

МСЭ-Т

G.8265/Y.1365

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

(10/2010)

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

Аспекты передачи пакетов по транспортным сетям –
Целевые параметры качества и готовности

СЕРИЯ Y: ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ
ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО
ПРОТОКОЛА, СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ,
ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И "УМНЫЕ" ГОРОДА

Аспекты протокола Интернет – Транспортирование

**Архитектура и требования для доставки
значений частот в пакетном режиме**

Рекомендация МСЭ-Т G.8265/Y.1365

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

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ 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
Аспекты, касающиеся Ethernet поверх транспортного уровня	G.8000–G.8099
MPLS и аспекты транспортирования сообщений	G.8100–G.8199
Целевые параметры качества и готовности	G.8200–G.8299
Управление обслуживанием	G.8600–G.8699
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

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

Рекомендация МСЭ-Т G.8265/Y.1365

Архитектура и требования для доставки значений частот в пакетном режиме

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.8265/Y.1365 содержится описание архитектуры и требования для доставки значений частот в пакетном режиме в сетях электросвязи. К примерам доставки значений частот в пакетном режиме относятся сетевой протокол службы времени (NTP) и стандарт [b-IEEE 1588-2008], кратко описанные в этой Рекомендации. Подробные сведения, необходимые для использования стандарта [b-IEEE 1588-2008] в соответствии с данной архитектурой, приведены в других Рекомендациях.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждена	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.8265/Y.1365	07.10.2010 г.	15-я	11.1002/1000/10910

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL: <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

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 2017

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	1
3.1 Термины, определенные в других документах	1
4 Сокращения и акронимы	2
5 Соглашения по терминологии	2
6 Общие сведения о пакетном распространении значений частоты	2
6.1 Требования к пакетному хронированию	3
7 Архитектура распределения частот на основе пакетной передачи	3
7.1 Пакетное распространение информации о тактовой частоте	4
7.2 Защита сигнала хронирования	4
7.3 Сегментация пакетной сети	7
7.4 Смешанные технологии	8
8 Протоколы пакетного распространения информации о тактовой частоте	8
8.1 Пакетные протоколы	8
8.2 Общее описание RTP [IEEE 1588]	8
8.3 Общее описание NTP	9
9 Аспекты безопасности	9
Дополнение I – Библиография	11

Рекомендация МСЭ-Т G.8265/Y.1365

Архитектура и требования для доставки значений частот в пакетном режиме

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации описана общая архитектура распространения информации о тактовой частоте с использованием пакетных методов. Основное внимание в данной версии Рекомендации уделяется доставке значений частот с использованием таких методов, как NTP или протокол точного времени (PTP) [IEEE 1588]. Требования и архитектура составляют основу для спецификации других функциональных возможностей, необходимых для доставки значений частот в пакетном режиме в среде оператора электросвязи. Описанная архитектура охватывает случай, когда взаимодействие протоколов происходит только в конечных пунктах сети между пакетным ведущим тактовым генератором и пакетным подчиненным тактовым генератором. Детальные требования для других архитектур с различными устройствами, участвующими во взаимодействии пакетных ведущих и ведомых тактовых генераторов, подлежат дальнейшему изучению.

2 Справочные документы

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

- [ITU-T G.8260] Recommendation ITU-T G.8260 (2010), *Definitions and terminology for synchronization in packet networks*
- [ITU-T G.8261] Recommendation ITU-T G.8261/Y.1361 (2008), *Timing and synchronization aspects in packet networks*
- [ITU-T G.8264] Recommendation ITU-T G.8264/Y.1364 (2008), *Distribution of timing information through packet networks, plus Amendment 1 (2010)*
- [IEEE 1588] IEEE STD 1588-2008, *Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*
- [IETF RFC 5905] IETF RFC 5905 (2010), *Network Time Protocol Version 4: Protocol And Algorithms Specification*

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других документах.

- 3.1.1 пакетный ведущий тактовый генератор (packet master clock)** [ITU-T G.8260].
- 3.1.2 пакетный ведомый тактовый генератор (packet slave clock)** [ITU-T G.8260].
- 3.1.3 пакетный сигнал хронирования (packet timing signal)** [ITU-T G8260].

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

CDMA	Code Division Multiple Access		Многостанционный доступ с кодовым разделением каналов
DSL	Digital Subscriber Line		Цифровая абонентская линия
EEC	Ethernet Equipment Clock		Тактовый генератор оборудования синхронного Ethernet
GM	Grand Master		Грандмастер
GNSS	Global Navigation Satellite System		Глобальная навигационная спутниковая система
LSP	Label Switched Path		Тракт коммутации с помощью меток
LTE	Long Term Evolution		Долгосрочное развитие
MINPOLL	Minimum Poll interval		Минимальный интервал опроса
NTP	Network Time Protocol		Сетевой протокол синхронизации
PDV	Packet Delay Variation		Отклонение задержки пакетов
PON	Passive Optical Network		Пассивная оптическая сеть
PRC	Primary Reference Clock		Первичный эталонный тактовый генератор
PTP	Precision Time Protocol		Протокол точного времени
QL	Quality Level		Уровень качества
RTP	Real Time Protocol		Протокол реального времени
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SEC	SDH Equipment Clock		Тактовый сигнал оборудования СЦИ
SSM	Synchronization Status Message		Сообщение статуса синхронизации
TDM	Time Division Multiplexing		Мультиплексирование с временным разделением каналов
VLAN	Virtual Local Area Network		Виртуальная локальная сеть
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access		Всемирная функциональная совместимость для микроволнового доступа

5 Соглашения по терминологии

В рамках этой Рекомендации термин RTP относится к версии 2 протокола RTP, определенного в [IEEE 1588]. Термин NTP относится к протоколу синхронизации сети, определенному в [IETF RFC 5905].

6 Общие сведения о пакетном распространении значений частоты

Современная сеть электросвязи опирается на точное распространение информации о тактовой частоте для оптимизации передачи и кросс-соединений по технологии TDM. Напротив, пакетные сети и пакетные службы существенно буферизованы по своей природе, и как следствие, для их работы не требуется точного хронирования. С переходом к конвергентным пакетным сетям, казалось бы, распространения информации о тактовой частоте не потребуется, поскольку в сети все больший вес приобретает технология коммутации пакетов.

Хотя для некоторых служб это может быть верным (одним из примеров является интернет), лежащие в основе новой конвергентной парадигмы сети транспортные механизмы, которые обеспечивают эти не требующие хронирования службы, могут предъявлять более строгие требования к хронированию.

Например, в некоторых случаях для поддержки служб эмуляции коммутации цепей в инфраструктуре с коммутацией пакетов требуется стабильная опорная частота. Аналогично при использовании технологий беспроводного доступа (GSM, LTE, WIMAX, CDMA и т. д.) требования радиointерфейса приводят к жестким требованиям к синхронизации, несмотря на то что служба для конечного пользователя (например, мобильный интернет), казалось бы, может работать без хронирования.

Для распространения сигналов хронирования в сетях с коммутацией пакетов МСЭ-Т разработал спецификацию синхронного Ethernet [ITU-T G.8261], [b-ITU-T G.8262], [ITU-T G.8264] в целях распространения информации о тактовой частоте на физическом уровне аналогично СЦИ. В настоящей Рекомендации рассматривается использование пакетных механизмов, предназначенных для передачи информации о тактовой частоте в пакетной сети в отсутствие физического уровня хронирования.

6.1 Требования к пакетному хронированию

Пакетные механизмы распространения информации о тактовой частоте должны отвечать следующим требованиям:

- 1) должны быть указаны механизмы, обеспечивающие взаимодействие между ведущим и ведомым устройствами (тактовыми генераторами);
- 2) механизмы должны допускать согласованную работу по управляемым территориально-распределенным сетям электросвязи;
- 3) пакетные механизмы должны обеспечивать взаимодействие с существующими сетями частотной синхронизации на основе СЦИ и синхронного Ethernet;
- 4) пакетные механизмы должны допускать возможность разработки и настройки сети синхронизации в фиксированной среде;
- 5) схемы защиты, используемые пакетными системами, должны основываться на стандартной практике работы, принятой в электросвязи, и позволять ведомым тактовым генераторам принимать сигналы хронирования от нескольких географически распределенных ведущих генераторов;
- 6) выбор источника (тактового генератора) должен соответствовать существующей практике синхронизации физического уровня и допускать выбор источника на основе полученных QL и приоритета;
- 7) пакетные механизмы должны быть согласованы с работой существующих стандартных методов обеспечения безопасности для содействия обеспечению целостности синхронизации.

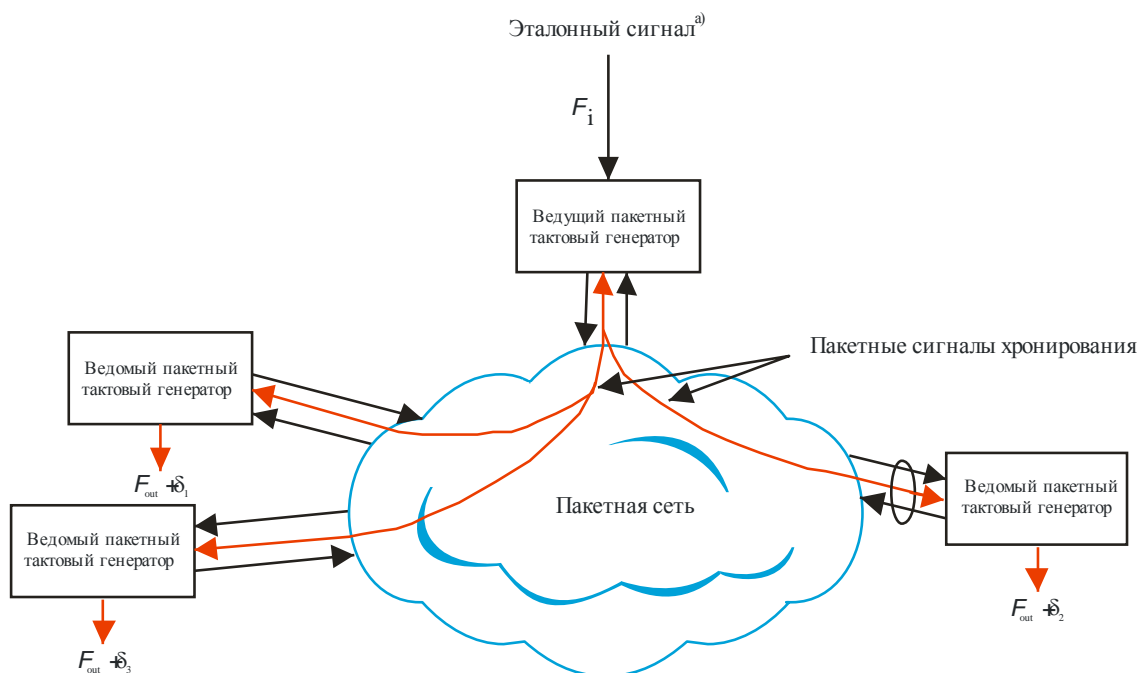
7 Архитектура распределения частот на основе пакетной передачи

В отличие от синхронизации на физическом уровне, когда содержание сигнала хронирования определяется значимыми фронтами сигнала данных, пакетные методы основаны на передаче специальных "событийных пакетов". Эти "событийные пакеты" служат значащими моментами пакетного сигнала хронирования. Время этих значащих моментов точно измеряется относительно главного источника времени, и эта информация хронирования кодируется в виде меток времени, которые представляют собой машиночитаемое представление определенного момента времени¹. Метка времени генерируется функцией пакетного ведущего тактового генератора и переносится по пакетной сети в пакетный ведомый тактовый генератор. Поскольку время является интегралом частоты, метки времени можно использовать для получения частоты.

¹ В некоторых случаях частоту можно определить по скорости поступления входящих пакетов, которые не содержат меток времени, но генерируются через точные интервалы. Методы определения частоты по скорости поступления пакетов не входят в сферу применения настоящей Рекомендации, поскольку в ней рассматривается использование протоколов на основе времени.

7.1 Пакетное распространение информации о тактовой частоте

Три основных компонента – это пакетный ведущий тактовый генератор, пакетный ведомый тактовый генератор и пакетная сеть. Пакетный сигнал хронирования, генерируемый пакетным ведущим тактовым генератором, передается по пакетной сети, так что пакетный ведомый тактовый генератор может генерировать тактовую частоту, прослеживаемую до входного сигнала хронирования на выходе пакетного ведущего тактового генератора. Пакетный ведущий тактовый генератор представлен сигналом хронирования, прослеживаемым до PRC. Сигнал, вырабатываемый пакетным ведомым тактовым генератором, можно проследить до PRC с некоторым ухудшением качества (δ), вызванным передачей по пакетной сети. Общая топология архитектуры показана на рисунке 1. Обеспечивается поток синхронизации от ведущего узла к ведомому. В тех случаях, когда эталонный сигнал для ведущего тактового генератора передается по сети распространения синхронизации, может происходить дополнительное ухудшение качества частотного сигнала на входе ведущего, а следовательно, и на выходе ведомого тактового генератора.



a) Эталонный сигнал может поступать непосредственно от PRC, GNSS или по сети синхронизации.

G.8265/Y.1365(10)_F01

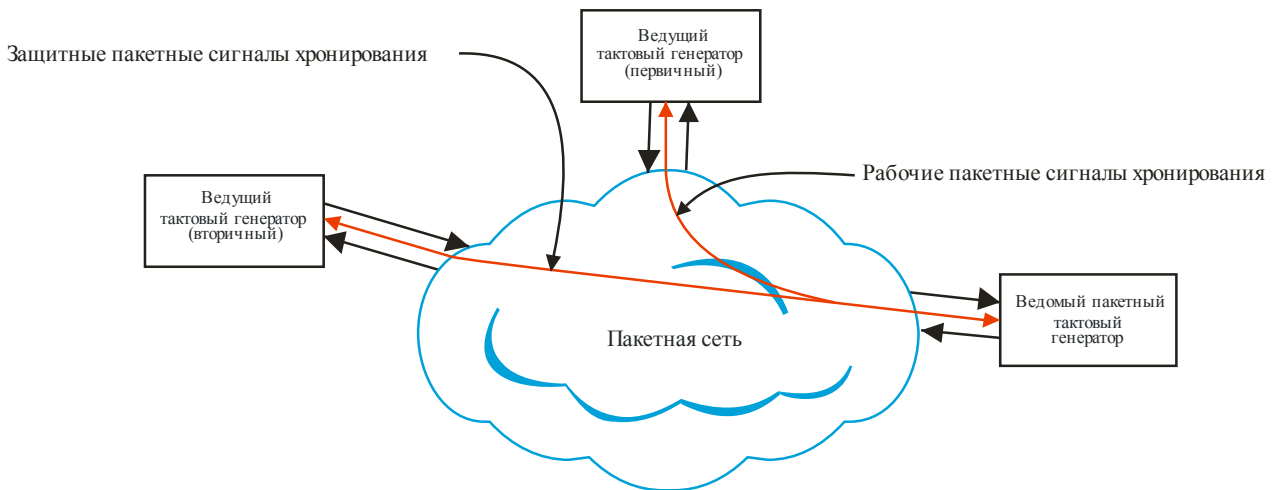
Рисунок 1 – Общая архитектура синхронизации пакетной сети

7.2 Защита сигнала хронирования

7.2.1 Защита пакетного ведущего тактового генератора

В традиционных сетях синхронизации надежность хронирования повышается за счет использования защиты, когда сигнал хронирования может поступать на ведомый тактовый генератор (например, SEC или EEC) по одному или нескольким альтернативным сетевым маршрутам. В случае пакетной архитектуры хронирования ведомые тактовые генераторы могут быть видимыми для двух или более ведущих тактовых генераторов, как показано на рисунке 2.

В отличие от физического уровня синхронизации, когда выбор тактового генератора осуществляет ведомый тактовый генератор, для выбора вторичного ведущего тактового генератора может потребоваться некоторое сообщение и согласование между ведущим и ведомым, а также между вторичным ведущим и ведомым устройствами.



ПРИМЕЧАНИЕ. Для наглядности эталонные сигналы сети ведущих тактовых генераторов не показаны.

G.8265/Y.1365(10)_F02

Рисунок 2 – Защита сигнала хронирования (информации о тактовой частоте) пакетной сети

7.2.2 Функции выбора пакетного ведущего/ведомого генератора

В следующих разделах описаны функции, необходимые для поддержки выбора эталонных сигналов в пакетной сети.

7.2.2.1 Временное исключение ведущего устройства – функция блокировки

Для защиты нижележащей архитектуры необходимо обеспечивать способность подчиненных устройств временно исключать ведущее устройство из списка кандидатов в ведущие устройства (функция блокировки).

7.2.2.2 Функция ожидания после восстановления в ведомом устройстве

Для защиты нижележащей архитектуры в ведомом устройстве должна быть реализована функция ожидания после восстановления. Если ведущий тактовый генератор вышел из строя или недоступен, то подчиненный тактовый генератор переключается на резервный ведущий тактовый генератор. Однако после восстановления основного ведущего тактового генератора ведомый не возвращается к нему до истечения времени ожидания после восстановления.

7.2.2.3 Функция невозврата ведомого устройства

Для защиты нижележащей архитектуры может быть реализована функция невозврата ведомого тактового генератора в целях исключения "перескакивания" ведомых устройств между ведущими.

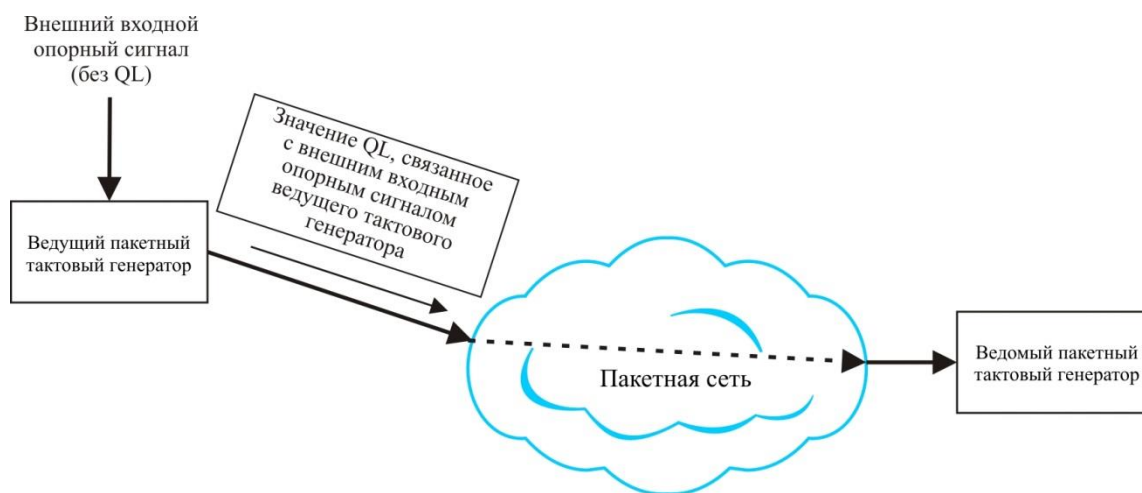
Если режим невозврата реализован и активирован, то когда ведущее устройство перестает работать или становится недоступным, ведомое переключается на резервное ведущее устройство и больше не возвращается к основному.

7.2.2.4 Функция принудительной прослеживаемости ведущего тактового генератора

Должна допускаться принудительная установка значения прослеживания QL на входе пакетного ведущего тактового генератора.

Сетевые реализации и сценарии, использующие эти функциональные возможности, определяются оператором в каждом конкретном случае и зависят от архитектуры сети оператора.

Эта функция иллюстрируется на рисунке 3.



G.8265/Y.1365(10)_F03

Рисунок 3 – Случай, когда требуется принудительная установка значения QL на входе ведущего тактового генератора RTPv2

7.2.2.5 Функция удержания QL пакетного ведомого тактового генератора

Если пакетный подчиненный тактовый генератор обладает достаточной характеристикой удержания, должна быть предусмотрена возможность задержки изменения значения QL на выходе подчиненных устройств. Это позволит оператору ограничить интенсивность коммутации нижележащей части архитектуры при определенных реализациях сети, когда прослеживаемость до пакетного ведущего тактового генератора утрачена.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Удержание QL в значительной степени зависит от качества тактового генератора, реализованного в подчиненном устройстве, и подлежит дальнейшему изучению.

Такие реализации сети и сценарии определяются оператором в каждом конкретном случае.

Эта функция иллюстрируется на рисунке 4.



G.8265/Y.1365(10)_F04

Рисунок 4 – Случай применения функции удержания QL на выходе пакетного подчиненного тактового генератора

7.2.2.6 Функция подавления выходного сигнала ведомого устройства

Если пакетный ведомый тактовый генератор обеспечивает внешний выходной интерфейс синхронизации (например, 2 МГц), должна быть реализована функция подавления для защиты нижележащей части архитектуры и определенных конечных приложений.

Данная функция используется при определенных условиях отказа пакетного сигнала хронирования в вышележащей части архитектуры между пакетными ведущим и ведомым тактовыми генераторами.

Такие реализации сети и сценарии определяются оператором в каждом конкретном случае. Например, одним из таких приложений будет пакетный ведомый тактовый генератор, внешний по

отношению к конечному оборудованию, такому как базовая станция, который может создать лучшие условия удержания по сравнению с данным пакетным ведомым тактовым генератором. В этом случае рекомендуется подавлять сигнал на выходе пакетного ведомого тактового генератора в условиях отказа функции пакетного хронирования, так чтобы конечное оборудование переключилось в режим удержания, вместо синхронизации конечного оборудования с удержанием пакетного ведомого тактового генератора.

Реализации архитектуры с использованием этой функции подлежат дальнейшему изучению. Функция иллюстрируется на рисунке 5.



Рисунок 5 – Подавление на выходе пакетного подчиненного тактового генератора

7.3 Сегментация пакетной сети

Пакетная сеть может быть разделена на несколько административных доменов. При транспортировке сигнала хронирования в пакетной сети должно учитываться разделение сети на административные домены, как показано на рисунке 6. Это может означать, например, что пакетные ведущие тактовые генераторы могут быть расположены в разных административных доменах. Работа в такой конфигурации может быть ограничена возможностями протокола и подлежит дальнейшему изучению.

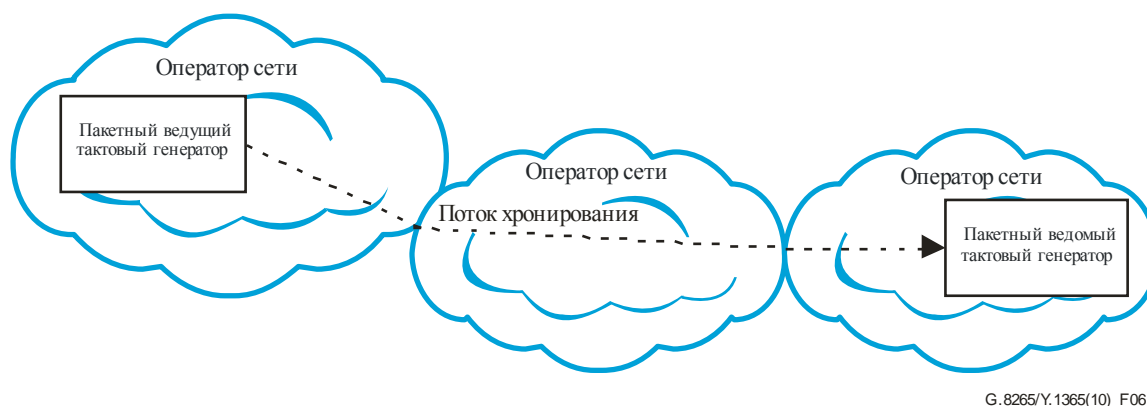


Рисунок 6 – Пакетный поток хронирования в сегментированной сети

Передача пакетных сигналов хронирования между административными доменами в этой версии Рекомендации пока не описана и подлежит дальнейшему изучению. Существуют проблемы, связанные с разграничением потока пакетов хронирования и передачей характеристик между операторами.

Ввиду специфики работы пакетных сетей и их влияния на восстановление пакетного сигнала хронирования, особенно при предельных нагрузках, производные характеристики определить трудно. Что касается сквозного восстановления сигнала хронирования из потока пакетов хронирования, могут существовать ситуации, когда трудно определить место возникновения проблем пропускной

способности, особенно если пакеты хронирования проходят сквозь несколько административных доменов.

При наличии нескольких административных доменов могут применяться другие методы распространения информации о тактовой частоте, основанные на синхронизации физического уровня (например, синхронный Ethernet поверх ОТС). Их подробное рассмотрение не входит в сферу применения настоящей Рекомендации. Некоторые сведения можно найти в пункте 11 [ITU-T G.8264].

7.4 Смешанные технологии

Пакетные службы могут транспортироваться через сеть с коммутацией пакетов, в которой ядро и уровень доступа выполнены по разным технологиям. Это может повлиять на характеристику отклонения задержки пакетов и способность ведомого тактового генератора получать информацию о частоте. Например, в ядре сети пакеты, содержащие метки времени, могут пересекать маршрутизаторы, коммутаторы или мосты, связанные между собой линиями Ethernet, в то время как интерфейсом доступа служит xDSL или PON.

Соединение через сеть может состоять из набора различных технологий. В зависимости от этих технологий характеристики PDV могут различаться. Таким образом когда используются разные технологии, совокупное PDV может быть разным. Возможно, ведомому тактовому генератору придется учитывать влияние использования разных технологий.

Детали вкладов PDV отдельных транспортных технологий и характеристик подчиненных тактовых генераторов подлежат дальнейшему изучению.

8 Протоколы пакетного распространения информации о тактовой частоте

8.1 Пакетные протоколы

Как отмечалось в пункте 6, передача информации о тактовой частоте по пакетным сетям не ограничена пакетным уровнем. В тех случаях, когда требуется передача информации о тактовой частоте, могут использоваться такие методы, как эмуляция коммутации цепей с использованием дифференциальных или адаптивных методов восстановления тактового сигнала [ITU-T G.8261].

Существуют протоколы распространения времени, такие как NTP и RTP [IEEE 1588]. Хотя эти протоколы предназначены в первую очередь для распространения сигналов времени, они также позволяют получать значение частоты. Ниже приводится общее описание протоколов, а также пояснения о необходимости определения дополнительных данных при использовании этих протоколов в целях распространения информации о тактовой частоте. Отметим, что достижимые характеристики могут также зависеть от факторов, не относящихся к определению протоколов.

8.2 Общее описание RTP [IEEE 1588]

В [IEEE 1588] описан протокол точного времени, обычно называемый РТР. РТР позволяет точно передавать значения времени между двумя объектами (тактовыми генераторами) посредством сообщений, содержащих точные метки времени, которые представляют собой оценку времени на момент передачи пакета. При повторяющейся передаче таких сообщений можно также получить значение частоты.

РТР поддерживает одноадресную и многоадресную передачу. Кроме того, протокол обеспечивает поддержку двух режимов работы тактового генератора – одноэтапного режима и двухэтапного режима, который включает в себя передачу дополнительного последующего сообщения. Определены дополнительные сообщения и для других целей, таких как сигнализация и управление.

Первая версия [IEEE 1588] была разработана для решения задач промышленной автоматизации, однако вторая версия расширена и применима к другим приложениям, таким как электросвязь. Протокол можно адаптировать к конкретным приложениям путем создания профилей, определяющих конкретный поднабор функциональных возможностей, которые могут потребоваться, наряду

с любыми параметрами конфигурации, необходимыми приложению. МСЭ-Т интересуется применение в средах электросвязи.

В [IEEE 1588] определено несколько типов тактовых генераторов: обычные, пограничные и прозрачные. Хотя стандарт определяет тактовые генераторы, это всего лишь общие конструкции высокого уровня. Характеристики, достигаемые РТР, зависят от факторов, выходящих за рамки [IEEE 1588].

В [b-ITU-T G.8265.1] содержится РТР-профиль, применимый к приложениям электросвязи с использованием обычных тактовых генераторов в одноадресной среде. Профили, разработанные МСЭ-Т, предназначены для удовлетворения всех общих требований, указанных в настоящей Рекомендации.

8.3 Общее описание NTP

В [IETF RFC 5905] определен протокол NTPv4, который заменяет как [b-IETF RFC 1305] (NTP v3), так и [b-IETF RFC 4330] (SNTP).

В [IETF RFC 5905] определены как протокол, так и алгоритм распространения сигнала синхронизации по времени, однако протокол NTP для кабельных сетей можно использовать и для распространения эталонной частоты. Однако в этом случае необходимо разработать специальный алгоритм восстановления частоты и следует учитывать только формат пакетов и протокол. Конкретная реализация в клиентском устройстве в целях восстановления тактового сигнала синхронизации по частоте может рассматриваться аналогично реализации с использованием других пакетных протоколов.

Согласно [IETF RFC 5905] для реализации алгоритмов NTP, указанных в [IETF RFC 5905], SNTP-клиент не требуется. В частности, в [IETF RFC 5905] отмечается, что первичные серверы и клиенты, соответствующие подмножеству NTP, называемому простым сетевым протоколом синхронизации (SNTP), не нуждаются в реализации алгоритмов ослабления помех, описанных в соответствующих разделах [IETF RFC 5905]. Клиент SNTP может работать с любым поднабором протокола NTP для кабельных сетей с использованием простейшего подхода, когда применяется только метка времени передачи пакета сервером, а все остальные поля игнорируются.

В число аспектов, которые следует учесть, входит то, что в некоторых приложениях требуемая скорость передачи пакетов может потребоваться выше предела (нижнее значение MINPOLL), предлагаемого в настоящее время алгоритмом синхронизации времени, указанным в [IETF RFC 5905]. В связи с этим в отношении значений параметра MINPOLL в [IETF RFC 5905] говорится, что "они представлены в формате 8-битного целого числа со знаком в единицах \log_2 (логарифм по основанию 2) секунд... [и] предлагаемые предельные значения по умолчанию минимального и максимального интервалов опроса составляют соответственно 6 и 10".

ПРИМЕЧАНИЕ. Детальный способ использования NTP для конкретного приложения, например, метод поддержки SSM в соответствии с требованиями пункта 6, подлежит дальнейшему изучению.

Более подробная информация об использовании пакетов времени (таких как NTP) в целях передачи информации о тактовой частоте приведена в Дополнении XII к [ITU-T G.8261] (Основные принципы передачи сигналов хронирования по пакетным сетям).

9 Аспекты безопасности

В отличие от традиционных потоков хронирования, когда информация о частоте переносится по физическому уровню, пакетные потоки хронирования могут находиться в разных точках сети. Возможны случаи, когда пакеты хронирования передаются через несколько сетевых доменов, которые могут предъявлять особые требования к безопасности. Также могут существовать аспекты безопасности, относящиеся как к сети (например, аутентификация и/или авторизация), так и к самому протоколу РТР.

Для обеспечения работы с применением существующих стандартных методов безопасности важно гарантировать целостность синхронизации. Примерами могут служить методы шифрования и/или аутентификации или сетевые методы разделения трафика, такие как VLAN или LSP. В частности,

- ведомые устройства не должны подключаться к вредоносным ведущим устройствам (это можно обеспечить путем аутентификации или с помощью разделения сети для предотвращения доступа вредоносных ведущих устройств к ведомым устройствам);
- ведущие устройства не должны обслуживать несанкционированные подчиненные устройства.

Возможно, некоторые из этих требований не удастся реализовать без фактического ухудшения общего уровня хранирования или производительности системы.

Аспекты безопасности являются предметом дальнейшего изучения.

Дополнение I

Библиография

- [[b-ITU-T G.8262] Recommendation ITU-T G.8262/Y.1362 (2010), *Timing characteristics of a synchronous Ethernet equipment slave clock*
- [b-ITU-T G.8265.1] Recommendation ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010), *Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization*
- [b-IETF RFC 1305] IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis*
- [b-IETF RFC 4330] IETF RFC 4330 (2006), *Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4 for IPv4, IPv6 and OSI*

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА, АСПЕКТЫ МЕЖСЕТЕВОГО ПРОТОКОЛА, СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ, ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И "УМНЫЕ" ГОРОДА

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
IPTV по СПП	Y.1900–Y.1999
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
Будущие сети	Y.2600–Y.2699
Безопасность	Y.2700–Y.2799
Обобщенная мобильность	Y.2800–Y.2899
Открытая среда операторского класса	Y.2900–Y.2999

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

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ
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	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; 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, а также соответствующие измерения и испытания
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 межсетевого протокола, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи