



МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.8261/Y.1361

(05/2006)

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

Ethernet и аспекты транспортирования сообщений –
Целевые параметры качества и готовности

СЕРИЯ Y: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Аспекты протокола Интернет – Транспортирование
сообщений

**Аспекты бронирования и синхронизации
в пакетных сетях**

Рекомендация МСЭ-Т G.8261/Y.1361

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

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
Ethernet и аспекты транспортирования сообщений	G.8000–G.8099
MPLS и аспекты транспортирования сообщений	G.8100–G.8199
Параметры качества и готовности (продолжение серии G.82x)	G.8200–G.8299
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

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

Аспекты хронирования и синхронизации в пакетных сетях

Резюме

В настоящей Рекомендации определяются аспекты синхронизации в пакетных сетях. Здесь уточняются максимальные значения дрожания и фазового дрейфа в сети, которые не должны превышать. Здесь определяется минимальная устойчивость оборудования к дрожанию и фазовому дрейфу, которая должна обеспечиваться на границах данных пакетных сетей при интерфейсах TDM (Мультиплексирование с временным разделением каналов). Здесь также в общем описываются минимальные требования к функции синхронизации сетевых элементов.

Требования к характеристикам дрожания и фазового дрейфа, определенные в настоящей Рекомендации, должны строго выполняться для обеспечения взаимодействия оборудования, изготовленного различными производителями, а также для обеспечения удовлетворительных характеристик сети.

Данная редакция включает изменения, внесенные Списком исправлений 1, утвержденным 14 декабря 2006 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т.

Источник

Рекомендация МСЭ-Т G.8261/Y.1361 была утверждена 22 мая 2006 года 15-й Исследовательской комиссией МСЭ-Т (2005–2008 гг.) в соответствии с процедурой, изложенной в Рекомендации МСЭ-Т A.8.

Ключевые слова

Тактовый сигнал, дрожание, синхронизация, фазовый дрейф.

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

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

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

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

ПРИМЕЧАНИЕ

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

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ не получил извещения об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2009

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Справочные документы	1
3 Определения	3
4 Сокращения	3
5 Соглашения о терминах	4
6 Общие положения	4
6.1 Требования к синхронизации пакетной сети	5
6.2 Требования TDM к хронированию	5
6.3 Разработка технологии сети синхронизации в пакетных сетях	6
6.4 Требования к хронированию на границе и требования к хронированию в базовых сетях	6
7 Сетевые ограничения	7
7.1 Модель сети, лежащая в основе сетевых ограничений	7
8 Распространение опорного сигнала хронирования по пакетным сетям	10
8.1 Плезиохронные и сетевые синхронные методы	10
8.2 Методы на основе пакетов	12
9 Восстановление хронирования для услуг с постоянной битовой скоростью, транспортируемых по пакетным сетям	13
9.1 Синхронная работа сети	13
9.2 Дифференциальные методы	13
9.3 Адаптивные методы	14
9.4 Опорный тактовый сигнал, доступный на конечных системах TDM	14
10 Влияние искажений в пакетной сети на распространение хронирования и восстановление тактового сигнала услуг	15
10.1 Задержка передачи пакетов и вариация задержки	16
10.2 Воздействия искажения пакетов	20
11 Влияние искажения первичного эталонного генератора на распространение хронирования и восстановление тактового сигнала услуг	20
11.1 Искажения для методов синхронной работы сети	20
11.2 Искажения для дифференциального метода	22
12 Требования IWF, связанные с синхронизацией	23
12.1 Интерфейсы трафика	23
12.2 Интерфейсы синхронизации	23
12.3 Функция синхронизации IWF	24
13 Результаты и последствия использования различных методов синхронизации в эталонных сетевых моделях	25
13.1 Рекомендации для случая развертывания 1	25
13.2 Рекомендации для случая развертывания 3	26
13.3 Рекомендации для случая развертывания 2 Приложение А	27
13.4 Рекомендации для случая развертывания 2 Приложение В	28

	Стр.
Приложение А – Предлагаемая сетевая архитектура для синхронного физического уровня (PHY) Ethernet.....	29
А.1 Расположение PRC	29
А.2 Передача сообщений статуса синхронизации.....	29
А.3 Ограничение дрожания и фазового дрейфа в синхронном Ethernet	30
Дополнение I – Характеристики коммутаторов и сетей Ethernet	30
I.1 Характеристики задержки коммутаторов Ethernet	30
I.2 Характеристики коммутируемых сетей Ethernet	33
Дополнение II – Период стабилизации	34
Дополнение III – Функциональные модели, основанные на Рекомендациях МСЭ-Т G.805 и G.809.....	35
III.1 Применение Рек. МСЭ-Т G.805 к IWF	35
III.2 Информация хронирования, транспортируемая по уровневым сетям	36
III.3 Функциональная модель хронирования физического уровня Ethernet	37
III.4 Функциональная модель для дифференциальных и адаптивных методов	38
Дополнение IV – Аспекты синхронизации на границе сети	40
IV.1 Требования к синхронизации для Базовых станций GSM, WCDMA и CDMA2000	40
Дополнение V – Эталонные модели пакетных сетей.....	41
Дополнение VI – Рекомендации по проведению измерений	44
VI.1 Опорные точки измерений.....	44
VI.2 Топологии тестов	45
Дополнение VII – Ограничения фазового дрейфа в случае развертывания 1	50
VII.1 Ограничения для интерфейса 2048 кбит/с.....	50
VII.2 Ограничения для интерфейса 1544 кбит/с.....	51
Дополнение VIII – Передача Сообщений статуса синхронизации в синхронном PHY (Физическом уровне) Ethernet	52
VIII.2 Передача сообщений статуса синхронизации.....	53
VIII.3 Новое оборудование Ethernet.....	54
VIII.4 Устаревшее оборудование Ethernet.....	54
БИБЛИОГРАФИЯ	55

Аспекты хронирования и синхронизации в пакетных сетях

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются аспекты синхронизации в пакетных сетях. Здесь уточняются максимальные значения дрожания и фазового дрейфа в сети, которые не должны превышать. Здесь определяется минимальная устойчивость оборудования к дрожанию и фазовому дрейфу, которая должна обеспечиваться на границах данных пакетных сетей при интерфейсах TDM (мультиплексирование с временным разделением каналов). Здесь также в общем описываются минимальные требования к функции синхронизации сетевых элементов.

В частности, особое внимание уделяется транспортировке информации синхронизации сигналов TDM по пакетным сетям.

Примечание. – Использование транспортировки сигналов SDH оставлено для дальнейшего исследования.

Пакетные сети, попадающие в область применения настоящей Рекомендации, на текущий момент ограничены следующими сценариями:

- Ethernet (IEEE 802.3TM [15], IEEE 802.1DTM [14], IEEE 802.1 adTM [32], IEEE 802.1Q-REVTM [29]).

Планируется, что в последующем выпуске настоящей Рекомендации будут охвачены следующие сценарии:

- MPLS (IETF RFC 3031 [B12], Рек. МСЭ-Т G.8110/Y.1370 [22]);
- IP (IETF RFC 791 [B13], и RFC 2460 [B9]).

2 Справочные документы

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

- [1] ITU-T Recommendation G.703 (2001), *Physical/electrical characteristics of hierarchical digital interfaces*.
- [2] ITU-T Recommendation G.783 (2006), *Characteristics of synchronous digital hierarchy (SDH) equipment functional blocks*.
- [3] ITU-T Recommendation G.801 (1988), *Digital transmission models*.
- [4] ITU-T Recommendation G.803 (2000), *Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*.
- [5] ITU-T Recommendation G.810 (1996), *Definitions and terminology for synchronization networks*.
- [6] ITU-T Recommendation G.811 (1997), *Timing characteristics of primary reference clocks*.
- [7] ITU-T Recommendation G.812 (2004), *Timing requirements of slave clocks suitable for use as node clocks in synchronization networks*.
- [8] ITU-T Recommendation G.813 (2003), *Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC)*.

- [9] ITU-T Recommendation G.822 (1988), *Controlled slip rate objectives on an international digital connection.*
- [10] ITU-T Recommendation G.823 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2048 kbit/s hierarchy.*
- [11] ITU-T Recommendation G.824 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 1544 kbit/s hierarchy.*
- [12] ITU-T Recommendation G.825 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH).*
- [13] IEEE Standard 802TM-2001, *IEEE standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture.*
- [14] IEEE Standard 802.1DTM-2004, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Access Control (MAC) Bridges.*
- [15] IEEE Standard 802.3TM-2005, *Part 3, CSMA/CD access method and physical layer specifications.*
- [16] ITU-T Recommendation G.702 (1988), *Digital hierarchy bit rates.*
- [17] ITU-T Recommendation O.171 (1997), *Jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the plesiochronous digital hierarchy (PDH).*
- [18] ITU-T Recommendation O.172 (2005), *Timing jitter and wander measuring equipment for digital systems which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH).*
- [19] ITU-T Recommendation V.90 (1998), *A digital modem and analogue modem pair for use on the Public Switched Telephone Network (PSTN) at data signalling rates of up to 56 000 bit/s downstream and up to 33 600 bit/s upstream.*
- [20] ITU-T Recommendation T.4 (2003), *Standardization of Group 3 facsimile terminals for document transmission.*
- [21] ITU-T Recommendation G.8010/Y.1306 (2004), *Architecture of Ethernet layer networks.*
- [22] ITU-T Recommendation G.8110/Y.1370 (2005), *MPLS layer network architecture.*
- [23] ITU-T Recommendation G.701 (1993), *Vocabulary of digital transmission and multiplexing, and pulse code modulation (PCM) terms.*
- [24] ITU-T Recommendation Y.1411 (2003), *ATM-MPLS Network interworking – Cell mode user plane interworking.*
- [25] ITU-T Recommendation Y.1540 (2002), *Internet protocol data communication service – IP packet transfer and availability performance parameters.*
- [26] ITU-T Recommendation Y.1560 (2003), *Parameters for TCP connection performance in the presence of middleboxes.*
- [27] ITU-T Recommendation Y.1561 (2004), *Performance and availability parameters for MPLS networks.*
- [28] ITU-T Recommendation Y.1731 (2006), *OAM functions and mechanisms for Ethernet based networks.*
- [29] IEEE Standard 802.1Q-REVTM-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks.*
- [30] ITU-T Recommendation G.705 (2000), *Characteristics of plesiochronous digital hierarchy (PDH) equipment functional blocks.*

- [31] ITU-T Recommendation I.363.1 (1996), *B-ISDN ATM Adaptation Layer specification: Type 1 AAL*.
- [32] IEEE Standard 802.1adTM-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Provider Bridges*.

3 Определения

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины:

3.1 асинхронный интерфейс: см. Рек. МСЭ-Т G.823 [10].

3.2 участок Услуги эмуляции каналов (CES): Сегмент сети, основанной на технологиях коммутации пакетов, который эмулирует либо характеристики сети с коммутацией каналов, либо сети с транспортом PDH/SDH (плезиохронная/синхронная цифровая иерархия) для предоставления услуг CBR (например, E1).

3.3 функция межсетевого взаимодействия (IWF): см. Рек. МСЭ-Т Y.1411 [24].

3.4 синхронная работа сети: Синхронизация физического уровня (обычно посредством распространения синхронизации сигнала хронирования, доступного для контроля Первичным эталонным генератором (PRC), см. Рек. МСЭ-Т G.811).

3.5 период стабилизации: Период, начинающийся в момент времени, когда действительный источник хронирования выбран IWF и заканчивающийся, когда выходные характеристики хронирования находятся в рамках ограничений, установленных для выходных дрожания и фазового дрейфа.

3.6 синхронный интерфейс: см. Рек. МСЭ-Т G.823.

3.7 мультиплексирование с временным разделением каналов (TDM): термин, условно обозначающий изохронные потоки битов, используемые в телефонных сетях, в частности в тех, которые относятся к PDH (плезиохронная цифровая иерархия), как описано в Рек. МСЭ-Т G.705 [30]. Битовые скорости, традиционно используемые в различных регионах мира, подробно описаны в Рек. МСЭ-Т G.702 [16]. Примерами сигналов, охваченных определением TDM, являются сигналы, принадлежащие к иерархиям PDH и SDH.

3.8 интерфейс трафика: см. Рек. МСЭ-Т G.823.

4 Сокращения

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения:

3GPP	Third Generation Partnership Project	Глобальный проект совместной координации разработки WCDMA институтами стандартизации стран Европы, Японии, Южной Кореи и США.
ATM	Asynchronous Transfer Mode	Асинхронный режим передачи
BS	Base Station	Базовая станция
CBR	Constant Bit Rate	Постоянная битовая скорость
CDMA	Code Division Multiple Access	Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
CE	Customer Equipment	Оборудование потребителя
CES	Circuit Emulation Service	Служба эмуляции канала
FE	Fast Ethernet	"Быстрый" Ethernet, технология передачи данных в локальной сети со скоростью до 100 Мбит/с
GE	Gigabit Ethernet	"Гигабитный" Ethernet, технология передачи данных в локальной сети со скоростью до 1 Гбит/с
GPS	Global Positioning System	Глобальная система навигации и определения местоположения
GSM	Global System for Mobile communications	Глобальная система связи с подвижными объектами

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике
IP	Internet Protocol	Протокол Интернет
IWF	InterWorking Function	Функция межсетевого взаимодействия
MAC	Medium Access Control	Управление доступом к среде передачи
MRTIE	Maximum Relative Time Interval Error	Максимальная относительная погрешность временного интервала
MTIE	Maximum Time Interval Error	Максимальная погрешность временного интервала
NTP	Network Time Protocol	Протокол сетевого времени
OTN	Optical Transport Network	Оптическая транспортная сеть
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	Плэзиохронная цифровая иерархия
PRC	Primary Reference Clock	Первичный эталонный генератор
PSTN	Public Switched Telephone Network	Телефонная коммутируемая сеть общего пользования (КТСОП)
SLA	Service Level Agreement	Соглашение об уровне услуг
SASE	Stand Alone Synchronization Equipment	Автономное оборудование синхронизации
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	Синхронная цифровая иерархия
SEC	SDH Equipment Clock	Тактовый сигнал оборудования SDH
SRTS	Synchronous Residual Time Stamp	Синхронная дифференциальная временная отметка
SSM	Synchronization Status Message	Сообщение статуса синхронизации
SSU	Synchronization Supply Unit	Модуль поставки синхронизации
STM	Synchronous Transfer Mode	Синхронный режим передачи
TDEV	Time Deviation	Отклонение времени
TDM	Time Division Multiplex	Мультиплексирование с временным разделением каналов
UI	Unit Interval	Единичный интервал
UTC	Universal Time Coordinated	Всеобщее скоординированное время

5 Соглашения о терминах

В рамках настоящей Рекомендации термины "пакеты" и "кадры" используются как взаимозаменяемые.

6 Общие положения

Первоначально коммутация пакетов была разработана для обработки асинхронных данных.

Однако для новых приложений, таких, как транспортировка услуг TDM и распространение синхронизации по пакетным сетям, следует учитывать строгие требования этих приложений к синхронизации.

Продолжающееся развитие электросвязи увеличивает вероятность использования сред с гибридной пакетно-канальной коммутацией для голосовых услуг и услуг передачи данных в голосовом диапазоне. Эти среды сочетают пакетные технологии (например, ATM, IP, Ethernet) с традиционными системами TDM. В этих условиях важно обеспечить поддержание приемлемого уровня качества (например, ограниченная частота проскальзывания).

Синхронизация в сетях TDM хорошо понята и реализована. Как правило, поставщик услуг канала TDM поддерживает сеть распространения хронирования, предоставляя синхронизацию, доступную для контроля посредством Первичного эталонного генератора (PRC) (т. е., совместимость тактового сигнала с Рек. МСЭ-T G.811 [6]).

Аспекты хронирования и синхронизации, затронутые в настоящей Рекомендации, изначально относятся к сетям на базе технологии Ethernet с уровнями протоколов, как описано в IEEE 802 (см. пункт 1, Область применения).

Функциональная архитектура для сетей Ethernet описана в Рек. МСЭ-T G.8010/Y.1306 [21].

В контексте настоящей Рекомендации наивысшие уровни (например, уровень 7 в модели OSI) относятся к приложениям, транспортируемым по пакетным сетям. Приложения режима реального времени предъявляют относительно жесткие требования к задержке и колебанию задержки. Некоторые приложения могут разрешать свои вопросы, касающиеся хронирования, на более высоких уровнях (например, MPEG-2); другие приложения полагаются на поддержку хронирования, предоставляемую одним или несколькими более низкими уровнями (например, физическим уровнем).

Целью настоящей Рекомендации является описание методов получения требований, связанных с синхронизацией.

Дополнительно, описываются требования к интерфейсам и оборудованию, являющимся частью сети Ethernet. Здесь также даются рекомендации относительно того, когда следует применять те или иные методы синхронизации.

В последующих пунктах обобщаются некоторые соображения, касающиеся применимых требований синхронизации в сети на пакетной основе.

В настоящей рекомендации рассматривается, в основном, CES в сетевых средах общего пользования. В некоторых частных сетевых приложениях, использующих эмуляцию канала, может оказаться эффективным распространение к узлам IWF CES общего тактового сигнала с уровнем качества, отличным от уровня качества PRC. Однако использование хронирования для синхронизации с уровнем качества ниже, чем у PRC, может повлечь за собой возникновение трудностей во взаимодействии различных доменов сети, таких, как взаимосвязь сетей нескольких поставщиков сетевых услуг.

Использование общего тактового сигнала с уровнем качества, отличным от уровня качества PRC, будет изучаться в дальнейшем.

6.1 Требования к синхронизации пакетной сети

Узлам, применяемым в пакетно-ориентированной технологии передачи (например, сетевым узлам АТМ) не требуется никакой синхронизации для реализации функции коммутации пакетов. Действительно, на каждой точке входа коммутатора пакетов отдельное устройство должно осуществлять адаптацию хронирования (например, адаптация хронирования ячейки в случае коммутатора АТМ) входящего сигнала к внутреннему хронированию. Например, в случае с сетями АТМ, принципом, учитывающим разницу частот, является использование заполнения свободных ячеек. Линии передачи, в принципе, не нуждаются во взаимной синхронизации.

Однако по мере того как пакетная сеть развивается и включает в себя приложения на основе TDM, т. е. при передаче потоков с постоянной битовой скоростью (CBR) по пакетной сети и при взаимодействии с сетями КТСОП пакетная сеть должна обеспечивать правильное хронирование и интерфейсы трафика.

Это означает, что требования, предъявляемые к функциям синхронизации пакетных сетей, особенно на границе пакетных сетей, зависят от услуг, предоставляемых по данным сетям. Для услуг на основе TDM, для обеспечения приемлемых характеристик IWF может потребовать синхронной работы сети.

6.2 Требования TDM к хронированию

Транспортировка сигналов TDM по пакетной сети требует, чтобы сигналы на выходе пакетной сети согласовались с требованиями TDM к хронированию; это является важным для обеспечения возможности взаимодействия с оборудованием TDM.

Эти требования не зависят от типа информации (голос или данные), транспортируемой посредством сигнала TDM.

Адаптация сигналов TDM для пакетной сети называется Услугами эмуляции каналов (CES).

Применимы следующие требования к хронированию: ограничения дрожания и фазового дрейфа при интерфейсах трафика и/или синхронизации, долгосрочная точность частоты (которая может повлиять на характеристики проскальзывания) и общая задержка (которая является критичной для услуг режима реального времени, таких, как голосовые услуги).

6.2.1 Требования PDH к хронированию

Требования PDH к хронированию для интерфейсов трафика в основном связаны с дрожанием, фазовым дрейфом и характеристиками проскальзывания.

На входе сетевого элемента на границе пакетной сети применяются требования устойчивости к дрожанию и фазовому дрейфу. На выходе сетевого элемента в месте исхода из пакетной сети применяются требования к созданию дрожания и фазового дрейфа.

Эти значения определены в Рек. МСЭ-Т G.823 для сети, основанной на иерархии 2048 кбит/с и в Рек. МСЭ-Т G.824 для сети, основанной на иерархии 1544 кбит/с.

Кроме того, в Рек. МСЭ-Т G.822 определены соответствующие цели относительно частоты проскальзывания. В этом случае тактовый сигнал оборудования, генерирующего сигналы TDM, и оборудования, восстанавливающего сигналы TDM из пакетов, являются различными, и в данном случае требуется наличие буфера проскальзывания.

6.2.2 Требования к интерфейсам синхронизации

В случае, если сигналы PDH определены в качестве интерфейсов синхронизации, требования к синхронизации являются более строгими, чем для интерфейсов трафика 2048 кбит/с и 1544 кбит/с. Требования к интерфейсам синхронизации для интерфейсов PDH также определены в Рек. МСЭ-Т G.823 и Рек. МСЭ-Т G.824 [11].

6.2.3 Требования SDH к хронированию

Любой сигнал STM-N (Синхронный транспортный модуль N) должен соответствовать Рек. МСЭ-Т G.825 [12]. Соответствующие требования касаются устойчивости к дрожанию и фазовому дрейфу (применяются на входе сетевого элемента на границе пакетной сети, принимающей данные STM-N) и генерации дрожания и фазового дрейфа (применяются на выходе сетевого элемента, генерирующего трафик STM-N на другом конце пакетной сети).

В случае с сигналами STM-N не существует различия между интерфейсами трафика и синхронизации, поскольку все сигналы STM-N определены как интерфейсы синхронизации.

6.3 Разработка технологии сети синхронизации в пакетных сетях

Движущей силой для большей части этой работы является необходимость обслуживания потребности в синхронизации отдельного приложения или определенной технологии в целом (например, Базовых станций в сетях GSM и WCDMA). Для достижения этой цели операторам приходится распространять между элементами сети, обрабатывающими приложение, опорный сигнал хронирования соответствующего качества.

Один подход состоит в следовании стратегии распределенного PRC (например, при помощи технологий GPS). Альтернативный подход основывается на стратегии ведущий-ведомый. Правила разработки при конструировании сети синхронизации в таких случаях хорошо понятны и документированы (см., например, Рек. МСЭ-Т G.803 [4]), когда базовый транспорт пакетов (например, кадров Ethernet) осуществляется посредством существующих синхронных технологий (сетей PDH или SDH). С другой стороны, когда базовый транспорт основывается на несинхронных технологиях (т. е. Ethernet), следует рассматривать альтернативные подходы. Этот случай будет в дальнейшем рассмотрен в пункте 8.

6.4 Требования к хронированию на границе и требования к хронированию в базовых сетях

В случае, если пакетная сеть является частью сети доступа, могут требоваться характеристики, отличные от тех, которые требуются в случае, если пакетная сеть является нижележащим уровнем базовой сети.

Распространение опорной синхронизации по сегменту базовой сети может потребоваться для соответствия строгим требованиям к дрожанию и фазовому дрейфу (т. е. Рек. МСЭ-Т G.823, Рек. МСЭ-Т G.824 для интерфейсов синхронизации и Рек. МСЭ-Т G.825).

С другой стороны, в сети доступа требования могут быть смягчены, для того чтобы сделать возможным распространение опорного сигнала хронирования с характеристиками достаточными

(например, с уровнем качества более низким, чем у PRC) для поддержки требований к хронированию конечного узла (например, Базовой станции или модема стандарта V90). Более подробная информация приведена в Дополнении IV.

7 Сетевые ограничения

Сетевые ограничения дрожания и фазового дрейфа, определенные на настоящий момент в соответствующих Рекомендациях МСЭ-Т (например, Рек. МСЭ-Т G.823 и Рек. МСЭ-Т G.824), должны выполняться во всех сценариях, относящихся к настоящей Рекомендации.

В данном пункте описываются три различных сценария развертывания для сегмента или участка CES. В данном пункте определены ограничения дрожания и фазового дрейфа для интерфейсов трафика TDM (исключая сигналы STM-N) передаваемые посредством сегмента CES в каждом из этих сценариев.

Сетевые ограничения, применяемые к интерфейсам синхронизации (как определено в п. 6/G.823) и к сигналам STM-N, передаваемым по пакетным сетям, будут изучены в дальнейшем.

Следует отметить, что в некоторых случаях сигналы с качеством, соответствующим указанному в п. 5/G.823 и п. 6/G.824 (интерфейсы трафика), в случае доступности для контроля посредством PRC могут быть использованы как опорные сигналы хронирования для оборудования, устойчивого к таким сигналам и способного функционировать корректно (модель для случая развертывания 2 в примере этого сценария).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Приведенные в данном пункте сетевые ограничения должны быть действительными в нормальных условиях (например, когда не имеют места условия возникновения сбоя или работы по техническому обслуживанию). Определение соотношения времени, в течение которого применяются данные ограничения, выходит за рамки настоящей Рекомендации.

7.1 Модель сети, лежащая в основе сетевых ограничений

В случае транспорта сигналов PDH, модели, представленные на рисунках A.1/G.823 и A.1/G.824 являются исходной точкой для рассмотрения возможности вставки сегмента CES. Бюджет фазового дрейфа, выделенный сегменту CES, должен составлять лишь часть всего бюджета фазового дрейфа, как определено в Рекомендациях МСЭ-Т G.823 или G.824, поскольку общий бюджет фазового дрейфа должен использоваться совместно со всей остальной сетью.

В зависимости от местоположения сегмента CES могут применяться различные требования к фазовому дрейфу. Идентифицировано несколько моделей развертывания CES; данные модели определены в п. 7.1.1, п. 7.1.2 и п. 7.1.3.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – На рисунках, приведенных в данном пункте, не показаны детали того, как хронирование восстанавливается IWF или как хронирование распространяется в пакетной сети. Для получения более подробной информации см. п.п. 8 и 9.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В этих моделях представлен только один участок CES, поскольку их целью является выделение бюджета фазового дрейфа только для сегмента технологии CES. Возможно наличие нескольких систем CES, при условии что совокупный создаваемый ими фазовый дрейф не выходит за рамки бюджета фазового дрейфа, выделенного CES.

Накопление фазового дрейфа по нескольким участкам будет изучаться в дальнейшем.

7.1.1 Случай развертывания 1

Когда сегмент CES расположен на участке между двумя коммутаторами эталонной модели G.823, бюджет фазового дрейфа рассчитывается на основе модели, представленной на рисунке 1, ниже. Данная модель основана на рисунках A.1/G.823 и A.1/G.824, где участки SDH заменены сетью CES.

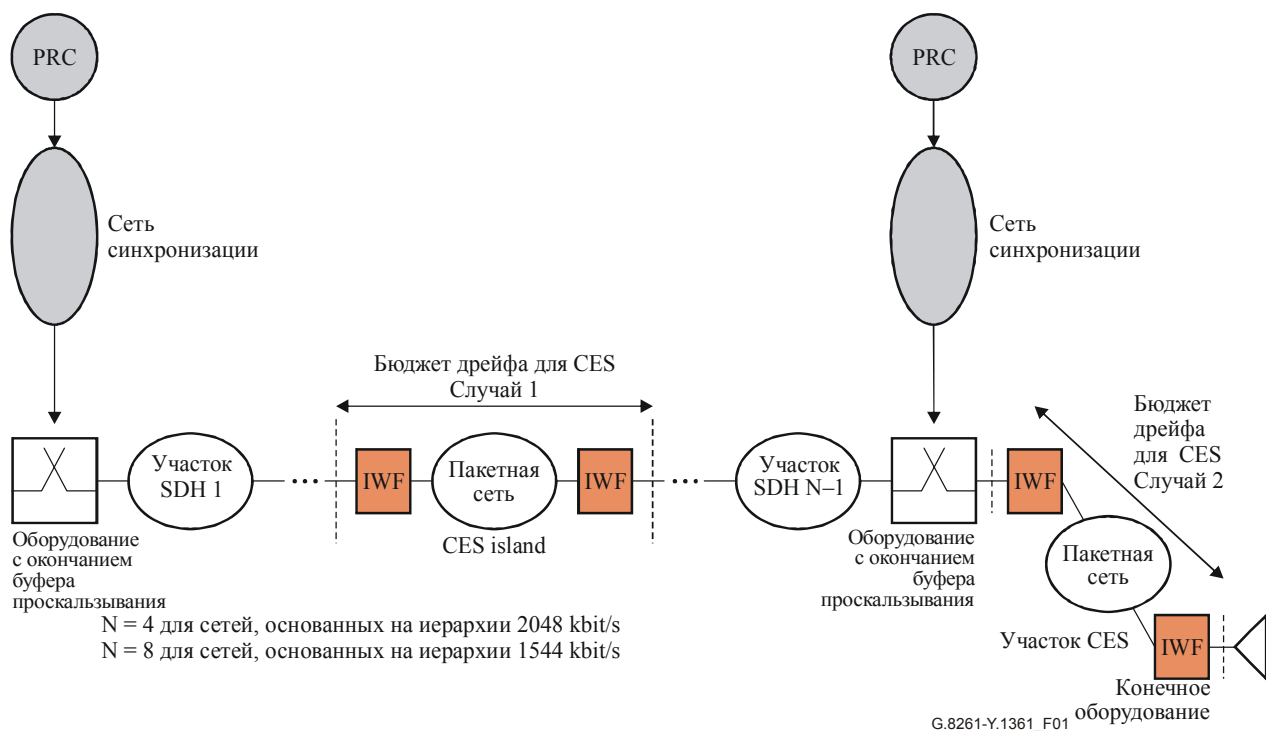


Рисунок 1/G.8261/Y.1361 – Сетевые модели накопления фазового дрейфа трафика и тактового сигнала: случаи развертывания 1 и 2

Бюджет фазового дрейфа для сигнала 2048 кбит/с определен в таблице 1.

Таблица 1/G.8261/Y.1361 – Случай развертывания 1: Ограничение выходного фазового дрейфа для интерфейса 2048 кбит/с

Интервал наблюдений, τ [с]	Требуемое MRTIE [мкс]
$0,05 < \tau \leq 0,2$	$10,75 \tau$
$0,2 < \tau \leq 32$	$9 * 0,24 = 2,15$
$32 < \tau \leq 64$	$0,067 \tau$
$64 < \tau \leq 1\,000$	$18 * 0,24 = 4,3$
ПРИМЕЧАНИЕ. – Для асинхронной конфигурации максимальный рассматриваемый интервал наблюдений составляет 80 с. Определение значений для асинхронных интерфейсов от 80 с до 1000 с будет осуществлено в дальнейшем.	

Сетевые ограничения дрожания 2048 кбит/с должны соответствовать п. 5.1/G.823.

Бюджет фазового дрейфа для сигнала 1544 кбит/с определен в таблице 2.

Таблица 2/G.8261/Y.1361 – Случай развертывания 1: Ограничение фазового дрейфа для интерфейса 1544 кбит/с

Интервал наблюдений, τ [с]	MTIE [мкс]
$\tau \leq 0,1$	No requirement (См. Примечание)
$0,1 < \tau \leq 0,47$	4,5 τ
$0,47 < \tau \leq 900$	2,1
$900 < \tau \leq 1\,930$	$2,33 * 10^{-3} \tau$
$1\,930 < \tau \leq 86\,400$	4,5
ПРИМЕЧАНИЕ. – Эта часть охвачена требованиями к дрожанию	

Сетевые ограничения дрожания 1544 кбит/с должны соответствовать п. 5.1/G.824.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Сетевые ограничения для других сигналов PDH (т. е., сигналов 34 368 кбит/с, 44 736 кбит/с и 139 264 кбит/с), передаваемых по сегментам CES, будут изучаться в дальнейшем.

7.1.2 Случай развертывания 2

7.1.2.1 Приложение А

Когда сегмент CES расположен вне сетевых элементов, содержащих буферы проскальзывания (см. рисунок 1), следует принимать во внимание эффект восстановления синхронизации коммутатора. На выходе этого оборудования хронирование сигнала трафика соответствует сетевому ограничению для сигнала синхронизации, которое является более строгим, чем аналогичное ограничение для сигнала трафика.

Дрожание и бюджет фазового дрейфа для сегмента CES в этом случае равны разности между сетевым ограничением 2048 кбит/с (см. рисунок 1/G.823) и сетевым ограничением интерфейса синхронизации 2048 кбит/с (см. рисунок 10/G.823). Данное ограничение представлено в таблице 3.

Таблица 3/G.8261/Y.1361 – Случай 2А: ограничение выходного фазового дрейфа для интерфейса 2048 кбит/с

Интервал наблюдений, τ [с]	Требуемое MRTIE [мкс]
$0,05 < \tau \leq 0,2$	40 τ
$0,2 < \tau \leq 32$	8
$32 < \tau \leq 64$	0,25 τ
$64 < \tau \leq 1000$ (Примечание)	16
ПРИМЕЧАНИЕ. – Для асинхронной конфигурации максимальный рассматриваемый интервал наблюдений составляет 80 с. Определение значений для асинхронных интерфейсов от 80 с до 1000 с будет осуществлено в дальнейшем.	

В случае с интерфейсами 1544 кбит/с дрожание и бюджет фазового дрейфа для сегмента CES равны разности между сетевым ограничением 1544 кбит/с (см. таблицу 2/G.824) и сетевым ограничением интерфейса синхронизации 1544 кбит/с (см. рисунок 3/G.824). Конкретные значения будут изучены в дальнейшем.

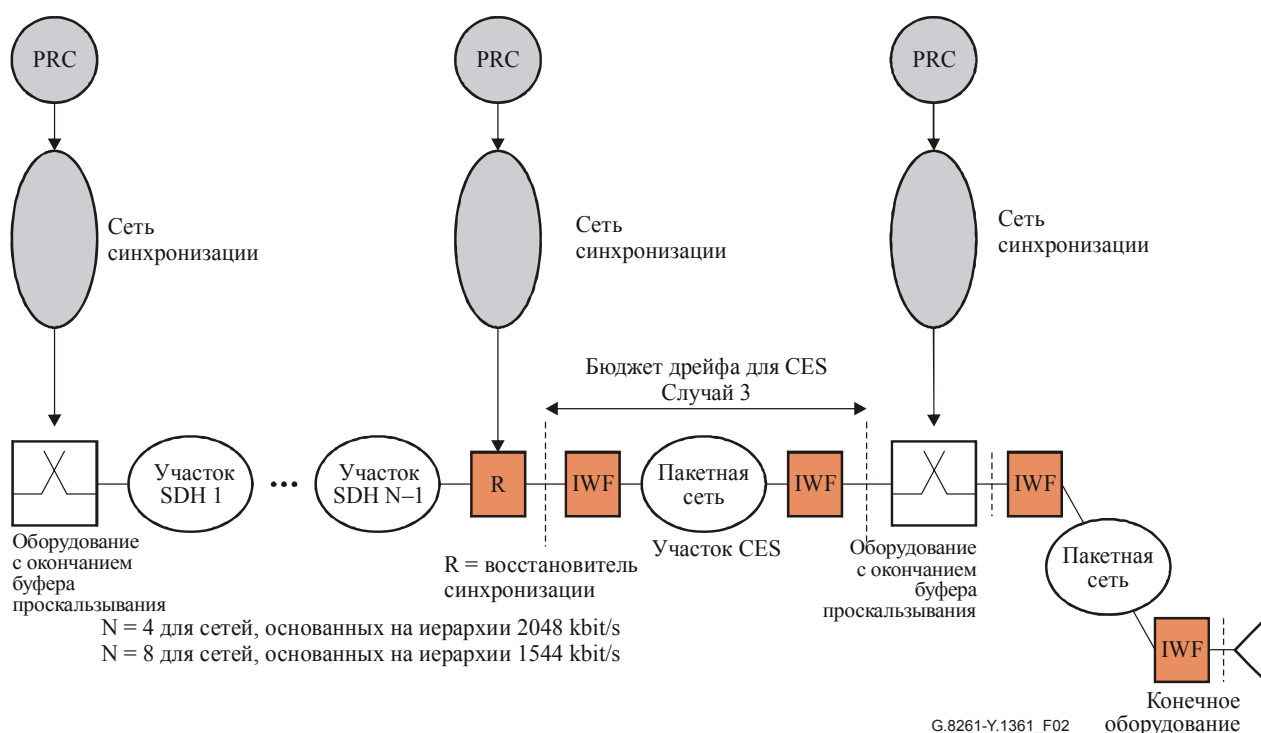
ПРИМЕЧАНИЕ. – Сетевые ограничения для других сигналов PDH (т. е., сигналов 34 368 кбит/с, 44 736 кбит/с и 139 264 кбит/с), передаваемых по сегментам CES, будут изучаться в дальнейшем.

7.1.2.2 Приложение В

В этом случае приложение восстанавливает хронирование посредством сигнала TDM; в связи с этим нет дифференциального дрожания и фазового дрейфа между тактовым сигналом и данными, кроме

того, которое находится в диапазоне восстановления тактового сигнала, поскольку тактовый сигнал и данные извлекаются из одного и того же сигнала. Бюджет фазового дрейфа сегмента CES ограничен только качеством хронирования, которое требуется приложению (например, требованиями Базовой станции), а не спецификацией G.823.

7.1.3 Случай развертывания 3



8 Распространение опорного сигнала хронирования по пакетным сетям

В настоящей Рекомендации выделяются два основных класса методов:

8.1 Плезиохронные и сетевые синхронные методы

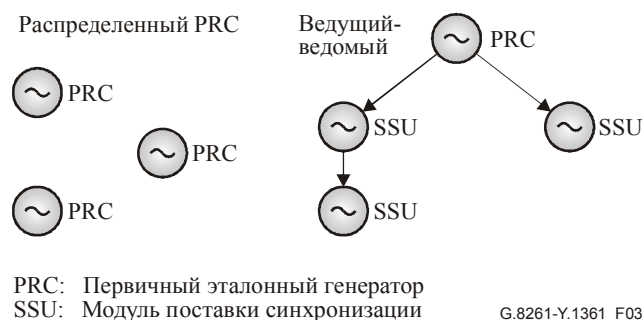


Рисунок 3/G.8261/Y.1361 – Метод распределенного PRC и метод ведущий-ведомый

Установлено, что когда требуется доступность для контроля посредством G.811, преимуществом является наличие возможности распространения хронирования посредством синхронного Ethernet наряду с традиционными средствами.

Традиционные сети Ethernet являются несинхронизированными (± 100 ppm (промилле)). Однако в рамках технологии Ethernet присутствуют все ключевые элементы, позволяющие сделать ее синхронной и использовать архитектуру ведущий-ведомый на физическом уровне. Далее физический уровень Ethernet может быть использован для предоставления опорного сигнала хронирования по пакетным сетям, от магистрального уровня до уровня доступа. Этот метод также может использоваться для реализации восстановления хронирования на IWF для услуг CBR, транспортируемых по пакетным сетям. Он также может использоваться для предоставления опорного сигнала хронирования граничному оборудованию доступа в "чистой" сети Ethernet.

Следует отметить, что существует ряд технических вопросов, которые должны быть разрешены, прежде чем может начаться широкое применение данной методики: доступность для управления качеством, спецификации дрожания и фазового дрейфа для интерфейсов, защита сетей и т. п.

В пункте 8.1.1 подробно описывается высокоуровневый метод достижения синхронности в сети Ethernet.

8.1.1 Синхронные сети Ethernet

8.1.1.1 Общая архитектура

Общая концепция доставки тактового сигнала физического уровня от коммутатора Ethernet к IWF приведена на рисунке 4.



ПРИМЕЧАНИЕ – Два пригодных для контроля посредством PRC опорных сигнала распределения времени могут исходить из одного источника

Рисунок 4/G.8261/Y.1361 – Предоставление хронирования IWF Ethernet посредством PHY Ethernet

Опорный сигнал хронирования, доступный для контроля посредством PRC, вводится в коммутатор Ethernet при помощи внешнего порта тактового сигнала. Этот сигнал извлекается и обрабатывается средствами функции синхронизации перед вводом хронирования в поток битов Ethernet. Функция синхронизации обеспечивает фильтрацию и может потребовать отсрочки. Эти требования будут изучены в дальнейшем.

Вполне понятно, что между элементом, где вводится опорный сигнал хронирования, и IWF может находиться несколько коммутаторов Ethernet. В таких случаях функция синхронизации в рамках коммутатора Ethernet должна иметь возможность восстановления синхронизации "хронирования линии" из входящего потока битов.

В рамках данной архитектуры следует проводить различие между сетевым тактовым сигналом и тактовым сигналом услуг, как описано ниже.

8.1.1.2 Сетевой тактовый сигнал

Сетевой тактовый сигнал представляет собой тактовый сигнал, используемый для упорядочения функции синхронизации внутри коммутатора и, таким образом, потока битов, выходящего из коммутатора Ethernet. Тактовый сигнал, вводимый в коммутатор Ethernet, является синхронным, т. е. привязанным к сетевому тактовому сигналу.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В случае тактирования сети, существует необходимость ограничения возникновения дрожания и фазового дрейфа посредством использования сетевого тактового сигнала. Спецификация такого тактового сигнала (эта спецификация может включать точность тактового сигнала, функцию фильтрации, характеристики отсрочки и генерацию шума) подлежит дальнейшему изучению.

8.1.1.3 Тактовый сигнал услуг

В рамках существующей технологии Ethernet услуга, фактически, является асинхронной. В синхронной Ethernet существующие услуги Ethernet так же будут отправляться и приниматься посредством физического уровня с соответствующими скоростями.

Предлагаемая архитектура приведена в Приложении А.

8.2 Методы на основе пакетов

Второй класс методов основывается на информации о хронировании, переносимой посредством пакетов (например, отправка выделенных сообщений Временной отметки, как показано на рисунке 5; использование методов двухсторонней передачи информации о хронировании также возможно посредством протокола NTP или аналогичных протоколов; следует отметить, что двухсторонние протоколы также могут передавать информацию о хронировании). В некоторых случаях это является единственной альтернативой использованию подхода на основе распределенного PRC.

Методы на основе пакетов и связанные характеристики изучаются.

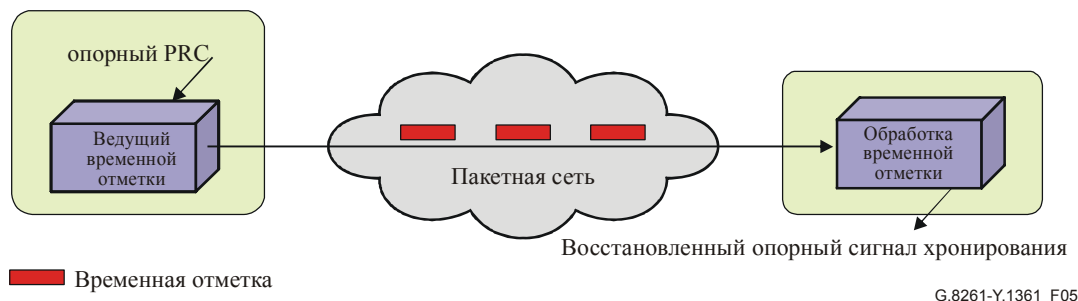


Рисунок 5/G.8261/Y.1361 – Пример метода распространения опорного сигнала хронирования на основе пакетов посредством временных отметок

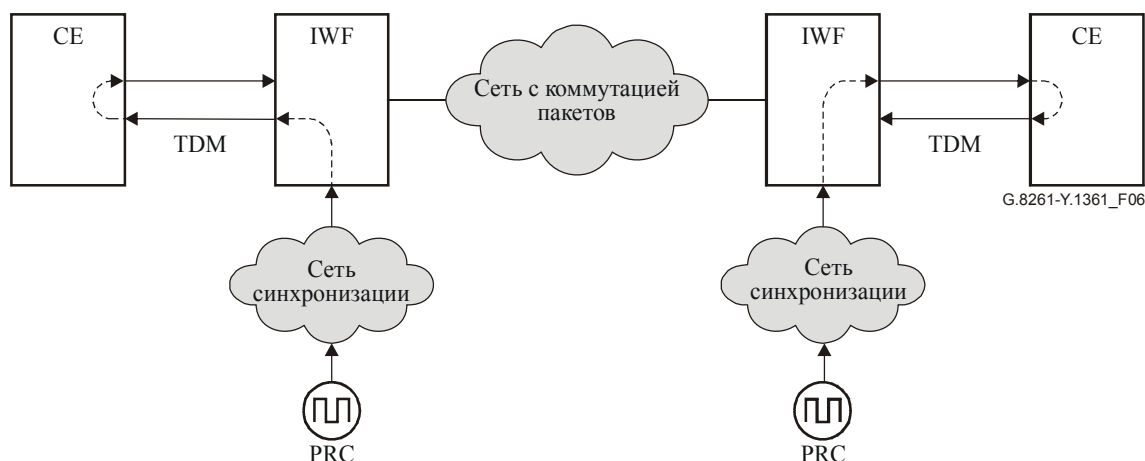
9 Восстановление хронирования для услуг с постоянной битовой скоростью, транспортируемых по пакетным сетям

Услуги с постоянной битовой скоростью (CBR) (например, сигнал TDM с эмуляцией каналов) требуют, чтобы хронирование сигнала было идентичным на обоих концах пакетной сети и управлялось IWF, отвечающим за доставку потока с постоянной битовой скоростью. Смысл сохранения тактового сигнала услуги заключается в том, что частота входящего тактового сигнала услуги может быть реплицирована как частота исходящего тактового сигнала услуги при рассмотрении в терминах долгосрочных средних. Это не подразумевает, что фазовый дрейф входящего сигнала TDM должен быть идентичен дрейфу на исходящий сигнал TDM.

Методы работы, обозначенные в настоящей Рекомендации, описаны в последующих пунктах.

9.1 Синхронная работа сети

Данный метод подразумевает полностью синхронную работу сети путем использования доступного для контроля посредством PRC сетевого тактового сигнала или локального PRC (например, GPS) в качестве тактового сигнала услуг (см. рисунок 6). Это подразумевает наличие опорного PRC. Следует подчеркнуть, что при использовании данного метода не сохраняется хронирование услуг.



Два PRC могут также исходить из одного источника

Рисунок 6/G.8261/Y.1361 – Пример синхронной работы сети

ПРИМЕЧАНИЕ. – Опорный сигнал хронирования на входе IWF должен согласовываться с интерфейсами синхронизации, как определено в Рекомендациях МСЭ-T G.823 и G.824.

9.2 Дифференциальные методы

В соответствии с дифференциальными методами, разность между тактовым сигналом услуг и опорным тактовым сигналом кодируется и передается по пакетной сети (см. рисунок 7). Тактовый сигнал услуги восстанавливается на удаленном конце пакетной сети с использованием общего первичного эталонного генератора. Метод синхронной дифференциальной временной отметки (SRTS) [31] является примером представителя данного семейства методов. Следует подчеркнуть, что при использовании данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.

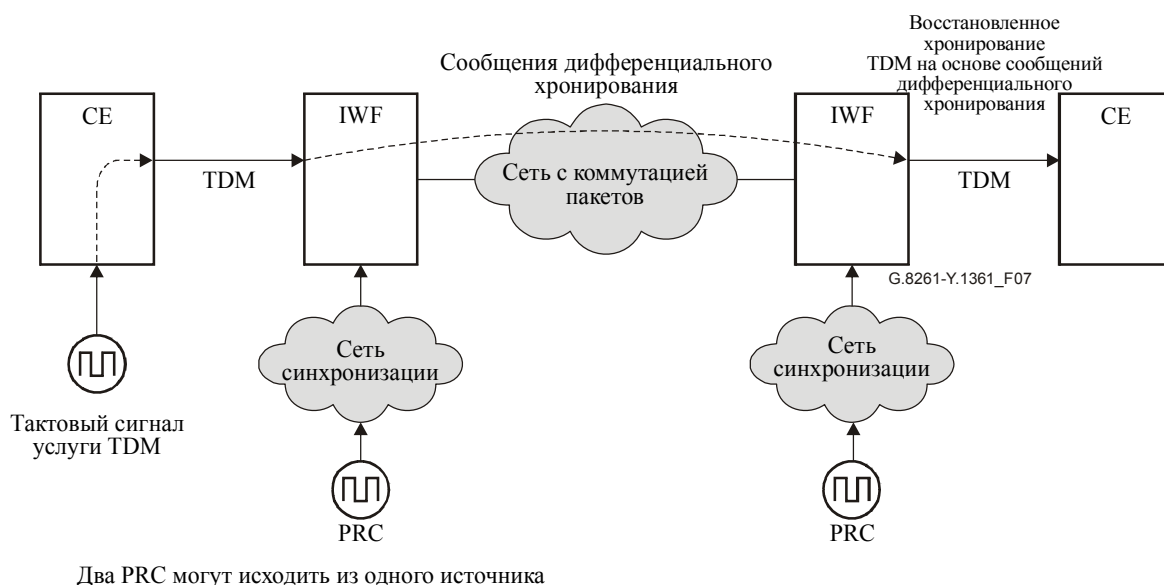


Рисунок 7/G.8261/Y.1361 – Работа восстановления хронирования на основе дифференциальных методов

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Дифференциальные методы могут работать с опорными тактовыми сигналами IWF, которые не доступны для контроля посредством PRC. Использование тактовых сигналов, не доступных для контроля посредством PRC зависит от конкретного приложения и выходит за рамки настоящей Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Опорный сигнал хронирования на входе IWF должен согласовываться с интерфейсами синхронизации, как определено в Рекомендациях МСЭ-T G.823 и G.824.

9.3 Адаптивные методы

В адаптивных методах хронирование восстанавливается на основе времени между прибытием пакетов или на основе уровня заполнения буфера дрожания. Следует подчеркнуть, что данный метод сохраняет хронирование услуг (см. рисунок 8).

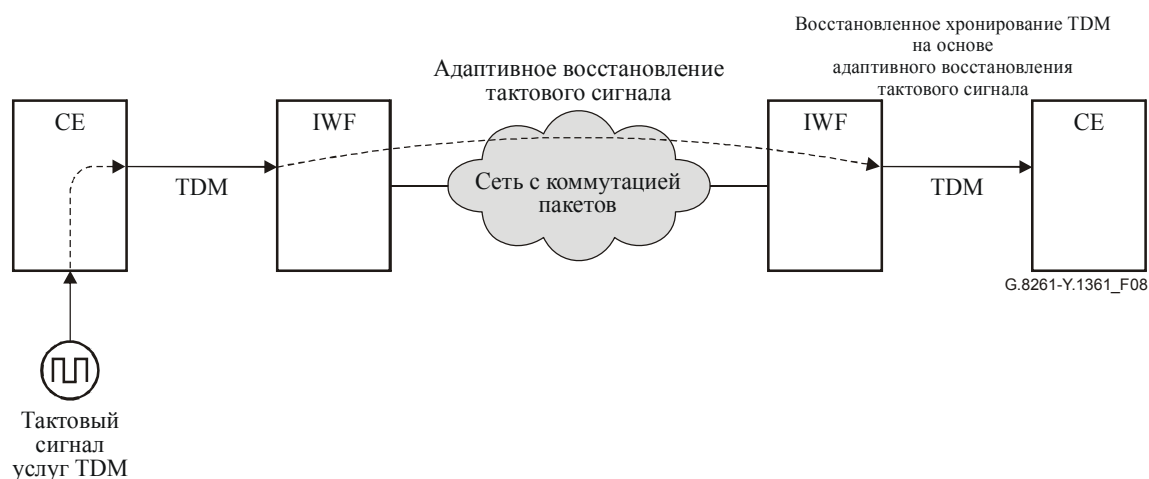


Рисунок 8/G.8261/Y.1361 – Пример адаптивного метода

9.4 Опорный тактовый сигнал, доступный на конечных системах TDM

Когда опорный тактовый сигнал доступен на конечных системах TDM, случай является тривиальным, поскольку обе конечные системы имеют прямой доступ к опорному источнику хронирования и перенастраивают временные соотношения сигнала, исходящего из IWF. В связи с этим нет необходимости восстанавливать хронирование.

Использование кольцевого хронирования в IWF на интерфейсе TDM является примером реализации данного метода (см. рисунок 9). Примером практического применения данного сценария может служить ситуация, когда два домена КТСОП соединены посредством пакетной сети.

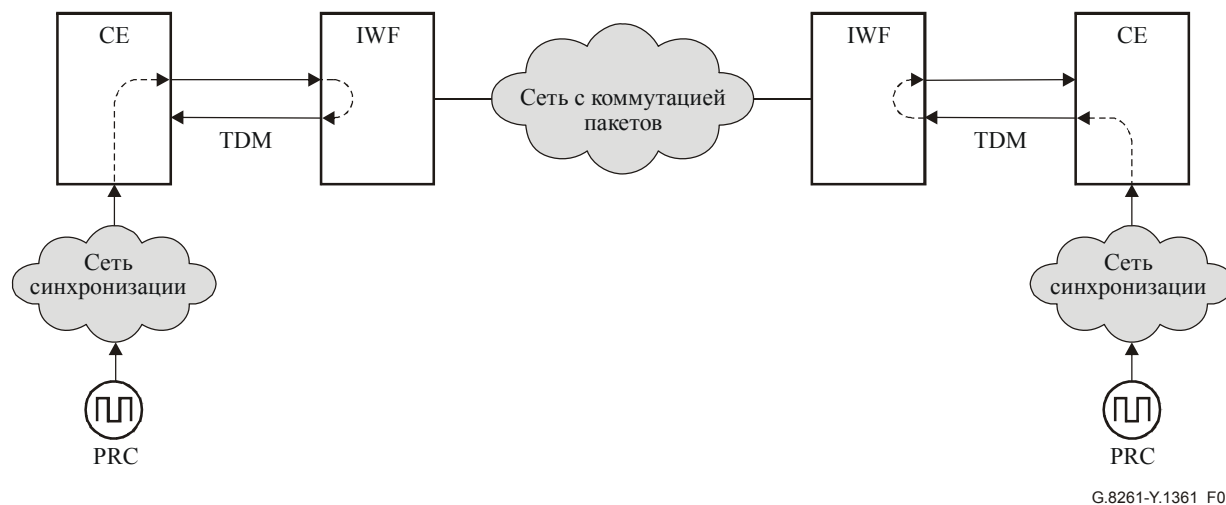


Рисунок 9/G.8261/Y.1361 – Пример опорного сигнала хронирования PRC, доступного на конечных системах TDM

Отметим, что на рисунке 9 показаны передатчик и приемник TDM, доступные для контроля посредством общего первичного эталонного генератора, которым может быть PRC. В данном случае приемник и передатчик могут являться, например, цифровыми коммутаторами, где существует необходимость контроля проскальзываний. Однако в некоторых случаях передатчик и приемник не доступны для контроля посредством тактовых сигналов G.811, например, если они являются мультиплексорами 34 368 кбит/с или 44 736 кбит/с.

10 Влияние искажений в пакетной сети на распространение хронирования и восстановление тактового сигнала услуг

В данном пункте обсуждаются различные искажения, оказывающие влияние на трафик и его информацию о хронировании в пакетных сетях. Следует понимать, что требования эмулированных каналов и восстановленных тактовых сигналов, определенные в пункте 7, должны выполняться в условиях эксплуатации.

С принципиальной точки зрения, синхронизация необходима в сетях уровня 1 для управления буферами. Буферы уровня 1 представлены в сетях PDH, SDH и OTN, и их функции адаптации (преобразования) представляют собой простые структуры, где номинальная скорость входящего и исходящего трафика удерживается в определенных границах, заданных соответствующими сетевыми стандартами этих сетей TDM. В качестве методов управления этими буферами и приспособления к тактовым сигналам различных доменов используются такие механизмы, как вставка байтов, указатели, а также системные тактовые сигналы. Конструкция сети ограничивает размер буфера таким образом, чтобы минимизировать задержку. В сетях уровня 1, таких как SDH, существует прямая связь между сетевым тактовым сигналом и уровнем фазового дрейфа или дрожания, которые могут быть приданы клиентскому сигналу.

В случае транспортировки по пакетным сетям данных, данные доставляются по сети блоками (пакетами, кадрами), вместо того, чтобы переноситься в виде непрерывного потока с постоянной битовой скоростью. Пакеты могут быть статистически мультиплексированы и маршрутизируются посредством пакетных коммутаторов, в результате чего возникает задержка передачи пакетов из-за обработки, буферизации и повторной передачи на промежуточных коммутаторах. В одном коммутаторе может возникнуть необходимость объединения нескольких потоков пакетов в единый буфер исходящего трафика. Возникающее в результате соперничество за буфер влечет за собой появление переменной задержки. В некоторых случаях имеет место выпадение пакетов. Тактовый сигнал, используемый для управления каналами передачи уровня 1, вероятно, является асинхронным по отношению к тактовому сигналу, используемому внутри коммутатора. Любое различие между скоростью предоставления пакетов для передачи и реальной скоростью передачи компенсируется путем добавления дополнений между пакетами или отклонения пакетов.

Поскольку пакеты могут проходить по разным маршрутам, поток пакетов от выхода до входа может демонстрировать значительную вариацию задержки. Дополнительно, может нарушаться очередность пакетов, что ведет к дополнительной буферизации. Услугам, использующим пакетную сеть, следует принимать во внимание эти искажения. В пакетных сетях требуются буферы большого размера для осуществления обработки уровня пакетов, и в этом случае для поддержки большинства услуг требуется только синхронизация "грубого" уровня.

В отличие от сетей уровня 1, таких, как SDH, не существует прямой связи между сетевым тактовым сигналом и буферами обработки пакетов. Таким образом, сетевое хронирование не может быть использовано для контроля вариации задержки пакетов в этих сетях. Необходимость предоставления синхронизации пакетному коммутатору в общем случае требуется только для того, чтобы обеспечить соответствие любым требованиям синхронизации к интерфейсам физического уровня к коммутатору в соответствии со связанными требованиями интерфейса TDM, заданными конкретными сетевыми стандартами как SDH/PDH.

Требования услуг, транспортируемых на более высоких уровнях (выше уровня 2), к хронированию (например, IPTV, MPEG-4), определены таким образом, чтобы быть приспособленными к вариациям существующих пакетных сетей. Любое хронирование, специфическое для данной услуги, кодируется на уровне услуг (например, H.264, MPEG-4).

Однако существуют случаи, когда физический уровень пакетной сети является синхронным (например, SDH) и может быть использован уровнем адаптации.

В большинстве случаев информация, транспортируемая по пакетной сети, т. е. Характеристическая информация (CI: см. Дополнение III), не включает информацию о хронировании. Здесь существует определенное ветвление, когда услугам требуется передача точного хронирования. Для сквозных услуг требуется, чтобы характеристики хронирования уровня сервера поддерживали требования клиента к синхронизации. В рамках традиционных механизмов уровня 1 (PDH, SDH и OTN) механизмы адаптации (преобразования) сетевого хронирования специально разработаны с тем, чтобы быть совместимыми с требованиями сигнала клиента к хронированию. В случае если уровень сервера не имеет возможности поддержки хронирования клиента, могут потребоваться альтернативные способы предоставления хронирования клиента. Это следует осуществлять на уровне адаптации сети. Примером является AAL1 ATM.

Искажения в пакетной сети могут оказывать отрицательное воздействие на восстановление тактового сигнала услуг для услуг с постоянной битовой скоростью, эмулируемых по пакетной сети. В данном пункте исследуется уровень таких искажений, которые следует выдерживать процессу восстановления тактового сигнала, поддерживая тактовый сигнал в соответствии со связанными спецификациями.

Следующие параметры производительности, связанные с искажениями в пакетной сети, определены в Рекомендациях МСЭ-Т Y.1540 [25] (для сетей IP) и Y.1561 [27] (для сетей MPLS). Аналогичные показатели производительности для сетей Ethernet также определены в Рек. МСЭ-Т Y.1731 [28].

- 1) Задержка передачи пакетов и вариация задержки;
- 2) Частота возникновения ошибок в пакетах;
- 3) Частота потери пакетов;
- 4) Случаи потери значительного блока пакетов.

10.1 Задержка передачи пакетов и вариация задержки

10.1.1 Дифференциальные методы

Задержка передачи пакетов и вариация задержки не должны влиять на производительность восстановления тактового сигнала, когда сетевой опорный тактовый сигнал доступен на обоих концах и используются дифференциальные методы.

10.1.2 Адаптивные методы

Адаптивное восстановление тактового сигнала услуг из потока пакетов, содержащего данные с постоянной битовой скоростью, в целом достигается при помощи выполнения некоторой вычислительной функции, параметрами для которой являются скорость прибытия пакетов или время прибытия пакетов на узел назначения.

Если задержка в пакетной сети является постоянной, частота прибытия пакетов на узел назначения не подвергается влиянию сети. В восстановленном тактовом сигнале может присутствовать фазовый лаг из-за задержки в сети, но не должно присутствовать частотного или фазового дрейфа.

Если задержка варьирует, то в процессе восстановления тактового сигнала это можно заметить по изменению в фазе или частоте исходного тактового сигнала услуги. В связи с этим в процессе разработки процесса восстановления тактового сигнала следует уделить пристальное внимание причинам вариации задержки.

Существует несколько причин вариации задержки в пакетной сети:

- случайная вариация задержки (например, задержка постановки в очередь);
- низкочастотная вариация задержки (например, шаблоны день/ночь);
- систематическая вариация задержки (например, механизмы хранения и перенаправления в базовом транспортном уровне);
- изменения в маршрутизации;
- эффекты затора.

10.1.2.1 Случайная вариация задержки

Случайная вариация задержки возникает в результате работы коммутаторов или маршрутизаторов в пакетной сети. Основным источником такой задержки является задержка постановки исходящего трафика в очередь, возникающая в случае, если пакет прибывает на коммутатор в момент, когда выходной порт блокирован другим трафиком и пакет вынужден ждать в очереди. Задержка пакета может возникнуть также и в результате воздействия других факторов, связанных с внутренним функционированием коммутатора или маршрутизатора, как описано в Дополнении I.

Невозможно с какой бы то ни было степенью вероятности предсказать, какой будет задержка пакета при прохождении через коммутатор или маршрутизатор, хотя вполне вероятно, что задержка будет возрастать с увеличением загрузки устройства. В связи с этим существует некоторая корреляция задержки между последовательно идущими пакетами и загрузкой сети трафиком.

10.1.2.2 Низкочастотная вариация задержки

Как описано выше, задержка в пакетной сети, хотя и является непредсказуемой, в целом зависит от загрузки сети в рассматриваемый период времени. Загрузка является динамической величиной и может содержать компоненты с крайне низкой частотой. Например, если загрузка сети выше днем, чем ночью, это дает компонент вариации загрузки с 24-часовым периодом.

Такая вариация с крайне низкой частотой может привести к возникновению фазового дрейфа, восстановленного из потока пакетов с тем же самым периодом. Поскольку многие связанные спецификации тактового сигнала ограничивают допустимый фазовый дрейф в периодах по 24 часа или более (например, G.824 [11]), в ходе разработки процесса восстановления тактового сигнала должна быть предусмотрена его компенсация.

10.1.2.3 Систематическая вариация задержки

Определенные типы основных транспортных сетей могут вызывать систематическую вариацию задержки пакетов с течением времени. Например, некоторые типы транспортов используют "окно передачи" или "временной слот", храня пакеты до того момента, как "окно" открывается. Примерами здесь являются сети PON, xDSL и WiMAX.

В результате использования "окна передачи" на поток пакетов накладывается систематический "пилообразный" профиль задержки (см. рисунок 10). В пакетных сетях с обычной скоростью, например в сетях, содержащих данные с постоянной битовой скоростью, период "окна передачи" может "столкнуться" со скоростью передачи пакетов, вызвав медленную вариацию задержки с течением времени. Эти эффекты очень похожи на дрожание времени ожидания в сетях TDM. В сетях TDM возможно контролировать дрожание времени ожидания, в пакетных сетях это не так.

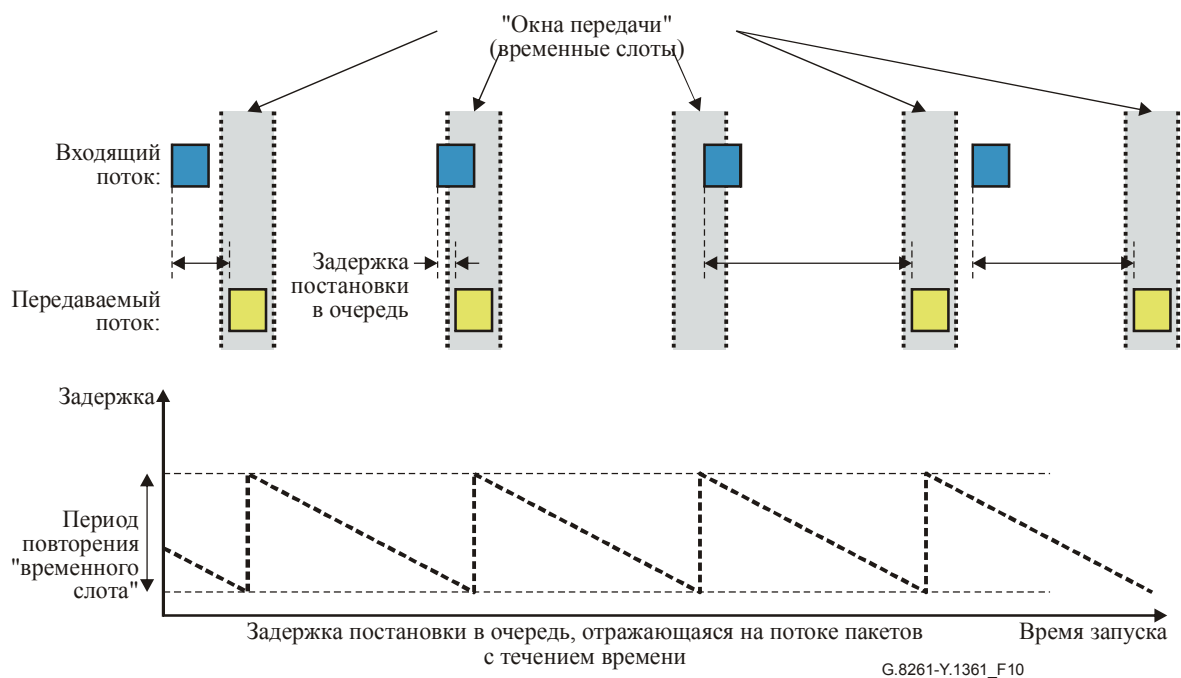


Рисунок 10/G.8261/Y.1361 – Систематическая вариация задержки, обусловленная сетью с временными слотами

Другой тип систематической вариации задержки, который влияет на потоки пакетов с постоянной битовой скоростью, возникает в результате "столкновения" с другими обычными потоками пакетов. На рисунке 11 показано, что происходит, когда два потока пакетов с практически одинаковой частотой объединяются коммутатором или маршрутизатором для передачи по одному каналу передачи пакетов.

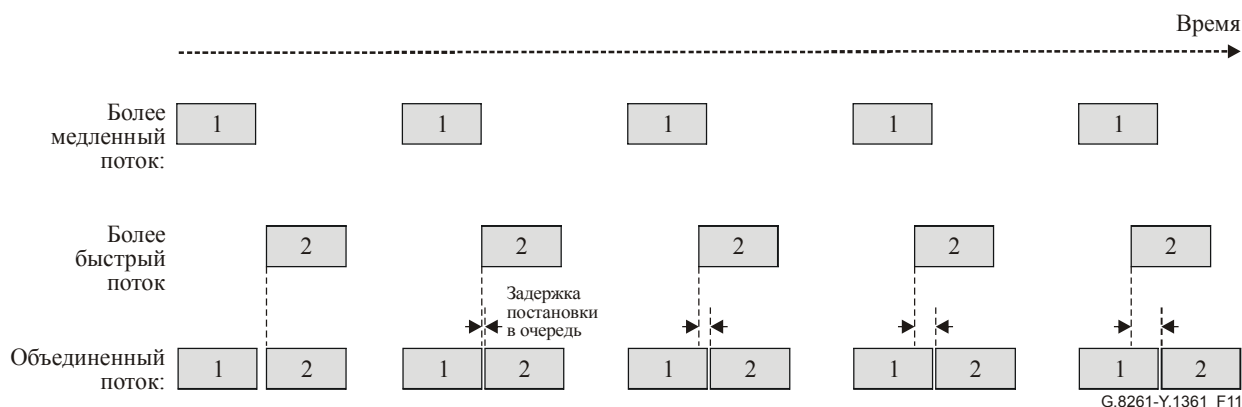


Рисунок 11/G.8261/Y.1361 – Столкновение между двумя потоками пакетов с обычной битовой скоростью

Поток 1 является более медленным, и в течение некоторого времени пакеты Потока 1 прибывают на коммутатор или маршрутизатор раньше соответствующих пакетов Потока 2. Однако пакеты из Потока 2 начинают их догонять. Поскольку по каналу передачи пакетов одновременно может передаваться только один пакет, пакеты Потока 2 начинают испытывать воздействие задержки постановки в очередь (см. рисунок 12). Эта задержка постепенно накапливается до точки, где она равна времени передачи пакета по каналу связи.

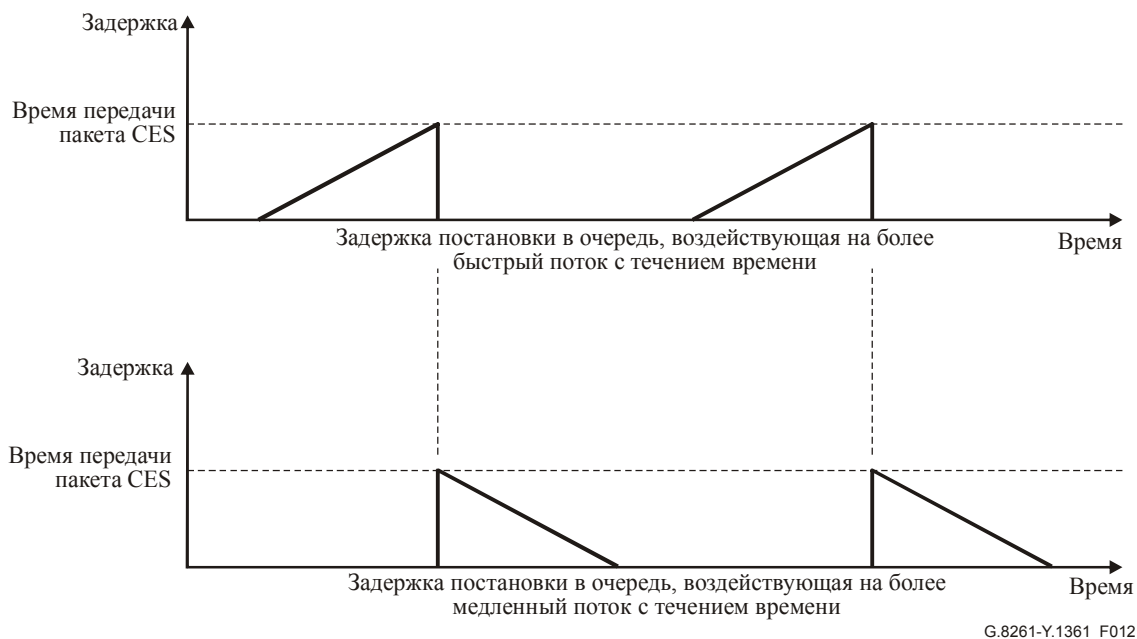


Рисунок 12/G.8261/Y.1361 – Профиль задержки, воздействующей на "сталкивающиеся" потоки пакетов

В конце концов, пакеты Потока 2 начинают прибывать на коммутатор или маршрутизатор раньше соответствующих пакетов Потока 1, и задержка постановки в очередь устраняется. С этого момента задержка постановки в очередь оказывает воздействие на Поток 1. Она постепенно уменьшается, пока пакеты Потока 1 не начинают прибывать на коммутатор после того, как уже закончена передача Потока 2.

Длительность периода времени, в течение которого потоки пакетов испытывают воздействие задержки постановки в очередь (т. е. ширина треугольников на рисунке 12) обратно пропорциональна разности в скорости между двумя потоками пакетов. В случае, если скорости очень близки, длительность может быть чрезвычайно большой. Такая долгосрочная вариация задержки может вызвать медленный фазовый дрейф в любом тактовом сигнале, восстановленном из одного из потоков пакетов.

10.1.2.4 Изменения маршрутизации

Маршрут, по которому следует поток пакетов в пакетной сети, может изменяться в определенные моменты времени. Это может происходить вследствие ошибок в сети (например, маршрутизация в обход сбойного или переполненного канала связи), защитного переключения на другой маршрут или переконфигурирования сети.

Чистым эффектом таких действий является ступенчатое изменение в задержке по сети. Если эти изменения не компенсируются, они могут проявляться в форме изменения фазы в восстановленном тактовом сигнале. Такие изменения должны обнаруживаться и приниматься во внимание в процессе восстановления тактового сигнала. В общем случае, значительные изменения задержки относительно легко обнаруживаются и компенсируются, однако незначительные изменения могут быть скрыты общей вариацией задержки или локальным дрейфом генератора на узле, восстанавливающем тактовый сигнал.

10.1.2.5 Эффекты затора

Скопление – это временное увеличение нагрузки трафика во всей сети или ее части. Это может привести к "перегрузке" всей сети или ее части, что повлечет за собой выпадение или задержку значительного числа пакетов. Продолжительность скопления является переменной, и может составлять несколько секунд или минут. Если сеть испытывает частые значительные заторы, продолжающиеся более чем 5 минут, это указывается, что данная сеть, возможно, не подходит для работы в режиме эмуляции каналов.

10.2 Воздействия искажения пакетов

10.2.1 Ошибки в пакетах и потеря пакетов

Искажения в пакетных сетях оказывают влияние на три отдельных элемента пути доставки: процесс восстановления тактового сигнала IWF (отметим, что это может быть невозможно отследить), восстановление тактового сигнала услуг и саму услугу TDM. Ограничения потери пакетов и нарушения очередности пакетов и их влияние на услугу и процессы восстановления тактового сигнала подлежат изучению в дальнейшем.

Связанные вопросы дополнительно обсуждаются в последующих пунктах.

Потеря пакетов и нарушение очередности пакетов не оказывают значительного воздействия на производительность восстановления тактового сигнала IWF ни для одного из методов, представленных в настоящей Рекомендации. В частности, на уровнях, на которых используется услуга транспорта TDM, потеря пакетов (как однородная, так и спорадическая) и нарушение очередности пакетов оказывает пренебрежимо малое воздействие на производительность восстановления тактового сигнала IWF.

10.2.1.1 Влияние на услугу TDM

Каналы TDM, переносимые по пакетным сетям, могут быть чрезвычайно уязвимыми для ошибок в битах, возникающих вследствие потери пакетов. Одной из причин этого является то, что ошибки в битах усиливаются транспортом пакетов – одна единственная ошибка в бите в пакете ведет к тому, что весь пакет отклоняется, давая целый ряд последовательных ошибок в битах в восстановленном потоке TDM. Следовательно, даже умеренный уровень потери пакетов (с точки зрения традиционной пакетной сети) может послужить причиной отказа канала TDM.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Уязвимость каналов TDM будет, в основном, зависеть от специфических характеристик IWF. Некоторые IWF могут использовать различные методики сокрытия потерь пакетов, для того чтобы защитить приложение от потери пакетов.

10.2.1.2 Влияние на процесс восстановления тактового сигнала IWF

Процесс восстановления тактового сигнала IWF включает алгоритм восстановления тактового сигнала из пакета, встроенный тактовый сигнал и используемый метод восстановления хронирования (т. е. адаптивный или дифференциальный). Производительность процесса восстановления тактового сигнала IWF представляет собой комбинацию нагрузки пакетной сети, алгоритма, используемого для преодоления нагрузки сети, тактового сигнала, встроенного в IWF и используемого метода восстановления хронирования.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для всех возможных сценариев должны быть определены ограничения потери пакетов и нарушения очередности пакетов для защиты восстановления тактового сигнала IWF и восстановления тактового сигнала услуг; эти ограничения подлежат изучению в дальнейшем.

10.2.1.3 Влияние на восстановление тактового сигнала услуги

Требуется, чтобы процесс восстановления тактового сигнала услуги выдерживал значительно более высокий уровень потери пакетов, чем сам канал TDM, так, что тактовый сигнал услуги остается в рамках спецификации за точкой, где данные объявляются недействительными. Восстановление тактового сигнала IWF прямо влияет на производительность восстановления тактового сигнала услуги.

10.2.2 Случай потери значительного блока пакетов

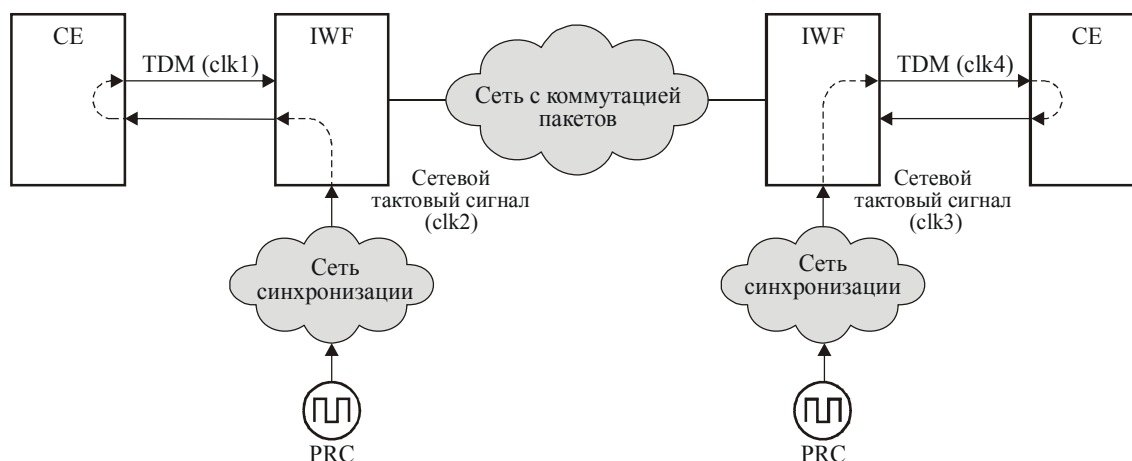
В Рекомендациях МСЭ-Т Y.1540 [25] и Y.1561 [27] случай потери значительного блока определен как имеющий место в случае, когда для блока пакетов, наблюдаемого на входном интерфейсе в течение временного интервала T, отношение потерянных пакетов к общему числу пакетов превышает пороговое значение. Аналогичные эффекты предполагаются в сетях Ethernet.

В случае таких искажений механизм восстановления хронирования должен контролировать общую потерю пакетов, как обсуждалось в п. 10.2.1. Этот вопрос подлежит изучению в дальнейшем.

11 Влияние искажения первичного эталонного генератора на распространение хронирования и восстановление тактового сигнала услуг

11.1 Искажения для методов синхронной работы сети

Тактовые сигналы, задействованные в транспортировке сигналов TDM по пакетной сети, показаны на рисунке 13.



Два PRC могут также исходить из одного источника

G.8261-Y.1361_F13

Рисунок 13/G.8261/Y.1361 – Тактовые сигналы, задействованные при транспортировке сигналов TDM по пакетной сети для синхронной работы сети

На рисунке 13 представлены следующие тактовые сигналы:

- тактовый сигнал, генерирующий сигнал TDM (clk1);
- опорный сетевой тактовый сигнал, используемый для депакетизации слева в IWF (clk2);
- опорный сетевой тактовый сигнал, используемый для депакетизации справа в IWF (clk3);
- тактовый сигнал, генерирующий сигнал TDM после пакетной сети (clk4).

clk1 должен быть доступным для контроля посредством PRC; он может быть получен либо с использованием кольцевого хронирования, как показано на рисунке 13, либо другим способом. Если это не сделано, использование сетевого первичного эталонного генератора в депакетизаторе (т. е. clk3 на рисунке) повлечет возникновение серьезных проблем.

Для того чтобы в выходном сигнале TDM содержалось корректное хронирование, тактовые сигналы генерирующие (т. е. clk1) и восстанавливающие хронирование (т. е. clk4) сигнала TDM должны иметь одну и ту же долгосрочную частоту (или в пределах ограничений PRC); в противном случае может быть сгенерирована неприемлемая скорость проскальзываний (краткосрочный шум должен удерживаться в пределах применяемых ограничений).

В нормальных условиях работы сетевой опорный тактовый сигнал на источнике TDM (clk1) и сетевой опорный тактовый сигнал на депакетизаторе привязаны к опорному сигналу хронирования, доступному для контроля посредством PRC. Однако если имеют место условия возникновения сбоя с сети синхронизации, эти тактовые сигналы могут быть привязаны к опорному сигналу хронирования, доступному для контроля посредством тактового сигнала, работающего в режиме отсрочки. В случае, если имеют место условия возникновения сбоя, эти тактовые сигналы должны предоставлять соответствующую отсрочку на основе целей выполнения проскальзываний G.822.

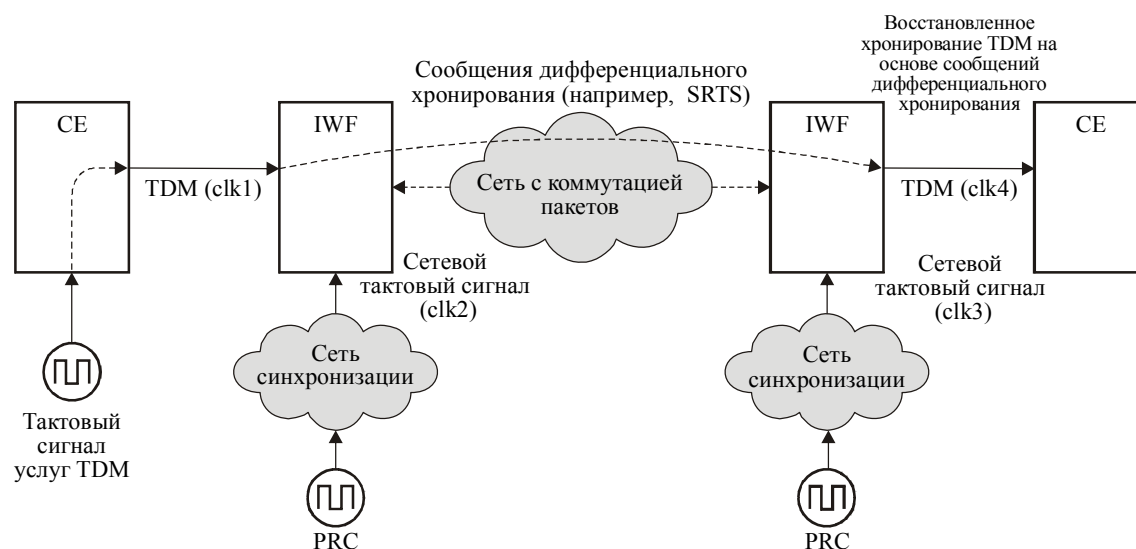
Тактовый сигнал, предоставляющий эту функцию отсрочки в условиях возникновения сбоя в сети синхронизации, может быть либо интегрирован в само оборудование, или быть доступен на узле (например, интегрирован в элемент сети передачи или SASE (Stand Alone Synchronization Equipment, Автономное оборудование синхронизации)). За выбор наиболее приемлемого решения отвечает планировщик сети.

В итоге, синхронный режим работы сети требует либо введения точных тактовых сигналов в приемник IWF, либо системы, позволяющей переключиться на другой подходящий тактовый сигнал в случае потери синхронизации от тактового сигнала сети (PRC).

Для обнаружения периодов потери синхронизации, необходимо своего рода наблюдение за доступностью для контроля (например, SSM).

11.2 Искажения для дифференциального метода

Тактовые сигналы, задействованные в транспортировке сигналов TDM по пакетной сети, показаны на рисунке 14.



Два PRC могут исходить из одного источника

G.8261-Y.1361_F14

Рисунок 14/G.8261/Y.1361 – Тактовые сигналы, задействованные при транспортировке сигналов TDM по пакетной сети для дифференциального метода

На рисунке 14 показаны:

- тактовый сигнал, генерирующий сигнал TDM, PDH или SDH (clk1). Данный тактовый сигнал может быть плезиохронным, хотя считается, что большинство сигналов сейчас являются синхронными;
- сетевой тактовый сигнал, используемый для генерации сообщений дифференциального хронирования (clk2);
- сетевой тактовый сигнал (clk3), используемый для повторной генерации тактового сигнала TDM (clk4) на основе сообщений дифференциального хронирования.

Любой фазовый шум этих тактовых сигналов вызывает фазовый шум в хронировании выходного сигнала TDM.

Для того чтобы в выходном сигнале TDM содержалось корректное хронирование, тактовые сигналы генерирующие (т. е. clk1) и восстанавливающие хронирование (т. е. clk4) сигнала TDM должны иметь одну и ту же долгосрочную частоту (или в пределах ограничений PRC); в противном случае может быть сгенерирована неприемлемая скорость проскальзываний (краткосрочный должен удерживаться в пределах применяемых ограничений).

В нормальных условиях работы сетевые тактовые сигналы, генерирующие сообщения дифференциального хронирования, и повторно генерирующие тактовый сигнал TDM (clk2 и clk3) привязаны к опорному сигналу хронирования, доступному для контроля посредством PRC. Однако если имеют место условия возникновения сбоя с сети синхронизации, эти тактовые сигналы могут быть привязаны к опорному сигналу хронирования, доступному для контроля посредством тактового сигнала, работающего в режиме отсрочки. В случае если имеют место условия возникновения сбоя, эти тактовые сигналы должны предоставлять соответствующую отсрочку на основе целей выполнения проскальзываний G.822.

Тактовый сигнал, предоставляющий эту функцию отсрочки в условиях возникновения сбоя в сети синхронизации, может быть либо интегрирован в само оборудование, или быть доступен на узле (например, интегрирован в элемент сети передачи или SASE (Stand Alone Synchronization Equipment, Автономное оборудование синхронизации)). За выбор наиболее приемлемого решения отвечает планировщик сети.

Для обнаружения периодов потери синхронизации, необходимо своего рода наблюдение за доступностью для контроля (например, SSM).

12 Требования IWF, связанные с синхронизацией

12.1 Интерфейсы трафика

Приведенные ниже требования были взяты из существующих Рекомендаций (например, Рекомендаций МСЭ-Т G.823, G.824 и т. п.).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Интерфейсы SDH упомянуты в последующих пунктах только в образовательных целях, поскольку транспортировка сигналов SDH по пакетной сети подлежит дальнейшему изучению.

12.1.1 Физические, электрические и оптические характеристики

Физические и оптические характеристики интерфейсов E0 (64 кбит/с), E11 (1544 кбит/с), E12 (2048 кбит/с), всех интерфейсов PDH, интерфейсов 51 840 кбит/с (STM-0) и ES1 (STM-1) должны соответствовать требованиям Рек. МСЭ-Т G.703.

Физические и оптические характеристики интерфейсов STM-1, STM-4, STM-16, должны соответствовать требованиям связанных Рекомендаций по физическим интерфейсам, например G.957, G.691, G.959.1 и т. п.

12.1.2 Устойчивость к дрожанию и фазовому дрейфу

Устойчивость к входным дрожанию и фазовому дрейфу для сетей на базе иерархии 2048 кбит/с при интерфейсах трафика E0, E12, E22, E31, E4 должна соответствовать требованиям п. 7.1/G.823.

Устойчивость к входным дрожанию и фазовому дрейфу для сетей на базе иерархии 1544 кбит/с при интерфейсах трафика E11, E21, 32 064 кбит/с, E32, 97 728 кбит/с должна соответствовать требованиям п. 7.2/G.824.

Устойчивость к входному дрожанию для сетей на базе SDH при интерфейсах трафика STM-1e, STM-1, STM-4, STM-16 должна соответствовать требованиям п. 6.1.2/G.825. Устойчивость к входному дрожанию для сетей на интерфейсе трафика 51 840 кбит/с должна соответствовать требованиям п. 16.3/G.703.

Устойчивость к входному фазовому дрейфу для сетей на базе SDH при интерфейсах трафика 51 840 кбит/с, STM-1e, STM-1, STM-4, STM-16 – в соответствии с п. 6.1.1/G.825, должна соответствовать требованиям п. 9.1/G.812 и п. 8.1/G.813, в зависимости от того, который из них применим. Эти требования определены для интерфейсов синхронизации (SSU и SEC соответственно), поскольку интерфейсы трафика STM-N рассматриваются как интерфейсы синхронизации.

Методы измерения определены в Рек. МСЭ-Т O.171 [17] и Рек. МСЭ-Т O.172 [18].

12.2 Интерфейсы синхронизации

Приведенные ниже требования были взяты из существующих Рекомендаций (например, Рек. МСЭ-Т G.703 и т. п.).

12.2.1 Физические, электрические и оптические характеристики

Физические и оптические характеристики интерфейса синхронизации T12 (2048 кГц) должны соответствовать требованиям п. 13/G.703.

Физические и оптические характеристики интерфейса синхронизации E12 (2048 кбит/с) должны соответствовать требованиям п. 9/G.703.

Физические и оптические характеристики интерфейса синхронизации (1544 кбит/с) должны соответствовать требованиям п. 5/G.703.

12.2.2 Устойчивость к дрожанию и фазовому дрейфу

Устойчивость к входному дрожанию при интерфейсах синхронизации T12, E12 в соответствии с п. 7.2/G.823 должна соответствовать требованиям п. 9.2/G.812 (Тип I) для интерфейсов SSU и п. 8.2/G.813 (Вариант 1) для интерфейсов SEC, в зависимости от того, который из них применяется.

Устойчивость к входному дрожанию на интерфейсе синхронизации E11 в соответствии с п. 7.3/G.824, должна соответствовать требованиям п. 9.2/G.812 (Типы II и III) для интерфейсов SSU и п. 8.2/G.813 (Вариант 2) для интерфейсов SEC, в зависимости от того, который из них применяется.

Устойчивость к входному фазовому дрейфу при интерфейсах синхронизации T12, E12 в соответствии с п. 7.2/G.823 должна соответствовать требованиям п. 9.1/G.812 (Тип I) для интерфейсов SSU и п. 8.1/G.813 (Вариант 1) для интерфейсов SEC, в зависимости от того, который из них применяется.

Устойчивость к входному фазовому дрейфу на интерфейсе синхронизации E11 в соответствии с п. 7.3/G.824, должна соответствовать требованиям п. 9.1/G.812 (Типы II и III) для интерфейсов SSU и п. 8.1/G.813 (Вариант 2) для интерфейсов SEC, в зависимости от того, который из них применяется.

12.3 Функция синхронизации IWF

В контексте настоящей Рекомендации IWF предоставляет необходимые механизмы преобразования между TDM и потоками пакетов.

Ниже перечислены возможные поддерживаемые варианты хронирования для тактового сигнала Tx на рисунке 15:

- хронирование на основе восстановленного тактового сигнала источника, переносимого входящим сигналом TDM (кольцевое или линейное хронирование);
- хронирование на основе сетевого тактового сигнала (сетевой тактовый сигнал может быть либо взят с физического уровня каналов передачи трафика из пакетной сети либо получен через внешний физический интерфейс хронирования, например 2048 кГц);
- хронирование на основе автономного тактового сигнала (он должен обеспечивать точность в соответствии со связанным интерфейсам услуг TDM/CBR, например 2048 кГц, и соответствовать требованиям Рек. МСЭ-T G.703, ± 50 ppm (промилле)).
- дифференциальные методы;
- адаптивное хронирование (включая восстановление тактового сигнала с использованием выделенных временных отметок).

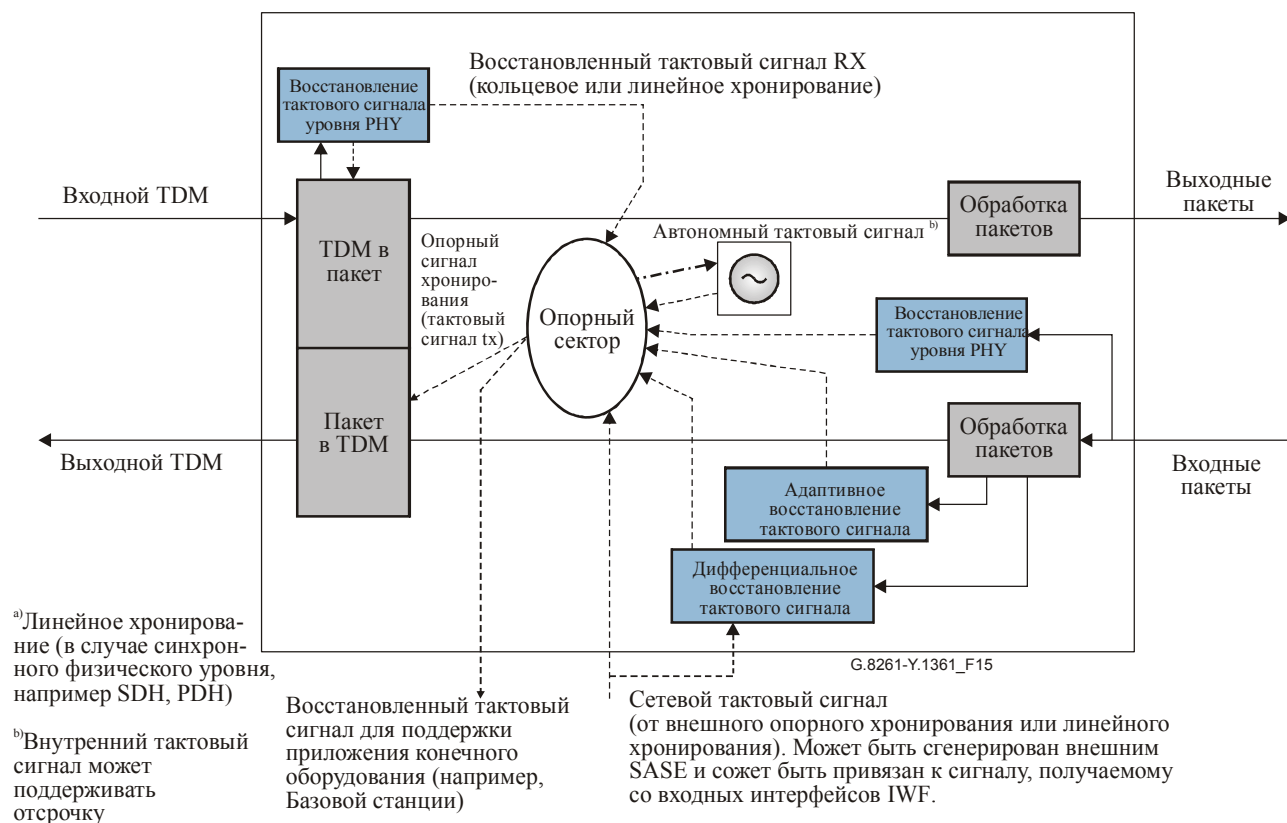


Рисунок 15/G.8261/Y.1361 – Функции синхронизации IWF (направление Пакеты - TDM)

В зависимости от предоставляемых услуг, должен поддерживаться соответствующий набор вариантов хронирования, из числа названных выше.

Рекомендуется предусмотреть контроль проскальзываний в направлении Tx TDM для контроля возможного переполнения/недогрузки буфера проигрывания. Проскальзывания должны выполняться на кадры $n \times 125$ мкс.

Когда тактовый сигнал передатчика и/или приемника TDM находится в состоянии отсрочки или доступен для контроля посредством тактового сигнала, находящегося в состоянии отсрочки, и используется синхронная методика восстановления тактового сигнала (дифференциальный метод или синхронная работа сети), возникают проскальзывания (вероятнее все неконтролируемые).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Требования к тактовым сигналам подлежат изучению в дальнейшем.

Требования, связанные с синхронизацией, касающиеся направления TDM – пакеты, в основном зависят от требований к синхронизации физического уровня, или поддержки дифференциального метода хронирования (эти аспекты не описаны в деталях на рисунке).

Следует отметить, что на рисунке 15 приведен только функциональный вид системы, и он не ограничивает конкретные реализации.

При выборе нового источника хронирования уровень выходного фазового дрейфа может временно превышать пороговое значение, установленное для выходного фазового дрейфа. Однако выходной фазовый дрейф должен вернуться в рамки ограничений, установленных для выходного фазового дрейфа, к окончанию периода, называемого "периодом стабилизации". Требования к периоду стабилизации подлежат дальнейшему изучению; более подробная информация приведена в Дополнении II.

Другой характеристикой, связанной с IWF, является задержка. Требования к задержке, как правило, определены на уровне сети, и четко устанавливают общую задержку сквозного соединения. Требования к "вкладу" IWF в общую задержку подлежат изучению в дальнейшем.

Характеристики передачи шума могут быть определены для всего сегмента CES, включая пару IWF, преобразующую поток TDM для пакетной сети. Определение общей передачи шума в сегменте CES подлежит изучению в дальнейшем.

13 Результаты и последствия использования различных методов синхронизации в эталонных сетевых моделях

Рекомендации, касающиеся методологии распространения опорной синхронизации и восстановления хронирования услуг TDM различаются в зависимости от используемого сетевого сценария и требований к синхронизации, касающихся конкретных приложений.

В рамках настоящей Рекомендации обозначены следующие сценарии (относительно эталонных сетевых моделей, приведенных в пункте 7).

13.1 Рекомендации для случая развертывания 1

13.1.1 Рекомендации по восстановлению хронирования услуги TDM

Сетевые ограничения для сигналов PDH в этом случае определены в пункте 7 для случая развертывания 1.

Восстановление хронирования сигналов PDH, передаваемых по пакетной сети, может быть выполнено посредством:

- синхронной работы сети, когда сигнал, доступный для контроля посредством PRC, доступен на IWF и не требуется сохранять тактовый сигнал услуги;
- дифференциальных методов, когда на IWF доступен опорный сигнал, доступный для контроля посредством PRC. С помощью данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.
- адаптивных методов, когда возможно контролировать вариацию задержки в сети. С помощью данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В этих сценариях сетевые ограничения являются достаточно строгими. Однако предполагается, что когда сеть может быть смоделирована в соответствии с моделью A, (хотя бы сценарий 1, сценарий 2 и сценарий 3, см. Дополнение V), адаптивные методы должны позволять достигать согласованности с сетевыми ограничениями, определенными в пункте 7.

Возможность использования адаптивного метода в сети, которая может быть смоделирована в соответствии с моделью В (см. Дополнение V), подлежит изучению в дальнейшем.

Транспортировка сигналов SDH в данном сценарии подлежит изучению в дальнейшем. Следует отметить, что восстановление тактовых сигналов для сигналов SDH должно обеспечивать уровень качества, определенный для интерфейсов синхронизации в Рек. МСЭ-Т G.823 для сетей на основе иерархии 2048 кбит/с и в Рек. МСЭ-Т G.824 для сетей на основе иерархии 1544 кбит/с. Использование этих методов так, как описано в п. 8.1 может гарантировать выполнение указанных требований.

13.1.2 Рекомендации по распространению опорного сигнала хронирования

Распространение опорных сигналов хронирования в соответствии с пунктом 6/G.823 и пунктом 6/824 невозможно смоделировать средствами модели случая развертывания 1 (например, используя методы, как описано в п. 8.2). Следует отметить, что методы, описанные в п. 8.1, могли бы быть использованы для распространения опорного сигнала хронирования конечному IWF, удовлетворяющему требованиям к интерфейсу синхронизации.

Опорные сигналы хронирования более низкого качества обычно не применимы в данных сценариях (например, магистральная сеть).

13.2 Рекомендации для случая развертывания 3

13.2.1 Рекомендации по восстановлению хронирования услуги TDM

Сетевые ограничения для сигналов PDH в этом случае определены в пункте 7 для случая развертывания 3.

Восстановление хронирования сигналов PDH, передаваемых по пакетной сети, может быть выполнено посредством:

- синхронной работы сети, когда сигнал, доступный для контроля посредством PRC, доступен на IWF и не требуется сохранять тактовый сигнал услуги;
- дифференциальных методов, когда на IWF доступен опорный сигнал, доступный для контроля посредством PRC. С помощью данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.
- адаптивных методов, когда возможно контролировать вариацию задержки в сети. С помощью данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В этих сценариях сетевые ограничения являются менее строгими, чем для сценариев в п. 13.1. Предполагается, что когда сеть может быть смоделирована в соответствии с моделью А, адаптивные методы должны позволять достигать согласованности с сетевыми ограничениями, определенными в пункте 7.

Возможность использования адаптивного метода в сети, которая может быть смоделирована в соответствии с моделью В (см. Дополнение V), подлежит изучению в дальнейшем.

Транспортировка сигналов SDH в данном сценарии подлежит изучению в дальнейшем. Следует отметить, что восстановление тактовых сигналов для сигналов SDH должно обеспечивать уровень качества, определенный для интерфейсов синхронизации в Рек. МСЭ-Т G.823 для сетей на основе иерархии 2048 кбит/с и в Рек. МСЭ-Т G.824 для сетей на основе иерархии 1544 кбит/с. Использование этих методов так, как описано в п. 8.1 может гарантировать выполнение указанных требований.

13.2.2 Рекомендации по распространению опорного сигнала хронирования

Распространение опорных сигналов хронирования в соответствии с пунктом 6/G.823 и пунктом 6/824 невозможно смоделировать средствами модели случая развертывания 3 (например, используя методы, как описано в п. 8.2). Следует отметить, что методы, описанные в п. 8.1, могли бы быть использованы для распространения опорного сигнала хронирования конечному IWF, удовлетворяющему требованиям к интерфейсу синхронизации.

Опорные сигналы хронирования более низкого качества обычно не применимы в данных сценариях (например, магистральная сеть).

13.3 Рекомендации для случая развертывания 2 Приложение А

13.3.1 Рекомендации по восстановлению хронирования услуги TDM

Сетевые ограничения для сигналов PDH в этом случае определены в пункте 7 для случая развертывания 2 Приложение А.

Восстановление хронирования сигналов PDH, передаваемых по пакетной сети, может быть выполнено посредством:

- синхронной работы сети, когда сигнал, доступный для контроля посредством PRC, доступен на IWF и не требуется сохранять тактовый сигнал услуги;
- дифференциальных методов, когда на IWF доступен опорный сигнал, доступный для контроля посредством PRC. С помощью данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.
- адаптивных методов, когда возможно контролировать вариацию задержки в сети. С помощью данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В этих сценариях сетевые ограничения являются менее строгими, чем для сценариев в п. 13.1. Предполагается, что когда сеть может быть смоделирована в соответствии с моделью А, адаптивные методы должны позволять достигать согласованности с сетевыми ограничениями, определенными в пункте 7.

Возможность использования адаптивного метода в сети, которая может быть смоделирована в соответствии с моделью В, подлежит изучению в дальнейшем.

Транспортировка сигналов SDH в данном сценарии подлежит изучению в дальнейшем. Следует отметить, что восстановление тактовых сигналов для сигналов SDH должно обеспечивать уровень качества, определенный для интерфейсов синхронизации в Рек. МСЭ-Т G.823 для сетей на основе иерархии 2048 кбит/с и в Рек. МСЭ-Т G.824 для сетей на основе иерархии 1544 кбит/с. Использование этих методов так, как описано в п. 8.1 может гарантировать выполнение указанных требований.

13.3.2 Рекомендации по распространению опорного сигнала хронирования

Распространение опорных сигналов хронирования в соответствии с пунктом 6/G.823 и пунктом 6/824 невозможно смоделировать средствами модели случая развертывания 2 (например, используя методы, как описано в п. 8.2). Следует отметить, что методы, описанные в п. 8.1, могли бы быть использованы для распространения опорного сигнала хронирования конечному IWF, удовлетворяющему требованиям к интерфейсу синхронизации.

Следует отметить, что обычно конечное оборудование не требует синхронизации с опорным сигналом хронирования, согласующимся с интерфейсами синхронизации, как описано в Рекомендациях МСЭ-Т G.823 и G.824, и в случае развертывания 2 Приложение А могут рассматриваться опорные сигналы хронирования более низкого качества.

В этом случае распространение хронирования по пакетной сети может осуществляться посредством:

- синхронной работы сети, когда сигнал, доступный для контроля посредством PRC, доступен на IWF (с использованием методов, описанных в п. 8.1);
- методов на основе пакетов (см. п. 8.2), когда вариация задержки в сети может контролироваться.

В случае, если требуется, чтобы качество соответствовало ограничениям интерфейсов трафика, приведенным в Рек. МСЭ-Т G.823 и Рек. МСЭ-Т G.824, предполагается, что когда сеть может быть смоделирована в соответствии с моделью А, данные методы должны позволять достигать соответствия указанным требованиям.

Возможность использования методов на основе пакетов в сети, которая может быть смоделирована в соответствии с моделью В, подлежит изучению в дальнейшем.

13.4 Рекомендации для случая развертывания 2 Приложение В

13.4.1 Рекомендации по восстановлению хронирования услуги TDM

Сетевые ограничения для сигналов PDH в этом случае определены в пункте 7 для случая развертывания 2 Приложение В.

Восстановление хронирования сигналов PDH, передаваемых по пакетной сети, может быть выполнено посредством:

- синхронной работы сети, когда сигнал, доступный для контроля посредством PRC, доступен на IWF и не требуется сохранять тактовый сигнал услуги;
- дифференциальных методов, когда на IWF доступен опорный сигнал, доступный для контроля посредством PRC. С помощью данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.
- адаптивных методов, когда возможно контролировать вариацию задержки в сети. С помощью данного метода возможно сохранение тактового сигнала услуги.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В этих сценариях сетевые ограничения зависят от характеристик конечного оборудования, которое, в нормальных условиях, способно выдерживать ограничения интерфейса трафика G.823 и G.824. Предполагается, что когда сеть может быть смоделирована в соответствии с моделью А, адаптивные методы должны позволять достигать согласованности с требованиями Рек. МСЭ-Т G.823 или G.824, в зависимости от того, какая из них применима.

Возможность использования адаптивного метода в сети, которая может быть смоделирована в соответствии с моделью В, подлежит изучению в дальнейшем.

Транспортировка сигналов SDH в данном сценарии подлежит изучению в дальнейшем. Следует отметить, что восстановление тактовых сигналов для сигналов SDH должно обеспечивать уровень качества, определенный для интерфейсов синхронизации в Рек. МСЭ-Т G.823 для сетей на основе иерархии 2048 кбит/с и в Рек. МСЭ-Т G.824 для сетей на основе иерархии 1544 кбит/с. Использование этих методов так, как описано в п. 8.1 может гарантировать выполнение указанных требований.

13.4.2 Рекомендации по распространению опорного сигнала хронирования

Распространение опорных сигналов хронирования в соответствии с пунктом 6/G.823 и пунктом 6/824 невозможно смоделировать средствами модели случая развертывания 2 (например, используя методы, как описано в п. 8.2). Следует отметить, что методы, описанные в п. 8.1, могли бы быть использованы для распространения опорного сигнала хронирования конечному IWF, удовлетворяющему требованиям к интерфейсу синхронизации.

Следует отметить, что обычно конечное оборудование не требует синхронизации с опорным сигналом хронирования, согласующимся с интерфейсами синхронизации, как описано в Рекомендациях МСЭ-Т G.823 и G.824, и в случае развертывания 2 Приложение В могут рассматриваться опорные сигналы хронирования более низкого качества.

В этом случае распространение хронирования по пакетной сети может осуществляться посредством:

- синхронной работы сети, когда сигнал, доступный для контроля посредством PRC, доступен на IWF (с использованием методов, описанных в п. 8.1);
- методов на основе пакетов (см. п. 8.2), когда вариация задержки в сети может контролироваться.

В случае, если требуется, чтобы качество соответствовало ограничениям интерфейсов трафика, приведенным в Рек. МСЭ-Т G.823 и Рек. МСЭ-Т G.824, предполагается, что когда сеть может быть смоделирована в соответствии с моделью А, данные методы должны позволять достигать соответствия указанным требованиям.

Возможность использования методов на основе пакетов в сети, которая может быть смоделирована в соответствии с моделью В, подлежит изучению в дальнейшем.

Приложение А

Предлагаемая сетевая архитектура для синхронного физического уровня (PHY) Ethernet

А.1 Расположение PRC

В рамках типичной архитектуры синхронного Ethernet PRC может быть расположен в одной из трех позиций в зависимости от общей архитектуры, которой планирует придерживаться оператор сети. Как показано на рисунке А.1, возможны следующие три варианта расположения PRC:

- Случай А: Расположение в базовом узле – PRC располагается в базовом узле, расположение "А". Данная архитектура предполагает небольшое количество узлов PRC, т. е. центральное расположение с использованием определенной формы распространения первичного эталонного генератора для IWF;
- Случай В: Расположение в точке доступа к услугам – PRC располагается в некоторой точке, находящейся далее в обратном направлении относительно направления потока синхронизации внутри сети (географически удаленной от IWF), как правило, в точке доступа к множественным услугам, расположение "В". Данная архитектура предполагает использование большего, по сравнению со случаем А, количества узлов PRC, т. е. центральное расположение с использованием определенной формы распространения первичного эталонного генератора для IWF;
- Случай С: Расположение в IWF – PRC располагается географически совместно с IWF и с IWF существует прямое соединение синхронизации, расположение "С". Это предполагает использование множества узлов PRC, т. е. один PRC на один IWF.

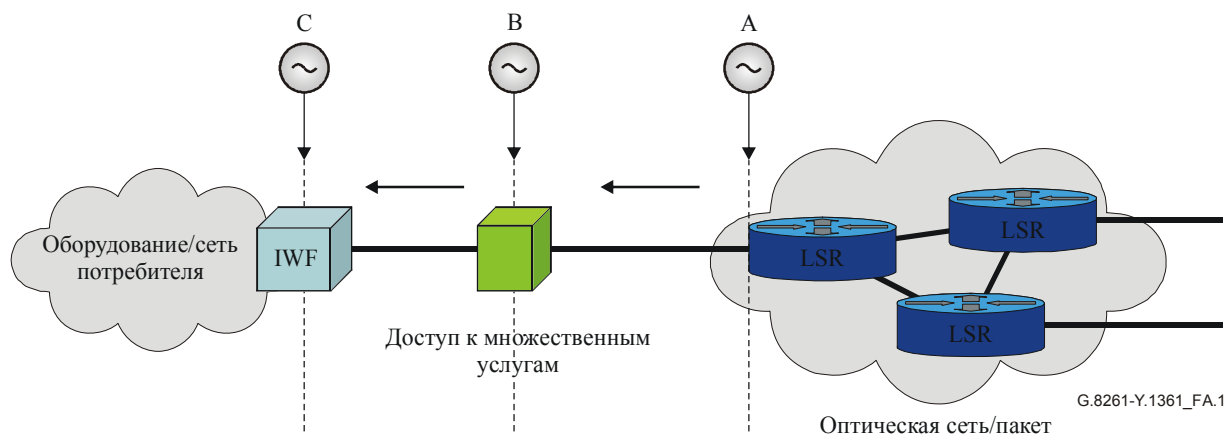


Рисунок А.1/G.8261/Y.1361 – Расположение первичного эталонного генератора

На рисунке А.1 поток синхронизации обеспечивается от Базовой сети к IWF. Он не предназначен для распространения хронирования от оборудования потребителя в направлении Базовой сети.

А.2 Передача сообщений статуса синхронизации

Передача сообщений статуса синхронизации (SSM) предоставляет коммутаторам Ethernet с нисходящим потоком трафика определять доступность схемы распространения синхронизации в обратном направлении для контроля посредством PRC или тактовый сигнал наивысшего уровня из числа доступных. Функция синхронизации обрабатывает SSM.

В условиях возникновения сбоя сети с восходящим потоком трафика функция синхронизации предпринимает соответствующие действия на основе SSM и предустановленных приоритетов и выбирает альтернативный источник синхронизации.

Более подробная информация приведена в Дополнении VIII.

А.3 Ограничение дрожания и фазового дрейфа в синхронном Ethernet

Для выполнения сетевых ограничений требуется ограничивать создание дрожания и фазового сдвига синхронного сетевого решения Ethernet в среде глобальной сети.

Функция синхронизации в синхронном коммутаторе Ethernet должна основываться на характеристиках производительности встроенного тактового сигнала. Такой тактовый сигнал обеспечивает правильную работу сети, когда этот тактовый сигнал синхронизирован с другим аналогичным тактовым сигналом Ethernet или с тактовым сигналом более высокого качества. Для слаженного взаимодействия с существующими сетями синхронизации встроенный тактовый сигнал может основываться на SEC Рек. МСЭ-Т G.813. Однако детальное изучение данного тактового генератора будет предпринято в дальнейшем. Использование такого сетевого тактового сигнала обеспечивало бы согласованность взаимодействия в плане синхронизации в случаях, когда такое синхронное сетевое решение Ethernet комбинируется с SSU Рек. МСЭ-Т G.812 или SASE, и, следовательно, с PRC Рек. МСЭ-Т G.811, как определено в режимах работы синхронизации типа "ведущий-ведомый". Это позволило бы наладить взаимодействие между существующими сетями TDM и новыми пакетными сетевыми архитектурами.

Следует также отметить, что эта работа не влияет на существующие определения IEEE 802.3 относительно допустимого отклонения частоты, и т.п., но относится к функциональным возможностям тактового генератора дополнительного сетевого элемента.

Дополнение I

Характеристики коммутаторов и сетей Ethernet

I.1 Характеристики задержки коммутаторов Ethernet

I.1.1 Функциональные операции внутри коммутатора Ethernet

С точки зрения "черного ящика" кадр Ethernet в типичном коммутаторе Ethernet проходит через четыре функциональные операции. Эти операции показаны на рисунке I.1:

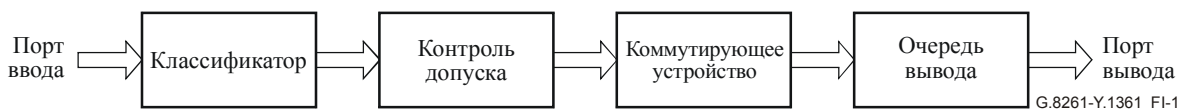


Рисунок I.1/G.8261/Y.1361 – Типичные функции внутри коммутатора Ethernet

- Классификация – Идентификация потока, к которому принадлежит кадр, и определение порта вывод и приоритета;
- Контроль допуска – Применение управления трафиком к потоку (проверка соответствия политикам, формирование, маркировка);
- Коммутация – Перенаправление в соответствующий порт вывода;
- Очередь вывода – Ожидание слота передачи на порте вывода. Обычно применяются политики постановки в очередь, такие, как строгий приоритет, очередь с весами или круговая очередь.

В последующих пунктах обсуждаются свойства задержки различных функций внутри коммутатора.

I.1.2 Задержка на этапе ввода

Время, требуемое для выполнения этапов классификации и контроля допуска, в большинстве случаев должно быть примерно одинаковым. Однако задержка при выполнении данных функций может варьировать в зависимости от конструкции коммутатора и нагрузки трафика на коммутатор. Например, в некоторых коммутаторах, как классификация, так и контроль допуска могут выполняться программным обеспечением на обработчике сети. При полной загрузке программное обеспечение может оказаться не в состоянии справиться с тем количеством кадров, которые необходимо обработать, следовательно, задержка может возрасти и может иметь место некоторое

выпадение кадров. Аналогичная ситуация может возникнуть и при использовании некоторых конструкций на основе аппаратного обеспечения.

На рисунке I.2 показан упрощенный вид вариации задержки этапа ввода с изменением загрузки коммутатора. При низкой нагрузке трафика коммутатор может справиться с проходящим через него количеством кадров без увеличения задержки. По мере того как скорость поступления кадров возрастает, хотя общая пропускная способность коммутатора по обработке не превышает, в отдельные моменты скорость поступления кадров может превосходить доступную коммутатору скорость обработки кадров. Это вызовет буферизацию кадров, ожидающих обработки, и может возникнуть некоторая дополнительная задержка. И наконец, в определенной точке средняя скорость поступления кадров может превысить пропускную способность коммутатора, что повлечет за собой дальнейшее увеличение задержки и, в некоторых случаях, выпадение кадров вследствие недостаточной емкости буферов.

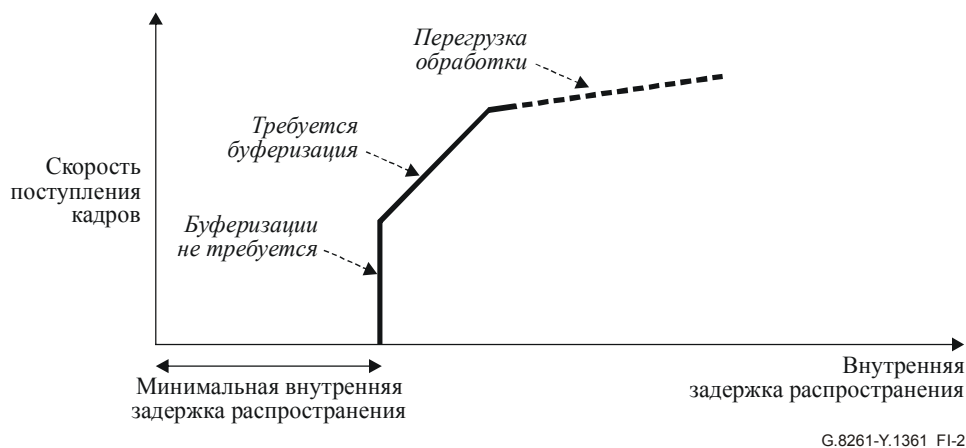


Рисунок I.2/G.8261/Y.1361 – Вариация задержки этапа ввода с изменением нагрузки

I.1.3 Задержка этапа коммутации

Задержка при прохождении непосредственно коммутирующего устройства также зависит как от архитектуры коммутатора, так и от загрузки трафика. Например, во многих коммутаторах выполняются алгоритмы планирования для коммутации кадров из портов ввода в порты вывода, и это может вызвать небольшую задержку кадров, в зависимости от их времени прибытия по отношению к "импульсам" планировщика. Однако в большинстве случаев эта вариация задержки является небольшой в связи с высокой частотой работы планировщика.

При очень высоких скоростях поступления кадров, непосредственно коммутирующее устройство может быть перегружено и может оказаться не в состоянии справиться со всем объемом трафика, требующего коммутации. Это влечет за собой выпадение кадров.

I.1.4 Задержка постановки в очередь вывода

Размер задержки, привносимой очередью вывода, зависит от используемой политики постановки в очередь и приоритета потока трафика. Например, поток трафика с высоким приоритетом (такой, какой мог бы использоваться для пакетного потока хронирования) в сочетании с политикой строгих приоритетов может испытывать воздействие задержки "блокировки начала очереди". Такая ситуация имеет место, когда кадр хотя и имеет высочайший приоритет, но прибывает на порт вывода сразу после того, как кадр с низким приоритетом уже начал передаваться. В этом случае кадр с высоким приоритетом вынужден ждать пока передача другого кадра будет завершена.

На рисунке I.3 изображен профиль задержки, влияние которой испытывает группа кадров с высоким приоритетом в сочетании с политикой постановки в очередь на основе строгих приоритетов. Для упрощения на данной диаграмме предполагается, что кадры испытывают приблизительно постоянную задержку при прохождении других функций коммутатора, называемую здесь "внутренней задержкой распространения при прохождении коммутатора". Часть кадров прибывают в очередь вывода в момент, когда никакие другие кадры не передаются. Эти кадры передаются немедленно. Оставшиеся кадры вынуждены ожидать в очереди окончания текущей передачи. Дополнительная задержка может возникать из-за того, что другие пакеты с высоким приоритетом также находятся в очереди.

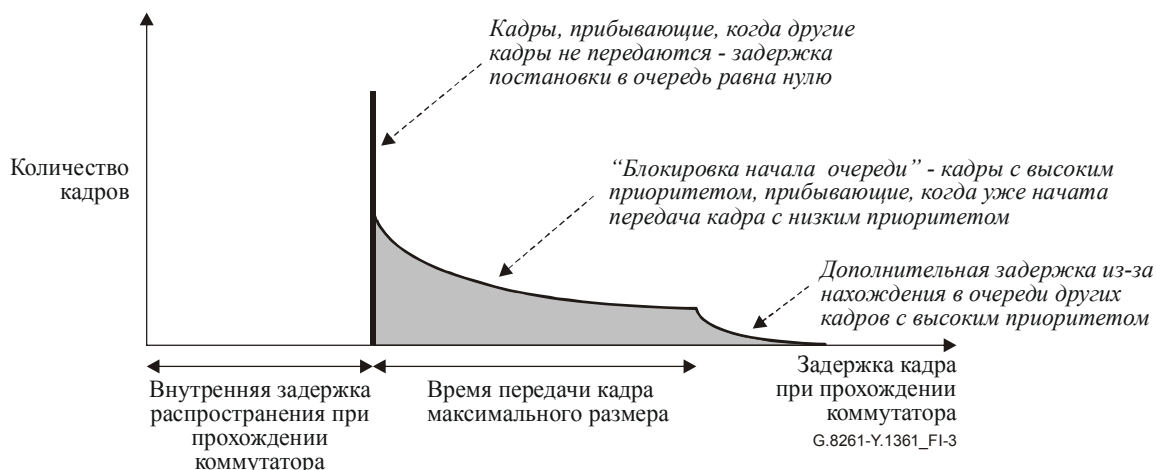


Рисунок I.3/G.8261/Y.1361 – Постановка в очередь на основе строгих приоритетов: Блокировка начала очереди

I.1.5 Типичные задержки в коммутаторах Ethernet

На основе модели, описанной в п. I.1, возможно упрощенно смоделировать задержки, вызываемые коммутатором Ethernet, идентифицируя двух важнейших два основных сегмента, приносящих задержку.

Первый сегмент связан с операциями классификации, контроля доступа и коммутации; второй сегмент связан с очередью вывода и передачей.

Первый тип задержки в основном связан с пропускной способностью обработки коммутатора, тогда как второй зависит от битовой скорости линии вывода (например, 1 Гбит/с) и используемых от политик/приоритетов постановки в очередь.

Предполагая, что в конструкции сети Ethernet не используются коммутаторы Ethernet, где "бутылочным горлышком" является пропускная способность обработки коммутатора Ethernet, можно предположить, что "вклад" пропускной способности обработки в задержку будет представлять собой значения менее 10 мкс (фактически пакет размером 1500 байт в очереди вывода занимает 12 мкс канала с пропускной способностью 1 Гбит/с) и, дополнительно, не должны иметь места перегрузка обработки и буферизация обработки (см. рисунок I.2).

Что касается второго типа задержки, значения могут быть рассчитаны в соответствии с моделью, приведенной в Дополнении V.

Упрощенная модель приведена на рисунке I.4.



Рисунок I.4/G.8261/Y.1361 – Упрощенная модель задержек в коммутаторе Ethernet

Относительно рисунка I.4 следует отметить, что обработка очереди также может оказать влияние на форму распределения задержки.

I.2 Характеристики коммутируемых сетей Ethernet

I.2.1 Топология сетей Ethernet

Хотя существует множество различных возможных сетевых топологий, для целей рассмотрения прохождения конкретного потока через сеть она может быть смоделирована как цепь коммутаторов Ethernet, как показано на рисунке I.5. На каждом из коммутаторов в цепи существует потенциальная возможность возникновения задержки кадра Ethernet в результате воздействия механизмов, описанных в п. I.1. На эту задержку оказывает влияние другой трафик, проходящий через коммутатор. Трафик, направляемый на тот же порт вывода, оказывает влияние на задержку постановки в очередь вывода, тогда как суммарный объем всего трафика, проходящего через коммутатор (включая идущий на другие порты) оказывает влияние на задержки обработки и этапа коммутации.

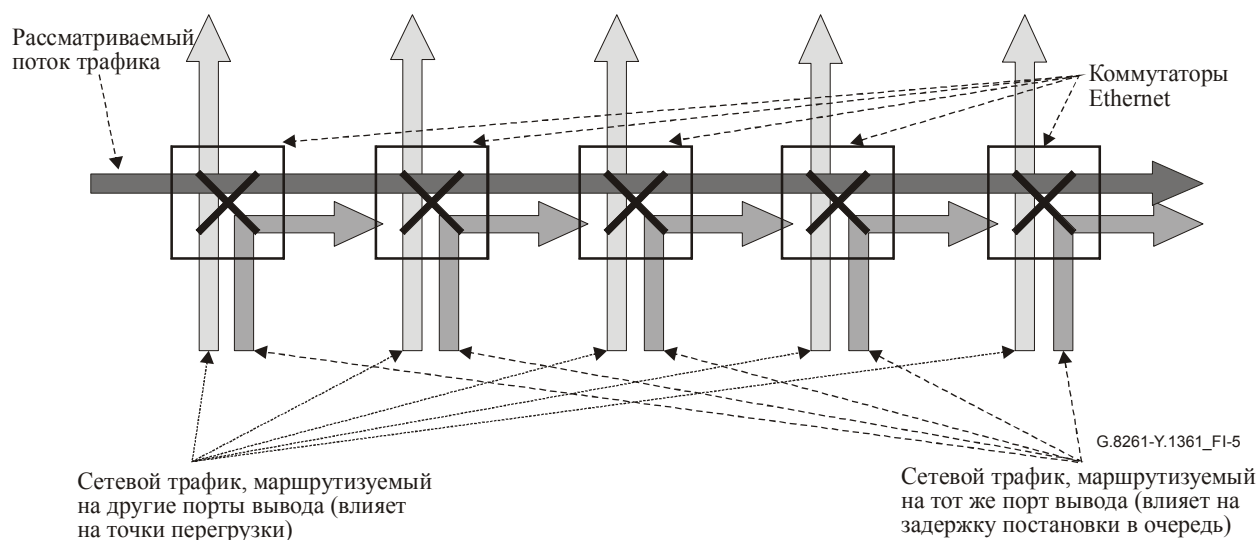


Рисунок I.5/G.8261/Y.1361 – Потоки данных в сети Ethernet

Длина цепи влияет на общую задержку системы; вполне понятно, что чем больше в сети коммутаторов, тем больше будет общая задержка и больше вариация задержки. Однако во многих сетях Ethernet длина цепи может быть достаточно малой. Например, в иерархической сети часто может быть только два или три уровня иерархии, что дает цепь длиной до пяти коммутаторов.

В некоторых экземплярах может применяться кольцевая топология. Обычно такая сеть может содержать около 10 коммутаторов, что дает максимальное "расстояние" по кольцу равное 5 коммутаторам. Иногда могут использоваться взаимосвязанные кольца, в результате чего "расстояние" может удвоиться и стать равным приблизительно 10 коммутаторам.

I.2.2 Шаблоны и уровни трафика

Трафик в сети, за исключением трафика с постоянной битовой скоростью и трафика режима реального времени, по большей части является неравномерным по своей природе. Наблюдения показывают, что вариация трафика присутствует практически на всех уровнях. Например, на очень небольшом уровне неравномерность присутствует из-за открытия и закрытия размера окна ТСР. На большем уровне неравномерность может возникать вследствие природы приложения (например, загрузка больших файлов), тогда как на еще большем уровне также может присутствовать неравномерность в зависимости от времени суток (например, более высокий уровень активности днем, чем ночью).

При рассмотрении характеристик транспортного потока TDM следует учитывать влияние другого трафика в сети. Например, на рисунке I.5 каждый из потоков трафика в сети может варьировать в некоторой форме независимо от других потоков.

В Рек. МСЭ-Т G.1020 предлагается использовать модели Маркова 4-х состояний для моделирования распределения потери пакетов. Аналогичная методика может быть применена к длине пакетов в каждом потоке, что позволит моделировать пакеты или группы пакетов. Далее в качестве постепенной вариации в плотности пакетов может быть использован более длительный период (например, суточная вариация).

I.2.3 Пагубные явления в сетях Ethernet

Существует несколько типов "пагубных явлений", которые могут вызвать неожиданные изменения в задержке в сети Ethernet. Возникающие в результате изменения задержки могут быть временными или постоянными. Данные пагубные явления включают:

- изменения маршрутизации, вызывающие постоянное ступенчатое изменение задержки;
- временная перегрузка сети, вызывающая значительное, но временное изменение задержки;
- временная потеря обслуживания, вызывающая потерю всех пакетов за определенный период.

Дополнение II

Период стабилизации

Период стабилизации это параметр, который может быть важен в ходе стартовой фазы (для быстрой установки Оборудования) или при переключении между источниками опорного хронирования (для того чтобы ограничить фазовый переход). В случае, если Оборудование работало с отсрочкой в течение длительного периода (например, часы), большую часть фазовой погрешности при выборе нового первичного эталонного генератора будет составлять фазовая погрешность, вызванная частотной погрешностью тактового сигнала с отсрочкой.

В случае использования адаптивного метода, требования по периоду стабилизации могут зависеть от реального фазового шума в пакетной сети. Действительно, высокая вариация задержки пакетов в пакетной сети может потребовать длительного периода, прежде чем тактовый сигнал сможет привязаться к опорному источнику хронирования.

Реализация фильтра и характеристики внутреннего генератора также важны. Действительно, в зависимости от характеристик отсрочки (например, Тип II G.812 или Тип III G.812), для переключения с опорного сигнала на второй опорный сигнал может быть принят более длительный временной период, поскольку хорошая отсрочка может позволить использовать более длительные периоды привязки (основным требованием является ограничение общей фазовой погрешности в течение переключения между опорными сигналами).

Требования по периоду стабилизации подлежат изучению в дальнейшем.

Для целей выполнения тестов, подробно описанных в Дополнении VI, для адаптивных методов предлагается использовать период стабилизации длительностью как минимум 900 с, поскольку для правильной характеристики статистики вариации задержки в сети может потребоваться период достаточно значительной длительности.

Дополнение III

Функциональные модели, основанные на Рекомендациях МСЭ-Т G.805 и G.809

ПРИМЕЧАНИЕ. – В данном Дополнении представлен существующий в настоящее время взгляд на разработку моделирования синхронизации с использованием некоторых базовых концепций, приведенных в Рек. МСЭ-Т G.805/Y.1306.

В данной редакции настоящей Рекомендации речь идет об эмуляции каналов в сетях Ethernet. Архитектура сетей Ethernet точно установлена в Рек. МСЭ-Т G.8010/Y.1306, которая определяет данную архитектуру в терминах Рекомендаций МСЭ-Т G.805 и G.809. Рекомендации МСЭ-Т G.805 и G.809 представляют собой методы моделирования, разработанные МСЭ-Т, которые позволяют осуществлять формальное определение сетевых архитектур и оборудования.

Настоящая Рекомендация включает краткое описание функции межсетевого взаимодействия, которая необходима для переноса полезной нагрузки TDM по сетям на основе пакетов (см. пункт 12). В данном Дополнении приводится детальная информация об определенных компонентах, необходимых для переноса эмулированных услуг PDH по пакетным сетям. В этой версии настоящей Рекомендации не описывается функция межсетевого взаимодействия в терминах текущих структурных компонентов моделей G.805, поскольку определенные аспекты, связанные с синхронизацией, не могут быть описаны в терминах методов моделирования G.805. В этой связи необходимо расширение моделей G.805. В данном Дополнении приводятся предварительные функциональные модели.

Функция межсетевого взаимодействия, описанная на рисунке 14, содержит ряд ключевых элементов, необходимых для преобразования сигналов TDM в транспорт на основе пакетов.

Эти функции включают:

- конвертация TDM – пакеты;
- конвертация пакеты – TDM;
- функции, связанные с пакетами (например, добавление служебных сигналов);
- транспорт физического уровня.

Необходимы различные тактовые сигналы, критичные для синхронизации IWF. Например:

- восстановление и генерация тактового сигнала TDM;
- восстановление тактового сигнала физического уровня;
- восстановление тактового сигнала на пакетной основе.

В отношении восстановления тактового сигнала на пакетной основе в рамках настоящей Рекомендации описываются два обобщенных метода: дифференциальный и адаптивный.

III.1 Применение Рек. МСЭ-Т G.805 к IWF

В Рек. МСЭ-Т G.805 содержится ряд архитектурных структурных элементов, позволяющих осуществлять определение уровней сетей. Ключевым свойством G.805 является понятие взаимоотношений между клиентом и сервером в сетевой архитектуре. Конкретная сеть может иметь несколько уровней, каждый из которых взаимодействует в рамках взаимоотношений клиент-сервер. Примерами уровней сетей являются сети SDH, OTN и Ethernet. Для сети SDH тремя уровнями являются: уровень пути, уровень секции мультиплексирования и уровень секции регенератора. Для сети Ethernet в Рек. МСЭ-Т G.8010/Y.1306 определены два уровня: уровень ETN и уровень ETY. Уровень ETN аналогичен уровню 2 в эталонной модели OSI (уровень канала передачи данных) и предоставляет функции пакетного типа. Уровень ETY аналогичен физическому уровню в модели OSI (уровень 1).

В Рек. МСЭ-Т G.805 описаны функциональные блоки, которые предоставляют возможность для описания свойств индивидуальных уровней сети. Двумя ключевыми функциональными блоками являются Функции адаптации и Функции окончания трейла. Взаимодействие между уровнями

обеспечивается функциями адаптации. Функции окончания трейла добавляют необходимые для передачи сигнала через сеть серверного уровня служебные сигналы. Клиентская уровневая сеть переносится посредством сети серверного уровня путем адаптации клиента к серверу с помощью функции адаптации. Информация, переносимая по данному уровню, называется характеристической информацией (CI). Для получения дополнительной информации см. Рек. МСЭ-T G.805.

Что касается IWF CES в рамках настоящей Рекомендации и применительно к уровням ETN и ETU Ethernet, на рисунке 12 содержатся функции пакетного уровня и физического уровня и, таким образом, как уровень ETN, так и уровень ETU Ethernet реализованы в IWF. Конвертация PDH – пакет не является частью уровней Ethernet, но в терминах Рек. МСЭ-T может рассматриваться как функция адаптации. Базовое функционирование IWF в направлении PDH – пакет (ввод PDH в IWF) функционально может рассматриваться, как показано на рисунке III.1 (a), а в направлении пакеты – TDM (вывод PDH) может рассматриваться, как показано на рисунке III.1 (b). Отметим, что некоторые компоненты IWF, связанные с тактовыми сигналами, явным образом не показаны на этом рисунке (например, тактовые сигналы, селекторы опорных тактовых сигналов), тогда как другие могут находиться внутри отдельных функций. Например, восстановление тактового сигнала PDH может рассматриваться как часть функции адаптации уровня PDH – пакет, поскольку она связана с адаптацией информации тактового сигнала клиентского уровня к базовому серверному уровню (см. III.2, ниже). Дополнительно, функциональные блоки, представленные на рисунке III.1 описаны таким образом, что не ограничивают реализацию и могут быть применены к различным топологиям оборудования.

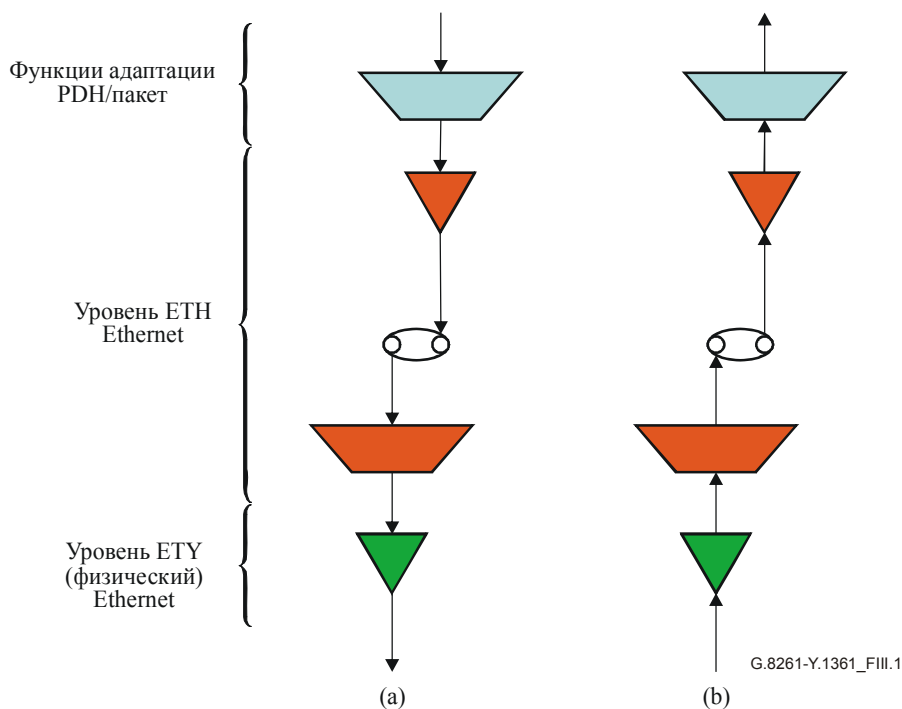


Рисунок III.1/G.8261/Y.1361 – Функциональные блоки IWF CES

III.2 Информация хронирования, транспортируемая по уровневым сетям

Методология моделирования уровневых сетей позволяет осуществлять транспортировку информации с клиентского уровня посредством сети серверного уровня. Транспортируемая информация называется характеристической информацией (CI). CI определена для конкретной уровневой сети и является различной для различных уровневых сетей. Например, характеристическая информация сигнала PDH состоит из данных и тактового сигнала.

Что касается информации тактового сигнала, в сети уровня PDH и сети уровня ETU информация хронирования является частью CI, тогда как на уровне ETN это не так. Характеристическая информация сигнала PDH, поступающая в IWF, состоит из данных и тактового сигнала (тактовый сигнал услуги). Функцией IWF является транспортировка этих данных и информации тактового сигнала.

Как отмечено выше, функции адаптации используются для адаптации клиентской информации с целью ее переноса по сети серверного уровня. В этом случае СИ клиентского уровня называется теперь Адаптированной информацией (AI). Во всех случаях сети серверного уровня могут транспортировать часть клиентской СИ, содержащую данные, но не все сети серверного уровня внутренне поддерживают транспортировку информации хронирования. В случае, если требуется транспортировка хронирования, требуются альтернативные средства предоставления хронирования.

Что касается пакетных сетей серверного уровня, в рамках настоящей Рекомендации описываются два метода, предназначенных для обеспечения возможности переноса информации хронирования сигнала PDH клиентского уровня по сети серверного уровня на основе пакетов. В пункте 9 описаны дифференциальный и адаптивный механизмы, призванные решать эти задачи.

III.3 Функциональная модель хронирования физического уровня Ethernet

На рисунке 14 показано, что IWF может быть хронирован посредством "пакетного физического интерфейса". В терминах архитектурной модели Ethernet используются только функция окончания трейла ЕТУ и функция адаптации ЕТН/ЕТУ. Функциональная модель для "двухточечного" соединения показана на рисунке III.2. Поток хронирования показан на этом рисунке. Хронирование функции адаптации ЕТН/ЕТУ может осуществляться либо посредством внешнего источника, либо посредством внутреннего автономного генератора.

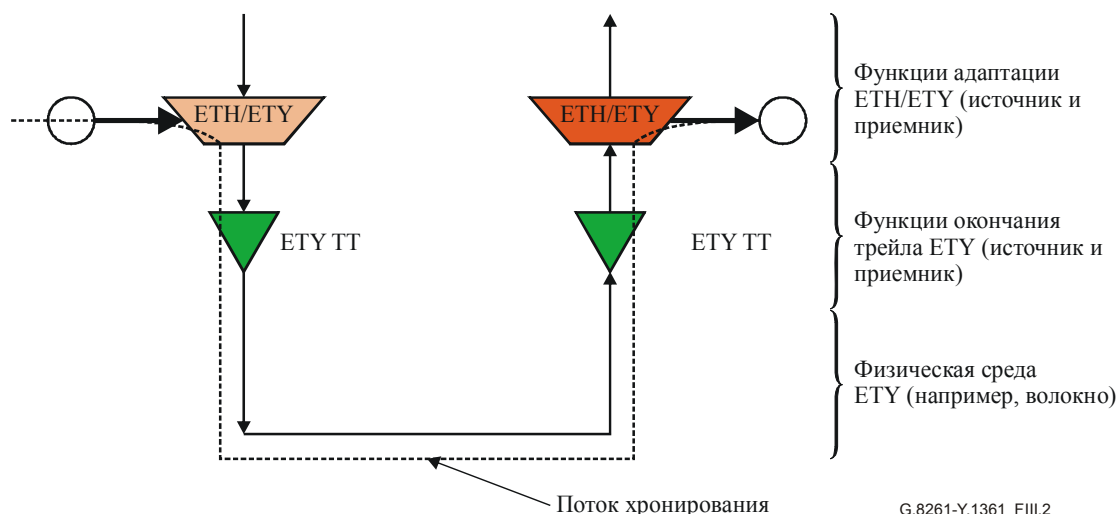


Рисунок III.2/G.8261/Y.1361 – Функциональная модель хронирования Ethernet (синхронный физический уровень Ethernet)

На рисунке III.3 приведен пример того, как хронирование физического уровня может хронировать принимающую функцию адаптации PDH/ETH.

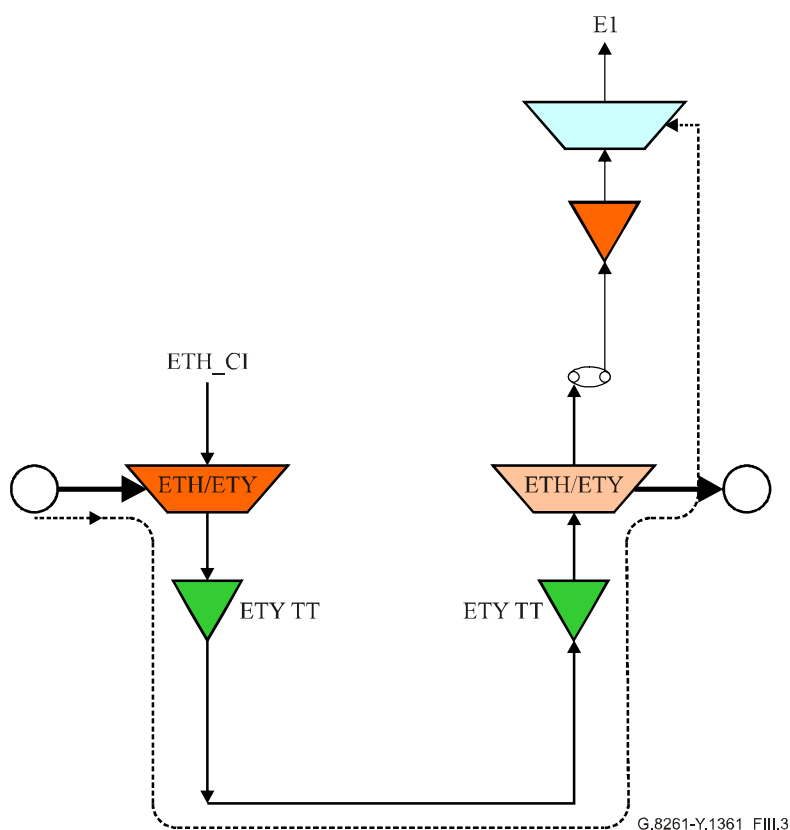


Рисунок III.3/G.8261/Y.1361 – Пример использования хронирования физического уровня для предоставления хронирования функции адаптации ETH/PDH

III.4 Функциональная модель для дифференциальных и адаптивных методов

Дифференциальные и адаптивные механизмы передачи хронирования, основанные на пакетных методах, описаны в настоящей Рекомендации. В обоих случаях данные функции располагаются в функциях адаптации ETH/PDH (см. рисунок III.1). Основное различие между этими двумя методиками состоит в том, что дифференциальный метод требует предоставления опорного хронирования как принимающей, так и передающей функции (источник) ETH/PDH. Адаптивные методы в общем основываются на средней скорости приема пакетов на принимающем IWF (обычно получается путем измерения интервалов времени между поступлением пакетов или путем отслеживания уровня заполнения буфера; некоторые адаптивные механизмы восстановления тактовых сигналов могут также использовать временные отметки) и, таким образом, не требуют предоставления внешнего опорного сигнала. Функциональные модели для дифференциальных и адаптивных методов показаны на рисунках III.4 и III.5, соответственно.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В данном дополнении для дифференциальных и адаптивных методов определены две отдельные функции с целью обеспечения гибкости реализации.

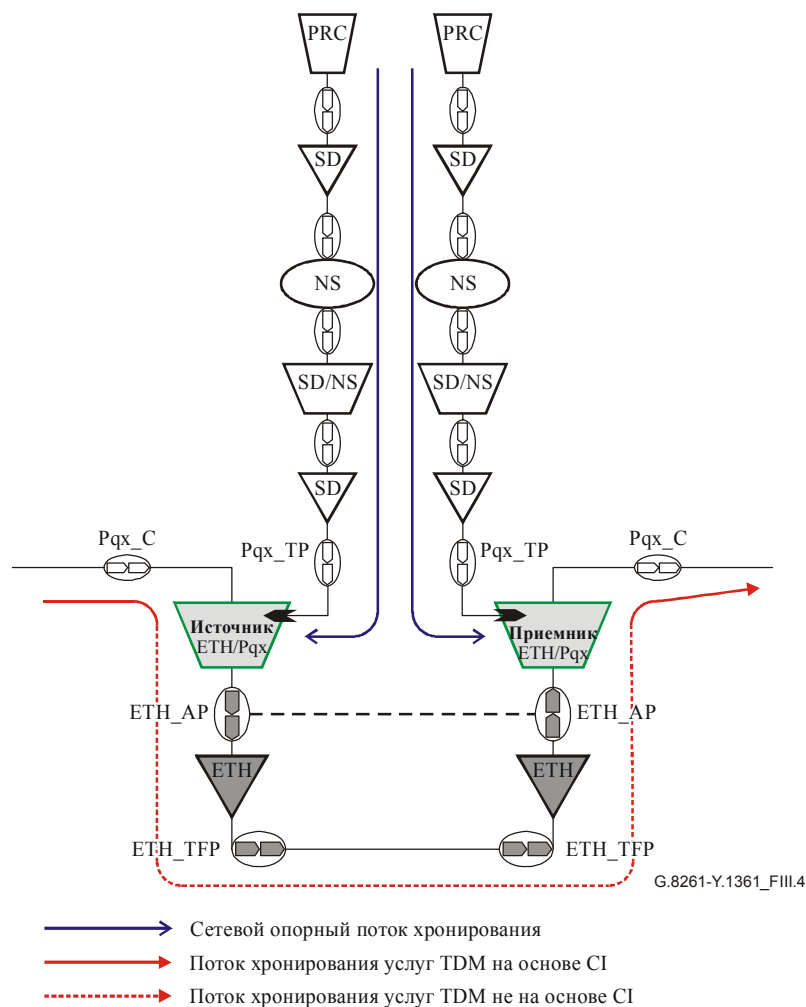


Рисунок III.4/G.8261/Y.1361 – Функциональные модели дифференциального хронирования

При использовании дифференциального режима, как IWF-источник, так и IWF-приемник (функции адаптации ETH/Pqx) снабжаются опорным тактовым сигналом, доступным для контроля посредством PRC (синие потоки хронирования). На IWF-источнике разность между хронированием услуги (сплошной красный поток хронирования) и внешним опорным сигналом кодируется в форме временных отметок. Эта информация передается по сети Ethernet (прерывистый красный поток хронирования). На IWF-приемнике временные отметки, совместно с внешним опорным сигналом, используются для воссоздания тактового сигнала услуги (сплошной красный поток хронирования). Таким образом, на обоих концах требуется наличие одинакового опорного сигнала (доступного для контроля посредством PRC).

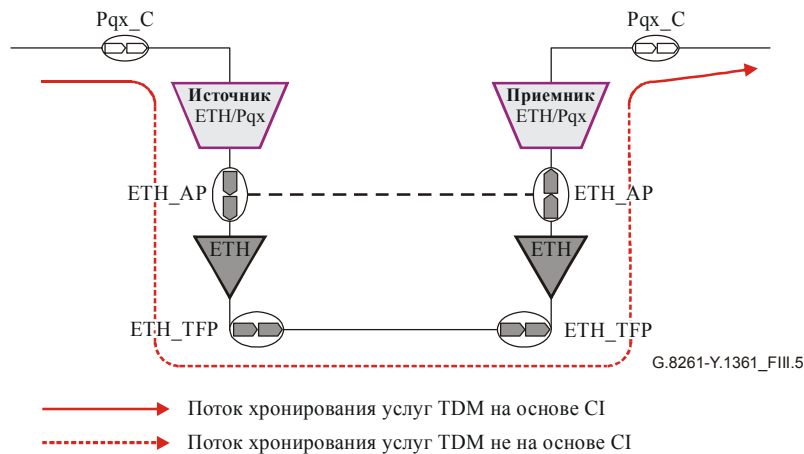


Рисунок III.5/G.8261/Y.1361 – Функциональные модели для адаптивного хронирования

В случае использования адаптивного режима, восстановление тактового сигнала на конечной точке синхронизации осуществляется на основе средней скорости приема пакетов на IWF-приемнике, которая обычно получается путем измерения интервалов времени между поступлением пакетов или путем отслеживания уровня заполнения буфера (некоторые адаптивные механизмы восстановления тактовых сигналов могут также использовать временные отметки). В этом режиме распространения хронирования использования внешнего опорного сигнала не требуется.

Подробное изучение функций адаптивных и дифференциальных методов будет предпринято в дальнейшем.

Дополнение IV

Аспекты синхронизации на границе сети

IV.1 Требования к синхронизации для Базовых станций GSM, WCDMA и CDMA2000

Требования к хронированию, применяемые к радиоинтерфейсу GSM, содержатся в технической спецификации ETSI TS 145 010 [B3]. Основным требованием является обеспечение на радиоинтерфейсе точности частоты в 50 ppb (parts per billion, миллиардных долей).

Требования к хронированию, применяемые к радиоинтерфейсу WCDMA, содержатся в технических спецификациях TS 125 104 (режим FDD) [B4] и TS 125 105 (режим TDD) [B5]. Основным требованием для WCDMA также является обеспечение на радиоинтерфейсе точности частоты в 50 ppb.

Для выполнения этого основного требования в технической спецификации TS 100 594 [B10] для GSM и в технических спецификациях TS 125 402 [B6] и TS 125 431 [B10] для WCDMA представлены структура и стандарты, применяемые к уровню 1 на вводе BTS/узла В.

Требования к синхронизации во входных сигналах описаны в терминах масок выходного фазового дрейфа, приведенных в Рекомендациях МСЭ-Т G.823 и G.824 и доступности для контроля посредством источника PRC.

В технической спецификации TS 125 402 [B6] налагаются дополнительные требования на фазовую точность в режиме TDD WCDMA: суть требования состоит в том, что относительная фазовая разность между узлами В не должна превосходить 2,5 мкс.

Следует отметить, что в случаях использования сетей радиодоступа GSM и WCDMA не существует таких строгих требований в отношении ограничения скорости проскальзываний.

Фактически, в этих случаях данные отдельного пользователя хранятся в относительно большом буфере (от 10 до 30 мс) и, учитывая точность частоты 50 миллиардных долей, данные будут потеряны (буфер пуст или полон) только спустя длительное время, гораздо более длительное по сравнению с классическими элементами коммутации сети, где буферы, хранящие данные, гораздо меньше (125 мкс).

Соответствующий стандарт CDMA2000 – 3GPP2 C.S0010-B. В отношении синхронизации данным стандартом установлено, что:

- хронирование на базовой станции должно находиться в границах 10 мкс от UTC;
- средняя разность частот между реальной частотой несущей передачи CDMA и установленной частотой несущей передачи CDMA должна быть менее чем ± 50 миллиардных долей.

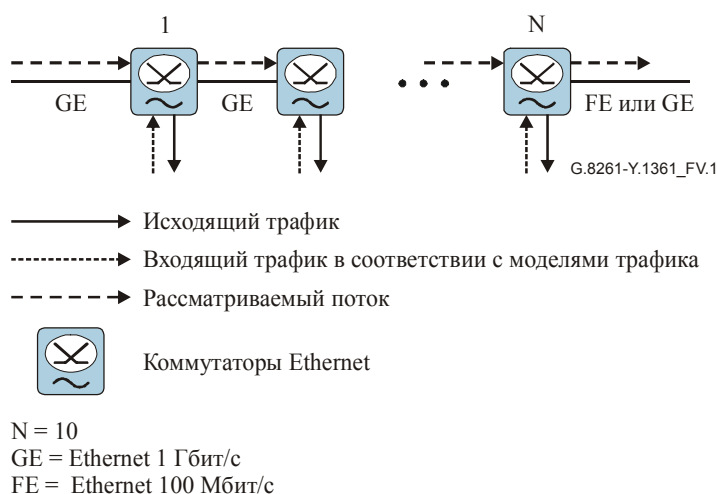
Дополнительно, в соответствии со спецификацией 3GPP2 C.S0010-B, для поддержки Системного времени CDMA все цифровые передачи базовой станции соотносятся с общей для системы CDMA временной шкалой, которая использует временную шкалу Глобальной системы позиционирования (GPS), которая доступна для контроля посредством UTC и синхронизирована с ним.

Дополнение V

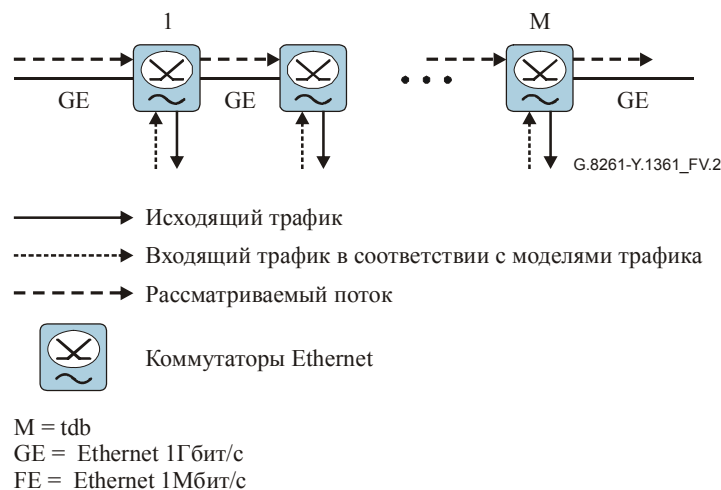
Эталонные модели пакетных сетей

Эталонные модели пакетных сетей, которые использовались для характеристики производительности пакетных сетей в терминах вариаций задержки пакетов показаны на следующих рисунках: модель А на рисунке V.1 относится к приложениям с очень строгими требованиями к задержке и вариации задержки; модель В на рисунке V.2 относится к сценариям с менее строгими требованиями к вариации задержки пакетов.

В данных моделях не описывается то, как должны быть построены пакетные сети. Цель данных моделей – дать только общее понимание характеристик типичных пакетных сетей.



**Рисунок V.1/G.8261/Y.1361 – Эталонная модель А пакетной сети
 (коммутируемая сеть Ethernet)**



**Рисунок V.2/G.8261/Y.1361 – Эталонная модель В пакетной сети
(коммутируемая сеть Ethernet)**

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Что касается количества коммутаторов Ethernet ("М") на рисунке V.2, существует общепризнанное мнение, что 20 – разумное количество. Это требует подтверждения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – В новых моделях могут рассматриваться каналы связи 10 Гбит/с.

Были рассмотрены следующие случаи:

- Сценарий 1: Коммутируемая сеть Ethernet – качество обслуживания – на наилучшем уровне, который возможен в данных условиях с избыточной пропускной способностью (одна очередь);
- Сценарий 2: Коммутируемая сеть Ethernet – Качество обслуживания в соответствии с IEEE 802.1q, IEEE 802.1p (как минимум две очереди, где одна очередь выделена для обработки данных режима реального времени и Постановки в очередь на основе весов (WFQ));
- Сценарий 3: Коммутируемая сеть Ethernet – Качество обслуживания в соответствии с IEEE 802.1q, IEEE 802.1p (с одной очередью, выделенной для обработки данных, используемых для восстановления хронирования, например временных отметок).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для понимания применимости моделей, представленных на рисунках V.1 и V.2, может быть использован простой подход к определению двух основных классов сетевых сценариев: магистральная сеть, которая также может быть использована для переноса услуг в сети доступа (например, аренда ширины полосы пропускания), и выделенная сеть доступа. Эталонная модель В (рисунок V.2) в основном может применяться к первому типу пакетной сети (магистраль), тогда как модель А (рисунок V.1) в основном может применяться к сети доступа (например, беспроводная сеть доступа).

В отношении моделей, описанных в пункте 7, это означает, что в общем (в большинстве случаев) участок СЕ в случае 1 и случае 3 может быть охарактеризован в рамках эталонной модели В пакетной сети, тогда как участок СЕ в случае 2 может быть охарактеризован в рамках эталонной модели А пакетной сети. Третий случай – когда ширина полосы пропускания арендуется оператором для соединения двух конечных точек, соединенных посредством коммутаторов Ethernet (например, гарантированная ширина полосы пропускания в 100 Мбит/с в транспортном канале 1 Гбит/с). В этом случае также могут быть использованы модели, приведенные в данном Дополнении. Если существует правильное соглашение об уровне услуг (SLA) между потребителем и оператором сети Ethernet, предполагается, что создающий помехи трафик в промежуточных узлах может рассматриваться как трафик с более низким приоритетом. В этом случае SLA может гарантировать ширину полосы пропускания и увеличить приоритет, поскольку оба эти пункта будут являться ключевыми элементами SLA высокого уровня, такого, например, которое требуют операторы мобильной связи от своих поставщиков услуг Ethernet. В таком случае данный сценарий может рассматриваться как сценарий с характеристиками обработки трафика между сценарием 2 и сценарием 3. Что касается ожидаемых результатов, по сравнению со сценариями 1 и 2 при аренде ширины полосы пропускания в пакетной сети, как правило, достигается более высокий уровень производительности.

Ниже приведены условия, рассматриваемые в качестве базы для характеристики пакетной сети:

- нагрузка трафика: 60% статическая;
- скорость прохождения пакетов: 10 пакетов в секунду;
- интервалы наблюдений: 60 минут;
- модели трафика согласно Дополнению VI;
- длина пакетов: 90 октетов.

Относительно приведенных выше условий, характеристики сигналов 2 Мбит/с также могут рассматриваться: т. е. пакеты с полезной нагрузкой 256 октетов и скоростью прохождения пакетов 1000 пакетов в секунду.

На основе приведенных выше моделей в таблице V.1 описывается типичное поведение пакетной сети в различных случаях:

Таблица V.1/G.8261/Y.1361 – Параметры соответствующих сетевых моделей

Сетевая модель		Средняя задержка (мкс)	min задержка + пороговое значение ^{а)} (х%) (мкс)
Модель А	Сценарий 1	1 400	800 + 1 700 (95%) 800 + 800 (50%) 800 + 20 (10%) 800 + 1 (1%)
	Сценарий 2	Для изучения в дальнейшем	Для изучения в дальнейшем
	Сценарий 3	Для изучения в дальнейшем	Для изучения в дальнейшем
Модель В	Сценарий 1	Для изучения в дальнейшем	Для изучения в дальнейшем
	Сценарий 2	Для изучения в дальнейшем	Для изучения в дальнейшем
	Сценарий 3	Для изучения в дальнейшем	Для изучения в дальнейшем
а) Это значение представляет собой максимальную вариацию задержки для х% пакетов (справочные значения – 95%, 50%, 10% и 1%).			

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Данные значения основаны только на конфигурациях с каналами передачи данных 100 Мбит/с. Это предоставляет "консервативный" сценарий, особенно для пакета с более высокой вариацией задержки. Необходимо выполнить работу по заполнению данной таблицы в дальнейшем.

Подробная информация по тестовым случаям, необходимым для проверки сети также в нестатических условиях или в условиях возникновения сбоя, приведены в Дополнении VI.

Для тестирования различных приложений и повышения производительности алгоритмов фильтрации могут быть использованы различные скорости прохождения пакетов (это касается адаптивных методов или более общего случая, когда синхронизация переносится посредством пакетов).

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – При характеристике пакетных сетей следует также рассматривать спектральное распределение. Этот пункт подлежит изучению в дальнейшем.

ПРИМЕЧАНИЕ 6. – Определение других сценариев находится в процессе изучения. Эти модели должны позволить изучать другие имеющие значение сетевые сценарии (например, концентрация трафика, формирующая ситуацию "бутылочного горлышка", как показано на рисунке V.3).

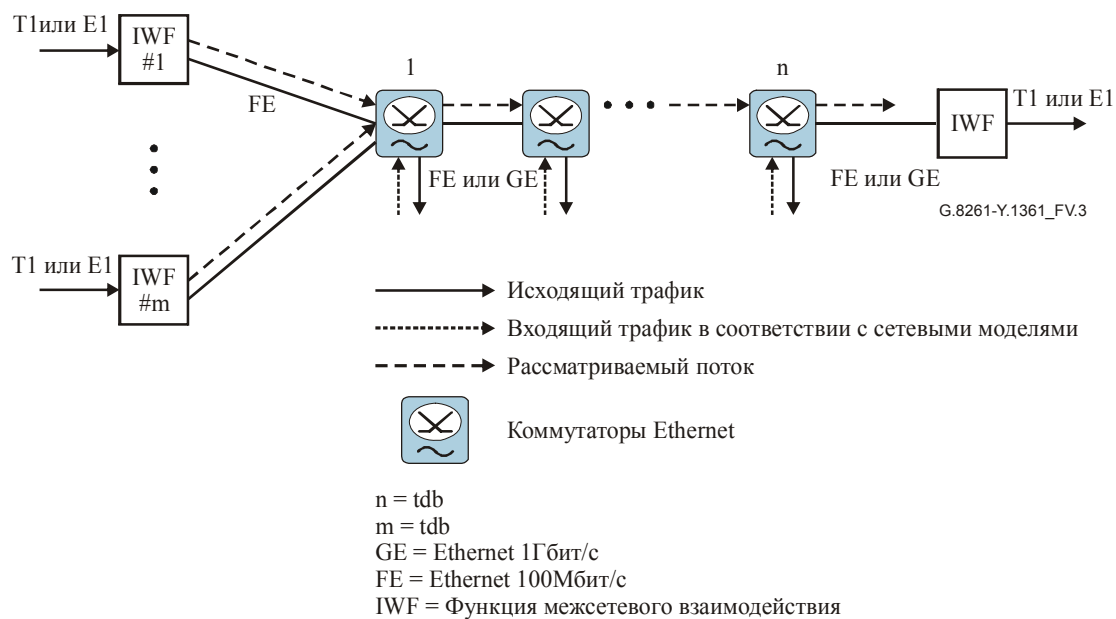


Рисунок V.3/G.8261/Y.1361 – Конфигурация "бутылочное горлышко"

Дополнение VI

Рекомендации по проведению измерений

VI.1 Опорные точки измерений

Данные опорные точки измерений приведены на рисунке VI.1 (дифференциальный метод восстановления тактового сигнала) и рисунке VI.2 (адаптивный метод восстановления тактового сигнала). На этих рисунках представлены два наиболее подходящих тестовых сценария. В последующих версиях настоящей Рекомендации могут быть указаны дополнительные сценарии.

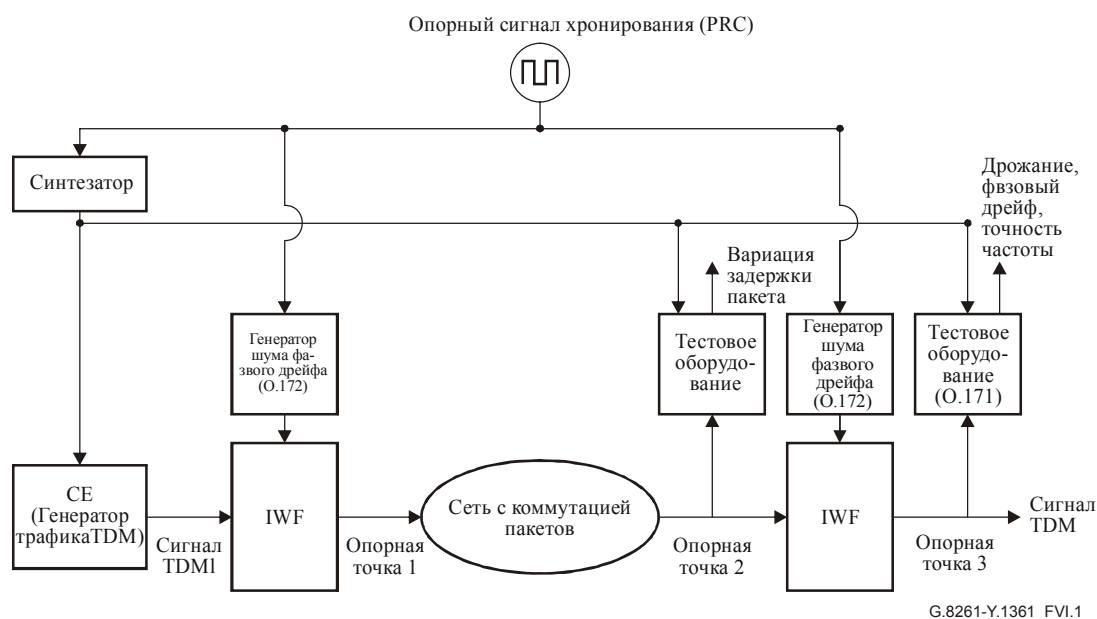
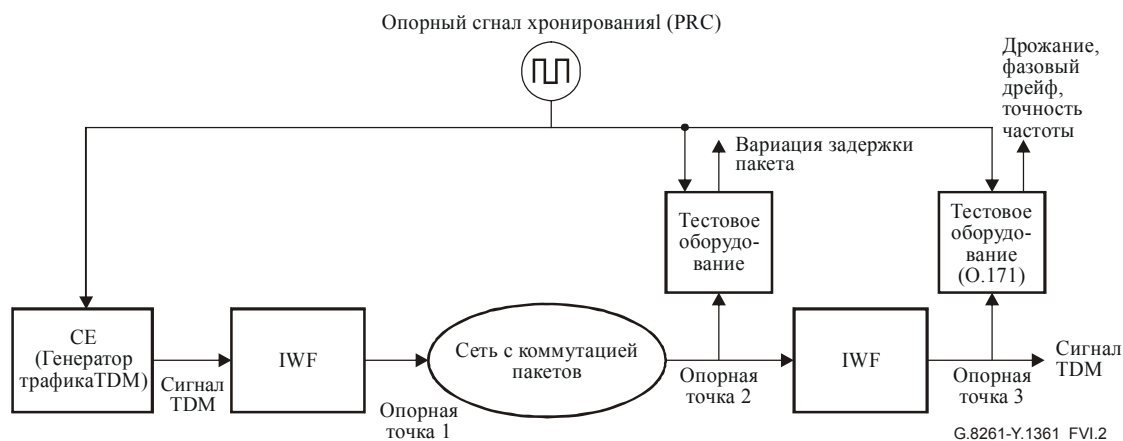


Рисунок VI.1/G.8261/Y.1361 – Опорные точки измерений для дифференциального метода восстановления тактового сигнала



ПРИМЕЧАНИЕ - Опорный сигнал хронирования (PRC) используется для представления тактового сигнала услуги TDM

Рисунок VI.2/G.8261/Y.1361 – Опорные точки измерений для адаптивного метода восстановления тактового сигнала

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – "Генератор шума фазового дрейфа" на рисунке VI.1 добавлен для симуляции шума, генерируемого сетью синхронизации (как определено в Рек. МСЭ-Т O.172). Выходной сигнал генератора шума фазового дрейфа должен согласовываться с требованиями к интерфейсам синхронизации, определенным в Рекомендациях МСЭ-Т G.824 и G.823.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Синтезатор на рисунке VI.1 необходим для изменения частоты асинхронных сигналов TDM (в рамках ограничений, установленных G.703).

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – В данном Дополнении содержится набор тестов, предназначенных для оценки производительности адаптивного восстановления тактового сигнала в сетях с различной топологией, характеристиками трафика и искажениями. Однако приведенные здесь тесты не являются исчерпывающими и не охватывают все возможные искажения, которые могут вызываться пакетной сетью. В дальнейшем могут быть определены дополнительные тесты, например:

- Восстановление тактового сигнала в условиях присутствия объединения каналов связи, таких как 802.lad;
- Восстановление тактового сигнала в условиях присутствия QoS;
- Восстановление тактового сигнала в условиях присутствия контроля потоков, такого как кадры паузы 802.3x.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Тесты для дифференциального метода восстановления тактового сигнала должны быть определены в дальнейшем.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. – Методологии измерения для асинхронных сигналов приведены в Дополнении II/G.823.

VI.2 Топологии тестов

Описанные здесь топологии тестов включают методы для тестирования методов синхронизации, применяемых в рамках настоящей Рекомендации.

Данные тесты были определены в контролируемой среде (т. е. не в "полевых" условиях).

VI.2.1 Базовый тест

Топология для базового теста приведена на рисунке VI.3.

DUT (тестируемое устройство) должно быть протестировано на предмет стабильности работы в условиях пагубных явлений, которые могут вызвать сбой синхронизации или сделать ее не соответствующей спецификации. Тестовые случаи с 1 по 6 выполняются для проверки DUT в условиях вариации нагрузки, изменений в сети и потери пакетов.

Для каждого из тестовых случаев, описанных в п.п. с VI.2.2.2 по VI.2.2.7, следует выполнить следующие измерения:

- Измерение TIE, MTIE, и MRTIE (как описано в Рекомендациях МСЭ-Т G.823 и G.824).
- Измерение точности частоты (значение времени интегрирования для измерения точности частоты зависит от используемого конечного оборудования).
- Измерение вариации задержки пакетов.

Производительность должна соответствовать сетевым ограничениям для соответствующих случаев, как определено в пункте 7.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Тест, организованный как описано на рисунке VI.4, дает отправную точку для выполнения общего сценария тестирования.

Однако для того, чтобы получить тестовую среду, которая будет проще в плане реализации и для того, чтобы устранить риск получения разных результатов при использовании коммутаторов Ethernet, использующих разные технологии, обсуждается предложение о замене спецификации, определенной на рисунке VI.4, другой организацией теста, где, вместо коммутаторов Ethernet и генератора трафика, вариация задержки могла бы создаваться тестовым оборудованием, входными данными для которого может служить профиль вариации задержки.

Профиль вариации задержки мог бы быть выражен в терминах "тестовых векторов" вариации задержки (тестовая последовательность) длительностью 15 минут, 50 минут и 24 часа. Вариация задержки должна быть выражена с достаточным разрешением временной шкалы хронирования.

Тестовые последовательности основывались бы на результатах тестов, выполненных с использованием топологии тестов, как описано на рисунке VI.4.

VI.2.2.1 Характеристики входного трафика

Для того чтобы иметь возможность принимать в расчет все типы трафика в сети, определены две модели возмущающего трафика, как описано в п.п. VI.2.2.1.1 и VI.2.2.1.2.

Модель сетевого трафика 1 предназначена для моделирования трафика в сети доступа, где большую часть трафика составляет голосовая информация. Модель сетевого трафика 2 предназначена для моделирования трафика в сетях, где большую часть трафика составляют данные.

VI.2.2.1.1 Модель сетевого трафика 1

В соответствии с 3GPP, трафик в сети доступа состоит из разговорного (голосового), потокового (аудио-видео), интерактивного (например, http) и фоновых (короткие сообщения (sms), электронная почта). Известно, что в беспроводных сетях от 80% до 90% от общего трафика составляет разговорный трафик, причем средний вызов длится от 1 до 2 минут. Для того чтобы иметь возможность моделировать такой трафик, 80% пакетов должны являться пакетами фиксированного маленького размера с постоянной битовой скоростью, а 20% пакетов – смесью пакетов среднего и большого размеров.

Профиль размера пакетов таков:

- 80% нагрузки должны составлять пакеты минимального размера (64 октета);
- 15% нагрузки должны составлять пакеты максимального размера (1518 октетов);
- 5% нагрузки должны составлять пакеты среднего размера (576 октетов).

Пакеты максимального размера встречаются в блоках длительностью от 0,1 до 3 секунд.

VI.2.2.1.2 Модель сетевого трафика 2

Пакеты большего, по сравнению с моделью сетевого трафика 1, размера, формируют сеть, обрабатывающую больше трафика данных. Для того чтобы иметь возможность моделировать такой трафик, 60% должны составлять пакеты максимального размера, а 40% – смесь пакетов минимального и среднего размера.

Профиль размера пакетов таков:

- 60% нагрузки должны составлять пакеты максимального размера (1518 октетов)
- 30% нагрузки должны составлять пакеты минимального размера (64 октета);
- 10% нагрузки должны составлять пакеты среднего размера (576 октетов).

Пакеты максимального размера встречаются в блоках длительностью от 0.1 до 3 секунд.

VI.2.2.2 Тестовый случай 1

В Тестовом случае 1 моделируется "статическая" пакетная нагрузка. При выполнении Тестового случая 1 в сети должны выполняться следующие условия:

- Возмущающая нагрузка сети 80% в течение 1 часа, предполагая, что восстановление тактового сигнала находится в стабильном состоянии. Ожидание в течение периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II) перед выполнением измерений, для того чтобы дать процессу восстановления тактового сигнала стабилизироваться. Пакеты, нагружающие сеть, должны использовать модель сетевого трафика 2, как определено в п. VI.2.2.1.2.

VI.2.2.3 Тестовый случай 2

Тестовый случай 2 моделирует внезапные значительные и устойчивые изменения загрузки сети. Он демонстрирует стабильность в случае внезапных значительных изменений сетевых условий и характеристики фазового дрейфа в случае присутствия низкочастотной PDV (вариации задержки пакетов).

При выполнении Тестового случая 2 в сети должны выполняться следующие условия:

- Пакеты, нагружающие сеть, должны использовать модель сетевого трафика 1, как определено в п. VI.2.2.1.1.
- Ожидание в течение периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II) перед выполнением измерений, для того чтобы дать процессу восстановления тактового сигнала стабилизироваться.
- Начало с возмущающей нагрузки сети на уровне 80% в течение 1 часа, снижение до 20% на 1 час, увеличение до 80% на 1 час, снова снижение до 20% на 1 час, увеличение до 80% на 1 час, снова снижение до 20% на 1 час (см. рисунок VI.5)

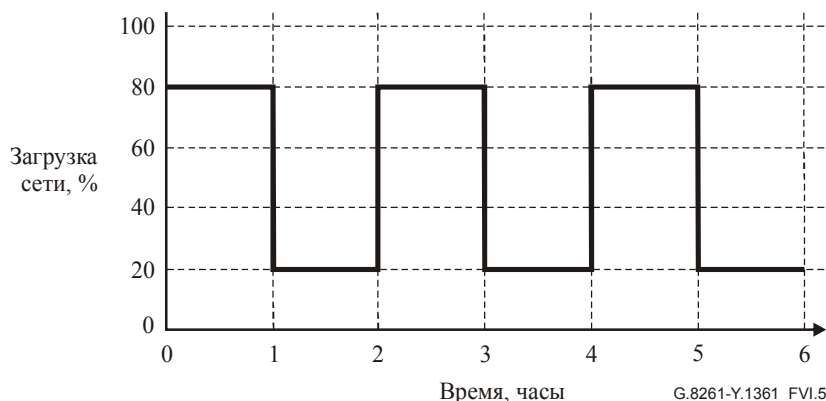


Рисунок VI.5/G.8261/Y.1361 – Модуляция внезапной возмущающей нагрузки сети

- Повторение теста с использованием модели сетевого трафика 2, как определено в п. VI.2.2.1.2, для загрузки сети.

VI.2.2.4 Тестовый случай 3

Тестовый случай 3 моделирует медленное изменение в загрузке сети в чрезвычайно длительном масштабе времени. Он демонстрирует стабильность в условиях очень медленных изменений сетевых условий и характеристики фазового дрейфа в условиях присутствия чрезвычайно низкочастотной PDV.

При выполнении Тестового случая 3 в сети должны выполняться следующие условия:

- Пакеты, нагружающие сеть, должны использовать модель сетевого трафика 1, как определено в п. VI.2.2.1.1.
- Ожидание в течение периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II) перед выполнением измерений, для того чтобы дать процессу восстановления тактового сигнала стабилизироваться.
- Плавное изменение возмущающей нагрузки сети с 20% до 80% и обратно в течение 24-часового периода (см. рисунок VI.6).

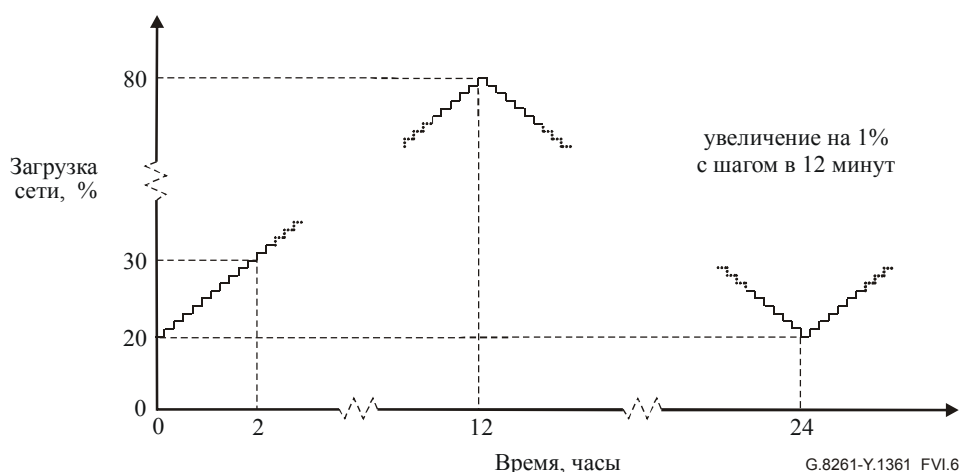


Рисунок VI.6/G.8261/Y.1361 – Медленная модуляция загрузки сети

- Повторение теста с использованием модели сетевого трафика 2, как определено в п. VI.2.2.1.2, для загрузки сети.

VI.2.2.5 Тестовый случай 4

Тестовый случай 4 моделирует временные выходы из строя и восстановления сети в течение варьирующих промежутков времени. Он демонстрирует способность переносить выходы сети из строя и возвращаться в работоспособное состояние по восстановлению. Следует отметить, что MTIE за перерыв в работе в 1000 секунд в значительной степени определяется качеством локального генератора и не может приниматься как индикатор качества процесса восстановления тактового сигнала.

При выполнении Тестового случая 4 в сети должны выполняться следующие условия:

- Пакеты, нагружающие сеть, должны использовать модель сетевого трафика 1, как определено в п. VI.2.2.1.1.
- Начало с возмущающей нагрузки сети на уровне 40%. По истечении периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II) сетевое соединение отключается на 10 секунд, затем восстанавливается. Ожидание в течение периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II) перед выполнением измерений, для того чтобы дать процессу восстановления тактового сигнала стабилизироваться. Повтор с прерыванием сетевого соединения на 100 секунд.
- Повторение теста с использованием модели сетевого трафика 2, как определено в п. VI.2.2.1.2, для загрузки сети.

VI.2.2.6 Тестовый случай 5

Тестовый случай 5 моделирует временные заторы в сети и их устранение в течение варьирующих промежутков времени. Он демонстрирует способность переносить временные заторы в пакетной сети.

При выполнении Тестового случая 5 в сети должны выполняться следующие условия:

- Пакеты, нагружающие сеть, должны использовать модель сетевого трафика 1, как определено в п. VI.2.2.1.1.
- Начало с возмущающей нагрузки сети на уровне 40%. По истечении периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II), увеличение возмущающей нагрузки сети до 100% (включая значительные задержки и потерю пакетов) на 10 секунд, затем восстановление. Ожидание в течение периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II) перед выполнением измерений, для того чтобы дать процессу восстановления тактового сигнала стабилизироваться. Повтор с периодом затора 100 секунд.
- Повторение теста с использованием модели сетевого трафика 2, как определено в п. VI.2.2.1.2, для загрузки сети.

VI.2.2.7 Тестовый случай 6

Тестовый случай 6 моделирует изменения маршрутизации.

При выполнении Тестового случая 6 в сети должны выполняться следующие условия:

- Изменение количества коммутаторов между DUT (единицами тестируемого оборудования), вызывающее ступенчатое изменение в сетевой задержке пакетов.
 - Пакеты, нагружающие сеть, должны использовать модель сетевого трафика 1, как определено в п. VI.2.2.1.1.
 - Начало с возмущающей нагрузки сети на уровне 40%. По истечении периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II), перемаршрутизация сети для обхода одного коммутатора. Ожидание в течение периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II) перед выполнением измерений, для того чтобы дать процессу восстановления тактового сигнала стабилизироваться, затем восстановление первоначального пути.
 - Начало с возмущающей нагрузки сети на уровне 40%. По истечении периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II), перемаршрутизация сети для обхода пяти коммутаторов. Ожидание в течение периода стабилизации (в соответствии с Дополнением II) перед выполнением измерений, для того чтобы дать процессу восстановления тактового сигнала стабилизироваться, затем восстановление первоначального пути.
- Повторение теста с использованием модели сетевого трафика 2, как определено в п. VI.2.2.1.2, для загрузки сети.

Дополнение VII

Ограничения фазового дрейфа в случае развертывания 1

VII.1 Ограничения для интерфейса 2048 кбит/с

Данные в таблице 1 были рассчитаны на основе следующих соображений относительно Приложения A/G.823.

Бюджет фазового дрейфа может быть разделен на три основных компонента:

- суточный фазовый дрейф;
- асинхронное установление соответствий 2048 кбит/с;
- фазовый дрейф, вызванный шумом тактового сигнала и переходами.

Суточный фазовый дрейф

Изменять его нет причин и его амплитуда мала: 1 мкс.

Асинхронное установление соответствий 2048 кбит/с

Для расчета накопленного 2UI на один участок использовался среднеквадратический закон (RMS), 3 участка аккумулируют $\sqrt{3} * 2UI$, т. е. 1,7 мкс вместо 2 мкс в первоначальной сетевой модели.

Фазовый дрейф, вызванный шумом тактового сигнала и переходами

В соответствии с I.1.5/G.823, процесс накопления может различаться, в зависимости от величины сдвига частоты, который может повлечь за собой возникновение коррелированных или некоррелированных эффектов. Было условлено, что накопление шума происходит по среднеквадратическому закону. Это означает, что каждый из 4 участков отвечает за половину бюджета фазового дрейфа, как указано в данный момент в Настоящей Рекомендации. В новой сетевой модели три участка SDH отвечают за $\sqrt{3}$ бюджета одного участка SDH в соответствии со среднеквадратическим законом накопления.

Общий объем фазового дрейфа, выделяемого Рек. МСЭ-Т G.823, равен 15 мкс, а моделирование дало результат 12,7 мкс.

Закон накопления между SDH и CES отличается от аналогичного закона между участками SDH.

Шум, генерируемый участком SDH, является результатом событий указателя VC-12, являющегося редким, по крайней мере для сдвига частоты в диапазоне от 10^{-9} до 10^{-10} , как установлено в I.1.5/G.823. Результатом этого является очень низкая вероятность того, что событие данного указателя произойдет одновременно на нескольких участках.

Что касается шума на участке CES, он сильно отличается от того, который наблюдается на участках SDH. Этот шум появляется в результате PDV.

Поскольку было показано что, среднеквадратический закон накопления применяется между участками CES и SDH, предлагается, чтобы в новой модели среднеквадратический закон накопления использовался для 3 участков SDH и линейный закон накопления – для CES.

Таким образом, бюджет фазового дрейфа, который может быть выделен CES, равен:

$$18 - (1(\text{суточный фазовый дрейф}) + \sqrt{3} * 2UI(3 \text{ соответствия VC-12}) + 12,6/2 * \sqrt{3}(3 \text{ участка SDH})) = 4,3 \text{ мкс}$$

Фазовый дрейф в размере 4,3 мкс выделяется CES на период 24 часа, и шаблон фазового дрейфа уменьшается на коэффициент 4,3/18 (0,24) для другого плоского отрезка, получаемого из таблицы 2/G.823.

VII.2 Ограничения для интерфейса 1544 кбит/с

Эталонная модель фазового дрейфа и бюджет для 1544 кбит/с определены в Рек. МСЭ-Т G.824 и эта модель состоит из восьми участков SDH. Компонентами бюджета являются синхронизация коммутатора, установление соответствий между DS1 и DS3, установление соответствий между DS1 и VC-11, суточный фазовый дрейф (влияние температуры на волокно), шум и фазовый дрейф NE вследствие случайных указателей. Общий бюджет из 18 мкс (на 24 часа) допускает возникновение фазового дрейфа в 14,3 мкс между коммутаторами (см. рисунок A.1/G.824) и подразделяется для приспособления к замене одного из участков SDH участком CES. Используемая процедура предполагает, что накопление фазового дрейфа установления соответствий, шума и фазового дрейфа синхронизации, возникающего из-за указателей, основывается на среднеквадратическом добавлении. На основе среднеквадратического добавления, доступная каждому из восьми участков часть от 18 мкс (т. е. 12,7 – см. таблицу VII.1) теперь равна 4,5 мкс. ($12,7/\sqrt{8}$).

Таблица VII.1/G.8261/Y.1361 – Распределение бюджета фазового сдвига 1544 кбит/с по компонентам

Компонент бюджета	Выделение	Часть, доступная для дальнейшего деления
Синхронизация коммутатора	3,7	
Соответствия E11–E31	0,3	
Соответствия E11 – VC-11	2,6	2,6
Суточный фазовый дрейф (температура)	1,3	
Шум синхронизации NE/указатели	10,1	10,1
Всего	18,0	12,7

Результирующий фазовый дрейф для каждого участка в терминах МТИЕ на все времена наблюдений до 24 часов приведен в таблице 2. Эта таблица основывается на равномерном приведении спецификации интерфейса в таблице 2/G.824. Отметим, что эта таблица также рассматривает требования к дрожанию установления соответствий для отдельного участка VC-11, 0.7 Upp, как определено в Рекомендации МСЭ-Т G.783 (см. таблицу 15-3/G.783).

Изучение накопления фазового дрейфа, предпринятое с целью выведения компонентов фазового дрейфа SDH, основывалось на расширенном моделировании, для того чтобы проверить, что требование 18 микросекунд может быть выполнено в эталонной модели SDH. Дальнейшие работы по моделированию могут потребоваться, когда сетевые модели и соответствия CES будут определены более детально. Приведенные здесь цифры могут быть пересмотрены на основе результатов этих работ.

Дополнение VIII

Передача Сообщений статуса синхронизации в синхронном РНУ (Физическом уровне) Ethernet

ПРИМЕЧАНИЕ. – Последующий текст ожидает формального выделения OUI от IEEE. Когда он будет выделен, данное Дополнение станет Приложением.

Работа OAM ((Operations, Administration and Maintenance) эксплуатация, администрирование, сопровождение) достигается путем использования Единиц данных протокола OAM (OAMPDU), которые идентифицируются посредством специальных полей заголовка в кадре Ethernet.

OAMPDU являются стандартными кадрами MAC Ethernet, но идентифицируются как через Длину/Тип (как кадры Медленного протокола (значение 8809)), так и специально посредством подтипа (значение 0x03) как OAMPDU. Кодовое поле используется для указания того, к какому типу OAMPDU относится данный кадр. Для этого кодового поля существуют восемь возможных значений. Отдельное значение (FE) зарезервировано для расширений, определяемых организацией. Расширение, определяемое организацией, располагается в первых трех октетах поля данных и состоит из значений XX, YY и ZZ (эти значения должны быть определены IEEE), оставляя как минимум 39 октетов для данных пользователя OAM. Кодовое поле, расширение, определяемое организацией и часть для данных пользователя приведены на рисунке VIII.1 и проиллюстрированы на рисунке VIII.2.

Описание полей

Функция	Размер	Примечания
Адрес получателя	6 октетов	
Адрес источника	6 октетов	
Длина/Тип OAMPDU	2 октета	Значение поля типа Медленный протокол 8809
Подтип OAMPDU	1 октет	Идентификация медленного протокола, инкапсулированная для OAMPDU = 0x03
Флаги	2 октета	
Код	1 октет	Идентифицирует отдельные типы OAMPDU для FE
Функциональные возможности синхронизации, т. е данные пользователя [OUI и функция синхронизации]	42 октета	ПРИМЕЧАНИЕ. – Первые три октета данных пользователя содержат OUI
Последовательность проверки кадра (FCS)	4 октета	

8	7	6	5	4	3	2	1	Октейты
Адрес получателя								1–6
Адрес отправителя								7–12
Длина/Тип OAMPDU								13–14
Подтип OAMPDU								15
Флаги								16–17
Код								18
OUI								19–21
SSM (см. Примечание 1)								22
Зарезервировано (см. Примечание 2)								23–60
Последовательность проверки кадра (FCS)								61–64

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Весь октет полностью зарезервирован для использования SSM. См. рисунки VIII.3 и VIII.4.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Данная таблица определяет минимальные требования к длине кадра, равной 64 октетам, для того чтобы удостовериться, что кадры 802.3 являются действительными кадрами. Как минимум 39 октетов данных дополнения неопределенной природы используются для достижения минимальной длины. Максимальная длина поля "Функциональные возможности синхронизации" подлежит изучению в дальнейшем

Рисунок VIII.1/G.8261/Y.1361 – Инкапсуляция секции данных OAMPDU

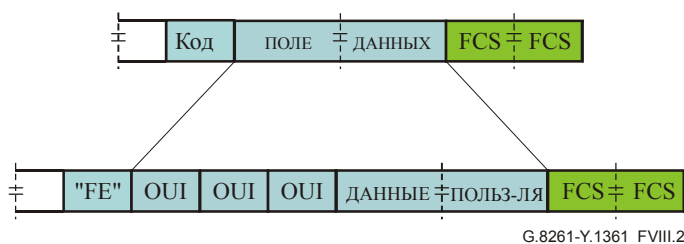


Рисунок VIII.2/G.8261/Y.1361 – Общая компоновка секции Поля данных OAMPDU

Формат, функции и структура оставшейся части OAMPDU приведены в следующем пункте.

Однако реальная длина поля данных – вплоть до максимальной длины, определенной IEEE – до Последовательности проверки кадра (FCS), подлежит изучению в дальнейшем.

VIII.2 Передача сообщений статуса синхронизации

Передача сообщений статуса синхронизации (SSM) предоставляет коммутаторам Ethernet с нисходящим потоком трафика определять доступность схемы распространения синхронизации в обратном направлении для контроля посредством PRC или тактовый сигнал наивысшего уровня из

числа доступных. Функция синхронизации обрабатывает SSM. В условиях возникновения сбоя сети с восходящим потоком трафика функция синхронизации предпринимает соответствующие действия на основе SSM и предустановленных приоритетов и выбирает альтернативный источник синхронизации.

SSM определены в Рекомендациях МСЭ-Т G.707/Y.1322 и G.781 [B15]. Руководящие принципы использования SSM в сетях Ethernet подлежат изучению в дальнейшем.

Общая компоновка секции SSM поля Данные пользователя приведена на рисунке VIII.3 и проиллюстрирована на рисунке VIII.4. Первый октет поля Данные пользователя зарезервирован для SSM, причем как минимум младшая половина этого октета содержит сообщение SSM, а самая старшая половина не используется, но зарезервирована для возможностей SSM.

Сообщение статуса синхронизации (SSM)		Описание
Биты 8-5	Биты 4-1	
Зарезервированы для использования в будущем	Текущий статус SSM, как приведено в Рекомендациях МСЭ-Т G.707/Y.1322 и G.781	Текущий статус SSM, как приведено в Рекомендациях МСЭ-Т G.707/Y.1322 и G.781

Рисунок VIII.3/G.8261/Y.1361 – Формат сообщения статуса синхронизации

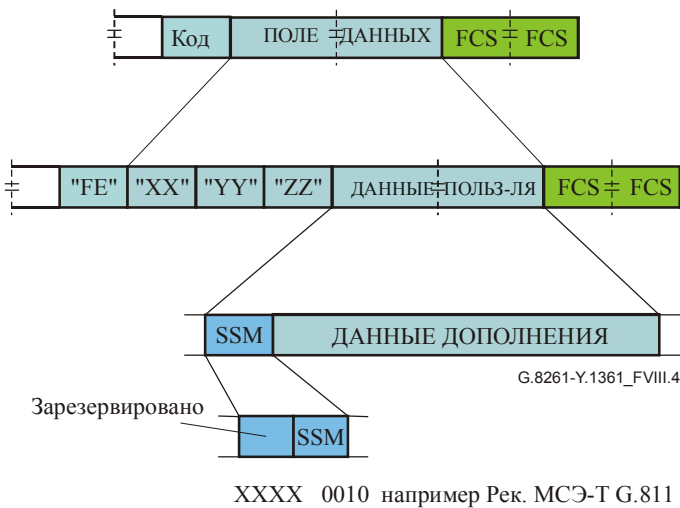


Рисунок VIII.4/G.8261/Y.1361 – Сообщение статуса синхронизации OAMPDU

Оставшееся пространство в поле данных пользователя заполняется данными дополнения.

VIII.3 Новое оборудование Ethernet

Новое оборудование Ethernet, требующее функциональных возможностей синхронизации, должно поддерживать 802.3ah.

VIII.4 Устаревшее оборудование Ethernet

Использования синхронного Ethernet устаревшим оборудованием не предполагается, поскольку такое оборудование не имеет реализованных изменений, необходимых для транспортировки синхронизации.

Оборудование, "не осведомленное" о 802.3ah, т. е. устаревшее оборудование Ethernet, не распознает кадры OAMPDU; любые такие кадры будут рассматриваться как нормальные кадры MAC Ethernet и перенаправляться прозрачным образом. В связи с этим данная функция должна быть отключена на отдельных портах, чтобы избежать перенаправления в нежелательные сети или на нежелательные узлы.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [B1] MEF 3, *Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks*.
- [B2] ETSI TR 101 685 (1999), *Transmission and multiplexing (TM); Timing and synchronization aspects of Asynchronous Transfer Mode (ATM) networks*.
- [B3] ETSI TS 145 010 (2005), *Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio subsystem synchronization*.
- [B4] ETSI TS 125 104 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Base Station (BS); radio transmission and reception (FDD)*.
- [B5] ETSI TS 125 105 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), Base Station (BS); radio transmission and reception (TDD)*.
- [B6] ETSI TS 125 402 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Synchronization in UTRAN Stage 2*.
- [B7] 3GPP2 C.S0010-B, *Recommended Minimum Performance Standards for cdma2000 Spread Spectrum Base Stations*.
- [B8] 3GPP2 C.S0002-C, *Physical Layer Standard for cdma2000 Spread Spectrum Systems*.
- [B9] IETF RFC 2460 (1998), *Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification*.
- [B10] ETSI TS 100 594 (2002), *Digital cellular Telecommunications System (Phase 2+); Base Station Controller – Base Transceiver Station – (BSC-BTS) interface – Layer 1; Structure of physical circuits*.
- [B11] ETSI TS 125 431 (2006), *Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); UTRAN Iub Interface Layer 1*.
- [B12] IETF RFC 3031 (2001), *Multiprotocol Label Switching Architecture*.
- [B13] IETF RFC 791 (1981), *Internet Protocol (IP)*.
- [B14] IEEE Standard 802.1pTM-2005, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Traffic Class Expediting and Dynamic Multicast Filtering*.
- [B15] ITU-T Recommendation G.781 (1999), *Synchronization layer functions*.

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y
ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ
ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ И СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

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 ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ

Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, возможности сетей и административное управление ресурсами	Y.1200–Y.1299
Транспортирование	Y.1300–Y.1399
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые показатели качества	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление платы	Y.1800–Y.1899

СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ

Структура и функциональные модели архитектуры	Y.2000–Y.2099
Качество обслуживания и рабочие характеристики	Y.2100–Y.2199
Аспекты обслуживания: возможности услуг и архитектура услуг	Y.2200–Y.2249
Аспекты обслуживания: взаимодействие услуг и СПП	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 D	Общие принципы тарификации
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола Интернет и сети последующих поколений
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи