$ для GFP

Все октеты области полезной нагрузки GFP скремблируются с использованием самосинхронизирующегося скремблера $1 + x^{43}$. Скремблирование выполняется в порядке следования битов в сети.

В процессе адаптации источника скремблирование разрешается, начиная с первого октета, переданного после поля сНЕС, и запрещается после последнего переданного октета кадра GFP. Когда работа скремблера или дескремблера запрещается, их состояние сохраняется. Поэтому состояние скремблера или дескремблера в начале области полезной нагрузки кадра GFP будет соответствовать 43 битам области полезной нагрузки кадра GFP, переданного по этому каналу непосредственно перед текущим кадром GFP.

Активация дескремблера процесса адаптации приемника также зависит от текущего состояния контрольного алгоритма сНЕС:

- a) В состояниях HUNT и PRESYNC работа дескремблера запрещена.
- b) В состоянии SYNC работа дескремблера разрешена только для октетов между полем сНЕС и концом кадра-кандидата GFP.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Процесс адаптации приемника GFP может надежно пересылать кадры GFP объекту более высокого уровня только при нахождении процесса адаптации приемника в состоянии SYNC.

6.1.3 Кадры клиента GFP

В настоящее время определены два типа кадров клиента GFP, "Данные клиента" (Client Data) и "Управление клиента" (Client Management). Кадры данных клиента GFP используются для транспортировки данных из сигнала клиента. Кадры управления клиента GFP используются для транспортировки информации, связанной с управлением сигналом клиента или соединением GFP.

6.1.3.1 Кадры данных клиента

Данные клиента транспортируются через GFP с использованием кадров данных клиента. Кадры данных клиента представляют собой кадры клиента GFP, состоящие из "Основного заголовка" (Core Header) и "Области полезной нагрузки" (Payload Area). В поле "Тип" кадров данных клиента используются следующие значения подполя "Тип"

- PTI = 000.
- PFI = Специфическое для полезной нагрузки.
- EXI = Специфическое для полезной нагрузки.
- UPI = Специфическое для полезной нагрузки.

Индикатор FCS полезной нагрузки (PFI) должен быть установлен в требуемое значение в зависимости от того, разрешен ли FCS или нет. Идентификатор заголовка расширения (EXI) должен быть установлен в соответствии с мультиплексированием кадра и с требованиями к топологии для соединения GFP. Идентификатор заголовка полезной нагрузки пользователя должен быть установлен в соответствии с типом транспортируемого сигнала клиента. Значения UPI, определенные для кадров данных клиента, приведены в таблице 6-3.

Таблица 6-3/G.7041/Y.1303 – Идентификаторы полезной нагрузки пользователя для кадров клиента GFP

PTI = 000	
Биты типа <7:0>	Область полезной нагрузки кадра GFP
0000 0000 1111 1111	Зарезервирован и недоступен
0000 0001	Ethernet с кадровым отображением
0000 0010	PPP с кадровым отображением
0000 0011	Прозрачный волоконно-оптический канал
0000 0100	Прозрачный FICON
0000 0101	Прозрачный ESCON
0000 0110	Прозрачный Gb Ethernet
0000 0111	Зарезервирован для будущего использования
0000 1000	Протокол множественного доступа через СЦИ с кадровым отображением (MAPOS)
0000 1001	Прозрачный DVB ASI
0000 1010	"Эластичное" пакетное кольцо IEEE 802.17 с битовым отображением
0000 1011	Волоконно-оптический канал с битовым отображением FC-BBW
0000 1100	Асинхронный прозрачный волоконно-оптический канал
С 0000 1101 по 1110 1111	Зарезервированы для будущей стандартизации
С 1111 0000 по 1111 1110	Зарезервированы для частного использования (примечание)
ПРИМЕЧАНИЕ. – Использование частных значений кода описывается в Приложении А/G.806.	

6.1.3.2 Кадры "Управление клиента" GFP

Кадры "Управление клиента" обеспечивают общий механизм для процесса адаптации специфического источника клиента GFP, в целях передачи при необходимости кадров управления клиента для процесса адаптации специфического приемника клиента GFP. Как показано на рисунке 6-10, кадры "Управление клиента" являются кадрами клиента GFP, состоящими из основного заголовка и области полезной нагрузки. В поле "Тип" кадров данных клиента используются следующие значения подполя "Тип":

- PTI = 100.
- PFI = Специфическое для полезной нагрузки.
- EXI = Специфическое для полезной нагрузки.
- UPI = Специфическое для полезной нагрузки.

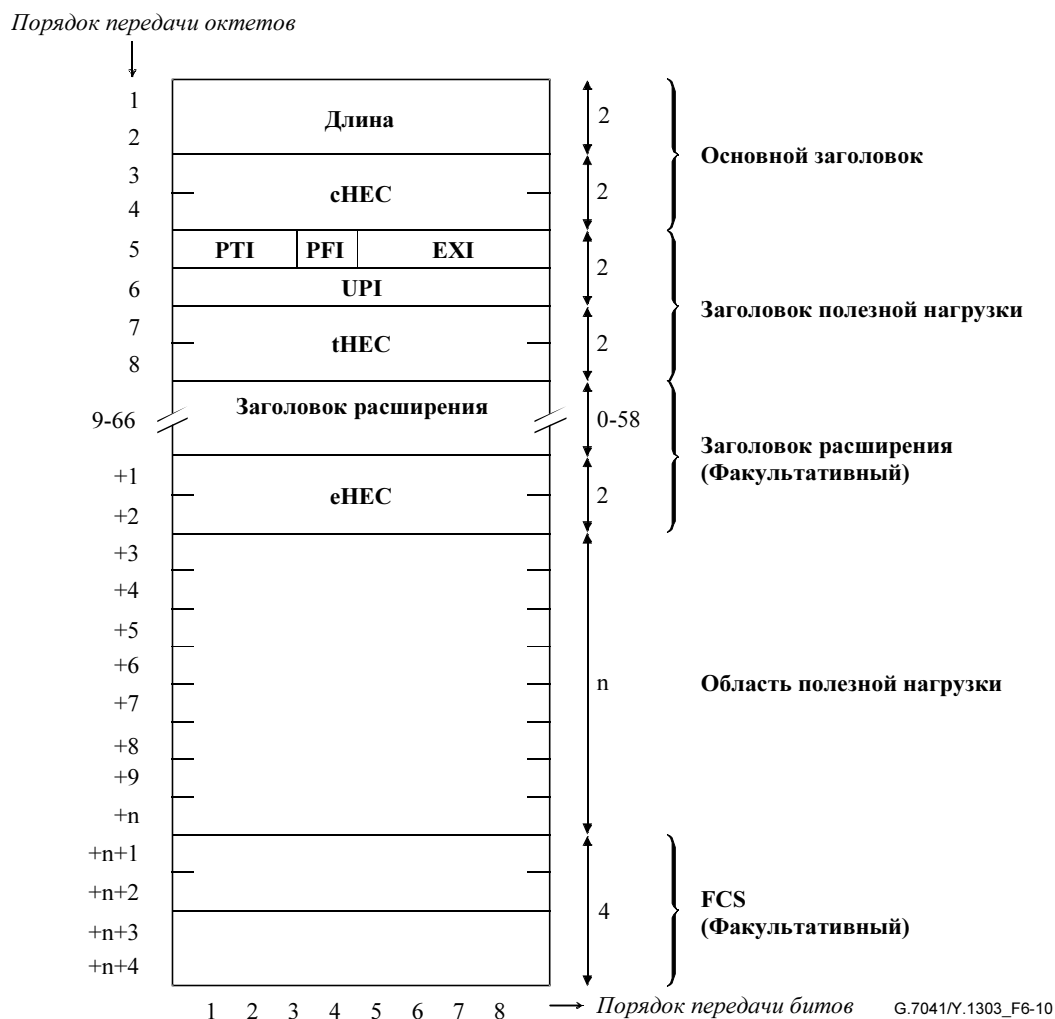


Рисунок 6-10/G.7041/Y.1303 – Кадр управления клиента GFP

Для использования в качестве кадра управления клиента GFP индикатор FCS полезной нагрузки (PFI) должен быть установлен в требуемое значение в зависимости от того, разрешена ли FCS или нет. (Отметим, что использование FCS в кадрах управления клиента GFP уменьшает величину "резервной" пропускной способности, которая может быть использована для таких кадров.) Индикатор заголовка расширения (EXI) должен быть установлен в требуемое значение в зависимости от того, используется или нет заголовок расширения. (Отметим, что использование заголовка расширения в кадрах управления клиента GFP существенно уменьшает величину "резервной" пропускной способности, которая может быть использована для таких кадров.)

UPI определяет использование полезной нагрузки кадра управления клиента GFP. Таким способом кадр управления клиента GFP может использоваться для многих целей. В таблице 6-4 определены варианты использования полезной нагрузки кадра управления клиента GFP.

Таблица 6-4/G.7041/Y.1303 – Идентификатор полезной нагрузки пользователя кадра управления клиента GFP

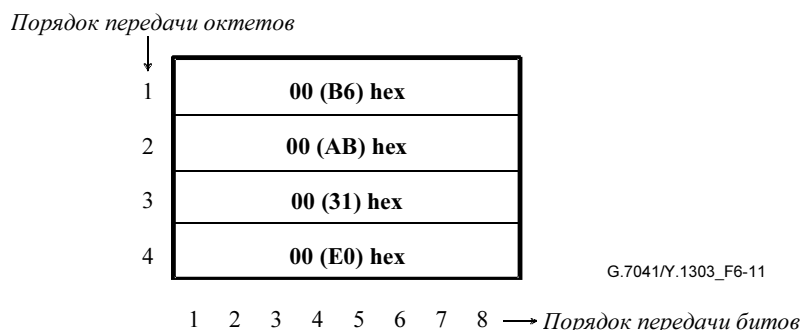
PTI = 100	
Значение UPI	Применение
0000 0000 1111 1111	Зарезервированы
0000 0001	Повреждение сигнала клиента (Пропадание сигнала клиента)
0000 0010	Повреждение сигнала клиента (Пропадание синхронизации по знакам)
С 0000 0011 до 1111 1110	Зарезервированы для будущего использования

6.2 Кадры управления GFP

Кадры управления GFP используются в управлении соединением GFP. Заданными в настоящее время кадрами управления являются только "пустые" кадры GFP.

6.2.1 "Пустые" кадры GFP

"Пустой" кадр GFP – специальный четырехоктетный кадр управления GFP, содержащий только основной заголовок GFP с полями PLI и sHEC (см. 6.1.1), установленными в 0, и не содержащий области полезной нагрузки. "Пустой" кадр предназначен для использования в качестве заполняющего кадра для процесса адаптации источника GFP для содействия адаптации потока октетов GFP с любой заданной транспортной средой, в которой транспортный канал среды имеет более высокую пропускную способность, чем требуется для сигнала клиента. Формат "пустого" кадра GFP показан на рисунке 6-11, со значениями в скобках, соответствующими значениям после выполнения скремблирования, подобного "Баркеру".



**Рисунок 6-11/G.7041/Y.1303 – "Пустой" кадр GFP
(кадр со скремблированием, подобным Баркеру)**

6.2.2 Другие кадры управления

Кадры управления с PLI = 1, 2 или 3 оставлены для дальнейшего изучения.

6.3 Функции кадрового уровня GFP

В данном разделе обсуждаются процессы кадрового уровня, общие для всех полезных нагрузок, формируемых в виде кадров посредством GFP. Процессы, специфические для конкретных полезных нагрузок, обсуждаются в разделах 7 и 8. Взаимосвязи между этими процессами показаны на рисунке 6-12.

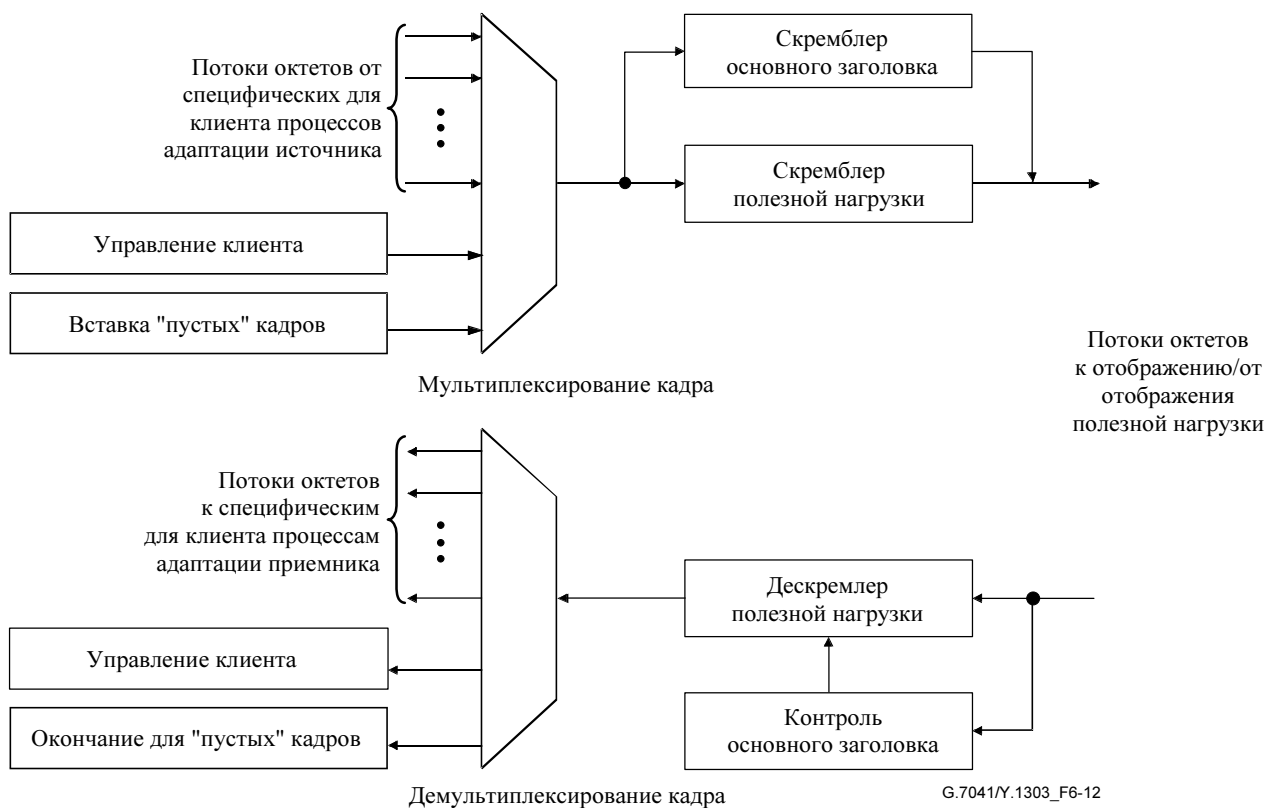


Рисунок 6-12/G.7041/Y.1303 – Общие (не зависящие от протокола) процедуры GFP

6.3.1 Алгоритм описания кадра GFP

GFP использует измененную версию контрольного алгоритма HEС, заданного в 7.3.3.2/1.432.1, для обеспечения описания кадра GFP. Алгоритм описания кадра, используемый в GFP, отличается от заданного в Рекомендации МСЭ-Т 1.432.1 в двух основных процедурах:

- алгоритм использует поле индикатора длины ПБД основного заголовка GFP для нахождения конца кадра GFP; и
- для вычисления поля HEС используется 16-битовый полином, и, следовательно, генерируется двухоктетное поле сHEС.

Описание кадра GFP формируется на основании корреляции между двумя первыми октетами кадра GFP и вложенным двухоктетным полем сHEС. На рисунке 6-13 показана диаграмма состояний для метода описания кадра GFP.

Диаграмма состояний действует следующим образом:

- В состоянии HUNT процесс GFP формирует описание кадра путем поиска "октет за октетом" правильно сформатированного основного заголовка в последовательности из четырех октетов, принятых последними. В этом состоянии исправление одиночных ошибок основного заголовка запрещено. Как только в полях-кандидатах PLI и сHEС обнаружено правильное совпадение с сHEС, идентифицируется кадр-кандидат GFP и процесс приема вводит состояние PRESYNC.
- В состоянии PRESYNC процесс GFP формирует описание кадра путем контроля "кадр за кадром" правильного совпадения с сHEС в предполагаемом основном заголовке следующего кадра-кандидата GFP. Поле PLI в основном заголовке предшествующего кадра GFP используется для нахождения следующего кадра-кандидата GFP. В этом состоянии исправление одиночных ошибок основного заголовка остается запрещенным. Процесс повторяется до тех пор, пока не будут подтверждены DELTA последовательных правильных сHEС; в этой точке процесс вводит состояние SYNC. Если обнаруживается неправильный сHEС, процесс возвращается в состояние HUNT. Полное количество последовательных

правильных сЧЕС, требующееся для перехода из состояния HUNT в состояние SYNC, равняется поэтому DELTA + 1.

- 3) В состоянии SYNC процесс GFP формирует описание кадра путем контроля правильного совпадения с сЧЕС в следующем кадре-кандидате GFP. Поле PLI в основном заголовке предшествующего кадра GFP используется для нахождения начала следующего кадра-кандидата GFP. В этом состоянии исправление одиночных ошибок основного заголовка разрешено. В любом случае, при обнаружении с помощью сЧЕС многобитовых ошибок, описание кадра теряется. В этом случае объявляется о событии "Потеря описания кадра GFP", процесс формирования кадров возвращается в состояние HUNT, и процессу адаптации клиента указывается о "Повреждении сигнала сервера" (SSF) клиента.
- 4) "Пустые" кадры GFP участвуют в процессе описания, а затем сбрасываются.

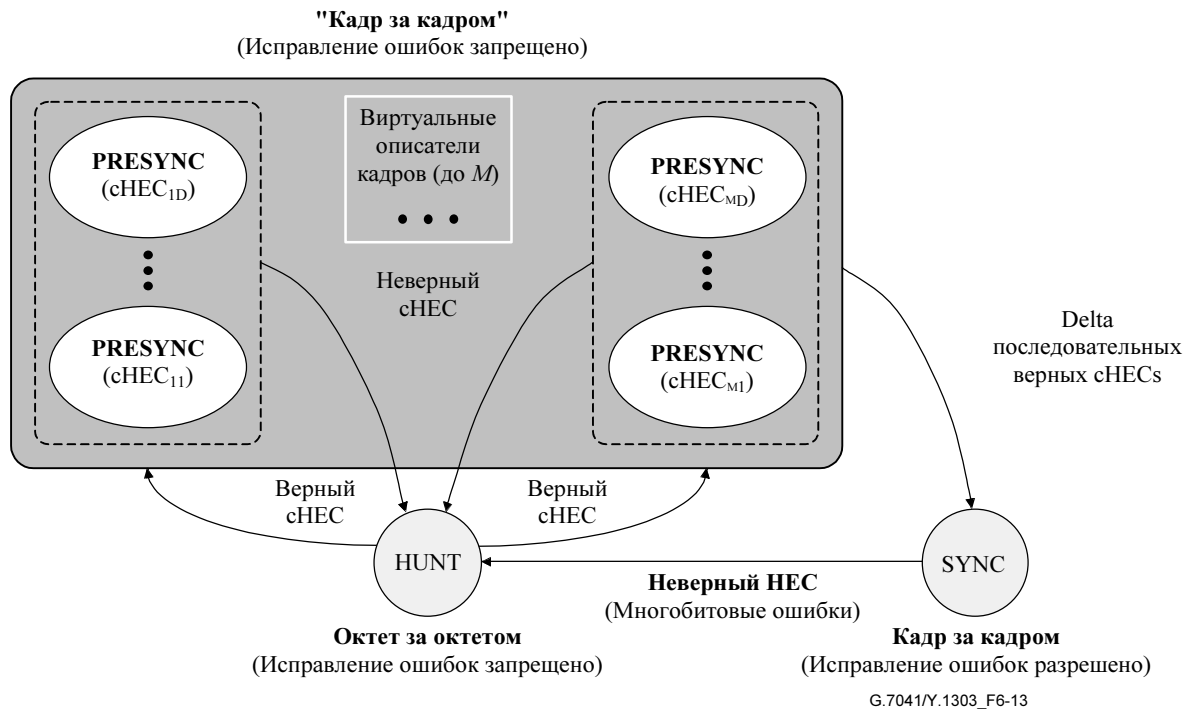


Рисунок 6-13/G.7041/Y.1303 – Диаграмма состояний описания кадра GFP

Устойчивость против неверного описания в процессе повторной синхронизации зависит от величины DELTA. Предлагается значение DELTA = 1.

Скорость выполнения описания кадра может быть повышена путем реализации нескольких "виртуальных описателей кадров", при этом процесс GFP остается в состоянии HUNT, а для каждого кадра-кандидата GFP, обнаруженного во входящем потоке октетов, порождается отдельное подсостояние PRESYNC, как показано на рисунке 6-13.

6.3.2 Мультиплексирование кадров

Кадры GFP из нескольких портов и от нескольких типов клиентов мультиплексируются по принципу кадр за кадром. Выбор алгоритмов планирования выходит за рамки данной Рекомендации.

Когда отсутствуют другие кадры GFP для передачи, должны вставляться "пустые" кадры GFP, тем самым обеспечивается непрерывный поток кадров для отображения в выровненный по октетам физический уровень.

6.3.3 Индикатор повреждения сигнала клиента

Если обнаруживается повреждение входного сигнала клиента, GFP обеспечивает общий механизм процесса адаптации для специфического в отношении клиента источника GFP, необходимый для передачи индикации "Повреждение сигнала клиента" (CSF) специфическому для клиента процессу адаптации приемника GFP на дальнем конце.

Правила обнаружения повреждений сигнала клиента по определению являются специфическими для клиента (см. разделы 7 и 8). После обнаружения процесс адаптации источника GFP должен генерировать кадр "Управление клиента" (PTI = 100). Подполе PFI устанавливается в 0 (нет FCS поля "Информация полезной нагрузки"), а подполе EXI устанавливается в значение подходящего типа заголовка расширения. Для двух типов CSF используют следующие значения поля UPI:

- Пропадание сигнала клиента (UPI = 0000 0001).
- Пропадание синхронизации по знакам клиента (UPI = 0000 0010).

После обнаружения состояния CSF специфическому для клиента процессу адаптации источника GFP следует посылать индикаторы CSF к специфическому для клиента процессу адаптации приемника GFP на дальнем конце каждые $100 \text{ мс} \leq T \leq 1000 \text{ мс}$, начиная со следующего кадра GFP. Промежуточными кадрами должны быть "пустые" кадры GFP.

После приема индикатора CSF процесс адаптации приемника клиента GFP объявляет о повреждении сигнала клиента в приемнике. Обработка повреждения обсуждается в 6.3.4.

Специфическому для клиента процессу адаптации источника GFP следует устранить состояние повреждения или:

- 1) после неудачного приема N индикаторов CSF за $N \times 1000$ мс (для N предложено значение 3); или
- 2) после приема действительного кадра данных клиента GFP.

Обработка неполных кадров GFP при наступлении события CSF должна соответствовать процедурам обработки ошибок, заданным в 8.3 для GFP с прозрачным отображением. Использование CSF с GFP с кадровым отображением оставлено для дальнейшего изучения.

6.3.4 Обработка неисправностей в GFP

На рисунке 6-14 показана причинная взаимосвязь между разными неисправностями, обнаруженными или индицированными процессом GFP. События "повреждение сигнала в тракте" (Trail Signal Fail, TSF) относятся к неисправностям, обнаруженным в транспортной сети СЦИ или OTN, как определено в Рекомендациях МСЭ-Т G.783 и G.798. События "повреждение сигнала сервера GFP" относятся к событиям "описание потери кадра GFP", как определено в конечном автомате GFP (6.3.1), или к распространению событий TSF к клиентам GFP. События CSF относятся к неисправностям, обнаруженным в сигнале клиента на входе (соединенном с дальним концом кадром управления клиента CSF) или на выходе (специфические для клиента дефекты отображения, такие как ошибки полезной нагрузки, см. разделы 7 и 8).

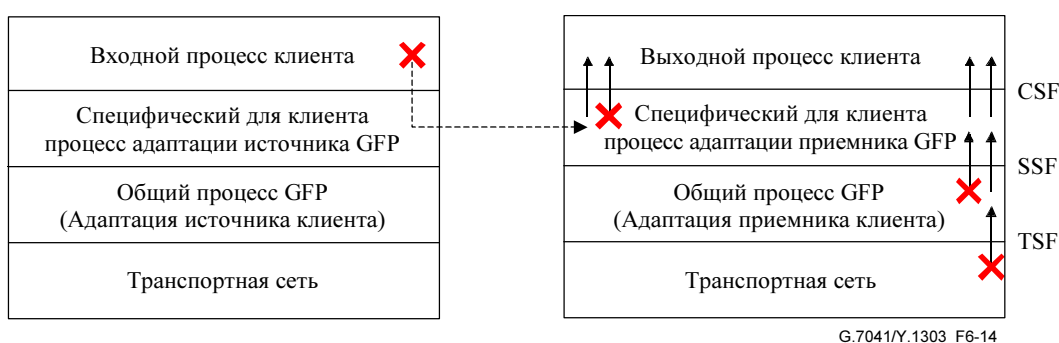


Рисунок 6-14/G.7041/Y.1303 – Передача поврежденного сигнала в GFP

После обнаружения события TSF или события "описание потери кадра GFP" процесс адаптации приемника GFP генерирует индикатор SSF GFP для своих специфических для клиента процессов адаптации приемника. Эти неисправности устраняются, как только процесс GFP восстанавливает синхронизацию канала.

После обнаружения событий CSF, отличных от индикатора CSF дальнего конца, специфическим для клиента процессам адаптации приемника GFP следует предпринять специфические для клиента (а также специфические для сервера) действия для устранения этих неисправностей.

7 Специфические для полезной нагрузки аспекты для GFP с кадровым отображением

В этом разделе описываются те аспекты общей инкапсуляции, которые являются специфическими для адаптации сигналов клиента с использованием покадрового отображения полезной нагрузки клиента в GFP.

7.1 Полезная нагрузка Ethernet MAC

Формат кадров Ethernet MAC определен в IEEE 802.3, раздел 3.1. Это отображение "один к одному" между ПБД более высокого уровня и ПБД GFP. Более точно, границы ПБД GFP выравниваются с границами кадрированных ПБД более высокого уровня. Эта взаимосвязь между кадрами Ethernet MAC и кадрами GFP показана на рисунке 7-1.

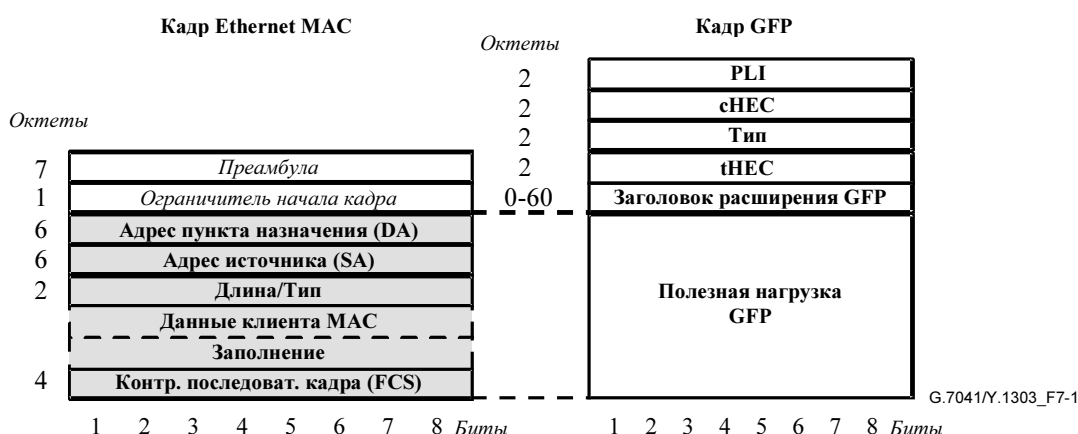


Рисунок 7-1/G.7041/Y.1303 – Взаимосвязи кадров Ethernet и GFP

7.1.1 Инкапсуляция Ethernet MAC

Октеты Ethernet MAC с адреса пункта назначения до контрольной последовательности кадра, включительно, помещаются в поле информации полезной нагрузки GFP. Выполняется выравнивание по октетам, а также идентификация битов внутри октетов. Более точно, по принципу "октет в октет", биты 0 и 7 в IEEE 802.3-2002, раздел 3, соответствуют битам 8 и 1 в данной Рекомендации GFP, соответственно.

7.1.2 Удаление и восстановление межпакетных интервалов (Inter-Packet Gap, IPG) Ethernet

Следующие правила применимы к удалению и восстановлению IPG Ethernet, когда клиент не является местным клиентом GFP с кадровым отображением:

- 1) IPG удаляются до обработки кадра Ethernet MAC процессом адаптации источника GFP и восстанавливаются после обработки кадра GFP процессом адаптации приемника GFP.
- 2) IPG удаляются, когда кадр Ethernet MAC извлекается из битового потока клиента. Извлеченный (декодированный) кадр Ethernet MAC передается затем процессу адаптации источника GFP для последующей инкапсуляции в кадр GFP.
- 3) IPG восстанавливаются после того, как кадр Ethernet MAC извлечен из кадра GFP окончательным элементом GFP. Извлеченный (некодированный) кадр Ethernet MAC передается затем уровню клиента для последующей обработки. IPG восстанавливаются так, чтобы между последовательно принимаемыми кадрами Ethernet MAC обеспечивалось достаточное число октетов, содержащих "пустую" комбинацию 00 hex (шестнадцатеричные), для выполнения минимальных требований IFG приемника. Минимальные требования IFG приемника установлены в IEEE 802.3, раздел 4.4.

7.2 Полезная нагрузка IP/PPP

Полезная нагрузка IP/PPP сначала инкапсулируется в HDLC-подобный кадр. Формат кадра PPP определен в IETF RFC 1661, раздел 2. Формат HDLC-подобного кадра определен в IETF RFC 1662, раздел 3. В отличие от RFC 1662, процедура вставки октетов не выполняется над знаками флага или

символа начала управляющей последовательности. Здесь имеет место отображение "один к одному" между ПБД PPP/HDLC более высокого уровня и ПБД GFP. Более точно, границы ПБД GFP выравняются с границами кадрированных ПБД PPP/HDLC более высокого уровня. Эта взаимосвязь между кадром PPP/HDLC и кадром GFP показана на рисунке 7-2.

Похожие клиенты, такие как MAPOS, отображаются тем же способом, что и кадры PPP.

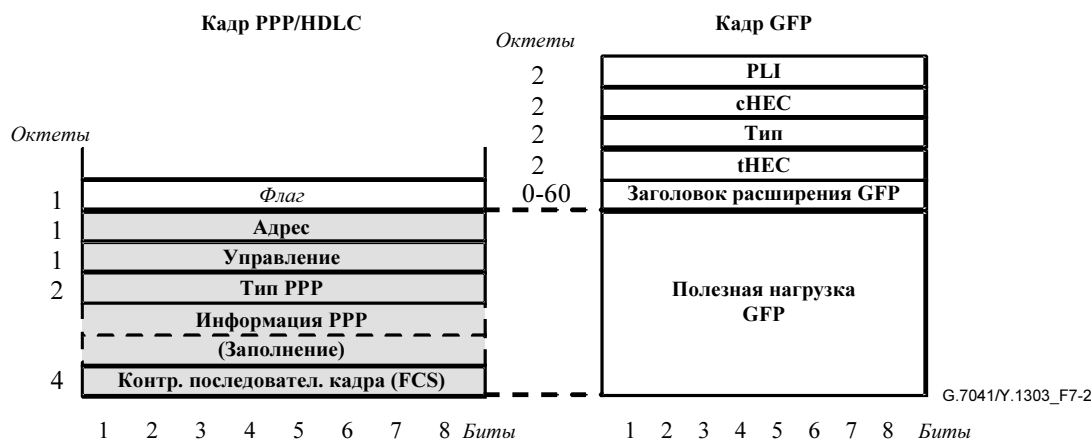


Рисунок 7-2/G.7041/Y.1303 – Взаимосвязи кадров PPP/HDLC GFP

7.2.1 Инкапсуляция кадра PPP

Все октеты из кадра PPP/HDLC, включая любое факультативное заполнение поля информации PPP, помещаются в поле информации полезной нагрузки кадра GFP. Выполняется выравнивание по октетам, а также идентификация битов внутри октетов. Биты 0 и 7 байта PPP/HDLC (см. ИСО/МЭК 3309) соответствуют битам 8 и 1 байта полезной нагрузки GFP, соответственно.

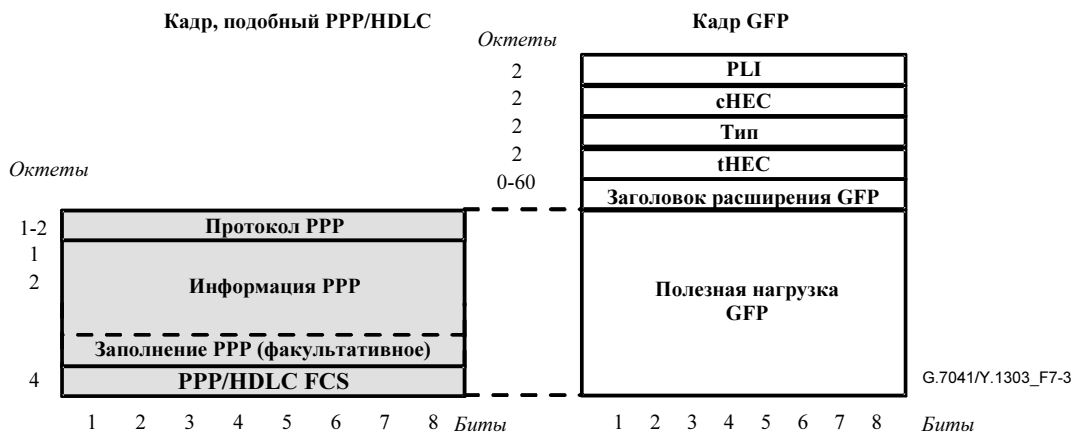
7.2.2 Взаимодействие описаний GFP/HDLC

GFP не использует для целей описания кадра знаки флага и соответствующий октет начала управляющей последовательности. При обработке кадров HDLC с октетной синхронизацией функцией взаимодействия GFP/HDLC применяются следующие правила:

- 1) Когда кадр PPP/HDLC извлекается из входящего потока октетов клиента, удаляются флаги и соответствующие октеты начала управляющей последовательности (как задано в RFC 1662, раздел 4.2). Извлеченный (декодированный) кадр PPP/HDLC передается затем процессу адаптации источника GFP для последующей инкапсуляции в кадр GFP.
- 2) GFP извлекает кадр PPP/HDLC из кадра GFP. Извлеченный (некодированный) кадр PPP/HDLC передается затем уровню клиента для последующей обработки. Знаки флагов и начала символа управляющей последовательности затем восстанавливаются посредством вставки знаков флага (например, шестнадцатеричный 0x7e) и знаков начала управляющей последовательности (например, шестнадцатеричный 0x7d), как задано в IETF RFC 1662, раздел 4.

7.2.3 Варианты конфигурации полезной нагрузки PPP

Варианты формата кадра, подобного PPP/HDLC, могут быть согласованы с использованием процедур вариантов конфигурации протокола Link Configuration Protocol (LCP), как определено в RFC 1661, раздел 6. Например, формат кадра GFP после успешного согласования варианта конфигурации "Сжатие поля адреса и управления" (Address-and-Control-Field-Compression, ACFC) показан на рисунке 7-3. Такие процедуры конфигурации являются специфическими для клиента и прозрачны для процесса GFP.



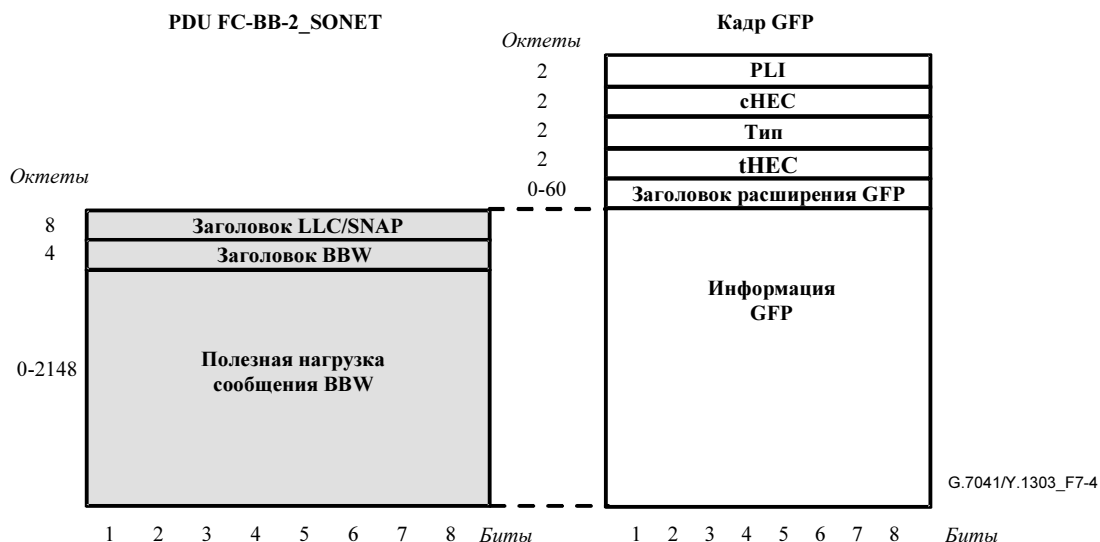
**Рисунок 7-3/G.7041/Y.1303 – Взаимосвязи кадров PPP/HDLC и GFP
(с вариантом конфигурации ACFC PPP)**

7.3 Полезная нагрузка волоконно-оптического канала через FC-BBW_SONET

Формат ПБД Broadband-2_SONET волоконно-оптического канала (FC-BBW_SONET) определен в ANSI INCITS 342-2001 (FC-BB), раздел 6. Для целей адаптации на базе GFP-F предусматривается отображение "один к одному" между ПБД волоконно-оптического канала и ПБД FC-BBW_SONET (в соответствии со спецификацией) и между ПБД FC-BBW_SONET и ПБД GFP (в соответствии с данной Рекомендацией). В данной Рекомендации задана взаимосвязь отображения только между ПБД FC-BBW_SONET и ПБД GFP.

7.3.1 Инкапсуляция ПБД FC-BB-2_SONET

Все октейты в ПБД FC-BBW_SONET, начиная с LLC/SNAP_Header до полезной нагрузки сообщения BBW, включительно, помещаются в поле информации полезной нагрузки кадра GFP. Внутри ПБД GFP обеспечивается как выравнивание по октейтам, так и идентификация битов внутри октейтов. Структура BBW_Header и полезной нагрузки сообщения BBW (если имеется) для ПБД FC-BBW_SONET задана в ANSI INCITS 342-2001. Эта взаимосвязь между кадрами FC-BBW_SONET и кадрами GFP показана на рисунке 7-4.



**Рисунок 7-4/G.7041/Y.1303 – Взаимосвязи Broadband-2 SONET волоконно-оптического канала
(FC-BBW_SONET) и кадра GFP**

7.4 Обработка ошибок в GFP с кадровым отображением

На входе должны быть сброшены ПБД, ошибки в которых были обнаружены процессом адаптации источника клиента до передачи. ПБД, ошибки в которых были обнаружены процессом адаптации источника клиента во время передачи, должны быть заполнены битовой последовательностью из единиц и переданы с FCS полезной нагрузки (если присутствует), которая содержит дополнение всех 32 битов. Эти действия гарантируют, что процесс завершения GFP или окончание клиента сбросят ПБД, содержащие ошибки.

7.5 Полезная нагрузка IEEE 802.17 RPR

Отображение этой полезной нагрузки изучается.

8 Специфические для полезной нагрузки аспекты прозрачного отображения клиентов 8B/10B в GFP

Прозрачное отображение полезных нагрузок 8B/10B в GFP предназначено для содействия транспортировке сигналов клиентов с блочным кодированием 8B/10B для сценариев, требующих очень малой задержки передачи. Примеры таких сигналов клиентов включают волоконно-оптический канал, ESCON, FICON и Gigabit Ethernet. Вместо накопления отдельного кадра данных клиента в его собственном кадре GFP отдельные знаки сигнала клиента отображаются обратно из блочных кодов клиента, а затем отображаются в периодические кадры GFP постоянной длины. Отображение происходит независимо от того, является ли знак клиента данными или знаком управления, который тем самым сохраняет управляющие коды 8B/10B клиента. Прозрачная GFP не устраняет мультиплексирование кадра.

8.1 Общие аспекты GFP-T

Кадр прозрачной GFP имеет ту же самую структуру кадра, что и GFP с кадровым отображением, включая требующийся заголовок полезной нагрузки. FCS полезной нагрузки является факультативной. Формат кадра прозрачной GFP приведен на рисунке 8-1.



Рисунок 8-1/G.7041/Y.1303 – Формат кадра прозрачной GFP

8.1.1 Адаптация сигналов клиента 8B/10B через блочные коды 64B/65B

Как показано в функциональной модели на рисунке 2, первым этапом процесса адаптации клиента является декодирование физического уровня сигнала клиента. Для линейных кодов 8B/10B принятый

10-битовый знак декодируется в свое первоначальное 8-битовое значение, если он является кодовым словом данных 8В/10В, или в знак управления, если он является кодовым словом управления 8В/10В. Кодовые слова управления 8В/10В отображаются в один из 16 возможных 4-битовых индикаторов кода управления для 8-битовых знаков управления, доступных в прозрачной GFP. (См. таблицу 8-1.)

Таблица 8-1/G.7041/Y.1303 – Отображение между знаками управления 8В/10В и индикаторами кода управления 64В/65Вrs

ИМЯ	Значение октета	Кодовое слово 10В (RD-) abcdei fghj	Кодовое слово 10В (RD+) abcdei fghj	4-битовое отображение 64В/65В
/К28.0/	1С	001111 0100	110000 1011	0000
/К28.1/	3С	001111 1001	110000 0110	0001
/К28.2/	5С	001111 0101	110000 1010	0010
/К28.3/	7С	001111 0011	110000 1100	0011
/К28.4/	9С	001111 0010	110000 1101	0100
/К28.5/	ВС	001111 1010	110000 0101	0101
/К28.6/	DC	001111 0110	110000 1001	0110
/К28.7/	FC	001111 1000	110000 0111	0111
/К23.7/	F7	111010 1000	000101 0111	1000
/К27.7/	FB	110110 1000	001001 0111	1001
/К29.7/	FD	101110 1000	010001 0111	1010
/К30.7/	FE	011110 1000	100001 0111	1011
10В_ERR	01	Нераспознанный RD-	Нераспознанный RD+	1100
65В_PAD	02	Нет	Нет	1101
Резервное	03	Нет	Нет	1110
Резервное	04	Нет	Нет	1111

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В то время, как должны поддерживаться все 256 знаков данных, только 12 специальных кодовых слов управления 8В/10В распознаются и используются для знаков управления 64В/65В в Gigabit Ethernet, волоконно-оптическом канале, FICON и ESCON. Следовательно, сжатие специальных кодовых слов управления 8В/10В в 4-битовые значения возможно без ограничения сигналов клиента или организации специфической для протокола обработки кодовых слов управления 8В/10В.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Процесс перекодирования не имеет никакой информации о значении слов управления или упорядоченных наборов. Он просто выполняет общее перекодирование слов данных и управления в блоки 65В. Не требуется знания начала кадра, конца кадра, ошибок, "пустых" символов, кодов управления, упорядоченных наборов и т.п.

Затем декодированные знаки 8В/10В отображаются в 64-битовый/65-битовый (64В/65В) блочный код. Структура блочного кода 64В/65В показана на рисунке 8-2. Начальный бит 65-битового блока, бит "Флаг" указывает, содержит ли блок только 8-битовые знаки данных 64В/65В или в этом блоке присутствуют также знаки управления клиента. (Бит "Флаг" = 0 указывает, что присутствуют только октеты данных, а бит "Флаг" = 1 указывает, что в блоке имеется по меньшей мере один октет управления). Знаки управления клиента, которые отображены в 8-битовые знаки управления 64В/65В, помещаются в начале 64-битовой полезной нагрузки блока, если они присутствуют в этом блоке. Первый бит знака управления 64В/65В содержит бит флага "последний знак управления" (LCC), который указывает, когда этот знак управления только один в данном блоке (LCC = 0) или когда имеется другой знак управления в следующем октете (LCC = 1). Следующие три бита содержат "локатор кода управления" (Control Code Locator), который указывает первоначальное место знака кода управления 8В/10В в последовательности восьми знаков клиента, содержащихся в блоке. Последние 4 бита, "индикатор кода управления" (Control Code Indicator), являются 4-битовым представлением знака кода управления 8В/10В. Явное отображение знаков кода управления 8В/10В в 4-битовые коды управления задано в таблице 8-1. Коды управления отображаются в байты полезной

нагрузки кода 64В/65В в том порядке, в котором они были приняты. Следует отметить, что в результате адреса кодов управления aaa-hhh на рисунке 8-2 будут в возрастающем порядке.

Входные знаки клиента	Бит "Флаг"	64-битовое (8-октетное) поле							
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
Все данные	0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
7 – данные, 1 – управление	1	0 aaa C1	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
6 – данные, 2 – управление	1	1 aaa C1	0 bbb C2	D1	D2	D3	D4	D5	D6
5 – данные, 3 – управление	1	1 aaa C1	1 bbb C2	0 ccc C3	D1	D2	D3	D4	D5
4 – данные, 4 – управление	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	0 ddd C4	D1	D2	D3	D4
3 – данные, 5 – управление	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	0 eee C5	D1	D2	D3
2 – данные, 6 – управление	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	0 fff C6	D1	D2
1 – данные, 7 – управление	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	1 fff C6	0 ggg C7	D1
8 – управление	1	1 aaa C1	1 bbb C2	1 ccc C3	1 ddd C4	1 eee C5	1 fff C6	1 ggg C7	0 hhh C8

– Начальный бит октета управления (LCC) = 1, если есть еще октеты управления, и = 0, если этот октет полезной нагрузки содержит последний октет управления в этом блоке

– aaa = 3-битовое представление первоначальной позиции 1-го кода управления (1-й локатор кода управления)

– bbb = 3-битовое представление первоначальной позиции 2-го кода управления (2-й локатор кода управления)

...

– hhh = 3-битовое представление первоначальной позиции 8-го кода управления (8-й локатор кода управления)

– Ci = 4-битовое представление i-го кода управления (индикатор кода управления)

– Di = 8-битовое представление i-го значения данных в порядке передачи

Рисунок 8-2/G.7041/Y.1303 – Прозрачные компоненты кода GFP 64В/65В (фактическую структуру суперблока см. на рисунке 8-3)

Например, если в блоке имеется один знак управления 64В/65В и он был первоначально помещен между кодовыми словами D2 and D3 данных 8В/10В, то первый октет блока 64В/65В будет содержать 0.010.C1. Значение 0 LCC указывает, что этот знак управления 64В/65В является последним в этом блоке, а значение aaa = 010 указывает позицию C1 между D2 и D3. В устройстве обратного отображения знаки данных 64В/65В отображаются обратно в 8-битовые октеты данных, а затем кодируются обратно в кодовые слова данных 8В/10В. Для знаков управления 64В/65В четырехбитовые индикаторы кода управления отображаются обратно в соответствующие кодовые слова управления 8В/10В с их позициями внутри первоначального потока знаков, восстановленными на основании трехбитового локатора кода управления.

8.1.1.1 Код 10В_ERR

Некоторые повреждения сигнала клиента могут породить на входе процесса адаптации источника GFP кодовые слова 8В/10В, которые не могут быть распознаны процессом адаптации 64В/65В (например, нарушение сигнала клиента, запрещенное кодовое слово 8/10В или разрешенное кодовое слово с динамической ошибкой "разбаланса", см. 8.2). Для сообщения о таких повреждениях сигнала клиента, как "нераспознанное кодовое слово 8В/10В", предусмотрен специальный знак управления 64В/65В, код 10В_ERR.

При восстановлении сигнала клиента на выходе из транспортной сети рекомендуется производить в устройстве обратного отображения типовое перекодирование принятых кодов 10В_ERR в недействительный знак передачи 001111 0001 (RD–) или 110000 1110 (RD+) (постоянные, запрещенные кодовые слова 8В/10В с нейтральным разбалансом, содержащие переход как внутри первых трех битов, так и внутри последних трех битов кодового слова), в зависимости от динамического разбаланса (другие соображения о специфических для клиента динамических

разбалансах см. в 8.2.3). Хотя фактическое значение нераспознанного кодового слова 8B/10B не сохраняется, сохраняются регистрация наличия и позиция повреждения сигнала клиента.

В дополнение к рекомендуемому недействительному знаку передачи (структура которого минимизирует возможное порождение смещенных запятых при комбинировании с соседними знаками), события 10B_ERR могут быть также отображены обратно в альтернативные недействительные знаки передачи с обеспечением соответствия этих альтернативных недействительных знаков передачи всем правилам кодирования 8B/10B, нейтрального разбаланса и содержания минимум одного перехода как внутри первых четырех битов, так и внутри последних четырех битов кодового слова.

8.1.1.2 Вставка кода 65B_PAD и кадров управления клиента GFP

Так как приложение прозрачной GFP требует, чтобы доступный тракт (канал) имел пропускную способность, по меньшей мере равную базовой (предкодирования) скорости передачи данных сигнала клиента, то входной приемный буфер в устройстве отображения будет регулярно недогружен. Если в данный момент передается кадр прозрачной GFP и отсутствуют готовые к передаче устройством отображения прозрачной GFP знаки клиента, то устройство отображения вставляет знак заполнения 65B_PAD. Знак заполнения отображается в кадр GFP так же, как знак управления, и распознается и удаляется устройством обратного отображения GFP. Специфические для клиента сообщения по обработке кода 65B_PAD приведены в 8.4.1.

Кадры данных клиента передаются с приоритетом по отношению к кадрам управления клиента. Если имеется для передачи кадр управления клиента GFP и входящий буфер почти пуст (например, если во время текущего кадра данных клиента был передан знак 65B_PAD), то кадр управления клиента может быть передан после текущего кадра данных клиента. Для обеспечения малой задержки рекомендуется, чтобы в канале с надлежащей пропускной способностью между кадрами данных клиента передавался только одиночный кадр управления клиента. Также рекомендуется, чтобы в кадрах управления клиента, используемых с прозрачной GFP, величина поля информации полезной нагрузки была ограничена значением восемь байт или менее. Следует отметить, что малая задержка может быть также обеспечена за счет увеличения пропускной способности канала, чтобы сделать возможным обмен дополнительными кадрами управления клиента.

8.1.2 Адаптация в GFP блоков кода 64B/65B

Для сохранения выравнивания по октетам сигнала прозрачной GFP с транспортным кадром СЦИ/ODUk первым этапом процесса адаптации является группирование восьми кодов 64B/65B в суперблок, как показано на рисунке 8-3. Начальные биты (флаг) каждого из восьми кодов 64B/65B группируются вместе в первом конечном октете. Шестнадцать битов последних двух конечных октетов используются для обнаружения ошибок ЦПИ-16 в битах этого суперблока.

Октет 1, 1							
Октет 1, 2							
Октет 1, 3							
.							
.							
.							
Октет 8, 7							
Октет 8, 8							
L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
ЦПИ-1	ЦПИ-2	ЦПИ-3	ЦПИ-4	ЦПИ-5	ЦПИ-6	ЦПИ-7	ЦПИ-8
ЦПИ-9	ЦПИ-10	ЦПИ-11	ЦПИ-12	ЦПИ-13	ЦПИ-14	ЦПИ-15	ЦПИ-16
где:	Октет j, k – k-й октет j-го кода 64B/65B в суперблоке						
	Lj – начальный бит (флаг) j-го кода 64B/65B в суперблоке						
	ЦПИ-i – i-й бит обнаружения ошибки, где ЦПИ-1 – младший значащий бит (MSB) в ЦПИ						

Рисунок 8-3/G.7041/Y.1303 – Структура суперблока для отображения компонентов кода 64B/65B в кадр GFP

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для минимизации задержки устройство отображения прозрачной GFP может начать передавать данные сразу же, как только в группе сформирован первый код 64В/65В, а не дожидаться формирования полного суперблока.

Если предположить, что FCS полезной нагрузки и заголовок нулевого расширения отсутствуют, то результирующая длина кадра GFP равняется $[N \times ((65 \times 8) + 16) + (8 \times 8)]$ битов, где N – количество суперблоков в кадре GFP. Значение N зависит от основной скорости сигнала клиента при отсутствии кодирования и от пропускной способности транспортного канала. Предлагаемые пропускные способности канала, виртуально объединяемые СЦИ, и соответствующие минимальные значения для N приведены в Добавлении IV. Предлагаемые пропускные способности канала для других транспортных трактов оставлены для дальнейшего изучения. Минимальное значение N зависит от скорости данных сигнала клиента, количества октетов заголовка в кадре GFP (например 8 при отсутствии факультативной FCS полезной нагрузки и заголовка нулевого расширения) и от размера конверта полезной нагрузки, как показано в Добавлении IV. Более точно, N_{\min} должен быть выбран таким образом, чтобы для самой высокой допустимой скорости тактовых импульсов клиента и для самой низкой допустимой скорости тактовых импульсов СЦИ/OTN время, требующееся для передачи кадра GFP, содержащего $N \times 8 \times 8$ знаков клиента, было меньше, чем время, за которое клиент может доставить эти $N \times 8 \times 8$ знаков устройству отображения GFP.

Следует отметить, что по желанию N может быть сконфигурировано в соответствии с требованиями к резервной пропускной способности для транспортировки кадров управления клиента. См. Добавление IV.

8.1.2.1 Защита от ошибок при прозрачной GFP

16 битов защиты от ошибок в суперблоке (см. рисунок 8-3) содержат код обнаружения ошибок ЦПИ-16 для 536 битов этого суперблока. Если устройство обратного отображения обнаруживает ошибку, оно должно вывести знаки ошибки 10В или нераспознанные знаки 10В вместо всех знаков клиента, содержащихся в этом суперблоке. Знаки ошибки и нераспознанные знаки описываются для ошибок разбаланса в специфических для клиента аспектах (см. 8.2). Эта замена гарантирует, что приемник клиента будет способен обнаружить наличие ошибки.

Порождающий полином для ЦПИ-16 имеет вид $G(x) = x^{16} + x^{15} + x^{12} + x^{10} + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$, со значением инициализации, равным нулю, где x^{16} соответствует MSB, а x^0 – МЗБ. ЦПИ суперблока генерируется процессом адаптации приемника с использованием следующих этапов:

- 1) Первые 65 октетов суперблока берутся в порядке следования октетов в сети (см. рисунок 8-3), с первым старшим значащим битом, для формирования 520-битовой комбинации, представляющей коэффициенты полинома $M(x)$ 519-й степени.
- 2) $M(x)$ умножается на x^{16} и делится (по модулю 2) на $G(x)$, получается остаток $R(x)$ 15-й или меньшей степени.
- 3) Коэффициенты $R(x)$ рассматриваются как 16-битовая последовательность, в которой x^{15} является старшим значащим битом.
- 4) Эта 16-битовая последовательность представляет собой ЦПИ-16.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Возможно также исправление одиночных ошибок с помощью этого ЦПИ-16. Однако, поскольку процесс адаптации приемника выполняет обнаружение ЦПИ-16 после выполнения дескремблирования полезной нагрузки, то схема исправления ошибок должна учитывать одиночные ошибки, а также отдельно двойные ошибки, разнесенные на 43 бита на выходе дескремблера.

Процесс адаптации приемника выполняет этапы 1-3 точно так же, как процесс адаптации источника. При отсутствии ошибок по битам остаток должен быть равен 0000 0000 0000 0000.

8.2 Динамический разбаланс в кодах 64В/65В

Кодовые слова 8В/10В предназначены для обеспечения безошибочной передачи посредством поддержания баланса постоянного тока, обеспечения значащих переходов для восстановления тактовых импульсов и ограничения длин серий последовательных 1 или 0. Баланс постоянного тока измеряется от кодового слова к кодовому слову посредством отслеживания "динамического разбаланса". Динамический разбаланс или положителен (единиц передано больше, чем нулей), или отрицателен (нулей передано больше, чем единиц).

Для поддержания баланса постоянного тока в кодовых словах 8В/10В для каждого 8-битового знака данных и для каждого из 12 распознаваемых "специальных знаков управления" имеются по две 10-битовые кодировки. В зависимости от текущего динамического разбаланса кодер 8В/10В выбирает для передачи следующего знака данных или управления одну из двух кодировок, чтобы инвертировать динамический разбаланс или поддерживать его неизменным. Точнее, новое кодовое слово меняет динамический разбаланс с отрицательного значения на положительное, если было больше нулей, чем единиц, и с положительного значения на отрицательное, если было больше единиц, чем нулей, или поддерживает динамический разбаланс неизменным, если было равное число единиц и нулей.

Ошибки по битам при передаче могут в принятом кодовом слове 8В/10В создать неправильное значение для текущего начального состояния динамического разбаланса. В этих случаях происходит обнаружение ошибки динамического разбаланса. Независимо от действительности принятого знака, принятый знак передачи должен использоваться для вычисления нового значения динамического разбаланса. Новое значение должно использоваться в качестве действующего в данный момент динамического разбаланса приемника для следующего принятого знака.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Ошибки по битам при передаче также могут так подействовать на кодовое слово, что оно будет принято с правильным разбалансом, и поврежденное, однако разрешенное кодовое слово 8В/10В подействует так, что позднее в некотором кодовом слове без ошибок будет обнаружена ошибка динамического разбаланса. В некоторых случаях созданы специфические для протокола правила динамического разбаланса для гарантирования того, чтобы каждый пакет данных начинался или заканчивался с определенным разбалансом, так что ошибки не будут распространяться по пакетам данных.

8.2.1 Обработка динамического разбаланса на входе

На входе первоначальный динамический разбаланс после включения, сброса или перехода из фазы пропадания сигнала или пропадания синхронизации кодового слова может предполагаться положительным или отрицательным.

Поиск совпадения с принятым знаком 10В производится в соответствующей колонке RD+ или RD– кодовой таблицы действительных кодовых слов 8В/10В, в зависимости от текущего начального динамического разбаланса. Если совпадение не найдено, то обнаружено запрещенное кодовое слово или разрешенное кодовое слово с ошибкой динамического разбаланса. Оба эти варианта считаются нарушениями кода 8В/10В и заменяются в процессе отображения 64В/65В кодом 10В_ERR.

8.2.2 Обработка динамического разбаланса на выходе

На выходе первоначальный динамический разбаланс после включения, сброса или перехода из фазы пропадания сигнала или пропадания синхронизации кодового слова должен считаться отрицательным.

Реализации прозрачной транспортировки должны генерировать правильный динамический разбаланс, используя любые применимые специфические для протокола правила. В 8.2.3 приведены ссылки на стандарт(ы), которые определяют применимые в каждом конкретном случае правила обработки разбаланса для протокола.

Коды 10В_ERR перекодируются в сигналы клиента или в качестве нераспознанного кодового слова с действительным динамическим разбалансом или в качестве специфической для протокола ошибки, зависящей от протокола, как описывается в 8.2.3.

8.2.3 Специфические для клиента аспекты динамического разбаланса

В этом разделе описываются специфические для клиента правила динамического разбаланса для каждого из идентифицированных поддерживаемых протоколов клиента 8В/10В.

8.2.3.1 Полезная нагрузка волоконно-оптического канала

Правила динамического разбаланса для волоконно-оптического канала находятся в документе ANSI X3.230-1994, "Волоконно-оптический канал – Физический интерфейс и интерфейс сигнализации (FC-PH)", редакция 4.3, раздел 11. В дополнение к "общим" правилам динамического разбаланса, заданным в разделе 11.2, в разделе 11.4 специфические для волоконно-оптического канала правила содержат две версии каждого из упорядоченных наборов EOF и обязуют использовать их для обеспечения достижения отрицательного динамического разбаланса после обработки последнего знака упорядоченного набора EOF. Упорядоченные наборы, определенные для базисных сигналов и базисных последовательностей, сохраняют этот отрицательный разбаланс, обеспечивая, чтобы упорядоченные наборы, связанные с разделителями SOF, базисными сигналами и базисными последовательностями, тоже передавались всегда с отрицательным начальным динамическим разбалансом. Это ограничение позволяет удалять из кодированного потока битов и добавлять в него

"пустые" слова волоконно-оптического канала по одному слову за один раз без изменения начального динамического разбаланса.

Для предотвращения объявления недействительными последующих действительных кадров волоконно-оптического канала должен генерироваться знак K28.5, связанный со всеми упорядоченными наборами, исключая EOF, в предположении начального отрицательного динамического разбаланса. Если предыдущая ошибка передачи вызвала неверный EOF для текущего динамического разбаланса, то следующий упорядоченный набор должен генерироваться с RD–K28.5, который делает отрицательным конечный динамический разбаланс. В результате ошибки передачи не приводят к распространению между кадрами ошибки динамического разбаланса.

Для "прозрачной транспортировки" полезных нагрузок волоконно-оптического канала 10B_ERR должен быть перекодирован в нераспознаваемое кодовое слово 10B с нейтральным разбалансом, зависящее от начального динамического разбаланса (RD–) или (RD+), согласно правилам, описанным в 8.1.1.1.

8.2.3.2 Полезная нагрузка ESCON

Правила динамического разбаланса для ESCON находятся в документе ANSI X3.296-1997, "Информационная технология – Архитектура соединения с однобайтовыми наборами командных кодов (SBCON)", раздел 6.2.2. Так как ESCON не определяет код ошибки для замены при нарушениях кода на выходе, 10B_ERR должен быть перекодирован в нераспознаваемое кодовое слово 10B с нейтральным разбалансом, зависящее от начального динамического разбаланса (RD–) или (RD+), согласно правилам, описанным в 8.1.1.1.

8.2.3.3 Полезная нагрузка FICON

Для целей отображения в прозрачную GFP правила динамического разбаланса для FICON идентичны правилам, определенным для волоконно-оптического канала в документе ANSI X3.230-1994, редакция 4.3.

8.2.3.4 Полезная нагрузка Gigabit Ethernet

Правила динамического разбаланса Gigabit Ethernet можно найти в документе IEEE 802.3-2002, раздел 36.2.4. Обеспечиваются две кодировки "Пусто", обозначаемые как /I1/ и /I2/. Первая /I/, следующая за пакетом или за упорядоченным набором "Конфигурация", восстанавливает отрицательное значение текущего динамического разбаланса. Все последующие /I/ являются /I2/ для обеспечения отрицательного конечного динамического разбаланса. Это ограничение делает возможными вставку/удаление одиночных /I2/ для адаптации скорости без изменения начального динамического разбаланса, связанного с кодовой группой, следующей за вставленным или удаленным /I2/.

Для обеспечения начального отрицательного динамического разбаланса для каждого SOF, все "пустые" /I2/ следует генерировать с RD– K28.5, обеспечивая начальный отрицательный динамический разбаланс для следующего "Пусто" или SOF.

В соответствии с разделом 36.2.4.16 документа IEEE 802.3-2002, ошибки динамического разбаланса, обнаруженные на входе (и замененные кодовым словом 10B_ERR в процессе кодирования 64B/65B) следует заменить кодовым словом /V/ (K30.7), имеющим правильный разбаланс на выходе. Как вариант также допускается перекодирование принятого 10B_ERR в одно из следующих нераспознаваемых кодовых слов 10B с нейтральным разбалансом, в зависимости от начального динамического разбаланса: 001111 0001 (RD–) или 110000 1110 (RD+). Как вариант также допускается перекодирование принятого 10B_ERR в нераспознаваемое кодовое слово 10B с нейтральным разбалансом в зависимости от начального динамического разбаланса (RD–) или (RD+), следуя правилам, описанным в 8.1.1.1.

Следует отметить, что такое факультативное введение отображенных обратно кодов 10B_ERR в поток данных приемлемо только в том случае, если в присоединенной системе Ethernet не используется регистрация ошибок для поддержки эксплуатации системы.

8.2.3.5 Полезная нагрузка DVB ASI

Аспекты динамического разбаланса отображения DVB ASI в GFP соответствуют стандарту на волоконно-оптический канал, который можно найти в документе ANSI X3.230-1994, "Волоконно-оптический канал – Физический интерфейс и интерфейс сигнализации (FC-PH)", редакция 4.3, раздел 11. На выходе, в зависимости от начального динамического разбаланса (RD–) или (RD+), 10B_ERR должен быть перекодирован в нераспознаваемое кодовое слово 10B с нейтральным разбалансом, следуя правилам, описанным в 8.1.1.1.

8.3 Аспекты повреждения специфического для клиента сигнала

Когда прозрачное отображение GFP обнаруживает на входе неисправность сигнала клиента, оно может послать индикатор "Повреждение сигнала клиента" (CSF), как описывается в 6.3.3. Состояния повреждения сигнала клиента включают, как минимум, пропадание синхронизации 8B/10B и, в некоторых случаях, пропадание сигнала. Другие зависящие от реализации индикаторы поврежденного сигнала клиента (например пропадание тактовых импульсов в интерфейсе между интегральными схемами) могут быть закодированы как повреждение сигнала клиента.

Так как сигналы клиента поступают в форме непрерывного последовательного потока 10-битовых знаков, необходимо установить синхронизацию по кодовым словам. Информацию, необходимую для установления и поддержания синхронизации по кодовым словам, обеспечивают специальные знаки, содержащие ограничитель "запятая". В то время, как во всех сигналах клиента 8B/10B используется один и тот же метод синхронизации по битам, условия для обнаружения и устранения пропадания синхронизации 8B/10B являются специфическими для протокола и определены в следующих разделах, посвященных конкретным протоколам.

Неисправности уровня сервера в самом процессе GFP, в процессе адаптации 64B/65B или в транспортной сети могут вызвать отправку индикатора CSF процессу адаптации клиента.

Если CSF появился внутри кадра данных клиента GFP, то остальные блоки 64B/65B этого кадра должны быть заполнены кодами 10B_ERR. На дальнем конце эти коды должны быть декодированы как ошибки.

На дальнем конце транспортной сети прозрачно транспортируемые сигналы клиента должны быть восстановлены и выведены с использованием алгоритма, соответствующего требованиям к физическому и кодовому интерфейсам, специфическим для каждого протокола. В следующих разделах, посвященных конкретным протоколам, определены действия, которые должны быть выполнены на выходе сигнала клиента в ответ на принятый индикатор "Повреждение сигнала клиента" или на любые нарушения адаптации или транспортировки, которые делают невозможным извлечение сигнала клиента.

8.3.1 Полезная нагрузка волоконно-оптического канала

8.3.1.1 Пропадание света (LOL) в волоконно-оптическом канале

"Пропадание сигнала в волоконно-оптическом канале" является вариантом, зависящим от реализации. При его поддержке применимые требования к "Пропаданию света" (Loss of Light) и "Обнаружению сигнала" (Signal Detect) можно найти в разделах 5.6, 6.2.3.2 и H.10 документа ANSI X3.230-1994, "Волоконно-оптический канал – Физический интерфейс и интерфейс сигнализации (FC-PH)", редакция 4.3.

Другие зависящие от реализации индикаторы поврежденного сигнала клиента (например пропадание тактовых импульсов от SerDes) могут быть закодированы как "повреждение сигнала клиента".

8.3.1.2 Пропадание синхронизации 8B/10B волоконно-оптического канала

Состояния волоконно-оптического канала для объявления установления/пропадания синхронизации по кодовым словам 8B/10B заданы в разделе 12.1 документа ANSI X3.230-1994.

8.3.1.3 Выходной сигнал волоконно-оптического канала, вызывающий повреждение входа или транспортировки сигнала

Так как целью отображения прозрачной GFP является транспортировка сигналов клиента с максимально возможной прозрачностью, то неприемлемым является выполнение процедур инициализации канала или восстановления канала на выходе в связи с повреждением сигнала клиента или нарушениями транспортировки. Рекомендуется, чтобы выходной передатчик волоконно-оптического канала непрерывно выводил декодирование нейтрального разбаланса для 10B_ERR, форсировал обнаружение потери синхронизации и соответствующие действия в приемнике входящего потока волоконно-оптического канала. В качестве альтернативы, выходной передатчик может генерировать базисный сигнал Not_Operational из раздела 16.4.2 of ANSI X3.230-1994.

Если состояние CSF продолжает существовать, процесс адаптации клиента может ничего не передавать, форсировать обнаружение потери синхронизации (LOS) и соответствующие действия в приемнике входящего потока волоконно-оптического канала.

8.3.2 Полезная нагрузка ESCON

8.3.2.1 Пропадание сигнала (LOS) ESCON

Требования к обнаружению оптического пропадания сигнала заданы в документе ANSI X3.296-1997, "Информационная технология – Архитектура соединения с однобайтовыми наборами командных кодов (SBCON)", разделы 5.2 и 5.3 для многомодового и одномодового интерфейсов, соответственно.

8.3.2.2 Пропадание синхронизации 8B/10B ESCON

Состояния ESCON для объявления установления или пропадания синхронизации по кодовым словам 8B/10B заданы в документе ANSI X3.296-1997, раздел 7.1.

8.3.2.3 Выходной сигнал ESCON при повреждении сигнала на входе или транспортного сигнала

Так как целью отображения прозрачной GFP является транспортировка сигналов клиента с максимально возможной прозрачностью, то неприемлемым является выполнение процедур инициализации канала или восстановления канала на выходе в связи с повреждением сигнала клиента или нарушениями транспортировки. Рекомендуется, чтобы выходной передатчик ESCON непрерывно выводил декодирование нейтрального разбаланса для 10B_ERR, форсировал обнаружение потери синхронизации и соответствующие действия в приемнике входящего потока ESCON. В качестве альтернативы, выходной передатчик может генерировать "нерабочую (Not-operational) последовательность" согласно 7.4.2 документа ANSI X3.296-1997.

Если состояние CSF продолжает существовать, процесс адаптации клиента может ничего не передавать, форсировать обнаружение потери синхронизации (LOS) и соответствующие действия в приемнике входящего потока ESCON.

8.3.3 Полезная нагрузка FICON

Требования к обработке CSF для FICON идентичны требованиям для волоконно-оптического канала, как задано в документе ANSI X3.230-1994, редакция 4.3.

8.3.4 Полезная нагрузка дуплексного Gigabit Ethernet

8.3.4.1 Пропадание сигнала Gigabit Ethernet

Требования к обнаружению сигнала, зависящего от физической среды (PMD) Gigabit Ethernet, заданы в разделах 38.2.4 и 39.2.3 документа IEEE 802.3-2002 для волоконно-оптического и медного интерфейсов, соответственно.

8.3.4.2 Пропадание синхронизации 8B/10B Gigabit Ethernet

Состояния Gigabit Ethernet для объявления об установлении или пропадании синхронизации по кодовым словам 8B/10B заданы в документе IEEE 802.3-2002, раздел 36.2.5.2.6 и на рисунке 36-9.

8.3.4.3 Выходной сигнал Gigabit Ethernet при повреждении сигнала на входе или транспортного сигнала

Так как целью отображения прозрачной GFP является транспортировка сигналов клиента с максимально возможной прозрачностью, то неприемлемым является выполнение процедур инициализации канала или восстановления канала на выходе в связи с повреждением сигнала клиента или нарушениями транспортировки. Рекомендуется, чтобы выходной передатчик GbE непрерывно выводил упорядоченный набор /V/ согласно разделу 36.2.4.16 документа IEEE 802.3-2002, форсировал обнаружение потери синхронизации и соответствующие действия в приемнике входящего потока GbE.

Если состояние CSF продолжает существовать, процесс адаптации клиента может ничего не передавать, форсировать обнаружение потери синхронизации (LOS) и соответствующие действия в приемнике входящего потока GbE.

8.3.5 Полезная нагрузка DVB ASI

8.3.5.1 Пропадание света (LOL) DVB ASI

Посредством ссылки на стандарты на волоконно-оптический канал пропадание сигнала DVB ASI является зависящим от реализации вариантом. Когда он поддерживается, то применимые требования к "пропаданию света" и "обнаружению сигнала" можно найти в разделах 5.6, 6.2.3.2 и H.10 документа ANSI X3.230-1994, "Волоконно-оптический канал – Физический интерфейс и интерфейс сигнализации (FC-PH)", редакция 4.3.

Другие зависящие от реализации индикаторы поврежденного сигнала клиента (например, пропадание тактовых импульсов от SerDes) могут кодироваться как "Повреждение сигнала клиента".

8.3.5.2 Пропадание синхронизации 8B/10B DVB ASI

Согласно Добавлению В документа ETSI EN 50083-9, синхронизация по кодовым словам DVB ASI должна достигаться при приеме двух знаков /K28.5/, имеющих ту же синхронизацию в течение 5 последовательно принятых знаков. В документе ETSI EN 50083-9 не задается критерий для объявления о потере синхронизации по кодовым словам. Критерий волоконно-оптического канала не может применяться, так как синхронизация и передача кодовых слов DVB ASI осуществляется на базе знаков, а не на базе 4-знаковых передаваемых слов. При отсутствии указаний в документе ETSI EN 50083-9 базирующимся на знаках критерием потери синхронизации по кодовым словам ESCON/SBCON должен быть критерий, заданный в документе ANSI X3.296-1997, раздел 7.1.

8.3.5.3 Выходной сигнал DVB ASI при повреждении сигнала на входе или транспортного сигнала

Выходной передатчик DVB ASI должен непрерывно выводить декодирование нейтрального разбаланса для 10B_ERR, форсировать обнаружение потери синхронизации и любые соответствующие действия в приемнике входящего потока DVB ASI. Если состояние CSF продолжает существовать, процесс адаптации клиента может ничего не передавать, форсировать обнаружение потери синхронизации (LOS) и соответствующие действия в приемнике входящего потока DVB ASI.

8.4 Прозрачное отображение на полной скорости клиентов 8B/10B в GFP

Прозрачное отображение клиентов с блочным кодированием 8B/10B может выполняться через синхронное (на полной скорости) отображение всех принятых знаков клиента. Для этого прозрачного отображения используется общее, базирующееся на знаках отображение, описанное в разделе 8.1, а также специфические для клиента процессы, описанные в 8.2.3 и в 8.3. Дополнительно, перед отображением и инкапсуляцией (в направлении входа) и после обратного отображения, извлечения блоков 64B/65B и декодирования их в блочные коды 8B/10B (в направлении выхода) применяются специфические для клиента требования, описанные в последующих подразделах.

8.4.1 Адаптация скорости в кодах 64B/65B

На входе, в процессе кодирования 64B/65B, происходит адаптация выходной скорости данных полезной нагрузки. Если для устройства отображения отсутствует кодовое слово 8B/10B для перекодирования в блочный код 64B/65B, устройство отображения вставляет 65B_PAD, как описывается в 8.1.1.2. Существенно то, что этот 65B_PAD не является "пустым" знаком клиента, который используется для заполнения блоков 64/65B для целей адаптации скорости. На выходе устройство обратного отображения удаляет эти сигналы "пустых" знаков не клиента. Так как используются кадры GFP постоянной длины и для адаптации скорости кадры могут быть заполнены 65B_PAD, здесь не требуется накапливать целый кадр GFP перед вставкой его в полезную нагрузку исходящего транспортного сигнала, тем самым сокращаются накопление и задержка процесса отображения.

8.4.1.1 Процедуры адаптации скорости на выходе

Существуют два подхода к генерации выходных тактовых импульсов интерфейса данных клиента в специфическом для клиента процессе адаптации приемника GFP. Один подход состоит в адаптации сигнала клиента под источник тактовых импульсов, который является местным для процесса адаптации приемника GFP. Другой подход – генерация выходных тактовых импульсов сигнала клиента посредством выделения их из принятого сигнала GFP и транспортных тактовых импульсов.

При возникновении повреждения во входном сигнале клиента или во время транспортировки по СЦИ/OTN в точке выхода данных клиента требуются специфические для протокола местные эталонные тактовые импульсы, если клиент ожидает сигнала о нарушении скоростной связи с клиентом для замены поврежденного клиента.

8.4.1.1.1 Адаптация скорости под местные тактовые импульсы

Поддерживаемые в настоящее время сигналы клиента 8B/10B предъявляют к рабочим частотам требования на величину смещения тактовых импульсов от $\pm 0,01\%$ до $\pm 0,02\%$, что значительно ниже по сравнению с требованиями к СЦИ или OTN. Каждый из этих сигналов клиента разработан с допущением возможности подстройки скорости под местные эталонные тактовые импульсы или в повторителях, или на дальнем конце посредством вставки или удаления "пустых" знаков (или слова

заполнения). Для содействия этой адаптации скорости каждый из этих сигналов клиента должен подчиняться правилам минимального "межпакетного интервала" (Inter-Packet Gap, IPG), задающим минимальное количество "пустых" кодовых слов, которые должны быть вставлены между пакетами данных. Каждый из этих сигналов клиента задает также максимальный размер пакета данных. Правила минимального IPG установлены для гарантирования того, чтобы при требовании адаптации под местные тактовые импульсы даже в самых наихудших условиях, когда "быстрые" входные и "медленные" выходные тактовые импульсы требуют удаления некоторых "пустых" кодовых слов IPG, между пакетами оставался IPG, достаточный для успешного описания кадра клиента.

Эта схема может равным образом успешно применяться при восстановлении на выходе данных клиента с прозрачным отображением. При этом подходе местные эталонные тактовые импульсы поставляются процессу адаптации приемника GFP. После обратного отображения данных клиента из кадров GFP и перекодирования в кодовые слова 8B/10B производится адаптация их скорости под местные эталонные тактовые импульсы посредством вставки/удаления "пустых" кодовых слов. Требуется специфическая для клиента обработка для определения разрешенных возможностей вставки/удаления "пустых" кодовых слов, генерации надлежащих "пустых" кодов и вставки таких кодов в выходной битовый поток. Примером специфического для клиента параметра является минимальное и максимальное количество "пустых" кодовых слов, которое разрешается вставлять или удалять.

Даже в каналах, содержащих много повторителей, при выполнении для всех "местных" тактовых импульсов требований к точности для конкретного протокола имеются достаточные возможности для вставки или удаления "пустых" кодовых слов, так как суммарные смещения синхронизации из-за каскадного включения повторителей не могут превысить требования на смещение тактовых импульсов для наихудшего случая.

При этом подходе временные характеристики, такие как джиттер и "блуждания" восстановленного сигнала клиента зависят главным образом от качества местных эталонных тактовых импульсов. Местные эталонные тактовые импульсы являются специфическими для скорости протокола (например, Gigabit Ethernet, волоконно-оптический канал и ESCON не используют общие частоты).

8.4.1.1.2 Адаптация скорости по транспортируемому сигналу клиента

Сигналы клиента подаются на вход с выровненной, специфической для протокола скоростью тактовых импульсов. В то же время могут быть интервалы между самими пакетами данных клиента, эти интервалы заполняются межпакетными интервалами (IPG) на постоянной скорости тактовых импульсов. Прозрачное отображение сохраняет все данные клиента, управление и информацию IPG при их перекодировании с использованием 64B/65B (предполагается, что не появляется индикатор "Пропадание сигнала" или "Пропадание синхронизации по знакам" клиента). Однако затем перекодированные данные отображаются в кадры GFP со вставками 65B_PAD для адаптации скорости под транспортный канал полезной нагрузки с более высокой пропускной способностью. Периодически или при возможности между кадрами данных клиента GFP также могут вставляться кадры управления клиента GFP или кадры управления GFP. Транспортные кадры добавляют свой заголовок (заголовок секции и тракта плюс постоянное число вставляемых байтов в случае СЦИ). Синхронизация между данными клиента, вставляемыми байтами или блоками, кадрами GFP и транспортным заголовком не обеспечивается.

На выходе ожидается, что восстановление тактовых импульсов потребует устройства FIFO ("обработка в порядке поступления") и устройства десинхронизации, для которого потребуются эталонные тактовые импульсы, схема автоподстройки фазы (PLL) и фильтр. Восстановленная тактовая синхронизация будет зависеть от некоторой фильтрованной версии уровня заполнения FIFO. При нормальных рабочих условиях само FIFO будет подвергаться очень радикальным изменениям уровня, вызванным наличием больших блоков заголовка секции/транспортного заголовка, заголовка кадра GFP и кадров управления клиента GFP. В наихудших условиях возможно, что механизмы "заполнения интервалов" данных клиента будут объединяться в один непрерывный блок "без данных клиента". Относительно непериодическая природа таких интервалов в комбинации с относительно большими допусками на частоту тактовых импульсов источника данных клиента усложняют проектирование FIFO и PLL.

Преимуществом этого подхода к устройству десинхронизации является то, что для восстановления на выходе тактовых импульсов клиента не требуются данные, специфические для протокола.

Характеристики джиттера и "блуждания" синхронизации восстановленного сигнала клиента зависят главным образом от проектирования системы восстановления тактовых импульсов. При более сложной реализации возможна поддержка широкого диапазона скоростей клиента с использованием одного решения.

8.4.1.2 Специфические для клиента аспекты адаптации скорости

На выходе прозрачно транспортированные сигналы клиента должны быть восстановлены и выведены способом, соответствующим требованиям физического интерфейса, специфического для каждого протокола. Независимо от выбранного подхода для синхронизации выхода клиента, должны быть выполнены специфические для протокола требования к синхронизации, определенные в применимых стандартах для каждого протокола клиента. В следующих подразделах заданы ключевые применимые требования, но могут применяться и другие специфические для протокола требования.

8.4.1.2.1 Полезная нагрузка волоконно-оптического канала

Полная выходная скорость данных волоконно-оптического канала (после кодирования 8B/10B) должна быть 531,25, 1062,5, 2125 или 4250 Мбит/с $\pm 0,01\%$, как задано в документе ANSI X3.230-1994, "Волоконно-оптический канал – Физический интерфейс и интерфейс сигнализации (FC-PH)", редакция 4.3, раздел 5.1. Кроме того, требования к синхронизации выходного сигнала заданы в документе ANSI X3.230, разделы 6.1.1 (Одномодовый оптический выходной интерфейс), 6.2.1 (Многомодовый оптический выходной интерфейс) и 7 (Электрический кабельный интерфейс). Обычно выходные сигналы генерируются с минимум шестью сигналами базисных элементов ("Пусто" или R_RDY) между кадрами, как задано в документе ANSI X3.230, раздел 17.1. Если адаптация скорости производится с использованием вставки/удаления кодовых слов "Пусто" волоконно-оптического канала, то адаптация скорости должна выполняться так, чтобы принимающий пункт назначения принимал по меньшей мере два "Пусто" перед каждым кадром, как задано в документе ANSI X3.230, раздел 17.1.

Адаптация скорости может потребоваться также, когда принимается непрерывный поток последовательностей базисных элементов волоконно-оптического канала, для которого последовательности базисных элементов определены в таблице 26 документа ANSI X3.230-1994. Так как для распознавания последовательности должны быть приняты минимум три последовательных идентичных последовательности базисных элементов (согласно разделу 16.4.1 документа ANSI X3.230), адаптация скорости посредством вставления одной копии принятой четырехзнаковой последовательности или удаления принятой последовательности производится только после приема и ретрансляции трех последовательных идентичных последовательностей.

В зависимости от реализации, на выходе может генерироваться непрерывный поток знаков с нейтральным разбалансом 10B_ERR, хотя здесь еще требуется адаптация скорости. В этом случае адаптация может производиться посредством удаления или вставки знака с нейтральным разбалансом 10B_ERR после приема и ретрансляции 12 последовательных знаков 10B_ERR.

8.4.1.2.2 Полезная нагрузка ESCON

Выходная скорость данных ESCON (после кодирования 8B/10B) должна быть 200 Мбит/с $\pm 0,04$ Мбит/с, как задано в документе ANSI X3.296-1997, "Информационная технология – Архитектура соединения с однобайтовыми наборами командных кодов (SBCON)", раздел 5.1.2. Кроме того, требования к синхронизации выходного сигнала заданы в документе ANSI X3.296, разделы 5.2.1 (Многомодовый выходной интерфейс) и 5.3.1 (Одномодовый выходной интерфейс). Обычно выходные сигналы генерируются с минимум четырьмя "пустыми" знаками (K28.5) между кадрами данных, как задано в документе ANSI X3.296, раздел 6.3. Согласно правилам документа ANSI X3.296, раздел 7.2, если адаптация скорости производится с использованием вставки/удаления "Пусто" ESCON, то такая адаптация ограничивается одной вставкой/удалением между любыми двумя кадрами, и эта вставка/удаление представляет собой добавление или удаление одного или двух знаков "Пусто". Однако, одна вставка/удаление между кадрами может не обеспечить достаточной возможности коррекции скорости, когда интервал между кадрами становится значительно больше. Поэтому для целей адаптации выхода GFP-T допускается любое количество вставок/удалений между кадрами при соблюдении требования, чтобы эти события возникали в среднем не чаще, чем один раз за каждые 2500 знаков, и чтобы в результате между кадрами оставалось не менее двух знаков "Пусто". Адаптация скорости может также потребоваться, когда принимается непрерывный поток последовательностей упорядоченного набора эти последовательности упорядоченного набора определены в таблице 15 документа ANSI X3.296. Так как для распознавания последовательности должны быть приняты минимум восемь последовательностей подряд (согласно разделу 6.3 of ANSI X3.296), адаптация скорости посредством вставления одной копии принятой двухзнаковой последовательности или удаления принятой последовательности производится только после приема и ретрансляции восьми идентичных последовательностей подряд.

В зависимости от реализации, на выходе может генерироваться непрерывный поток знаков с нейтральным разбалансом 10B_ERR, хотя здесь еще требуется адаптация скорости. В этом случае адаптация скорости может производиться посредством удаления или вставки знака с нейтральным разбалансом 10B_ERR после приема и ретрансляции 12 последовательных знаков 10B_ERR.

8.4.1.2.3 Полезная нагрузка FICON

Для FICON требования к синхронизации такие же, какие заданы для волоконно-оптического канала в документе ANSI X3.230-1994, редакция 4.3.

8.4.1.2.4 Полезная нагрузка дуплексного Gigabit Ethernet

Выходная скорость данных Gigabit Ethernet (GbE) (после кодирования 8B/10B) должна быть 1250 Мбит/с $\pm 0,01\%$, как задано в IEEE 802.3-2002. Кроме того, требования к синхронизации выходного сигнала заданы в IEEE 802.3-2002, разделы 38.5 и 38.6 (Оптоволоконные интерфейсы 1000BASE-LX), 39.3.1 и 39.3.3 (1000BASE-CX (медные интерфейсы для малых расстояний)). Обычно выходные сигналы генерируются с минимальным IPG в 12 октетов, согласно IEEE 802.3-2002, раздел 4.4.2.3. Знаки "Пусто" GbE состоят из двух октетов, как определено в IEEE 802.3-2002, раздел 36.2.4.12. Если адаптация скорости производится с использованием вставки/удаления "Пусто" дуплексного GbE, в любом IPG может быть удалено любое количество /I2/ таким образом, чтобы их удаление не приводило к тому, чтобы между кадрами не оставалось /I/ и менее 8 октетов, включая /T/, /R/ и /I/, как требуется для успешного описания кадра согласно IEEE 802.3-2002, рисунки 36-7a и 36-7b. В любой IPG может быть добавлено любое количество /I2/. Адаптация скорости может также потребоваться, когда принимается непрерывный поток восьмизнаковых упорядоченных наборов "Конфигурация" (содержащих чередующиеся /C1/C2/). Так как для распознавания набора "Конфигурация" должны быть приняты минимум три последовательных упорядоченных набора "Конфигурация" /C1/C2/, то адаптация скорости посредством вставления или удаления копии принятой последовательности /C1/C2/ производится только после приема и ретрансляции трех последовательных идентичных последовательностей /C1/C2/. В зависимости от реализации, на выходе может генерироваться непрерывный поток знаков с нейтральным разбалансом 10B_ERR или знаков ошибки передачи (/V/), хотя здесь еще требуется адаптация скорости. В этом случае адаптация скорости может производиться посредством удаления или копирования знака 10B_ERR или знака /V/ после приема и ретрансляции 12 последовательных знаков 10B_ERR или /V/.

8.4.1.2.5 Полезная нагрузка DVB ASI

Выходная скорость данных DVB ASI (после кодирования 8B/10B) должна быть 270 Мбит/с $\pm 0,01\%$, как задано в Добавлении В ETSI EN 50083-9. Кроме того, требования к синхронизации выходного сигнала задаются ссылкой на спецификацию волоконно-оптического канала ANSI X3.230-1994.

Между пакетами MPEG должны появляться не менее двух знаков /K28.5/. Дополнительные знаки адаптации скорости могут появляться внутри пакетов или между пакетами. Если адаптация скорости производится с использованием удаления /K28.5/, адаптация скорости должна выполняться так, чтобы принимающий пункт назначения принимал по меньшей мере два знака /K28.5/, предшествующих каждому кадру, как задано в Добавлении В ETSI EN 50083-9. Если при адаптации скорости требуется вставка знаков /K28.5/, они могут быть вставлены между пакетами MPEG или внутри этих пакетов.

В зависимости от реализации, на выходе может быть принят или генерироваться непрерывный поток знаков с нейтральным разбалансом 10B_ERR (например, в ответ на принятый сигнал "Повреждение сигнала клиента"). В этом случае адаптация скорости может производиться удалением или вставкой знака с нейтральным разбалансом 10B_ERR после приема и ретрансляции 12 последовательных знаков 10B_ERR.

8.5 Асинхронное (на полной скорости или на субскорости) отображение клиентов 8В/10В в GFP

Транспортировка клиентов с блочным кодированием 8В/10В на субскорости может выполняться через асинхронное (на полной скорости или на субскорости) отображение принятых знаков клиентов. При асинхронном прозрачном отображении используется общее, основанное на знаках отображение, описанное в 8.1, а также – специфические для клиента процессы из 8.2.3 и 8.3. Однако обычно асинхронное отображение является менее прозрачным, основанным на знаках отображением, в котором посредством специфической для клиента обработки (на выходе) из потока кодовых слов удаляются "пустые" знаки. Для гарантирования транспортировки без потерь сигнала клиента по транспортным трактам, предоставляющим меньшую пропускную способность, чем поддерживаемая сигналом клиента полная скорость, может быть использовано управление потоком. Специфические для клиента требования, описанные в следующем подразделе, применяются до отображения и инкапсуляции (во входном направлении) и после обратного отображения, извлечения блоков 64В/65В и декодирования их в блочные коды 8В/10В (в выходном направлении).

8.5.1 Специфические аспекты волоконно-оптического канала для асинхронного отображения GFP-T

Специфические для клиента аспекты волоконно-оптического канала для асинхронного отображения GFP-T оставлены для дальнейшего изучения.

Добавление I

Примеры функциональных моделей для приложений GFP

В этом добавлении представлены некоторые примеры функциональных моделей для приложений GFP. При отсутствии уровней сетевых архитектур для сетей уровня данных (например IP и Ethernet) модели представлены только для целей иллюстрации.

GFP может быть развернута в элементах транспортной сети (например, СЦИ) и в элементах сети передачи данных (например IP, Ethernet).

В первом случае физический интерфейс данных (типа Ethernet или сети области хранения (Storage Area Network)) обеспечивается как подчиненный порт интерфейса элемента транспортной сети. Для случая, когда физический сигнал данных является кодированным сигналом 8В/10В, он может транспортироваться через транспортную сеть как прозрачный поток с использованием отображения GFP-T (рисунок I.1). Для случая, когда только часть пропускной способности физического интерфейса переносит трафик, и только этот трафик должен транспортироваться через транспортную сеть, здесь имеет место окончание физического сигнала интерфейса данных, извлекаются ПБД данных и передаются через отображение GFP-F над сигналом VC-m-Xv, VC-n, VC-n-Xs или VC-n-Xv (рисунок I.2).

Во втором случае обработка GFP осуществляется между оборудованием маршрутизатора IP [коммутатор Ethernet] и, например, функциями порта интерфейса STM-N (рисунки I.3 и I.4).

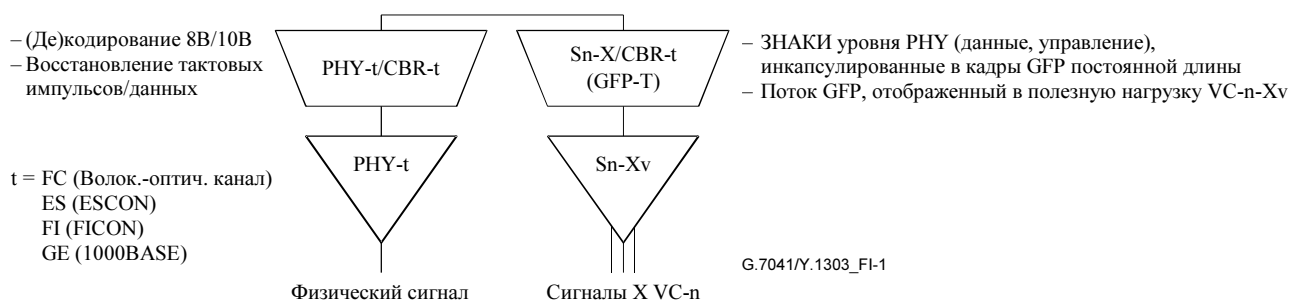


Рисунок I.1/G.7041/Y.1303 – Подчиненный порт интерфейса FC/ES/FI/GE, использующий отображение GFP-T на полной скорости в элемент сети СЦИ

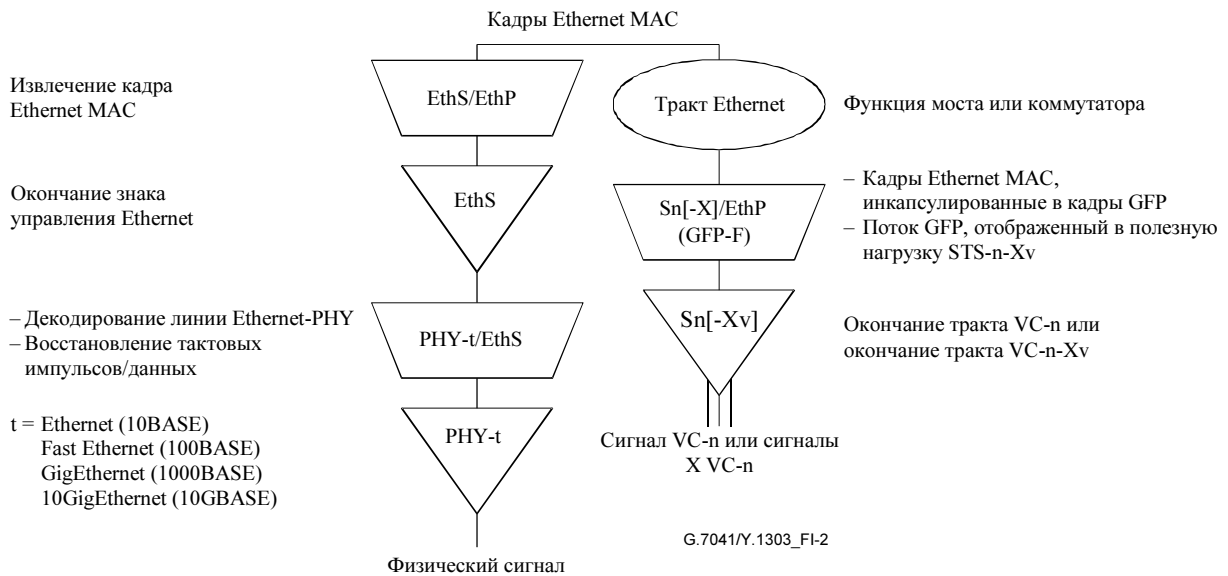


Рисунок I.2/G.7041/Y.1303 – Подчиненный порт интерфейса Ethernet, использующий отображение GFP-F в элемент сети СЦИ

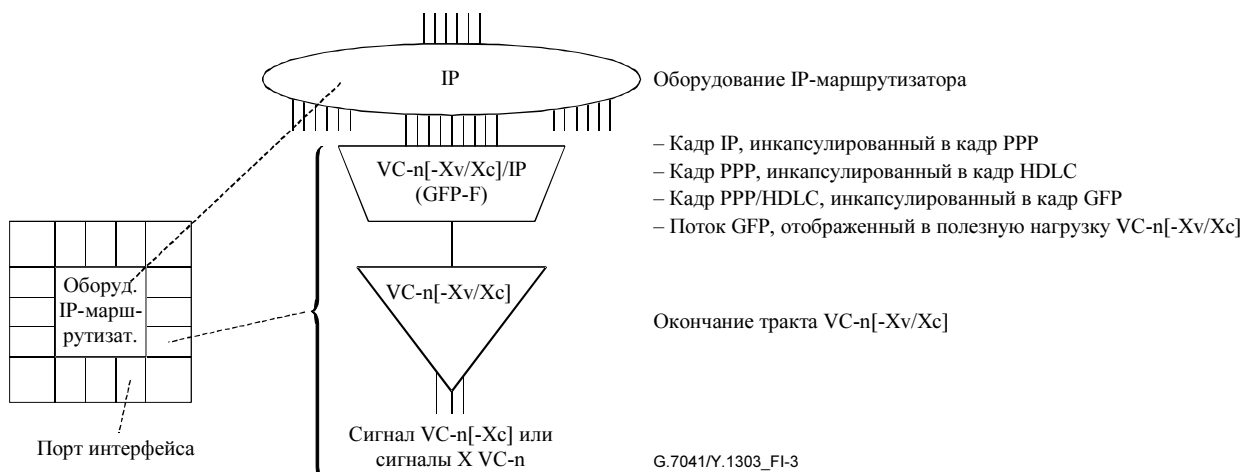


Рисунок I.3/G.7041/Y.1303 – Порт VC-n/VC-n-Xv/VC-n-Xc в IP- маршрутизаторе или в функции IP- маршрутизатора, встроенной в комбинированное оборудование СЦИ/IP

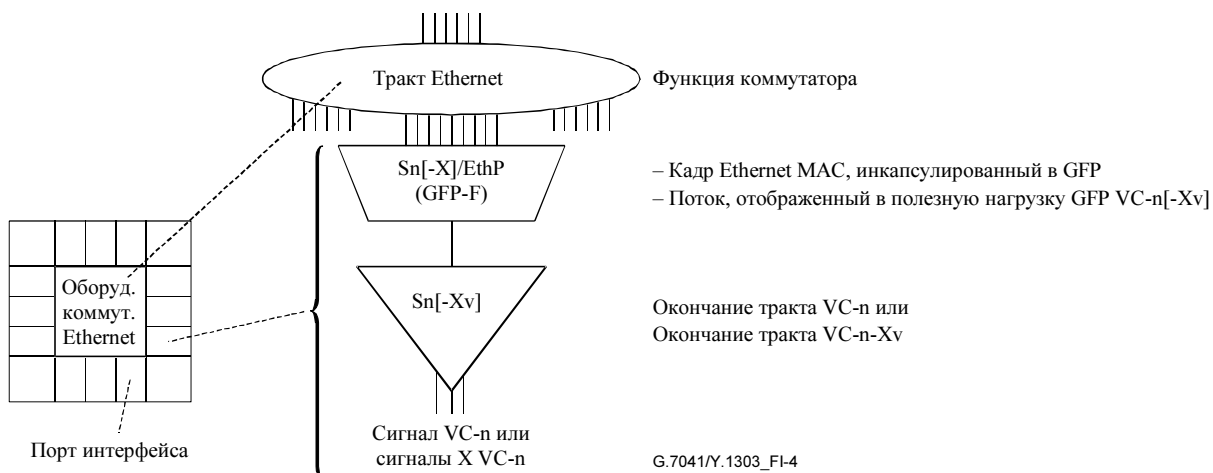


Рисунок I.4/G.7041/Y.1303 – Порт VC-n-Xv в коммутаторе Ethernet или в функции коммутатора Ethernet, встроенной в комбинированное оборудование СЦИ/Ethernet

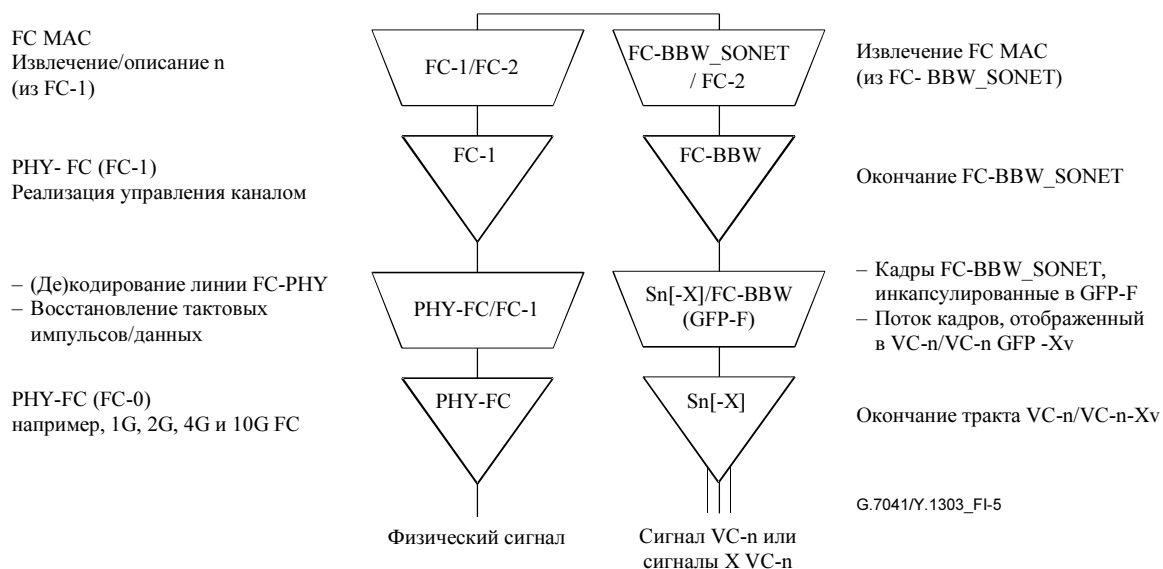


Рисунок I.5/G.7041/Y.1303 – Подчиненный порт интерфейса волоконно-оптического канала, использующий FC-BBW_SONET и отображение GFP-F в элемент сети СЦИ

Добавление II

Выборка типов полезной нагрузки GFP

Таблица II.1/G.7041/Y.1303 – Типы полезной нагрузки GFP

Идентификатор типа полезной нагрузки (двоичн.) Биты типа <15:13>	Идентификатор FCS полезной нагрузки (двоичн.) Бит типа <12>	Идентификатор заголовка расширения (двоичн.) Биты типа <11:8>	Идентификатор полезной нагрузки пользователя (двоичн.) Биты типа <7:0>	Тип (HEX)	Область полезной нагрузки кадра GFP	Длина заголовков расширения (# октетов)
000	0	xxxx	0000 0000	0x00	Зарезервирован	
000	1	xxxx	0000 0000	1x00	Зарезервирован	
000	0	0000	0000 0001	0001	Ethernet с заголовком нулевого расширения и без FCS полезной нагрузки	0
000	0	0000	0000 0010	0002	PPP с заголовком нулевого расширения и без FCS полезной нагрузки	0
000	0	0001	0000 0001	0101	Ethernet с заголовком линейного расширения и без FCS полезной нагрузки	4
000	0	0001	0000 0010	0102	PPP с заголовком линейного расширения и без FCS полезной нагрузки	4
000	0	0010	0000 0001	0201	Ethernet с заголовком кольцевого расширения и без FCS полезной нагрузки	18
000	0	0010	0000 0010	0202	PPP с заголовком кольцевого расширения и без FCS полезной нагрузки	18
000	0	0000	0000 0011	0003	Прозрачный волоконно-оптический канал с заголовком нулевого расширения и без FCS полезной нагрузки	0
000	0	0000	0000 0100	0004	Прозрачный FICON с заголовком нулевого расширения и без FCS полезной нагрузки	0
000	0	0000	0000 0101	0005	Прозрачный ESCON с заголовком нулевого расширения и без FCS полезной нагрузки	0
000	0	0000	0000 0110	0006	Прозрачный Gb Ethernet с заголовком нулевого расширения и без FCS полезной нагрузки	0
1xx	x	xxxx	xxxx xxxx	–	Зарезервирован	–
x1x	x	xxxx	xxxx xxxx	–	Зарезервирован	–
xx1	x	xxxx	xxxx xxxx	–	Зарезервирован	–

Добавление III

Пример кадра GFP, иллюстрирующий порядок передачи и вычисление ЦПИ

Действующий пример

Передача:

Данные_пользователя → Адаптация источника_GFP → Скремблирование и_балансировка постоянного тока → СЦИ

Прием:

СЦИ → Удаление_балансировки_постоянного тока и дескремблирование → Декапсуляция приемника_GFP → Данные клиента

Следующий действующий пример показывает инкапсуляцию 64-байтового кадра Ethernet с линейным заголовком и FCS, до балансировки постоянного тока и самосинхронизирующегося скремблирования. Октеты данных Ethernet отображаются в октет GFP согласно инверсированному порядку передачи битов по отношению к порядку передачи битов Ethernet (т. е., бит 0 в разделе 3 IEEE 802.3-2002 соответствует биту 8 октета GFP, а бит 7 в разделе 3 IEEE 802.3-2002 соответствует биту 1 октета GFP). Шестнадцатеричные значения в этом примере сориентированы так, что MSB находится слева, МЗБ – справа.

Байт	Поле	Значение (шестнадцатеричное)	Комментарий
1	PLI[15:8]	00	; PLI = Длина { Заголовок полезной нагрузки + поле информации полезной нагрузки + FCS полезной нагрузки } ; = 8 + 64 + 4 = 76 байтов
2	PLI[7:0]	4C	
3	cHEC[15:8]	89	;
4	cHEC[7:0]	48	;
5	ТИП[15:8]	11	; [15:13]='000' (данные клиента)
6	ТИП[7:0]	01	; [12] = '1' (разрешена FCS полезной нагрузки)
7	tHEC[15:8]	20	; [11:8] = '0001' (линейный заголовок)
8	tHEC[7:0]	63	; [7:0] = '00000001' (Ethernet)
9	EHDR[15:8]	80	; CID[07:00]=0x8000, значение является только примером
10	EHDR[7:0]	00	; РЕЗЕРВНЫЙ [7:0]
11	eHEC[15:8]	1B	; eHEC вычислено по CID, по РЕЗЕРВНОМУ
12	eHEC[7:0]	98	; Конечный заголовок расширения
13	ДААННЫЕ	FF	; 1d Ethernet DA=0xFFFFFFFFFFFFFFF
14	ДААННЫЕ	FF	; 2d
15	ДААННЫЕ	FF	; 3d
16	ДААННЫЕ	FF	; 4d
17	ДААННЫЕ	FF	; 5d
18	ДААННЫЕ	FF	; 6d
19	ДААННЫЕ	06	; 7d Ethernet SA=0x060504030201
20	ДААННЫЕ	05	; 8d
21	ДААННЫЕ	04	; 9d
22	ДААННЫЕ	03	; 10d
23	ДААННЫЕ	02	; 11d
24	ДААННЫЕ	01	; 12d

25	ДАННЫЕ	00	; 13d ТИП/ДЛИНА Ethernet
26	ДАННЫЕ	2E	; 14d
27	ДАННЫЕ	00	; 15d Полезная нагрузка Ethernet
28	ДАННЫЕ	01	; 16d
29	ДАННЫЕ	02	; 17d
30	ДАННЫЕ	03	; 18d
31	ДАННЫЕ	04	; 19d
32	ДАННЫЕ	05	; 20d
33	ДАННЫЕ	06	; 21d
34	ДАННЫЕ	07	; 22d
35	ДАННЫЕ	08	; 23d
36	ДАННЫЕ	09	; 24d
37	ДАННЫЕ	0A	; 25d
38	ДАННЫЕ	0B	; 26d
39	ДАННЫЕ	0C	; 27d
40	ДАННЫЕ	0D	; 28d
41	ДАННЫЕ	0E	; 29d
42	ДАННЫЕ	0F	; 30d
43	ДАННЫЕ	10	; 31d
44	ДАННЫЕ	11	; 32d
45	ДАННЫЕ	12	; 33d
46	ДАННЫЕ	13	; 34d
47	ДАННЫЕ	14	; 35d
48	ДАННЫЕ	15	; 36d
49	ДАННЫЕ	16	; 37d
50	ДАННЫЕ	17	; 38d
51	ДАННЫЕ	18	; 39d
52	ДАННЫЕ	19	; 40d
53	ДАННЫЕ	1A	; 41d
54	ДАННЫЕ	1B	; 42d
55	ДАННЫЕ	1C	; 43d
56	ДАННЫЕ	1D	; 44d
57	ДАННЫЕ	1E	; 45d
58	ДАННЫЕ	1F	; 46d
59	ДАННЫЕ	20	; 47d
60	ДАННЫЕ	21	; 48d
61	ДАННЫЕ	22	; 49d
62	ДАННЫЕ	23	; 50d
63	ДАННЫЕ	24	; 51d
64	ДАННЫЕ	25	; 52d
65	ДАННЫЕ	26	; 53d
66	ДАННЫЕ	27	; 54d
67	ДАННЫЕ	28	; 55d

68	ДАННЫЕ	29	; 56d
69	ДАННЫЕ	2A	; 57d
70	ДАННЫЕ	2B	; 58d
71	ДАННЫЕ	2C	; 59d
72	ДАННЫЕ	2D	; 60d
73	ДАННЫЕ	DE	; 61d FCS Ethernet, вычисленный по 60 байтам
74	ДАННЫЕ	E1	; 62d
75	ДАННЫЕ	90	; 63d
76	ДАННЫЕ	D0	; 64d
77	FCS[31:24]	56	; Первый байт факультативной FCS полезной нагрузки GFP
78	FCS[23:16]	CF	; Охватывает только поле информации полезной нагрузки, исключая
79	FCS[15:8]	2B	; заголовок расширения (т. е. 64 байта)
80	FCS[7:0]	B0	; Последний байт факультативной FCS GFP.

Основной заголовок по функции ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ (XOR) суммируется с кодом Баркера постоянного тока, остальная часть кадра GFP не изменяется.

Байт	Поле	Значение (шестнадцатеричное)	Комментарий
1	PLI[15:8]	B6	; исключающее ИЛИ 00 с B6
2	PLI[7:0]	E7	; исключающее ИЛИ 4C с AB
3	cHEC[15:8]	B8	; исключающее ИЛИ 89 с 31
4	cHEC[7:0]	A8	; исключающее ИЛИ 48 с E0
5	...		

В следующем примере показано вычисление cHEC для $PLI[15:0] = 0x004C$. Полином имеет вид $G(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$. Сначала PLI вводится в вычислитель ЦПИ-16 с PLI[15:8], затем PLI[7:0], в каждом октете старший значащий бит – первый.

$$\frac{x^{15}}{\dots x^0}$$

0000000000000000 ← начальное состояние ЦПИ-16

Вх. бит	1	0001000000100001 ← ЦПИ-16 после входного бита
	0	0010000001000010
	0	0100000010000100
	1	1001000100101001
	1	0010001001010010
	0	0100010010100100
	0	1000100101001000

Передача ЦПИ-16, начиная с x^{15} , дает октеты GFP cHEC[15:0] = 0x8948.

Кадр GFP вводится в скремблер $x^{43}+1$ в порядке следования битов в сети (первым старший значащий бит). Начиная с первого байта поля ТИП (основной заголовок не скремблируется):

Бит #1 ТИП[15]

Бит #2 ТИП[14]

Бит #3 ТИП[13]

...

Добавление IV

Количество суперблоков, используемое в прозрачной GFP

IV.1 Введение

В GFP-T в кадре данных клиента содержится целое число (N) 536-битовых суперблоков. Значение N должно быть выбрано так, чтобы эффективность битов данных клиента по отношению к битам данных заголовка кадра GFP позволяла оставлять достаточную часть пропускной способности для транспортировки сигнала данных клиента. Значение N может быть выбрано так, чтобы оставить достаточную дополнительную "резервную" пропускную способность канала для транспортировки кадров управления клиента (CMF). Здесь показаны минимальные значения N как функция от различного числа битов заголовка и кадров управления клиента, которые разрешается передавать между следующими друг за другом кадрами данных клиента GFP-T.

IV.2 Вычисление "резервной" пропускной способности

Резервная пропускная способность в канале GFP-T определена, как:

$$\begin{aligned} SBW &= (\text{минимальная битовая скорость для переноса битов клиента в канале}) - (\text{битовая скорость данных клиента}) \\ &= (\text{минимальная битовая скорость канала})(\text{отношение количества битов клиента ко всему количеству битов}) - (\text{битовая скорость данных клиента}) \end{aligned}$$

где:

битовая скорость данных клиента – скорость данных после декодирования блочного линейного кода (например 8B/10B), а полное количество битов в канале – биты данных клиента плюс все биты заголовка GFP-T

SBW как функция N имеет вид:

$$SBW(N) = (\text{Мин. скор. кан.}) \left(\frac{\text{биты данных клиента / GFP – кадр } T}{\text{полн. число битов / GFP – кадр } T} \right) - (\text{Макс. скор. данных клиента}),$$
$$SBW(N) = \frac{(512)(N)(ChBW_{min})}{GFPOH + (536)(N)} - CSBW_{max},$$

где:

$ChBW_{min}$ = пропускная способность транспортного канала при самой низкой допустимой скорости транспортных тактовых импульсов;

$CSBW_{max}$ = скорость данных сигнала клиента при самой высокой допустимой скорости транспортных тактовых импульсов; и

$GFPOH$ = количество битов в заголовке GFP.

Минимальным значением N является самое малое N , при котором $SBW(N) > 0$:

$$N_{min} = \left\lceil \frac{(CSBW_{max})(GFPOH)}{(512)(ChBW_{min}) - (536)(CSBW_{max})} \right\rceil,$$

где обозначение $\lceil x \rceil$ соответствует самому малому целому числу, которое $\geq x$.

Минимальные размеры тракта VC с соответствующими им значениями N_{min} показаны в таблице IV.1.

IV.3 Вычисление доступной пропускной способности для CMF

Пропускная способность, доступная для использования для CMF – резервная пропускная способность, на которую распространяются ограничения по количеству CMF, которые могут быть переданы между двумя кадрами данных клиента. Если нет ограничений на количество CMF, которые могут быть переданы, тогда самое большое допустимое значение N дает самое большое значение пропускной способности, доступной для CMF, где:

$$\begin{aligned} N_{max} &= (65536-GFPOH)/67 \\ &= 978 \text{ без заголовка расширения и FCS полезной нагрузки; и} \\ &= 977 \text{ с заголовком расширения и/или FCS полезной нагрузки.} \end{aligned}$$

Для минимизации задержки и требований к накоплению данных, связанных с входом в процесс адаптации источника GFP-T, желательно передавать между кадрами данных клиента не более одного CMF. Чем длиннее кадры данных клиентов, тем меньше возможностей в секунду для существования передаваемых CMF (т.е. тем меньшие интервалы между кадрами данных клиента имеются для передачи CMF). В результате, при увеличении N число возможностей для передачи CMF уменьшается и, следовательно, уменьшается доступная пропускная способность CMF. При этом ограничении оптимально такое значение N , при котором вся пропускная способность "заполняется" точно одним CMF на кадр данных клиента. Меньшие значения N вызовут сокращение резервной пропускной способности, так что ее не будет достаточно, чтобы допустить передачу CMF между всеми кадрами данных клиента. Большее значение N приведет к меньшему количеству CMF в секунду. В общем, если разрешено передавать m CMF между кадрами данных клиента, то доступная пропускная способность CMF равняется:

$$\begin{aligned} CMFBW(N, m) &= (CMF/секунда)(бит/CMF), \\ CMFBW(N, m) &= \frac{(ChBW_{min})(CMFL)(m)}{(m)(CMFL) + GFPOH + (536)(N)}, \end{aligned}$$

где:

$CMFL$ = длина кадра CMF,

m = количество CMF, которые могут быть переданы между кадрами данных клиента, и при этом имеется следующее ограничение:

$$\frac{(512)(N)(ChBW_{min})}{GFPOH + (536)(N) + (m)(CMFL)} \geq CSBW_{max}.$$

Фактическая пропускная способность полезной нагрузки кадров управления клиента является отношением области полезной нагрузки CMF к полной длине кадра CMF:

$$CMPLBW = (CMFBW(N, M)) \left(\frac{CMFPAL}{CMFL} \right),$$

где:

$CMPLBW$ = доступная для использования CMF пропускная способность полезной нагрузки

$CMFPAL$ = количество битов в области полезной нагрузки CMF, используемое для полезной нагрузки CMF (т.е. область полезной нагрузки минус pFCS, если она используется)

Для данного значения m значение N , которое дает наибольшую используемую пропускную способность CMF, будет целым числом, ближайшим к:

$$N_{opt} = \frac{(CSBW_{max})[GFPOH + (m)(CMFL)]}{(512)(ChBW_{min}) - (536)(CSBW_{max})}.$$

**Таблица IV.1/G.7041/Y.1303 – Пропускная способность тракта СЦИ
и количество суперблоков на кадр прозрачной GFP**

Скорость некодированных данных клиента	Пример сигнала клиента	Размер тракта VC	Мин. число блоков 65B/кадр GFP
160 Мбит/с	ESCON	VC-3-4v	1
216 Мбит/с	DVB ASI	VC-4-2v	1
425 Мбит/с	Волоконно-оптический канал	VC-4-3v	13
850 Мбит/с	Волоконно-оптический канал /FICON	VC-4-6v	13
1000 Мбит/с	Gbit Ethernet	VC-4-7v	95
1700 Мбит/с	Волоконно-оптический канал	VC-4-12v	13
3400 Мбит/с	Волоконно-оптический канал	VC-4-24v	13

ПРИМЕЧАНИЕ. – Приведенное здесь минимальное количество суперблоков приведено здесь в предположении наличия заголовка нулевого расширения и отсутствия факультативной FCS полезной нагрузки.

Добавление V

Требования к пропускной способности для транспортировки Ethernet

В этом добавлении приведены требования к транспортной пропускной способности для передачи данных клиента над Ethernet, над GFP, над SONET как функция скорости Ethernet MAC, длины поля полезной нагрузки клиента, независимо от того, введен или нет сетью тег VLAN и используется ли или нет rFCS GFP. Эта информация приведена в таблицах с V.1 по V.4.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Битовая скорость MAC в таблицах с V.1 по V.4 является фактической битовой скоростью кадров Ethernet MAC после удаления 12-байтового межпакетного интервала плюс 7-байтовой преамбулы + 1-байтового ограничителя начала кадра. Другими словами, битовая скорость MAC = (скорость интерфейса Ethernet)(# битов в кадре MAC)/(# битов в кадре MAC + 12-байтовый межпакетный интервал + 7-байтовая преамбула + 1-байтовый ограничитель начала кадра).

Таблица V.1/G.7041/Y.1303 – Максимальная (не)отмеченная битовая скорость MAC на сигнал сервера MAC "10 Мбит/с"

		Битовая скорость полезной нагрузки (номинальная битовая скорость для Ethernet)									
		10 000	9 600	11 200		8 704		10 880			
		Битовая скорость MAC (кбит/с), пропускная способность (%) по отношению к максимальной битовой скорости MAC									
GFP-FCS	Тег VLAN	Размер MAC (байты)	10Base-T	VC-11-6v	Пропускная способность	VC-11-7v	Пропускная способность	VC-12-4v	Пропускная способность	VC-12-5v	Пропускная способность
0	0	64	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	0	128	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	0	256	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	0	512	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	0	1 024	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	0	1 518	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	0	9 618	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	1	64	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	1	128	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	1	256	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	1	512	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	1	1 024	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	1	1 518	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
0	1	9 618	10 000	9 600	96,0	11 200	112	8 704	87,0	10 880	109
1	0	64	10 000	9 035	90,4	10 541	105	8 192	81,9	10 240	102
1	0	128	10 000	9 309	93,1	10 861	109	8 440	84,4	10 550	106
1	0	256	10 000	9 452	94,5	11 028	110	8 570	85,7	10 713	107
1	0	512	10 000	9 526	95,3	11 113	111	8 637	86,4	10 796	108
1	0	1 024	10 000	9 563	95,6	11 156	112	8 670	86,7	10 838	108
1	0	1 518	10 000	9 575	95,7	11 171	112	8 681	86,8	10 851	109
1	0	9 618	10 000	9 596	96,0	11 195	112	8 700	87,0	10 875	109
1	1	64	10 000	9 067	90,7	10 578	106	8 220	82,2	10 276	103
1	1	128	10 000	9 318	93,2	10 871	109	8 448	84,5	10 560	106
1	1	256	10 000	9 455	94,5	11 030	110	8 572	85,7	10 715	107
1	1	512	10 000	9 526	95,3	11 114	111	8 637	86,4	10 796	108
1	1	1 024	10 000	9 563	95,6	11 157	112	8 670	86,7	10 838	108
1	1	1 518	10 000	9 575	95,7	11 171	112	8 681	86,8	10 851	109
1	1	9 618	10 000	9 596	96,0	11 195	112	8 700	87,0	10 875	109

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – GFP-FCS; нет = 0, да = 1. Тег VLAN; значение дает число тегов VLAN (Нет тега VLAN = 0).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Заголовок инкапсуляции; 20 байтов для физического интерфейса Ethernet (7-байтовая преамбула, 1-байтовый SFD и 12 минимальных IPG). 8-байтовый заголовок инкапсуляции для GFP без GFP-FCS и 12-байтовый заголовок инкапсуляции для GFP с GFP-FCS.

Таблица V.2/G.7041/Y.1303 – Максимальная (не)отмеченная битовая скорость MAC на сигнал сервера MAC "100 Мбит/с"

		Битовая скорость полезной нагрузки (номинальная битовая скорость для Ethernet)					
		100 000	96 768			149 760	
		Битовая скорость MAC (кбит/с), пропускная способность (%) по отношению к максимальной битовой скорости MAC					
GFP-FCS	Тег VLAN	Размер MAC (байты)	100Base-T	VC-3-2v	Пропускная способность	VC-4	Пропускная способность
0	0	64	76 190	86 016	100,0	133 120	100,0
0	0	128	86 486	91 076	100,0	140 951	100,0
0	0	256	92 754	93 836	100,0	145 222	100,0
0	0	512	96 241	95 279	99,0	147 456	100,0
0	0	1 024	98 084	96 018	97,9	148 599	100,0
0	0	1 518	98 700	96 261	97,5	148 975	100,0
0	0	9 618	99 792	96 688	96,9	149 636	100,0
0	1	64	77 273	86 582	100,0	133 996	100,0
0	1	128	86 842	91 238	100,0	141 202	100,0
0	1	256	92 857	93 879	100,0	145 290	100,0
0	1	512	96 269	95 291	99,0	147 474	100,0
0	1	1 024	98 092	96 021	97,9	148 604	100,0
0	1	1 518	98 703	96 262	97,5	148 977	100,0
0	1	9 618	99 793	96 688	96,9	149 636	100,0
1	0	64	76 190	81 489	100,0	126 114	100,0
1	0	128	86 486	88 474	100,0	136 923	100,0
1	0	256	92 754	92 435	99,7	143 054	100,0
1	0	512	96 241	94 552	98,2	146 330	100,0
1	0	1 024	98 084	95 647	97,5	148 025	100,0
1	0	1 518	98 700	96 009	97,3	148 585	100,0
1	0	9 618	99 792	96 647	96,8	149 573	100,0
1	1	64	77 273	82 253	100,0	127 296	100,0
1	1	128	86 842	88 704	100,0	137 280	100,0
1	1	256	92 857	92 499	99,6	143 153	100,0
1	1	512	96 269	94 569	98,2	146 356	100,0
1	1	1 024	98 092	95 651	97,5	148 032	100,0
1	1	1 518	98 703	96 011	97,3	148 588	100,0
1	1	9 618	99 793	96 647	96,8	149 573	100,0

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – GFP-FCS; нет = 0, да = 1. Тег VLAN; значение дает число тегов VLAN (Нет тега VLAN = 0).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Заголовок инкапсуляции; 20 байтов для физического интерфейса Ethernet (7-байтовая преамбула, 1-байтовый SFD и 12 минимальных IPG). 8-байтовый заголовок инкапсуляции для GFP без GFP-FCS и 12-байтовый заголовок инкапсуляции для GFP с GFP-FCS.

**Таблица V.3/G.7041/Y.1303 – Максимальная (не)отмеченная битовая скорость MAC
на сигнал сервера MAC "1 Гбит/с"**

Битовая скорость полезной нагрузки
(номинальная битовая скорость для Ethernet)
1 000 000 898 560 1 048 320

Битовая скорость MAC (кбит/с), пропускная способность (%)
по отношению к максимальной битовой скорости MAC

GFP-FCS	Тег VLAN	Размер MAC (байты)	1000Base-X	VC-4-6v	Пропускная способность	VC-4-7v	Пропускная способность
0	0	64	761 905	798 720	100,0	931 840	100,0
0	0	128	864 865	845 704	97,8	986 654	100,0
0	0	256	927 536	871 331	93,9	1 016 553	100,0
0	0	512	962 406	884 736	91,9	1 032 192	100,0
0	0	1 024	980 843	891 594	90,9	1 040 193	100,0
0	0	1 518	986 996	893 849	90,6	1 042 824	100,0
0	0	9 618	997 925	897 813	90,0	1 047 449	100,0
0	1	64	772 727	803 975	100,0	937 971	100,0
0	1	128	868 421	847 214	97,6	988 416	100,0
0	1	256	928 571	871 737	93,9	1 017 027	100,0
0	1	512	962 687	884 842	91,9	1 032 315	100,0
0	1	1 024	980 916	891 621	90,9	1 040 225	100,0
0	1	1 518	987 030	893 862	90,6	1 042 839	100,0
0	1	9 618	997 926	897 814	90,0	1 047 449	100,0
1	0	64	761 905	756 682	99,3	882 796	100,0
1	0	128	864 865	821 541	95,0	958 464	100,0
1	0	256	927 536	858 326	92,5	1 001 380	100,0
1	0	512	962 406	877 982	91,2	1 024 313	100,0
1	0	1 024	980 843	888 152	90,5	1 036 177	100,0
1	0	1 518	986 996	891 512	90,3	1 040 098	100,0
1	0	9 618	997 925	897 440	89,9	1 047 014	100,0
1	1	64	772 727	763 776	98,8	891 072	100,0
1	1	128	868 421	823 680	94,8	960 960	100,0
1	1	256	928 571	858 918	92,5	1 002 071	100,0
1	1	512	962 687	878 138	91,2	1 024 495	100,0
1	1	1 024	980 916	888 192	90,5	1 036 224	100,0
1	1	1 518	987 030	891 531	90,3	1 040 119	100,0
1	1	9 618	997 926	897 441	89,9	1 047 014	100,0

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – GFP-FCS; нет = 0, да = 1. Тег VLAN; значение дает число тегов VLAN (Нет тега VLAN = 0).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Заголовок инкапсуляции; 20 байтов для физического интерфейса Ethernet (7-байтовая преамбула, 1-байтовый SFD и 12 минимальных IPG). 8-байтовый заголовок инкапсуляции для GFP без GFP-FCS и 12-байтовый заголовок инкапсуляции для GFP с GFP-FCS.

**Таблица V.4/G.7041/Y.1303 – Максимальная (не)отмеченная битовая скорость MAC
на сигнал сервера MAC "10 Гбит/с"**

Битовая скорость полезной нагрузки (номинальная битовая скорость для Ethernet)

10 000 000 9 884 160 9 953 280 9 995 277

Битовая скорость MAC (кбит/с), пропускная способность (%)
по отношению к максимальной битовой скорости MAC

GFP-FCS	Тег VLAN	Размер MAC (байты)	10GBase-R	VC-4-66v	Пропускная способность	ODU1-4v	Пропускная способность	ODU2	Пропускная способность
0	0	64	8 311 688	8 785 920	100,0	8 847 360	100,0	8 884 691	100,0
0	0	128	9 078 014	9 302 739	100,0	9 367 793	100,0	9 407 319	100,0
0	0	256	9 516 729	9 584 640	100,0	9 651 665	100,0	9 692 390	100,0
0	0	512	9 752 381	9 732 096	99,8	9 800 153	100,0	9 841 503	100,0
0	0	1 024	9 874 638	9 807 539	99,3	9 876 123	100,0	9 917 794	100,0
0	0	1 518	9 915 088	9 832 343	99,2	9 901 100	99,9	9 942 877	100,0
0	0	9 618	9 986 502	9 875 945	98,9	9 945 008	99,6	9 986 970	100,0
0	1	64	8 395 062	8 843 722	100,0	8 905 566	100,0	8 943 143	100,0
0	1	128	9 103 448	9 319 351	100,0	9 384 521	100,0	9 424 118	100,0
0	1	256	9 523 810	9 589 110	100,0	9 656 167	100,0	9 696 910	100,0
0	1	512	9 754 253	9 733 257	99,8	9 801 322	100,0	9 842 677	100,0
0	1	1 024	9 875 120	9 807 834	99,3	9 876 421	100,0	9 918 093	100,0
0	1	1 518	9 915 309	9 832 478	99,2	9 901 237	99,9	9 943 014	100,0
0	1	9 618	9 986 508	9 875 949	98,9	9 945 011	99,6	9 986 974	100,0
1	0	64	8 311 688	8 323 503	100,0	8 381 709	100,0	8 417 075	100,0
1	0	128	9 078 014	9 036 946	99,5	9 100 142	100,0	9 138 539	100,0
1	0	256	9 516 729	9 441 586	99,2	9 507 611	99,9	9 547 727	100,0
1	0	512	9 752 381	9 657 805	99,0	9 725 342	99,7	9 766 377	100,0
1	0	1 024	9 874 638	9 769 672	98,9	9 837 991	99,6	9 879 502	100,0
1	0	1 518	9 915 088	9 806 637	98,9	9 875 215	99,6	9 916 883	100,0
1	0	9 618	9 986 502	9 871 843	98,9	9 940 877	99,5	9 982 822	100,0
1	1	64	8 395 062	8 401 536	100,0	8 460 288	100,0	8 495 985	100,0
1	1	128	9 103 448	9 060 480	99,5	9 123 840	100,0	9 162 337	100,0
1	1	256	9 523 810	9 448 094	99,2	9 514 165	99,9	9 554 309	100,0
1	1	512	9 754 253	9 659 520	99,0	9 727 069	99,7	9 768 112	100,0
1	1	1 024	9 875 120	9 770 112	98,9	9 838 434	99,6	9 879 947	100,0
1	1	1 518	9 915 309	9 806 839	98,9	9 875 419	99,6	9 917 087	100,0
1	1	9 618	9 986 508	9 871 848	98,9	9 940 882	99,5	9 982 827	100,0

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – GFP-FCS; нет = 0, да = 1. Тег VLAN; значение дает число тегов VLAN (Нет тега VLAN = 0).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Заголовок инкапсуляции; 13 байтов для физического интерфейса Ethernet (7-байтовая преамбула, 1-байтовый SFD и 5 минимальных IPG). 8-байтовый заголовок инкапсуляции для GFP без GFP-FCS и 12-байтовый заголовок инкапсуляции для GFP с GFP-FCS.

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y
ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА
И АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА (IP)

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Общие положения	Y.100–Y.199
Услуги, приложения и промежуточные программные средства	Y.200–Y.299
Сетевые аспекты	Y.300–Y.399
Интерфейсы и протоколы	Y.400–Y.499
Нумерация, адресация и присваивание имен	Y.500–Y.599
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.600–Y.699
Безопасность	Y.700–Y.799
Рабочие характеристики	Y.800–Y.899
АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА (IP)	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, сетевые возможности и управление ресурсом	Y.1200–Y.1299
Транспортирование	Y.1300–Y.1399
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые рабочие характеристики	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление оплаты	Y.1800–Y.1899
СЕТИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ (NGN)	
Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты служб: Возможности служб и архитектура служб	Y.2200–Y.2249
Аспекты служб: Взаимодействие служб и сетей в NGN	Y.2250–Y.2299
Нумерация, присваивание имен и адресация	Y.2300–Y.2399
Управление сетью	Y.2400–Y.2499
Архитектура и протоколы сетевого управления	Y.2500–Y.2599
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899

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

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 и аспекты межсетевых протоколов (IP)
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи