

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.8264/Y.1364

Поправка 1
(03/2018)

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

Аспекты передачи пакетов по транспортным сетям –
Целевые показатели синхронизации, качества
и готовности

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

Аспекты протокола Интернет – Транспортирование

Распределение хранимой информации
по пакетным сетям

Поправка 1

Рекомендация МСЭ-Т G.8264/Y.1364 (2017) –
Поправка 1

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 МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СИСТЕМ – 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 показатели синхронизации, 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.

Распределение хронизирующей информации по пакетным сетям

Поправка 1

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.8264/Y.1364 представлены аспекты распределения информации хронирования через пакетные сети и в первую очередь рассматриваются сети Ethernet. Передача частот может осуществляться с помощью целого ряда методов как на физическом уровне, так и на уровне протокола. В настоящей Рекомендации приводится информация об архитектурных аспектах потоков сигналов хронирования в сетях Ethernet, которые станут основой для работы в будущем, связанной с передачей времени и фазы.

Эта Рекомендация определяет протокол и форматы сообщения о статусе синхронизации (SSM) для использования в синхронных сетях Ethernet. Для обеспечения взаимодействия между оборудованием синхронных сетей Ethernet, задействованных в передаче частот, требуется соблюдение форматов SSM, указанных в данной Рекомендации.

Поправка 1 вносит изменения в целях включения усовершенствованного первичного эталонного генератора сигналов хронирования (ePRC) в таблицы кодов SSM для синхронного Ethernet.

Хронологическая справка

| Издание | Рекомендация | Утверждение | Исследовательская комиссия | Уникальный идентификатор* |
|---------|---------------------------------------|-----------------|----------------------------|--|
| 1.0 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 | 29.10.2008 года | 15-я | 11.1002/1000/9420 |
| 1.1 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 (2008) Испр. 1 | 13.11.2009 года | 15-я | 11.1002/1000/10433 |
| 1.2 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 (2008) Попр. 1 | 22.09.2010 года | 15-я | 11.1002/1000/10927 |
| 1.3 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 (2008) Испр. 2 | 13.02.2012 года | 15-я | 11.1002/1000/11526 |
| 1.4 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 (2008) Попр. 2 | 13.02.2012 года | 15-я | 11.1002/1000/11525 |
| 2.0 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 | 14.05.2014 года | 15-я | 11.1002/1000/12192 |
| 2.1 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 (2014) Попр. 1 | 13.01.2015 года | 15-я | 11.1002/1000/12390 |
| 2.2 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 (2014) Попр. 2 | 13.04.2016 года | 15-я | 11.1002/1000/12810 |
| 3.0 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 | 29.08.2017 года | 15-я | 11.1002/1000/13321 |
| 3.1 | МСЭ-Т G.8264/Y.1364 (2017) Попр. 1 | 16.03.2018 года | 15-я | 11.1002/1000/13547 |

Ключевые слова

ESMC, пакетное хронирование, физическое хронирование, синхронизация, синхронный Ethernet.

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле браузера URL <http://handle.itu.int/>, после которого укажите 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 в целях 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 2019

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 материалы | 1 |
| 3 Определения | 2 |
| 3.1 Термины, определенные в других документах | 2 |
| 3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации | 3 |
| 4 Сокращения и акронимы | 3 |
| 5 Соглашения..... | 5 |
| 6 Архитектура пакетных сетей | 6 |
| 6.1 Сетевые уровни и синхронизация | 6 |
| 6.2 Влияние характеристик уровневой сети на синхронизацию | 7 |
| 7 Потоки хронирования | 7 |
| 8 Функциональные блоки | 8 |
| 9 Архитектура хронирования следующего поколения | 9 |
| 9.1 Существующий метод синхронизации на основе СЦИ | 9 |
| 9.2 Характеристики синхронизации..... | 10 |
| 9.3 Эволюция сетей..... | 10 |
| 9.4 Сети синхронизации следующего поколения | 10 |
| 10 Передача частоты с использованием синхронного Ethernet | 11 |
| 10.1 Синхронный Ethernet – общие положения | 11 |
| 10.2 Режимы работы | 12 |
| 11 SSM для синхронного Ethernet | 12 |
| 11.1 SSM на уровне пакетов | 12 |
| 11.2 Выбор синхронизации на основе SSM | 14 |
| 11.3 SSM для синхронного Ethernet – формат и протокол..... | 14 |
| 11.4 Расширения PDU ESMC..... | 21 |
| 11.5 Взаимодействие с существующими сетями синхронизации | 21 |
| 11.6 SSM тактовых генераторов с улучшенным удержанием | 21 |
| 12 Использование синхронного Ethernet в условиях наличия нескольких операторов | 22 |
| 12.1 Прозрачная в отношении хронирования передача клиентских сигналов синхронного Ethernet..... | 22 |
| 12.2 Услуга синхронизации, предоставляемая оператором инфраструктурной сети на основе интерфейса, обеспечивающего физическую привязку ко времени (создание интерфейса синхронного Ethernet) | 23 |

| | Стр. |
|--|-------------|
| 13 Аспекты управления синхронизацией | 24 |
| Приложение А. Механизм выбора эталонного источника | 25 |
| А.1 Требования | 25 |
| А.2 Входные сигналы..... | 25 |
| А.3 Внутренний генератор..... | 25 |
| А.4 Внутренние физические потоки хронирования – частота ЕТУ..... | 25 |
| А.5 Механизм выбора | 25 |
| А.6 Выбор сообщения о статусе синхронизации..... | 26 |
| А.7 Функции выбора гибридного оборудования..... | 26 |
| Дополнение I. Примеры потоков хронирования | 28 |
| Дополнение II. Функциональные модели, основанные на Рекомендациях МСЭ-Т G.805 и МСЭ-Т G.809 | 30 |
| II.1 Базовая информация..... | 30 |
| II.2 Применение [ITU-T G.805] к IWF | 30 |
| II.3 Хронирующая информация, транспортируемая по уровневым сетям | 31 |
| II.4 Функциональная модель хронирования физического уровня Ethernet | 32 |
| II.5 Функциональная модель для дифференциальных и адаптивных методов | 33 |
| Библиография | 35 |

Распределение хронизирующей информации по пакетным сетям

Поправка 1

Е Редакционное примечание. Данная публикация содержит полный текст [Рекомендации]. Изменения, вносимые настоящей Поправкой, показаны в режиме отображения исправлений в тексте Рекомендации G.8264/Y.1364 (2017 год).

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации изложены требования к сетям Ethernet в части передачи частоты. Определен канал транспортирования сообщений о статусе синхронизации (SSM), а именно канал передачи сообщений синхронизации Ethernet (ESMC), поведение протокола и формат сообщений.

Передача частоты может осуществляться с помощью целого ряда методов как на физическом уровне, так и на уровне протокола. Используемый метод зависит от фактической архитектуры и поддерживаемых функций. В настоящей Рекомендации основное внимание уделяется синхронизации на физическом уровне. Физический уровень, относящийся к настоящей Рекомендации, – это типы среды передачи Ethernet, определенные в [IEEE 802.3]. Могут быть актуальны и другие физические уровни, рассмотрение которых возможно в будущих версиях настоящей Рекомендации наряду с другими пакетными технологиями.

В настоящей Рекомендации содержится также подробное описание требуемой архитектуры на формальном языке моделирования. Для описания места и порядка прохождения сигналов времени и хронирования через эту архитектуру используются потоки хронирования. Такие потоки описывают то, что функционально допустимо в качестве приемлемого источника сигнала хронирования. Такой источник может быть доступен для использования только внутри оборудования или может быть доступен вне его как клиентская услуга.

2 Справочные материалы

Указанные 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 справочные документы могут подвергаться пересмотру, поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить 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.709] Recommendation ITU-T G.709/Y.1331 (2016), *Interfaces for the optical transport network*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.709/>>
- [ITU-T G.781] Recommendation ITU-T G.781 (2017), *Synchronization layer functions*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.781/>>
- [ITU-T G.803] Recommendation ITU-T G.803 (2000), *Architecture of transport networks based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.803/>>
- [ITU-T G.805] Recommendation ITU-T G.805 (2000), *Generic functional architecture of transport networks*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.805/>>

- [ITU-T G.809] [ITU-T G.809] Рекомендация МСЭ-Т G.809 (2003 год), *Функциональная архитектура многоуровневых сетей без установления соединения*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.809>>
- [ITU-T G.811] Recommendation ITU-T G.811 (1997), *Timing characteristics of primary reference clocks*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.811>>
- [ITU-T G.812] Recommendation ITU-T G.812 (2004), *Timing requirements of slave clocks suitable for use as node clocks in synchronization networks*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.812>>
- [ITU-T G.813] Recommendation ITU-T G.813 (2003), *Timing characteristics of SDH equipment slave clocks (SEC)*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.813>>
- [ITU-T G.822] Recommendation ITU-T G.822 (1988), *Controlled slip rate objectives on an international digital connection*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.822>>
- [ITU-T G.823] Recommendation ITU-T G.823 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 2048 kbit/s hierarchy*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.823>>
- [ITU-T G.824] Recommendation ITU-T G.824 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the 1544 kbit/s hierarchy*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.824>>
- [ITU-T G.825] Recommendation ITU-T G.825 (2000), *The control of jitter and wander within digital networks which are based on the synchronous digital hierarchy (SDH)*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.825>>
- [ITU-T G.8010] Рекомендация МСЭ-Т G.8010/Y.1306 (2004 год), *Архитектура сетей уровня Ethernet*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.8010>>
- [ITU-T G.8261] Рекомендация МСЭ-Т G.8261/ Y1361 (2013 год), *Аспекты хронирования и синхронизации в пакетных сетях*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.8261>>
- [ITU-T G.8262] Рекомендация МСЭ-Т G.8262/Y.1362 (2015 год), *Характеристики хронирования ведомых тактовых генераторов оборудования синхронного Ethernet*.
<<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.8262>>
- [IEEE 802] IEEE 802-2014, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*.
<<http://ieeexplore.ieee.org/document/6847097/>>
- [IEEE 802.1AX] IEEE 802.1AX-2014, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Link Aggregation*.
<<http://ieeexplore.ieee.org/document/7055197/>>
- [IEEE 802.3] IEEE 802.3 (2015), *IEEE Standard for Ethernet*.
<<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=8042052>>

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

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

3.1.1 тактовый генератор сети (network clock) [ITU-T G.8261] – тактовый генератор, генерирующий тактовый сигнал сети.

3.1.2 рабочий тактовый генератор (service clock) [ITU-T G.8261] – тактовый генератор, генерирующий тактовый сигнал для служб.

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины.

3.2.1 канал передачи сообщений синхронизации Ethernet (Ethernet synchronization message channel) – логический канал, по которому передается код сообщений о статусе синхронизации (SSM), отражающий уровень качества тактового генератора оборудования синхронного Ethernet (EEC), который связан с физическим уровнем. Структура канала обеспечивается медленным протоколом для конкретной организации (OSSP).

3.2.2 несинхронный режим работы (non-sync operation mode) – интерфейс синхронного Ethernet, настроенный на работу в несинхронном режиме, представляет собой интерфейс, который на стороне приема не передает восстановленный сигнал хронирования системному тактовому генератору и, следовательно, не является одним из возможных эталонов для процесса выбора источника синхронизации. Он не обрабатывает канал передачи сообщений синхронизации Ethernet (ESMC), который может присутствовать, и поэтому не может извлекать значение уровня качества (QL).

На стороне передачи его выходная частота может быть синхронизирована с тактовым генератором оборудования синхронного Ethernet (EEC), но для интерфейса приема на другом конце канала этот факт остается неизвестным. Действительно, интерфейс, работающий в несинхронном режиме, не генерирует ESMC и, следовательно, не передает QL.

Такой интерфейс не участвует в сети синхронизации и функционально идентичен асинхронному интерфейсу, определенному в [IEEE 802.3].

3.2.3 синхронный режим работы (synchronous operation mode) – интерфейс синхронного Ethernet может быть настроен на работу в синхронном режиме.

Его приемная сторона может извлекать частоту из входного сигнала и передавать ее системному тактовому генератору (тактовому генератору оборудования синхронного Ethernet (EEC)) или тактовому генератору лучшего качества. Он обрабатывает канал передачи сообщений синхронизации Ethernet (ESMC) и извлекает значения уровня качества (QL). Теперь этот сигнал может использоваться в качестве возможного источника опорной [эталонной] частоты.

Передающая сторона интерфейса привязана к выходному сигналу хронирования системного тактового генератора и генерирует ESMC для передачи QL.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

| | | | |
|------|---|-----|--|
| AAL1 | Asynchronous transfer mode Adaptation Layer 1 | | Уровень 1 адаптации асинхронного режима передачи |
| AI | Adapted Information | | Адаптированная информация |
| ATM | Asynchronous Transfer Mode | АПИ | Асинхронный режим передачи |
| BITS | Building Integrated Timing Supply | | Интегрированный источник сигнала хронирования здания |
| BS | Base Station | | Базовая станция |
| CES | Circuit Emulation Services | | Услуги эмуляции канала |
| CI | Characteristic Information | | Характеристическая информация |
| DNU | Do Not Use | | Не использовать |
| DUS | Do not Use for Synchronization | | Не использовать для синхронизации |
| EEC | Synchronous Ethernet Equipment Clock | | Тактовый генератор оборудования синхронного Ethernet |

| | | | |
|-------|--|-----|--|
| eEEC | Enhanced Ethernet Equipment Clock | | Усовершенствованный тактовый генератор оборудования Ethernet |
| EPL | Ethernet Private Line | | Частная линия Ethernet |
| ePRC | Enhanced Primary Reference Clock | | Усовершенствованный первичный эталонный тактовый генератор |
| ePRTC | Enhanced Primary Reference Time Clock | | Усовершенствованный первичный эталонный генератор сигналов хронирования |
| ESMC | Ethernet Synchronization Messaging Channel | | Канал передачи сообщений синхронизации Ethernet |
| ETH | Ethernet MAC layer network | | Сеть Ethernet уровня MAC |
| ETY | Ethernet PHY layer network | | Сеть Ethernet физического уровня |
| EVPL | Ethernet Virtual Private Line | | Виртуальная частная линия Ethernet |
| GPS | Global Positioning System | | Глобальная система определения местоположения |
| HOP | High Order Path | | Тракт высокого порядка |
| IWF | Interworking Function | | Функция межсетевого взаимодействия |
| LAG | Link Aggregation | | Объединение каналов |
| LOP | Low Order Path | | Тракт низкого порядка |
| LSB | Least Significant Bit | МЗБ | Младший значащий бит |
| MAC | Media Access Control | | Управление доступом к среде передачи |
| MA-M | MAC Address – Medium | | MAC-адрес – средний |
| MA-S | MAC Address – Small | | MAC-адрес – короткий |
| MPLS | Multiprotocol Label Switching | | Многопротокольная коммутация по меткам |
| MTIE | Maximum Time Interval Error | | Максимальная погрешность временного интервала |
| MS | Multiplex Section | | Участок мультиплексирования |
| NC | Network Controller | | Сетевой контроллер |
| NE | Network Element | | Сетевой элемент |
| NTP | Network Time Protocol | | Протокол сетевого времени |
| OAM | Operation, Administration and Maintenance | | Эксплуатация, управление и техническое обслуживание |
| OSI | Open Systems Interconnection | ВОС | Взаимодействие открытых систем |
| OSSP | Organizational Specific Slow Protocol | | Медленный протокол для конкретной организации |
| OTN | Optical Transport Network | ОТС | Оптическая транспортная сеть |
| OUI | Organizationally Unique Identifier | | Уникальный идентификатор организации |
| PDH | Plesiochronous Digital Hierarchy | ПЦИ | Плездохронная цифровая иерархия |
| PDU | Protocol Data Unit | | Блок данных протокола |

| | | | |
|--------|--|-----|--|
| PRC | Primary Reference Clock | | Первичный эталонный тактовый генератор |
| PRTC | Primary Reference Time Clock | | Первичный эталонный генератор сигналов хронирования |
| PTP | Precision Time Protocol | | Протокол точного времени |
| QL | Quality Level | | Уровень качества |
| QL TLV | Quality Level Type Length Value | | Тип, длина и значение уровня качества |
| RAN | Radio Access Network | | Сеть радиодоступа |
| RS | Regenerator Section | | Участок регенератора |
| SASE | Stand Alone Synchronization Equipment | | Автономное оборудование синхронизации |
| SDH | Synchronous Digital Hierarchy | СЦИ | Синхронная цифровая иерархия |
| SETG | Synchronous Equipment Timing Generator | | Генератор сигналов хронирования синхронного оборудования |
| SETS | Synchronous Equipment Timing Source | | Источник сигнала хронирования синхронного оборудования |
| SRTS | Synchronous Residual Time Stamp | | Синхронная остаточная временная метка |
| SSM | Synchronization Status Message | | Сообщение о статусе синхронизации |
| SSU | Synchronization Supply Unit | | Блок синхронизации |
| SyncE | Synchronous Ethernet | | Синхронный Ethernet |
| TDEV | Time Deviation | | Отклонение времени |
| TDM | Time Division Multiplexing | | Мультиплексирование с временным разделением каналов |
| TLV | Type Length Value | | Тип, длина, значение |
| UTC | Coordinated Universal Time | | Всемирное координированное время |
| VC | Virtual Container | | Виртуальный контейнер |
| WAN | Wide Area Network | | Территориально распределенная сеть |
| WDM | Wave Division Multiplexing | | Мультиплексирование с разделением каналов по длине волны |

5 Соглашения по терминологии

В настоящей Рекомендации термин "Ethernet" относится к интерфейсу, определенному в [IEEE 802.3], который не соответствует дополнительным требованиям к хронированию синхронного Ethernet, приведенным в [ITU-T G.8261], [ITU-T G.8262] и в настоящей Рекомендации.

В настоящей Рекомендации определены некоторые битовые последовательности, образующие часть кадра Ethernet. При определении конкретных значений используются следующие соглашения.

Двоичные строки представлены парами шестнадцатеричных символов (октетов), разделенных символом дефиса. Это согласуется с представлением шестнадцатеричных строк данных в [IEEE 802.3]. Например, трехбайтовый подтип МСЭ-Т, присвоенный IEEE, записывается как 00-19-A7.

В тех случаях, когда требуется определить не более двух октетов, использование префикса 0x указывает на то, что символы являются шестнадцатеричными. Например, запись 0x12 соответствует двоичной последовательности 00010010.

Термин "усовершенствованный тактовый генератор оборудования Ethernet" (eEEC) относится к функции тактового генератора оборудования синхронного Ethernet (EEC), определенной в [ITU-T G.8262], но с улучшенными характеристиками. Рабочие характеристики этого тактового генератора подлежат дальнейшему изучению.

6 Архитектура пакетных сетей

Принципы архитектурного моделирования, изложенные в [ITU-T G.805] и [ITU-T G.809], хорошо известны и применяются при разработке оборудования транспортных и других сетей, а в последнее время – и в спецификации пакетных сетей. Необходимое формальное общее архитектурное описание для определения основных деталей оборудования содержится в других Рекомендациях.

В [ITU-T G.805] определены свойства архитектурных компонентов (элементарных функций), позволяющих создать общую спецификацию сетевой архитектуры. Например, они используются для определения трасс (то есть того, что можно проследживать) и соединений подсети (то есть того, что можно коммутировать или подсоединять к сети). Рекомендация [ITU-T G.805] была разработана для описания традиционных транспортных сетей (то есть сетей уровня 1) и недавно была расширена за счет охвата – через [ITU-T G.809] – пакетных сетей.

В число ключевых моментов архитектуры входят понятия уровневой сети, характеристической информации (CI) и рекурсии. CI – это сигнал конкретного формата, который передается по сетевому соединению [ITU-T G.805] или в потоках [ITU-T G.809]. Уровневая сеть состоит из точек доступа, связанных с CI конкретного типа. Рекурсия в многоуровневой модели позволяет определять нижележащие уровни без ограничений. Примерами уровневых сетей ниже уровня MAC Ethernet (ETH) и физического уровня Ethernet (ETU) могут служить, например, сеть с мультиплексированием с разделением каналов по длине волны (WDM) или даже воловод.

Разработаны описания уровневых сетей, которые относятся к синхронной цифровой иерархии (СЦИ), асинхронному режиму передачи (АПИ), Ethernet и многопротокольной коммутации по меткам (MPLS). Важно отметить, что перечисленные выше технологии могут содержать несколько уровней. Например, в Ethernet входят уровни ETU и ETH, а в СЦИ – уровни участка регенератора (RS), участка мультиплексирования (MS), тракта высокого порядка (HOP) и тракта низкого порядка (LOP). Ввиду рекурсивного характера архитектуры к сети любого уровня применяется один и тот же набор правил взаимодействия.

Для Ethernet определены сети двух уровней – ETH и ETU. CI уровня ETH – это кадры управления доступом к среде передачи (MAC). Уровень ETU – это физический уровень, который поддерживает уровень ETH (например, 10BaseT, 100BaseT). Упрощенная модель сети Ethernet показана на рисунке 4 [ITU-T G.8010].

6.1 Сетевые уровни и синхронизация

Уровневые сети, определяющие сетевую технологию, переносят информацию по сети. Перенос этой информации может привести к передаче информации по нескольким сетевым уровням. Пересечение уровня осуществляется с помощью функции адаптации с верхнего клиентского уровня на нижний серверный уровень. Данные верхнего клиентского уровня (CI) адаптируются функцией адаптации и становятся адаптированной информацией (AI), которая переносится на серверном уровне. При определенных технологиях, в частности мультиплексировании с временным разделением каналов (TDM) и мультиплексировании с разделением по длине волны (WDM), частью CI, которая переносится по сети, является хранимая информация. Например, по сети должны быть переданы сигналы хронирования плезиохронной цифровой иерархии (ПЦИ). СЦИ адаптирует хранимую информацию и переносит адаптированную полезную нагрузку с сигналами хронирования (в форме заполняющих битов управления), чтобы из сети могли выходить как сигналы хронирования, так и данные.

В пакетных сетях не все уровни содержат хранимую информацию в составе CI. Такая информация присутствует только на физическом уровне. Например, хранимая информация содержится на

физическом уровне синхронной сети Ethernet. Хронирующая информация не входит в состав CI пакетных уровней; следовательно, сигнал хронирования не переносится пакетной сетью естественным образом. Это важно для определенных связанных с хронированием служб, таких как эмуляция каналов, когда по сети должен передаваться клиентский сигнал хронирования. В этих случаях, например при эмуляции каналов, требуются альтернативные методы передачи хронирующей информации. Примером таких альтернативных методов служат функции межсетевого взаимодействия (IWF), описанные в [ITU-T G.8261].

6.2 Влияние характеристик уровневой сети на синхронизацию

Уровневая сеть адаптирует CI одного уровня, превращая ее в AI нижнего уровня (в силу рекурсивных свойств уровней сетей эта AI теперь является частью CI нижнего уровня). С точки зрения хронирования процесс адаптации не свободен от шума. Например, адаптация клиента ПЦИ в виртуальный контейнер СЦИ (VC) вызывает дрожание из-за механизма заполнения битов (управляющие биты – это AI), адаптация MS добавляет дрожание и фазовый дрейф из-за указателей. Для пакетных сетей функция коммутации основана на буферизации пакетов, что приводит к колебанию задержки пакетов. Колебание задержки пакетов необходимо учитывать в чувствительных ко времени приложениях.

7 Потоки хронирования

Потоки хронирования представляют собой хронирующую информацию, которая может передаваться по уровневой сети. Такая информация может требоваться для удовлетворения потребностей службы или сети либо может быть частью CI этой службы. Например, служба TDM должна иметь связанный с ней тактовый генератор и поэтому является частью CI, определяющей эту службу (например, службу E1, соответствующую [ITU-T G.823]).

В существующих сетях синхронизации хронирующую информацию, передаваемую по сети, часто называют трассой хронирования (см. [ITU-T G.781]). Это следует из определения понятия "трасса", данного в [ITU-T G.805]. В случае пакетных сетей понятие "трасса" было расширено и названо "поток" (впервые в [ITU-T G.809]) в целях описания, возможно, непостоянного характера трафика и случая, когда несколько потоков пакетов передаются по одному сетевому соединению нижнего уровня. Понятие "поток хронирования" можно рассматривать как синонимичное понятию "трасса хронирования"; однако использование потока хронирования позволяет охватить хронирование как в среде пакетной передачи, так и в среде TDM.

Для целей передачи частоты на физическом уровне поток хронирования эквивалентен трассе хронирования.

Уровневая сеть способна переносить несколько потоков хронирования. Например, сеть СЦИ может содержать несколько сигналов ПЦИ, преобразуемых в один сигнал синхронного транспортного модуля уровня N (STM-N). На уровне ПЦИ с каждым сигналом ПЦИ связан определенный поток хронирования. Однако в конкретной службе с ней обычно бывает связан только один поток хронирования. В случае пакетной сети пакетный уровень может не содержать никаких потоков хронирования (например, потока хронирования, который является частью CI и, следовательно, должен передаваться из конца в конец), но на физическом уровне поток хронирования присутствует всегда.

Когда определено, что какая-либо сетевая служба содержит в составе своей CI сигнал хронирования, в сети должен присутствовать поток хронирования (например, E1 поверх СЦИ обеспечивает поток хронирования по сети СЦИ/WDM) и должны существовать соответствующие механизмы, если нужно пересекать многоуровневые сети (например, при передаче по сети битов заполнения, указывающих на сдвиг частоты).

Для целей синхронизации сети рассматриваются три категории потоков хронирования – физический поток, поток службы и поток сообщений.

Физический поток хронирования – это поток хронирования, связанный с сетью самого низкого уровня, который может использоваться для синхронизации (например, синхронный Ethernet, СЦИ). В цифровой сети физические потоки представлены переходами битов.

Поток хронирования службы – это поток хронирования, связанный с конкретной службой, чувствительной ко времени (например, поток хронирования службы ПЦИ). Потоки хронирования таких служб могут передаваться по одной или нескольким серверным сетям. Функции, определенные для уровневой сети, устанавливаются, каким образом клиентские сигналы адаптируются и передаются по серверной сети. В общем случае, когда клиентский сигнал содержит хронизирующую информацию, необходимую службе (например, службе E1), нижние уровни настраиваются на перенос этой информации тем или иным способом (например, когда E1 переносится по СЦИ, хронизирующая информация кодируется в байтах заполнения VC12).

В тех случаях, когда уровневая серверная сеть не содержит внутренних сигналов хронирования, необходимо определить конкретные механизмы, позволяющие переносить клиентский сигнал хронирования по серверной уровневой сети. Это позволит клиентской хронизирующей информации проходить через сеть. Примером может служить эмуляция каналов TDM в пакетной сети. Пакетная сеть не может естественным образом передавать информацию о частоте своего клиента, поэтому сигнал хронирования, связанный с клиентом ПЦИ, должен содержаться в полезной нагрузке самой пакетной сети. Перенос службы TDM по пакетной сети часто называют *нарушением уровня*, поскольку нижние уровни не могут инкапсулировать всю CI, связанную с клиентской сетью.

Поток хронирования службы может быть не связан со службой конечного пользователя, а связан только с сетью. Например, распределение сигнала хронирования по линиям СЦИ не связано ни с одной службой конечного пользователя.

Третий тип потоков – *потоки хронирования в виде сообщений*. Это сообщения, передаваемые по уровневой сети и содержащие определенную информацию хронирования, которая используется верхним уровнем (например, выше текущей уровневой сети) для получения сигнала хронирования сети или службы. Примерами таких потоков сообщений служат протокол сетевого времени (NTP) и протокол точного времени (PTP).

Потоки хронирования в виде сообщений могут быть ограничены синхронизацией только между точками адаптации сетевого уровня (например, в случае эмуляции каналов) или передаваться по уровневой сети. В случае передачи по уровневой сети потоки сообщений обычно представляют собой протоколы, работающие на уровне 2 или 3.

Примеры потоков хронирования приведены в Дополнении I.

Подробные данные о комбинировании времени и частоты являются предметом дальнейшего изучения.

8 Функциональные блоки

Сетевая архитектура, разработанная МСЭ-Т, определена в виде функциональных моделей. Эти модели определяют набор конструктивных блоков, выполняющих конкретные функции, используемые в сети. Функциональные блоки составляют основу для разработки оборудования и Рекомендаций по управлению.

Однако функциональные архитектуры предназначены для определения сети с точки зрения сквозной передачи пользовательской информации (например, данных). В транспортных сетях, для которых определены функциональные модели (например, СЦИ, ОТС, ПЦИ), нет необходимости явно задавать частотную синхронизацию, поскольку в канале передачи всегда присутствует хронирование. В этом разделе представлены специальные блоки, используемые для синхронизации.

Функциональные блоки, определенные для синхронизации, могут быть встроены в сетевое оборудование (например, тактовые генераторы [ITU-T G.8262]) или в другое оборудование, такое как автономное оборудование синхронизации (SASE) или блок синхронизации (SSU). В число функциональных блоков, которые определены для связанных с синхронизацией функций, входят: функции тактового генератора, функции распределения времени, функции выбора тактового генератора и IWF, необходимые для реализации эмуляции каналов. Они показаны на рисунке 8-1.

Традиционно синхронизация осуществляется с помощью тактовых сигналов, определенных в терминах частоты. Существующие функциональные блоки, выполняющие функции тактовых генераторов в [ITU-T G.781], вырабатывают только частоту. Внутренние тактовые генераторы в сетевом элементе (NE) могут обеспечивать индикацию начала кадра; однако это внутренний элемент NE, который не генерируется функцией тактового генератора.

Распределение времени – это функция, которая требуется в сети, например, для поддержки установки времени в целях согласования предупредительных сигналов. Чтобы отличать распределение времени от распределения частоты, предусмотрены два символа. На рисунке 8-2 представлен специальный функциональный блок, объединяющий функции времени и частоты. Подробные данные являются предметом дальнейшего изучения.

Как отмечалось выше, традиционная синхронизация основана на распределении частоты. Эта частота обычно привязана к нижележащему каналу передачи. В этом случае исходная и конечная точки потока хронирования находятся в соответствующих функциональных моделях. Явного обозначения не требуется. Однако в том случае, когда поток хронирования представлен потоком пакетов, используются специальные указатели начала и окончания потока хронирования. Они показаны на рисунке 8-3. Их использование является предметом дальнейшего изучения.

Могут быть определены дополнительные функциональные блоки, но они подлежат дальнейшему изучению. Примеры возможного применения этих блоков для услуг эмуляции каналов (CES) приведены в Дополнении II.

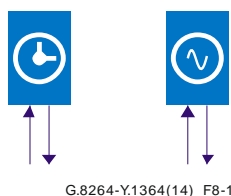


Рисунок 8-1 – Функции времени и генератора (частоты)

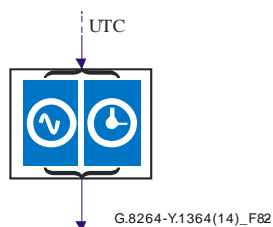


Рисунок 8-2 – Комбинированный тактовый генератор (времени и частоты)

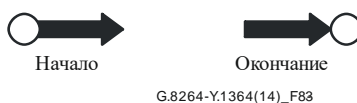


Рисунок 8-3 – Начало и окончание потока хронирования

9 Архитектура хронирования следующего поколения

9.1 Существующий метод синхронизации на основе СЦИ

Синхронизация сети традиционно связана с распределением по сети точного сигнала частоты. Это достигается за счет использования комбинации тактовых генераторов сети и оборудования и, возможно, некоторого механизма передачи сигналов хронирования между узлами сети. Тактовые генераторы, используемые в сети, классифицируются по техническим характеристикам, и применяется схема синхронизации ведущий/ведомый. В некоторых случаях для распределения частоты используется спутник (например, в глобальной системе определения местонахождения (GPS)). Тактовые генераторы современной сети определены в [ITU-T G.811], [ITU-T G.812] и [ITU-T G.813]. Общая архитектура сети описана в [ITU-T G.803].

В процессе развития метода распределения сигналов хронирования между узлами сети ключевым компонентом распределения сигналов синхронизации в сети стала СЦИ. Результирующая общая архитектура синхронизации сети описана в [ITU-T G.803]. Специальные функции синхронизации определены в [ITU-T G.781].

9.2 Характеристики синхронизации

Показатели качества тактовых генераторов в сетях синхронизации основаны на необходимости поддерживать приемлемые показатели проскальзывания в соответствии с требованиями, изложенными в [ITU-T G.822]. В сети накапливаются дрожание и фазовый дрейф, которые контролируются путем надлежащего проектирования сети и оборудования. В результате стандартизации качество синхронизации контролируется внутри сети, так что по всей сети соблюдаются определенные требования к интерфейсу. Эти требования определены в [ITU-T G.823] и [ITU-T G.824] для сетей ПЦИ и в [ITU-T G.825] для сетей СЦИ. Требования к интерфейсу для CES определены в [ITU-T G.8261].

9.3 Эволюция сетей

Транспортная сеть должна удовлетворять требованиям по дрожанию и фазовому дрейфу, предъявляемым услугами, которые могут переноситься по сети. Современная сеть синхронизации эволюционировала и стала соответствовать целевым показателям проскальзывания, необходимым для обеспечения адекватного качества голосовых сигналов, которые передавались главным образом по каналам DS-1 и E1.

Однако в трафике современных сетей доминируют уже не голосовые сигналы, а пакетные данные. В силу характера пакетной передачи строгие требования к синхронизации сети голосовой связи для чисто пакетных услуг уже не требуются, поскольку эти услуги могут подвергаться значительной буферизации (например, электронная почта). Однако поскольку технология пакетной сети начинает заменять технологию TDM (например, СЦИ) в качестве основной технологии интерфейса услуг, потребность в поддержке сети синхронизации сохраняется для обеспечения поддержки определенных услуг (например, эмуляции каналов) или удовлетворения конкретных требований инфраструктуры (например, беспроводной сети).

9.4 Сети синхронизации следующего поколения

Сети развиваются в направлении от сетей, предоставляющих возможность установления соединения для услуг с коммутацией каналов, к сетям, предоставляющим возможность оказания услуг без установления соединения (например, интернет). С точки зрения синхронизации сеть синхронизации можно рассматривать как форму сети с коммутацией каналов, в которой целью распределения сигналов синхронизации является распределение сигнала хронирования по детерминированному маршруту в сети. Эти маршруты могут не пересекаться ни с одним конкретным маршрутом услуг (например, тактовые сигналы оканчиваются не в тех точках сети, где оканчивается услуга) и должны управляться соответствующим образом (отдельно от трафика, возможно как оверлейная сеть).

9.4.1 Синхронный Ethernet

Ожидается, что сети синхронизации будут развиваться по мере замены технологии сетей TDM технологией пакетных сетей. МСЭ-Т определил синхронный Ethernet, который позволяет распределять частоту по физическим каналам Ethernet. Эта концепция описана в [ITU-T G.8261] и позволяет поддерживать распределение сигналов хронирования подобно распределению сигналов частотной синхронизации СЦИ. Тактовые генераторы сетевого оборудования, используемые для синхронного Ethernet, определены в [ITU-T G.8262] и поддерживают возможность распределения сигналов синхронизации в существующих сетях СЦИ. В результате проектирование сетей остается совместимым с существующей практикой.

9.4.2 Пакетные механизмы хронирования

Распределение времени относится к передаче времени, а не частоты. Частота является относительной мерой, но обычно предполагается, что она измеряется относительно эталона частоты. Время отличается от частоты тем, что это абсолютное монотонно возрастающее значение, которое обычно можно проследить до земного цикла (год, день, час, минута, секунда).

Механизмы распределения времени значительно отличаются от тех, что используются для распределения частоты. Время передается как метка в виде машиночитаемой строки. Существуют протоколы, работающие на определенных уровнях, которые переносят протоколы распределения времени ([b-IETF RFC 1305], [b-IETF RFC 3550] и [b-IEEE 1588]). Разные протоколы могут иметь разные уровни разрешения времени.

В некоторых сетевых приложениях метки времени могут использоваться для поддержки генерирования частоты. Сравнение показаний времени, переносимых этими метками, с временем, генерируемым локальным генератором, может использоваться для восстановления опорной частоты в локальном генераторе.

Дифференциальные методы также могут использоваться для восстановления сигналов хронирования из пакетов. В этом случае метка времени должна быть только относительной и может использоваться в качестве оценки фазы. Поскольку фаза и частота взаимосвязаны, эту относительную информацию можно использовать для воссоздания опорной частоты. Это называется дифференциальным хронированием (см. также [ITU-T G.8261]). Например, хорошо известным методом является синхронная остаточная временная метка (SRTS), стандартизованная для использования на уровне 1 адаптации асинхронного режима передачи АТМ (AAL1), которая позволяет передавать относительную фазу как метку времени по пакетной сети для воссоздания частоты сигнала ПЦИ.

10 Передача частоты с использованием синхронного Ethernet

10.1 Синхронный Ethernet – общие положения

МСЭ определяет синхронный Ethernet как средство использования сети Ethernet для передачи сигнала хронирования (частоты) на уровне ЕТУ. Это общий случай синхронизации уровня 1, представленный в [ITU-T G.8261].

Тактовые генераторы для использования в синхронном Ethernet определены в [ITU-T G.8262] и совместимы с тактовыми генераторами, используемыми в существующей сети синхронизации. В результате схема синхронизации сети остается совместимой с существующей практикой синхронизации сетей. Дрожание и фазовый дрейф остаются совместимыми с существующими Рекомендациями (см. [ITU-T G.8262]).

Стандарты [IEEE 802.3] требуют, чтобы скорость передачи сигнала по линии Ethernet находилась в определенных пределах относительно абсолютного эталона (± 100 ppm). В стандарте синхронного Ethernet просто говорится, что эта скорость прослеживается до внешнего эталона. Благодаря этому синхронный Ethernet не налагает никаких ограничений на существующие устройства Ethernet, которым не требуются возможности синхронизации. Однако в тех случаях, когда необходимо восстановление частоты с использованием синхронного Ethernet, требуется сообщение о статусе синхронизации (SSM).

Порты синхронного Ethernet номинально работают в пределах допустимых отклонений по частоте $\pm 4,6$ ppm. Однако для работы с несинхронными интерфейсами синхронные приемники Ethernet также должны работать с точностью ± 100 ppm, чтобы поддерживать непрерывность данных.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Могут существовать интерфейсы синхронного Ethernet с ограниченной функциональностью в том смысле, что они способны обеспечивать функциональность синхронного Ethernet только в одном направлении (передачи или приема). Подробные данные являются предметом дальнейшего изучения.

SSM для Ethernet описаны в настоящей Рекомендации. SSM предназначены для использования с алгоритмами выбора синхронизации, основанными на [ITU-T G.781]. Однако полная функциональность SSM может потребоваться не во всех узлах сети. Способность получать сообщения SSM зависит от приложения для интерфейсов, предназначенных для использования физического уровня Ethernet в целях извлечения сетевых тактовых сигналов. Вместе с тем способность генерировать SSM требуется только в тех случаях, когда сетевой элемент (NE) участвует в распределении сигналов хронирования сети. Это может иметь последствия для некоторых реализаций, которые могут существовать на границе сети, где NE завершает синхронизацию.

В некоторых случаях применения, главным образом в сетях доступа, может быть предусмотрена возможность восстановления сигнала хронирования по сигналу Ethernet, не содержащему канала передачи сообщений синхронизации Ethernet (ESMC), и генерирования сигнала синхронного Ethernet без канала ESMC. Ответственность за такое использование лежит на операторе, а вопрос о таком использовании подлежит дальнейшему изучению.

10.2 Режимы работы

Оборудование Ethernet, не поддерживающее синхронный Ethernet, работает в асинхронном режиме, когда каждый входной интерфейс получает свой сигнал хронирования из входного сигнала, который находится в пределах точности частоты ± 100 ppm (± 20 ppm для территориально распределенной сети (WAN) 10G, как указано в пункте 57.6.2 [IEEE 802.3]), и каждый из выходных интерфейсов может иметь автономный генератор сигнала хронирования в пределах точности частоты ± 100 ppm (± 20 ppm для WAN 10G).

Оборудование синхронного Ethernet оснащено системным тактовым генератором (например, тактовым генератором оборудования синхронного Ethernet). Интерфейсы синхронного Ethernet способны извлекать принимаемый тактовый сигнал и передавать его системному тактовому генератору.

Этот тактовый генератор оборудования может работать в одном из двух режимов – с включенным QL или с отключенным QL, как указано в [ITU-T G.781]. Каждый интерфейс оборудования синхронного Ethernet можно настроить для работы в несинхронном или синхронном режиме.

Несинхронный режим работы

Интерфейс синхронного Ethernet, настроенный на работу в несинхронном режиме, представляет собой интерфейс, который на стороне приема не передает восстановленный сигнал хронирования системному тактовому генератору и, следовательно, не является одним из возможных эталонов для процесса выбора источника синхронизации. Он не обрабатывает канал ESMC, который может присутствовать, и поэтому не может извлекать значение QL.

На стороне передачи его выходная частота может быть синхронизирована с ЕЕС, но для интерфейса приема на другом конце канала этот факт остается неизвестным. Действительно, интерфейс, работающий в несинхронном режиме, не генерирует ESMC и, следовательно, не передает QL.

Такой интерфейс не участвует в сети синхронизации и функционально идентичен асинхронному интерфейсу, определенному в [IEEE 802.3].

Синхронный режим работы

Интерфейс синхронного Ethernet может быть настроен на работу в синхронном режиме.

Его приемная сторона может извлекать частоту из входного сигнала и передавать ее системному тактовому генератору (тактовому генератору ЕЕС или лучшего качества). Он обрабатывает канал ESMC и извлекает значение QL. Теперь этот сигнал может использоваться в качестве возможного источника опорной частоты.

Передающая сторона интерфейса привязана к выходному сигналу хронирования системного тактового генератора и генерирует ESMC для передачи QL.

В конкретном случае интерфейсов Ethernet для медного кабеля 1G, как указано в [IEEE 802.3], эти интерфейсы осуществляют автосогласование для определения ведущего и ведомого тактовых генераторов канала. При использовании этих интерфейсов для синхронного Ethernet должен рассматриваться результирующий тракт хронирования, если используется распределение частоты на основе синхронного Ethernet. Ведущий тактовый генератор должен соответствовать плану синхронизации сети.

При отсутствии ESMC и значений QL решение об использовании интерфейса синхронного Ethernet в качестве возможного интерфейса синхронизации принимает оператор. Ответственность за такое использование лежит на операторе, а вопрос о таком использовании подлежит дальнейшему изучению.

11 SSM для синхронного Ethernet

11.1 SSM на уровне пакетов

Для существующего SSM, базирующегося на СЦИ, сообщение SSM передается в установленных местах внутри соответствующего кадра СЦИ. В случае Ethernet эквивалента фиксированного кадра не существует. Заголовок для различных функций, например пауза, эксплуатация, управление и техническое обслуживание (OAM), передается по протоколам, функционирующим через физический уровень. Поэтому SSM должны передаваться по какому-либо протоколу.

В логическом смысле заголовков SSM СЦИ можно рассматривать как специализированный однонаправленный канал связи между объектами, обрабатывающими сообщения SSM. На рисунке 11-1 показан упрощенный пример двух сетевых элементов, соединенных друг с другом. Каждый из них также подключен к SSU. В каждом сетевом элементе предусмотрены селекторы, чтобы обеспечить выбор источника системного тактового сигнала. Селекторами управляет блок управления синхронизацией. Этот блок также отвечает за управление защитой сигнала хронирования. На рисунке не показан интерфейс к системе управления.

Блок синхронизации может быть реализован в виде программы, работающей в сетевом элементе, и принимать в качестве входных данных SSM уровня качества (QL) на разных входах (например, на внешних входах или линейных входах). Блок управления синхронизацией может также отвечать за генерирование SSM на соответствующих выходах для указания определенных условий (например, установка признака "не использовать" (DNU) на некоторые порты – см. [ITU-T G.781]).

SSM указывает QL передающего тактового генератора и поэтому представляет собой однонаправленный канал связи между блоками управления синхронизацией в передающем NE и в принимающем NE.

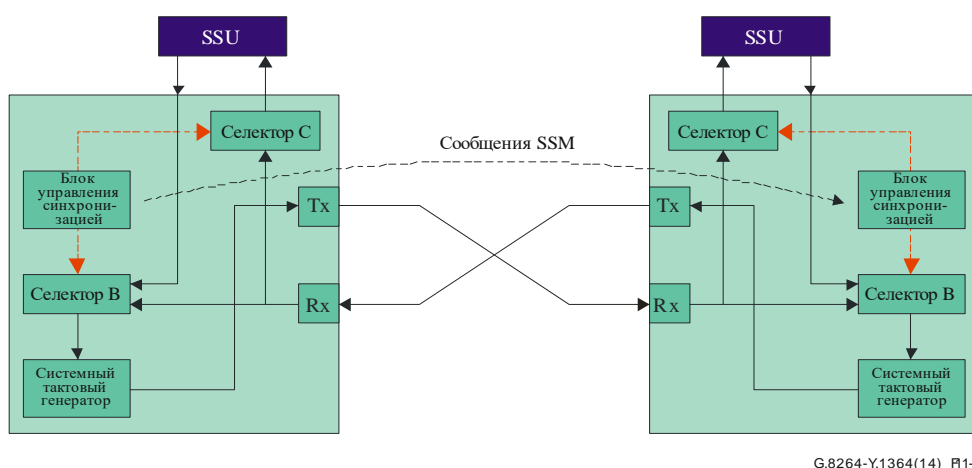


Рисунок 11-1 – Упрощенный канал SSM

На рисунке 11-1 не указан конкретный тип используемого канала. В случае СЦИ присутствуют специальные служебные данные в транспортном заголовке. В случае Ethernet их нет, но требуется механизм для обеспечения возможности такой связи.

В случае SSM синхронного Ethernet канал передачи сообщений основан на канале OAM [IEEE 802.3] и использует специальный медленный протокол (OSSP) IEEE для передачи QL соответствующего физического сигнала Ethernet.

11.1.1 Работа ESMC с объединением каналов

[IEEE 802.3] определяет несколько медленных протоколов и позволяет использовать разные медленные протоколы в одной системе по одному и тому же сегменту канала. Что касается ESMC, то при его реализации следует учитывать, что QL применяется к тактовому генератору физического уровня, и обрабатывать ESMC соответствующим образом. Например, объединение каналов (LAG) [IEEE 802.1AX] – еще одна функция, которая использует медленные протоколы и предоставляет механизм для переноса кадров MAC по группе каналов. Как отмечается в пункте 57.2.2 [IEEE 802.3], LAG работает поверх OAM и, следовательно, поверх ESMC. Поскольку ESMC моделируется в канале OAM, требуется обрабатывать сообщения ESMC для каждого канала с поддержкой синхронного Ethernet в группе LAG.

Также важно отметить, что использование параллельных каналов, таких как в случае LAG, следует тщательно проанализировать в связи с возможностью создания контуров синхронизации (см. пункты 5.13.2 и 5.13.3.1 [ITU-T G.781]). Как отмечается в пункте 5.13.2 [ITU-T G.781], в тех случаях, когда несколько каналов синхронизации используют один и тот же источник синхронизации (то есть один и тот же ЕЕС в случае синхронного Ethernet), вводится понятие "группа" (bundle). В этой

ситуации, которая также относится к LAG, когда сетевой элемент выбирает один порт из группы в качестве входа синхронизации, он должен возвращать во все порты группы, поддерживающие синхронизацию, сигнал DNU/DUS (не использовать/не использовать для синхронизации). Операторы могут настроить либо несколько разрешенных портов LAG синхронного Ethernet, либо только один разрешенный порт LAG синхронного Ethernet.

11.2 Выбор синхронизации на основе SSM

Сообщения SSM содержат значение QL системных тактовых генераторов, расположенных в разных сетевых элементах. QL относится к характеристике удержания тактового генератора. Два тактовых генератора, определенных для оборудования синхронного Ethernet в [ITU-T G.8262], имеют разные рабочие характеристики и несколько различающиеся характеристики удержания.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для целей выбора SSM вариант 1 тактового генератора EEC [ITU-T G.8262] рассматривается как вариант 1 [ITU-T G.813], а вариант 2 EEC – как тактовый генератор типа IV [ITU-T G.812] (то есть соответственно QL-SEC и QL-ST3). Сообщения SSM представлены в таблице 11-1. Для поддержки тактовых генераторов с улучшенной характеристикой также определено расширенное поле "тип, длина, значение" уровня качества (QL TLV). (Эти дополнительные тактовые генераторы и их уровни QL указаны в таблице 11-6.)

Таблица 11-1 – Сообщения SSM синхронного Ethernet

| Тактовый генератор | Уровень качества | Код SSM |
|--------------------|------------------|---------|
| EEC1 | QL-EEC1 | 0xB |
| EEC2 | QL-EEC2 | 0xA |

Подробное описание выбора синхронизации приведено в Приложении А.

11.3 SSM для синхронного Ethernet – формат и протокол

Как отмечалось выше, указание QL тактового генератора передается по протоколу, работающему в канале синхронного Ethernet. Сообщения SSM для Ethernet обеспечивают канал SSM с использованием OSSP [IEEE 802.3]. SSM сетевого уровня определено в [ITU-T G.781]. Время обработки сообщений, предусмотренное в [ITU-T G.781], основано на целях реконфигурации сети, которые определяются на основе рабочих характеристик системных тактовых генераторов (SEC в случае СЦИ, EEC в случае синхронного Ethernet). Чтобы удовлетворить требованиям, предъявляемым к характеристикам для эталонных устройств переключения в [ITU-T G.781], определены два типа сообщений протокола. В общих чертах, базовое, или heartbeat-сообщение, используется для предоставления постоянной информации о QL тактового сигнала. Промежуток времени в одну секунду между сообщениями удовлетворяет требованиям в отношении скорости передачи сообщений медленных протоколов стандарта [IEEE 802.3]. Чтобы свести к минимуму эффекты дрейфа, которые могут иметь место в период удержания, сразу же генерируется сообщение о типе события с новым кодом SSM при соблюдении требований обработки тактового сигнала, предусмотренных в [ITU-T G.781]. В целях защиты от возможного сбоя отсутствие сообщений рассматривается как состояние отказа. Поведение протокола таково, что если в течение пятисекундного периода сообщения SSM не получены, считается, что имеет место уровень качества QL-FAILED. Подробная информация приводится в последующих пунктах.

11.3.1 Формат ESMC

SSM Ethernet представляет собой определенный MCЭ-Т медленный протокол Ethernet. IEEE присвоил MCЭ-Т уникальный идентификатор организации (OUI) и подтип медленного протокола. Они используются для определения блока данных протокола (PDU) SSM Ethernet. Значения, присвоенные IEEE, указаны в таблице 11-2.

Таблица 11-2 – Присвоенные IEEE значения OUI и подтипа медленного протокола

| | |
|--------------------------------------|----------|
| Уникальный идентификатор организации | 00-19-A7 |
| Подтип медленного протокола | 0x0A |

Информация об уровне качества переносится в поле "тип, длина, значение" (TLV), которое содержится в блоке PDU ESMC. Определены два типа кадров PDU ESMC, которые различаются флагом события. Это PDU информации ESMC и PDU события ESMC.

NE должен сбрасывать любые полученные им TLV, которые он не распознает, и не пересылать их PDU ESMC.

11.3.1.1 Формат PDU ESMC

Формат PDU ESMC приведен в таблице 11-3. Формат типа, длины, значения уровня качества (QL TLV) приведен в таблице 11-4.

В таблице 11-3 указано расположение битов и байтов для формата PDU. Порядок передачи следующий: первым передается октет 1 из таблицы. В каждом октете первым передаваемым битом является младший значащий бит (МЗБ).

Таблица 11-3 – Формат PDU ESMC

| Номер октета | Размер/биты | Поле |
|--|----------------------------|---|
| 1–6 | 6 октетов | Адрес назначения = 01-80-C2-00-00-02 (hex) |
| 7–12 | 6 октетов | Адрес источника |
| 13–14 | 2 октета | Тип медленного протокола, Ethertype = 88-09 (hex) |
| 15 | 1 октет | Подтип медленного протокола = 0A (hex) |
| 16–18 | 3 октета | ITU-OUI = 00-19-A7 (hex) |
| 19–20 | 2 октета | Подтип МСЭ |
| 21 | Биты 7:4 (Примечание 1) | Версия |
| | Бит 3 | Флаг события |
| | Биты 2:0 (Примечание 2) | Зарезервированы |
| 22–24 | 3 октета | Зарезервированы |
| 25–1 532 | 36–1 490 октетов | Данные и заполнение (см. пункт j) |
| Последние 4 | 4 октета | Последовательность проверки кадра (FCS) |
| ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Бит 7 – старший значащий бит октета 21. Биты с 7 по 4 (биты 7:4) составляют четырехбитовый номер версии ESMC. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Три МЗБ (биты 2:0) зарезервированы. | | |

PDU ESMC содержат следующие поля в указанном выше порядке.

- Адрес назначения (DA) – это групповой адрес медленного протокола, определенный IEEE. Формат определен в Приложении 57В к [IEEE 802.3].
- Адрес источника (SA) – адресом источника является MAC-адрес, связанный с портом, через который передается PDU ESMC.
- Тип медленного протокола, Ethertype – PDU ESMC должны кодироваться в соответствии с типом и содержать значение поля типа медленного протокола. Значения Ethertype описаны в [IEEE 802].
- Подтип медленного протокола – присваивается IEEE и имеет фиксированное значение 0x0A.
- OUI МСЭ – уникальный идентификатор организации, присвоенный регистрирующим органом IEEE.

- f) Подтип МСЭ – присваивается МСЭ-Т. Во всех применениях, определенных в этой Рекомендации, используется значение 00-01.
- g) Версия – четырехбитовое поле указывает версию формата кадра OSSP МСЭ-Т. Данное поле должно содержать значение 0x1 для подтверждения соответствия версии 1 этого протокола.
- h) Флаг события – этот бит отличает критическое, чувствительное ко времени поведение PDU события ESMC от информационного PDU ESMC. Значение 1 указывает на PDU события, значение 0 – на информационный PDU.
- ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Поведение PDU события аналогично критическому событию, определенному для OAM Ethernet в пункте 57 [IEEE 802.3]. Для сообщений о событиях должно соблюдаться время обработки, определенное в [ITU-T G.781].
- i) Зарезервированы для будущей стандартизации (27 битов). Эти поля установлены в нуль на передающей стороне и игнорируются приемником.
- j) Данные и заполнение – это поле содержит данные и необходимые биты заполнения для достижения минимального размера кадра в 64 байта. PDU должен содержать целое число байтов (октетов). Все символы заполнения устанавливаются в нуль и игнорируются приемниками.
- ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Рекомендуемый максимальный размер блока PDU ESMC составляет 128 байтов согласно Приложению 57B к [IEEE 802.3]. Однако могут быть разрешены размеры PDU, превышающие 128 байтов.
- k) FCS – четырехбайтовая последовательность проверки кадра, определенная в разделе 4 [IEEE 802.3].

11.3.1.2 Формат QL TLV

Формат данных QL указан в нижеследующей таблице 11-4; этот формат используется как для информационных сообщений, так и для сообщений о событиях. Поле длины охватывает весь TLV, включая поля типа и длины. Это соответствует соглашению о TLV, приведенному в пункте 57.5.2.1 [IEEE 802.3].

Таблица 11-4 – Формат QL TLV

| Номер октета | Размер/биты | Поле |
|--|-----------------------|-----------------------|
| 1 | 8 битов | Тип 0x01 |
| 2–3 | 16 битов | Длина 00-04 |
| 4 | Биты 7:4 (Примечание) | 0x0 (не используется) |
| | Биты 3:0 | Код SSM |
| ПРИМЕЧАНИЕ. – Бит 7 – старший значащий бит октета 4. Младший значащий полубайт – биты с 3 по 0 (биты 3:0) – содержит четырехбитовый код SSM. | | |

Чтобы допустить возможные аппаратные реализации, QL TLV всегда передается как первый TLV в поле данных/заполнения. Это означает, что указатель QL в PDU всегда остается фиксированным. Все дополнительные TLV (например, расширенный QL TLV) должны следовать за QL TLV без заполнения между TLV. Все заполнение должно следовать за последним TLV.

11.3.1.3 Расширенный формат QL TLV

Для поддержки новых тактовых генераторов и добавленных функциональных возможностей определен расширенный формат QL TLV, приведенный в таблице 11-5. Этот формат TLV имеет длину 20 байтов и поддерживает информацию, содержащуюся в указанных полях. Уровни качества новых тактовых генераторов определены в таблице 11-6. Они поддерживают новые типы тактовых генераторов, а также несут новую информацию.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В предыдущих версиях настоящей Рекомендации октеты 4–20 в таблице 11-5 назывались "расширенный SSM". В настоящей Рекомендации этот термин не используется.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Эти таблицы могут обновляться для включения других тактовых генераторов по мере их разработки.

Таблица 11-5 – Расширенный формат QL TLV

| Номер октета | Размер/биты | Поле |
|--------------|-------------|---|
| 1 | 8 битов | Тип 0x02 |
| 2–3 | 16 битов | Длина 0x0014 |
| 4 | 8 битов | Расширенный код SSM (см. таблицу 11-6) |
| 5–12 | 64 бита | Значение SyncE clockIdentity отправителя расширенного QL TLV (Примечание 1) |
| 13 | 8 битов | Флаг (Примечание 2) |
| 14 | 8 битов | Число каскадно включенных eEEC от ближайшего SSU/PRC/ePRC |
| 15 | 8 битов | Число каскадно включенных EEC от ближайшего SSU/PRC/ePRC |
| 16–20 | 40 битов | Зарезервировано для использования в будущем |

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Поле clockIdentity синхронного Ethernet (SyncE) отформатировано согласно этому разделу. Источник расширенного формата QL TLV относится к тактовым генераторам, которые запускают или перезапускают счетчики каскадно включенных тактовых генераторов в поле TLV. Если счетчик тактовых генераторов запускается или перезапускается в середине цепочки, то бит частичной цепочки устанавливается в 1 (см. Примечание 2 и пункт 11.3.1.4).

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Бит 0 означает смешанный EEC/eEEC (то есть 1, если хотя бы один из тактовых генераторов не является eEEC; 0 – если все тактовые генераторы являются eEEC); бит 1 означает частичную цепочку (то есть 1, если TLV генерирован в середине цепочки и счетчик EEC/eEEC не заполнен); биты 2–7 зарезервированы для использования в будущем. См. также пункт 11.3.1.4.

Таблица 11-6 – Коды расширенных SSM для SyncE

| Тактовый генератор | Уровень качества | Код расширенного SSM |
|--|--|----------------------|
| EEC1 | QL-EEC1 | 0xFF |
| EEC2 | QL-EEC2 | 0xFF |
| Другие типы тактовых генераторов, указанные в [ITU-T G.781] (Примечание) | Сообщение QL (см. QL TLV) (Примечание) | 0xFF |
| PRTC | QL-PRTC | 0x20 |
| ePRTC | QL-ePRTC | 0x21 |
| eEEC | QL-eEEC | 0x22 |
| <u>ePRC</u> | <u>QL-ePRC</u> | <u>0x23</u> |

ПРИМЕЧАНИЕ. – В таблицах 11-8 и 11-9 представлен полный набор типов тактовых генераторов из [ITU-T G.781].

Значение SyncE clockIdentity должно генерироваться по следующим правилам.

- а) Если узел SyncE поддерживает расширенный формат QL TLV, но не поддерживает сигнал PTP, то поле clockIdentity SyncE может быть составлено из OUI и среднего MAC-адреса (MA-M) или короткого MAC-адреса (MA-S), например:
 - і) если поле clockIdentity SyncE составлено с использованием OUI для первых 3 октетов, то организация, которой принадлежит OUI, должна гарантировать, что оставшиеся 5 октетов EUI-64 будут уникальными в пределах значений clockIdentity SyncE, присвоенных этой организацией;

- ii) если поле clockIdentity SyncE составлено с использованием MA-M для первых 3,5 октетов, то организация, которой принадлежит MA-M, должна гарантировать, что оставшиеся 4,5 октета EUI-64 будут уникальными в пределах значений clockIdentity SyncE, присвоенных этой организацией;
 - iii) если поле clockIdentity SyncE составлено с использованием MA-S для первых 4,5 октетов, то организация, которой принадлежит MA-S, должна гарантировать, что оставшиеся 3,5 октета EUI-64 будут уникальными в пределах значений clockIdentity SyncE, присвоенных этой организацией.
- b) Если узел SyncE поддерживает расширенный формат QL TLV и сигнал PTP на основе [b-IEEE 1588] и
- i) если поле clockIdentity PTP составлено с использованием OUI для первых 3 октетов, а оставшиеся 5 октетов составляют уникальный код, присвоенный организацией, то тактовый генератор SyncE может использовать это поле clockIdentity PTP в качестве clockIdentity SyncE или указанное выше правило а) для создания отдельного поля clockIdentity SyncE; иначе
 - ii) если поле clockIdentity PTP составлено из EUI-48 или не-IEEE EUI-64, то тактовый генератор SyncE должен использовать для создания поля clockIdentity SyncE приведенное выше правило а).
- c) Если узел SyncE поддерживает расширенный формат QL TLV и сигнал PTP и если поле clockIdentity PTP составлено с использованием:
- i) OUI для первых 3 октетов, а остальные 5 октетов представляют собой уникальный код, присвоенный организацией; или
 - ii) MA-M для первых 3,5 октетов, а остальные 4,5 октета представляют собой уникальный код, присвоенный организацией; или
 - iii) MA-S для первых 4,5 октетов, а остальные 3,5 октета представляют собой уникальный код, присвоенный организацией,

то тактовый генератор SyncE может использовать это поле clockIdentity PTP в качестве clockIdentity SyncE или приведенное выше правило а) для создания отдельного поля clockIdentity SyncE.

11.3.1.4 Взаимодействие между разными поколениями синхронного Ethernet

Хотя расширенный формат QL TLV был разработан для использования с eEES, базовый механизм может быть применен в будущем и к традиционному EES. Это приведет к трем возможным комбинациям тактовых генераторов, которые необходимо будет рассматривать: eEES с поддержкой расширенного формата QL TLV, EES без поддержки расширенного формата QL TLV и EES с поддержкой расширенного формата QL TLV.

В случае уже развернутых сетевых узлов, не поддерживающих расширенный формат QL TLV, взаимодействие между различными поколениями синхронного Ethernet обеспечивается тем фактом, что сетевой элемент должен сбрасывать любой полученный им TLV, который он не распознает, и не пересылать его в пределах PDU ESMC.

Расширенный формат QL TLV позволяет подсчитывать число каскадируемых тактовых генераторов eEES и EES. Если в цепочке присутствует тактовый генератор, не поддерживающий расширенный формат QL TLV, сброс TLV, как сказано выше, приведет к неполному подсчету. Для расширенного формата QL TLV определен флаг, позволяющий тактовым генераторам, поддерживающим расширенные сообщения ESMC, сообщать о присутствии тактовых генераторов, которые, возможно, сбросили TLV.

Например, в случае цепочки eEES на выходе цепочки оба бита 0 и 1 будут равны 0, указывая на то, что цепочка syncE полностью основана на eEES и подсчет тактовых генераторов является полным.

При наличии промежуточного EES, не способного обрабатывать расширенный формат QL TLV, EES сбрасывает TLV. В следующем eEES в цепочке SyncE добавляется TLV с битами 0 и 1, установленными в 1, чтобы указать, что не вся цепочка SyncE основана на eEES и подсчет тактовых генераторов является неполным.

Однако если промежуточный ЕЕС способен обрабатывать расширенный формат QL TLV, то на выходе этого ЕЕС бит 0 устанавливается в 1, указывая на то, что в цепочку SyncE входят узлы ЕЕС и еЕЕС, а бит 1 устанавливается в 0, указывая на то, что подсчет тактовых генераторов в цепочке является полным.

11.3.2 Поведение протокола

PDU ESMC содержит QL TLV для синхронного Ethernet. Выбор источника синхронизации с использованием SSM определен в [ITU-T G.781]. Рекомендация [ITU-T G.781] применима как к СЦИ, так и к синхронному Ethernet. Протоколы переноса SSM для СЦИ и синхронного Ethernet различны. Предварительная обработка в соответствующих элементарных функциях обеспечивает единый интерфейс алгоритма обработки синхронизации. Протокол, описанный в этом пункте, соответствует требованиям, предъявляемым к медленным протоколам в Приложении 57В к [IEEE 802.3].

Код SSM, содержащийся в QL TLV, указывает точность автономного тактового генератора, который в данный момент времени служит источником тактового сигнала трассы синхронизации. Конкретные пределы времени обработки сообщений определены в [ITU-T G.781].

ПРИМЕЧАНИЕ. – Время обработки указано для идеальных условий. Могут быть случаи, когда это время обработки не соблюдается.

Когда NE работает в режиме с включенным QL, генерирование и прием протокола должны удовлетворять критериям, приведенным соответственно в пунктах 11.3.2.1 и 11.3.2.2, ниже. Функция выбора синхронизации из Приложения А к [ITU-T G.781] смоделирована с использованием дескрипторов SDL. Критические аспекты алгоритма основаны на входном QL каждого из p входов (то есть QL[p] в [ITU-T G.781]). Выходной QL, QL_{out}, – это код SSM, который передается на выходные порты сетевого элемента. В [ITU-T G.781] описаны случаи, когда вместо активного QL применяется DNU. Приложение А к [ITU-T G.781] является нормативным, оно описывает поведение NE и не требует конкретной реализации.

В настоящей Рекомендации для описания поведения протокола используются состояния QL. Это состояние QL, которое имеет место на входе алгоритма выбора синхронизации интерфейса SD_CI.

Процесс генерирования основан на состоянии QL_{out}, а приема – на состоянии QL[p]. Предполагается, что эти состояния поддерживаются в соответствующих элементарных функциях синхронного Ethernet или СЦИ (например, соответственно в функциях ETY/SD или MS/SD).

11.3.2.1 Генерирование QL

Информационный PDU ESMC, содержащий текущий QL, используемый алгоритмом выбора системного тактового генератора, генерируется один раз в секунду.

В случае изменения уровня QL по обнаружении этого генерируется PDU события ESMC (то есть флаг события установлен), содержащий новый QL TLV, с учетом времени передачи и обработки сообщений, указанного в [ITU-T G.781].

Согласно Приложению 57В к [IEEE 802.3] в течение одной секунды ни в коем случае не может быть генерировано более 10 PDU ESMC (информационных и/или событий).

ПРИМЕЧАНИЕ. – Блок PDU ESMC – это лишь один блок PDU медленного протокола, который может присутствовать в системе. Стандарт [IEEE 802.3] устанавливает ограничения на общее количество медленных протоколов, каждый из которых может передавать не более 10 кадров в секунду. Реализации с несколькими медленными протоколами должны учитывать чувствительность сообщений о событиях ко времени.

Коды SSM определены для различных региональных вариантов.

Для сетей варианта 1, если тактовый генератор поддерживает только QL TLV, он должен установить код SSM в соответствии с таблицей 11-7 и отправить QL TLV.

Если тактовый генератор в сети варианта 1 поддерживает как QL TLV, так и расширенный QL TLV, он должен установить код SSM и расширенный код SSM в соответствии с таблицей 11-8 и отправить как QL TLV, так и расширенный QL TLV. Оба TLV посылаются в одном PDU ESMC.

Для сетей варианта 2, если тактовый генератор поддерживает только QL TLV, он должен установить код SSM в соответствии с таблицей 11-8 и отправить QL TLV.

Если тактовый генератор в сети варианта 2 поддерживает как QL TLV, так и расширенный QL TLV, он должен установить код SSM и расширенный код SSM в соответствии с таблицей 11-9 и отправить как QL TLV, так и расширенный QL TLV. Оба TLV посылаются в одном PDU ESMC.

Для сетей варианта 3 коды SSM и расширенные коды SSM для syncE подлежат дальнейшему изучению.

Таблица 11-7 – Коды SSM и расширенные коды SSM для SyncE в сетях варианта 1

| Тактовый генератор | Уровень качества | Код SSM | Расширенный код SSM |
|--|-------------------------|----------------------|----------------------|
| PRC | QL-PRC | 0010 | 0xFF |
| SSU-A | QL-SSU-A | 0100 | 0xFF |
| SSU-B | QL-SSU-B | 1000 | 0xFF |
| EEC1 | QL-EEC1 | 1011 | 0xFF |
| (Примечание 1) | QL-DNU | 1111 | 0xFF |
| PRTC | QL-PRTC | 0010 | 0x20 |
| ePRTC | QL-ePRTC | 0010 | 0x21 |
| eEEC | QL-eEEC | 1011 | 0x22 |
| ePRC | QL-ePRC | 0010 | 0x23 |
| <p>ПРИМЕЧАНИЕ 1.– Тактовый генератор, соответствующий этому уровню качества, отсутствует.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При обработке SSM QL сначала следует обрабатывать код SSM, а затем расширенный код SSM.</p> | | | |

Таблица 11-8 – Коды SSM и расширенные коды SSM для SyncE в сетях варианта 2

| Тактовый генератор | Уровень качества | Код SSM | Расширенный SSM |
|---|-------------------------|----------------------|----------------------|
| PRS | QL-PRS | 0001 | 0xFF |
| (Примечание 1) | QL-STU | 0000 | 0xFF |
| ST2 | QL-ST2 | 0111 | 0xFF |
| TNC | QL-TNC | 0100 | 0xFF |
| ST3E | QL-ST3E | 1101 | 0xFF |
| ST3 | QL-ST3 | 1010 | 0xFF |
| EEC2 | QL-EEC2 | 1010 | 0xFF |
| (Примечание 1) | QL-PROV | 1110 | 0xFF |
| (Примечание 1) | QL-DUS | 1111 | 0xFF |
| PRTC | QL-PRTC | 0001 | 0x20 |
| ePRTC | QL-ePRTC | 0001 | 0x21 |
| eEEC | QL-eEEC | 1010 | 0x22 |
| ePRC | QL-ePRC | 0001 | 0x23 |
| <p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Тактовый генератор, соответствующий этому уровню качества, отсутствует.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – При обработке SSM QL сначала следует обрабатывать код SSM, а затем расширенный код SSM.</p> | | | |

11.3.2.2 Прием QL

Состояние QL – QL_out – используется алгоритмом выбора синхронизации, описанным в [ITU-T G.781] (см. Приложение А к [ITU-T G.781]). Для синхронного Ethernet медленный протокол, используемый для передачи кода SSM, основан на применении таймера heartbeat. Информационные PDU ESMC посылаются периодически с частотой один PDU в секунду. Отсутствие приема информационных PDU ESMC в течение пятисекундного периода приводит к выставлению флага SSF=true (QL=QL-FAILED в режиме с включенным QL). В этом случае для опорного сигнала синхронизации наступает период ожидания и восстановления, как определено в [ITU-T G.781].

Значением QL по умолчанию (начальным значением) является DNU, и оно должно изменяться только при получении действительного QL TLV.

После приема TLV-события состояние QL сменяется новым значением QL и таймер информации сбрасывается.

11.4 Расширения PDU ESMC

Будущие расширения PDU ESMC подлежат дальнейшему изучению. Тем не менее ожидается, что эти расширения будут указаны в формате TLV. Формат TLV приведен в таблице 11-9. Размер TLV рассчитывается как общее количество октетов в структуре TLV. Длина включает поля типа и длины. Для того чтобы поле TLV содержало целое число октетов, требуется заполнение данных.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для представления поля длины используются два байта. Предлагаемый максимальный размер PDU медленного протокола составляет 128 байтов в соответствии с Приложением 57В к [IEEE 802.3]. Однако допустимы PDU медленного протокола длиной более 128 байтов.

Подробная информация об их использовании является предметом дальнейшего изучения.

Таблица 11-9 – Структура TLV

| | |
|----------|---------------------------|
| 1 байт | Тип |
| 2 байта | Длина (октеты) |
| N байтов | Данные плюс заполнение |

11.5 Взаимодействие с существующими сетями синхронизации

См. пункт А.5 [ITU-T G.8261].

11.6 SSM тактовых генераторов с улучшенным удержанием

Для NE с тактовыми генераторами ЕЕС могут встречаться случаи, когда внутреннее качество удержания тактового генератора лучше, чем указано в [ITU-T G.8262]. Тогда при отсутствии SSU в оставшейся части цепочки синхронизации для обеспечения улучшенного удержания для NE может быть целесообразно локально отклонять входное сообщение, когда входящий QL равен ЕЕС, и таким образом не отслеживать входной сигнал, а полагаться на удержание своего внутреннего тактового генератора, чтобы управлять нижестоящими тактовыми генераторами. В определенных приложениях это может обеспечить лучшую характеристику нижестоящих тактовых генераторов.

Такое поведение может быть достигнуто путем надлежащего обеспечения QL сетевого узла. В тех случаях, когда поведение удержания соответствует существующим тактовым генераторам, следует использовать соответствующее значение QL (например, SSU-A или SSU-B) согласно [ITU-T G.781].

Как вариант, при определенных условиях подобное поведение можно обеспечить путем изменения входящего QL (например, с QL = ЕЕС на QL = DNU).

При любом из этих методов измененное поведение сетевого элемента должно быть тщательно настроено в соответствии с общим планом синхронизации сети оператора.

12 Использование синхронного Ethernet в условиях наличия нескольких операторов

Возможны сценарии, когда опорный сигнал хронирования должен распределяться в условиях наличия нескольких операторов. Такая ситуация соответствует случаю, когда сигнал хронирования оператора передается по сети другого оператора. Этот сигнал хронирования может быть направлен конечному оборудованию, которому может потребоваться опорный сигнал хронирования (например, базовой станции (BS)). См. рисунок 12-1.



Рисунок 12-1 – Иллюстрация условий наличия нескольких операторов

В следующих описаниях термины "оператор инфраструктурной сети" (carrier operator) и "оператор сети подвижной связи" (mobile operator) используются, чтобы проиллюстрировать обсуждение на реалистичном примере; однако не стоит ограничивать обсуждение этим конкретным случаем, и приведенные примеры следует рассматривать как самые общие.

Когда сигнал хронирования передается по синхронному Ethernet, могут быть предусмотрены два разных подхода с использованием сети оператора инфраструктурной сети к доставке опорного сигнала хронирования к конечному оборудованию в зависимости от того, прозрачно ли передается клиентский сигнал синхронного Ethernet с точки зрения хронирования.

Действительно, в зависимости от типа управляемых услуг Ethernet, предлагаемых оператором инфраструктурной сети, сигнал синхронного Ethernet оператора сети подвижной связи может не передаваться прозрачно с точки зрения его опорного сигнала хронирования (например, когда физическим уровнем инфраструктурной сети является Ethernet). В такой ситуации непрозрачности хронирования клиентский сигнал Ethernet на выходе управляемой услуги Ethernet не несет в себе исходный опорный сигнал хронирования синхронного Ethernet.

В случае сети ОТС прозрачность хронирования поддерживается в [ITU-T G.709]. Например, использование преобразования TTT+GMP, описанного в [ITU-T G.709], позволяет прозрачно в отношении хронирования передавать клиентские сигналы синхронного Ethernet по ОТС.

Случай прозрачного хронирования управляемой услуги Ethernet обсуждается в пункте 12.1, а непрозрачного – в пункте 12.2.

12.1 Прозрачная в отношении хронирования передача клиентских сигналов синхронного Ethernet

При этом первом подходе предполагается, что хронизирующая информация клиентских сигналов синхронного Ethernet может прозрачно транспортироваться по сети оператора инфраструктурной сети. Этого можно достичь, например, путем использования сети ОТС с соответствующим прозрачным в отношении хронирования преобразованием. Как упоминалось выше, примером может служить передача клиентского сигнала 1000Base-X с использованием преобразования TTT+GMP, определенного в [ITU-T G.709]. Такое преобразование позволяет передавать поток битов клиентского сигнала, включая сигнал хронирования и сообщения ESMC по транспортной сети.

Оператор инфраструктурной сети преобразует клиентский сигнал синхронного Ethernet и прозрачно передает сигнал хронирования и сообщения ESMC по транспортной сети ОТС (сеть ОТС "не знает" о присутствии в клиентском сигнале сигнала хронирования и сообщений ESMC). Вся связь через оператора инфраструктурной сети основана на оборудовании ОТС. Этот сценарий показан на рисунке 12-2.



Рисунок 12-2 – Иллюстрация прозрачной в отношении хронирования передачи клиентских сигналов синхронного Ethernet в условиях наличия нескольких операторов

В этом сценарии:

- сигнал синхронного Ethernet, генерируемый оператором подвижной связи, содержит опорный сигнал хронирования оператора подвижной связи, включая сообщения ESMC;
- сигнал синхронного Ethernet прозрачно передается по инфраструктурной сети (прозрачно транспортируется поток битов, включая сигнал хронирования и сообщения ESMC);
- оператор подвижной связи принимает и использует собственный опорный сигнал хронирования, включая сообщения ESMC, который прозрачно передается по инфраструктурной сети для синхронизации оконечного оборудования в сети оператора подвижной связи.

Следует отметить, что этот подход полностью соответствует традиционному случаю прозрачной в отношении хронирования передачи сигналов TDM (например, сигналов ПЦИ, транспортируемых по сети ПЦИ, сигналов СЦИ, транспортируемых по сети ОТС).

Сетевые ограничения на выходе инфраструктурной сети соответствуют сетевым ограничениям синхронного Ethernet, как указано в пункте 9.2.1 [ITU-T G.8261].

12.2 Услуга синхронизации, предоставляемая оператором инфраструктурной сети на основе интерфейса, обеспечивающего физическую привязку ко времени (создание интерфейса синхронного Ethernet)

Этот второй подход охватывает случай, когда инфраструктурная сеть представляет собой пакетную сеть (например, Ethernet) и является непрозрачной для сигналов хронирования физического уровня, таких как сигнал синхронного Ethernet. Например, это может быть случай, когда используются услуги частной линии Ethernet (EPL) и виртуальной частной линии Ethernet (EVPL), определенные в [b-ITU-T G.8011] (все кадры Ethernet транспортируются со входа на выход по инфраструктурной сети, но сигнал хронирования не передается).

Тем не менее оператор инфраструктурной сети может предложить оператору подвижной связи привязку ко времени. Например, сигнал синхронного Ethernet, доставляемый на выход инфраструктурной сети, может формироваться на основе опорного сигнала хронирования оператора инфраструктурной сети. Этот случай подразумевает соглашение между двумя операторами. Данный сценарий показан на рисунке 12-3.

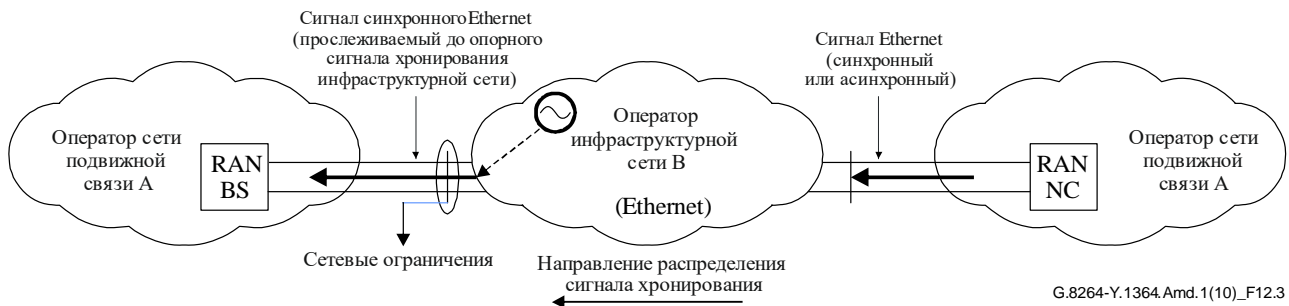


Рисунок 12-3 – Иллюстрация услуги синхронизации синхронного Ethernet в условиях наличия нескольких операторов

В этом сценарии:

- оператор подвижной связи подписывается на конкретную услугу синхронизации (которая может быть частью предложения по транзитному соединению подвижной связи);
- оператор подвижной связи передает сигнал Ethernet, несущий его трафик, но исходный опорный сигнал хронирования не может быть передан по инфраструктурной сети. Сообщения ESMC оператора подвижной связи не передаются по инфраструктурной сети. В этом случае входной сигнал Ethernet не обязательно должен быть сигналом синхронного Ethernet;
- оператор инфраструктурной сети обеспечивает синхронизацию, в том числе ESMC, на границе инфраструктурной сети, в результате чего сигнал синхронного Ethernet может прослеживаться до тактового генератора инфраструктурной сети. При этом подходе предполагается, что сообщения ESMC, генерируемые оператором инфраструктурной сети, могут вставляться в выходной сигнал синхронного Ethernet вместе с трафиком данных оператора подвижной связи. Конкретные случаи, когда вставка ESMC может обрабатываться неправильно (например, прозрачные по битам услуги), подлежат дальнейшему изучению;
- оборудование в сети оператора подвижной связи использует опорный сигнал хронирования и сообщения ESMC, доставленные по инфраструктурной сети.

Следует отметить, что этот второй подход применим только в том случае, если конечному оборудованию требуется привязка к абсолютному времени ([например](#), прослеживаемость до первичного эталонного тактового генератора (PRC)). Например, для того чтобы доставить опорный сигнал хронирования на BS, вместо передачи на BS опорного сигнала хронирования оператора сети подвижной связи, прослеживаемого до Всемирного координированного времени (UTC), можно использовать опорный сигнал хронирования оператора инфраструктурной сети, также прослеживаемый до UTC.

Следует упомянуть, что для конечных приложений TDM, прослеживаемых до [PRC/усовершенствованного первичного эталонного тактового генератора \(ePRC\)](#), которые требуют управления скоростью проскальзывания, данную ситуацию можно считать аналогичной псевдосинхронному режиму, определенному в [b-ITU-T G.810], который иногда используется в одном и том же домене оператора (например, при использовании нескольких PRC/ePRC), и это также гарантирует, что потенциальная скорость проскальзывания TDM контролируется в соответствии с [ITU-T G.822].

Сетевые ограничения на выходе инфраструктурной сети должны соответствовать сетевым ограничениям синхронного Ethernet, как указано в пункте 9.2.1 [ITU-T G.8261].

При этом втором подходе сигнал синхронного Ethernet на выходе инфраструктурной сети должен передавать значение SSM через ESMC. Информация, содержащаяся в ESMC, является частью соглашения между операторами.

13 Аспекты управления синхронизацией

Требуют дальнейшего изучения.

Приложение А

Механизм выбора эталонного источника

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

Для оборудования синхронного Ethernet потребуется механизм выбора эталонного источника, чтобы обеспечить прослеживаемость до вышестоящих элементов и, в конечном счете, до PRC ([или ePRC](#)) в отношении частоты.

А.1 Требования

Механизм выбора управляет физическими потоками хронирования в оборудовании.

Механизм выбора должен быть способен выбирать:

- подходящий внешний эталонный источник;
- подходящий эталонный источник трафика;
- внутренний тактовый генератор (то есть локальный генератор импульсов).

Опорный сигнал, полученный из источника трафика Ethernet, который не является интерфейсом синхронного Ethernet, выбираться не должен.

А.2 Входные сигналы

Источником синхронизации для узла может быть:

- внешний входной эталонный сигнал;
- эталонный тактовый сигнал, восстановленный из линии.

А.3 Внутренний генератор

Обеспечивает фильтрацию и удержание.

А.4 Внутренние физические потоки хронирования – частота ETU

Для синхронизации уровня ETU (Ethernet PHY) потребуется ряд внутренних физических потоков хронирования.

А.5 Механизм выбора

Оборудование синхронного Ethernet должно поддерживать механизм выбора, который позволяет получать сигнал синхронизации из линии (то есть интерфейсов, передающих трафик), из интерфейсов внешней синхронизации (то есть предоставляемых совместно расположенным оборудованием) или из ЕЕС. Эти источники поддерживаются набором сообщений SSM. На рисунке А.1 показано обобщенное представление механизма выбора подсистемы синхронизации для оборудования синхронного Ethernet.

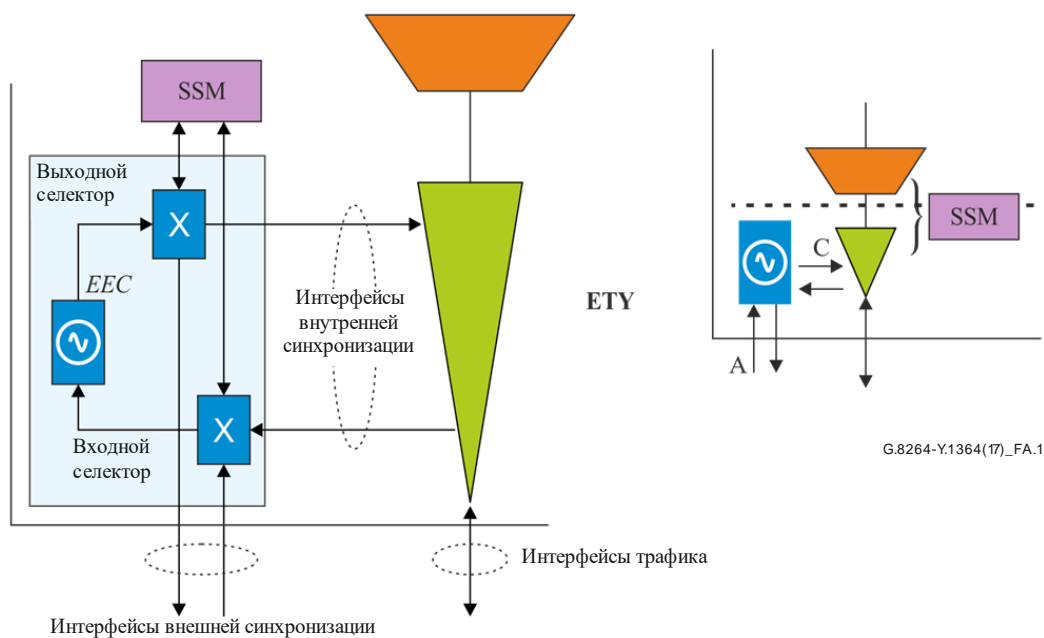


Рисунок А.1 – Оборудование синхронного Ethernet – обобщенное представление механизма выбора подсистемы синхронизации

ЕЕС в подсистеме внутренней синхронизации должен соответствовать [ITU-T G.8262].

Оборудование синхронного Ethernet должно быть способно восстанавливать синхронизацию по входным сигналам синхронизации любого из интерфейсов трафика через интерфейсы внутренней синхронизации и/или интерфейсы внешней синхронизации. Они вводятся в подсистему внутренней синхронизации.

Подсистема внутренней синхронизации должна обеспечивать необходимые характеристики фильтрации и удержания и выполнять любые функции обмена сообщениями синхронизации.

Подсистема внутренней синхронизации должна быть способна выбрать альтернативный источник синхронизации с помощью таблиц приоритетов и обмена сообщениями о статусе синхронизации.

Подсистема внутренней синхронизации должна использовать SSM для определения приоритета и прослеживаемости тактового сигнала.

Подсистема внутренней синхронизации должна обеспечивать тактовые импульсы соответствующей частоты (интерфейсы внутренней синхронизации) для синхронизации ETS интерфейса трафика.

А.6 Выбор сообщения о статусе синхронизации

SSM должны позволить нижележащему элементу, которому требуется синхронизация, определять качество тактовых сигналов, поступающих от вышележащих элементов.

Сообщение синхронизации передается от устройства к устройству, поддерживающему синхронный Ethernet. На каждом устройстве, поддерживающем синхронный Ethernet, сообщение обрабатывается с выполнением надлежащих действий. Затем набор сообщений преобразуется и передается следующему элементу в нисходящем потоке.

Подсистема синхронизации должна быть способна выбрать альтернативный источник на основе приоритета и SSM.

А.7 Функции выбора гибридного оборудования

На рисунке А-2 показан эквивалентный механизм выбора функции источника сигнала хронирования синхронного оборудования (SETS) СЦИ, адаптированной к гибриднему оборудованию СЦИ/синхронного Ethernet, имеющему интерфейсы синхронного Ethernet и СЦИ. ETS и вход STM-N (TE и T1), а также выход (T0) представляют собой различные интерфейсы трафика Ethernet (100Base-TX, 1000Base-SX и т. д.) и интерфейсы трафика СЦИ. Генератор сигналов хронирования

синхронного оборудования (SETG) имеет характеристики, определенные в [ITU-T G.8262] для синхронного Ethernet и в [ITU-T G.813] и [ITU-T G.812] для СЦИ. Следует также отметить, что в сетях Северной Америки интерфейс T4 используется для обеспечения хронирования сети только до интегрированного источника сигнала хронирования здания (BITS)/SSU. Выбор линейных интерфейсов (например, TE или T1 на рисунке А.2) осуществляется только через селектор А. Селектор С может выбрать лишь выход от селектора А. SETG не фильтрует интерфейс T4, поскольку всю фильтрацию выполняет BITS/SSU.

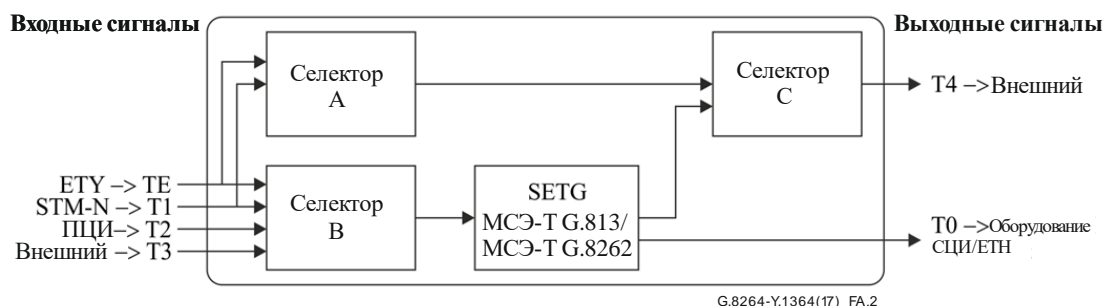


Рисунок А.2 – Функция SETS гибридного оборудования СЦИ/синхронного Ethernet

Дополнение I

Примеры потоков хронирования

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

На рисунке I.1 представлен типичный пример объединения разных потоков хронирования с помощью простой схемы TDM по каналу Ethernet.

Поток битов ПЦИ поступает в оборудование [A]. Между первыми точками адаптации оборудования [A] и оборудования [B] существует логический "рабочий" поток хронирования. Любые смещения, введенные в функцию TDM/Ethernet на оборудовании [A], должны сохраняться на выходе оборудования [B].

Чтобы обеспечить поток хронирования и гарантировать сохранение порядка следования, применяется та или иная форма меток времени, например RTP. Это поток сообщений. Между оборудованием [A] и оборудованием [B] существует логический поток хронирования в виде сообщений, поддерживающий рабочий поток.

На физическом уровне оборудование [A] физически связано с оборудованием [B] через точки окончания трассы. Это соединение представляет собой канал или физическую среду, по которой передается исходная полоса частот. Услуга верхнего уровня пакетируется и переносится по этому каналу. Между оборудованием [A] и оборудованием [B] существует физический поток хронирования с сетевым тактовым сигналом, составляющим часть линейного кода на уровне ETY.

Внутри оборудования [A] и оборудования [B] также существует ряд физических прямых потоков хронирования для поддержки функций адаптации и пакетирования. Частота этих потоков прослеживается до встроенного тактового генератора.

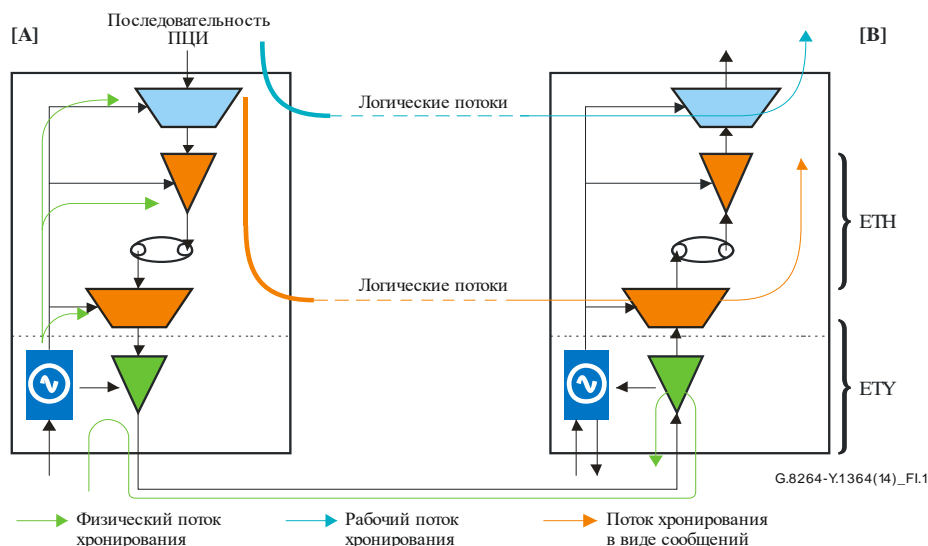


Рисунок I.1 – Пример потоков

На рисунке I.2 представлена общая модель из [ITU-T G.8010], расширенная для демонстрации двух однонаправленных потоков ETN, необходимых для поддержки эмуляции двунаправленного канала TDM. На этом рисунке добавлены функции адаптации TDM к ETN, необходимые для поддержки TDM поверх Ethernet, а также физический уровень (уровень ETY). Также показаны приближенные функции (в пунктирной рамке), которые в настоящее время обсуждаются в Приложении I к [ITU-T G.8261].

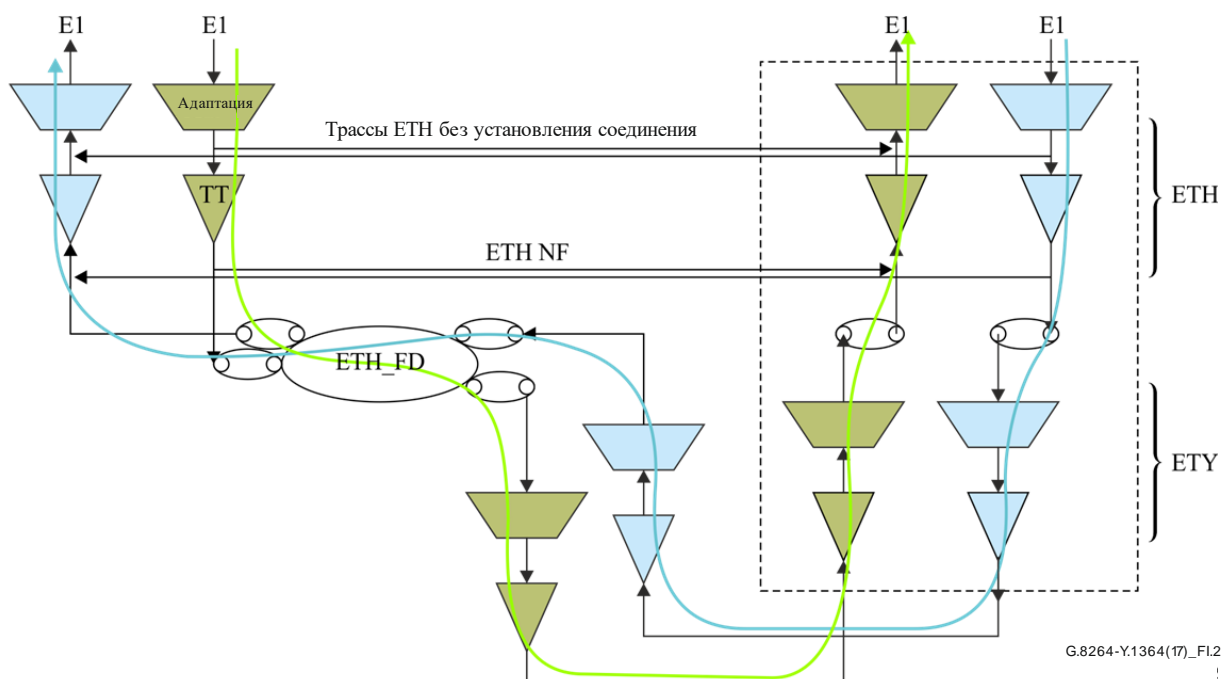


Рисунок I.2 – Архитектура сети Ethernet MCЭ-T G.8010, демонстрирующая эмуляцию каналов и трассы хронирования

На рисунке I.3 эта модель дополнена промежуточными коммутаторами с возможным распределением сигнала хронирования в каждом коммутаторе. На этом рисунке показано только одно направление. В конфигурацию входит одна IWF с внешним хронированием, а другая IWF хронится по входящему каналу физического уровня. Если эталонные тактовые генераторы прослеживаются до PRC/ePRC, то в конечном счете в обеих функциях IWF присутствуют одинаковые тактовые сигналы (то есть UTC).

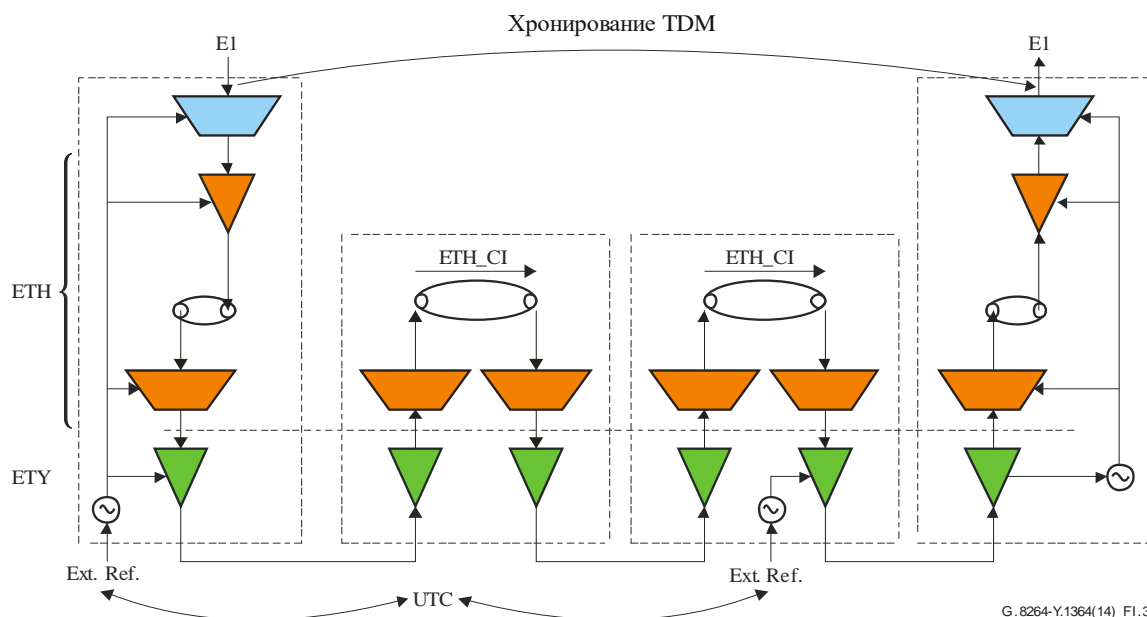


Рисунок I.3 – TDM поверх сети Ethernet

Дополнение II

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

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации)

II.1 Базовая информация

В данном Дополнении представлен существующий в настоящее время взгляд на разработку моделирования синхронизации с использованием некоторых базовых концепций, приведенных в [ITU-T G.805].

Архитектура сетей Ethernet точно установлена в [ITU-T G.8010], которая определяет данную архитектуру в терминах [ITU-T G.805] и [ITU-T G.809]. Рекомендации [ITU-T G.805] и [ITU-T G.809] представляют собой методы моделирования, разработанные МСЭ-T, которые позволяют осуществлять формальное определение сетевых архитектур и оборудования.

[ITU-T G.8261] включает краткое описание IWF, которая необходима для переноса полезной нагрузки TDM по сетям на основе пакетов. В данном Дополнении приводится пример компонентов, которые могут понадобиться для переноса эмулированных услуг ПЦИ по пакетным сетям. Описание IWF в [ITU-T G.8261] дается не в терминах современных структурных компонентов моделей [ITU-T G.805]. Причина в том, что определенные аспекты, связанные с синхронизацией, не могут быть описаны в терминах методов моделирования [ITU-T G.805]. В этой связи необходимо расширение моделей [ITU-T G.805]. В данном Дополнении приводятся предварительные функциональные модели.

IWF, описанная на рисунке В.4 [ITU-T G.8261], содержит ряд ключевых элементов, необходимых для преобразования сигналов TDM в транспорт на основе пакетов.

Эти функции включают:

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

Для синхронизации IWF важны различные тактовые сигналы. 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 [ITU-T G.8261] описываются два обобщенных метода – дифференциальный и адаптивный.

II.2 Применение [ITU-T G.805] к IWF

В [ITU-T G.805] содержится ряд архитектурных структурных элементов, позволяющих осуществлять определение уровней сетей. Ключевым свойством [ITU-T 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 СЦИ, ОТС и Ethernet. Для сети СЦИ тремя уровнями являются: уровень пути, уровень MS и уровень RS. Уровень пути является клиентом уровня мультиплексирования; уровень мультиплексирования – клиент уровня регенератора. Для сети Ethernet в [ITU-T G.8010] определены два уровня – уровень ЕТН и уровень ЕТУ. Уровень ЕТН аналогичен уровню 2 в эталонной модели взаимодействия открытых систем (ВОС) (то есть уровню канала передачи данных) и предоставляет функции пакетного типа. Уровень ЕТУ аналогичен физическому уровню в модели ВОС (то есть уровню 1).

В [ITU-T G.805] описаны функциональные блоки, которые предоставляют возможность для описания свойств индивидуальных уровней сети. Двумя ключевыми функциональными блоками являются

функции адаптации и функции окончания трассы. Взаимодействие между уровнями обеспечивается функциями адаптации. Функции окончания трассы 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. [ITU-T G.805].

Что касается IWF CES и применительно к уровням ETN и ETU Ethernet, на рисунке В.4 [ITU-T G.8261] содержатся функции пакетного уровня и физического уровня и таким образом как уровень ETN, так и уровень ETU реализованы в IWF. Конвертация ПЦИ-пакет не является частью уровней Ethernet, но в терминах [ITU-T G.805] может рассматриваться как функция адаптации. Базовая функция IWF в направлении ПЦИ-пакет (ввод ПЦИ в IWF) функционально может рассматриваться, как показано на рисунке П.1 (а), а в направлении пакеты-TDM (вывод ПЦИ) может рассматриваться, как показано на рисунке П.1 (b).

ПРИМЕЧАНИЕ. – 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 ПЦИ может рассматриваться как часть функции адаптации уровня ПЦИ-пакет, поскольку она связана с адаптацией информации тактового сигнала клиентского уровня к базовому серверному уровню (см. пункт П.3, ниже). Кроме того, функциональные блоки, представленные на рисунке П.1, описаны таким образом, что не ограничивают реализацию и могут быть применены к различным топологиям оборудования.

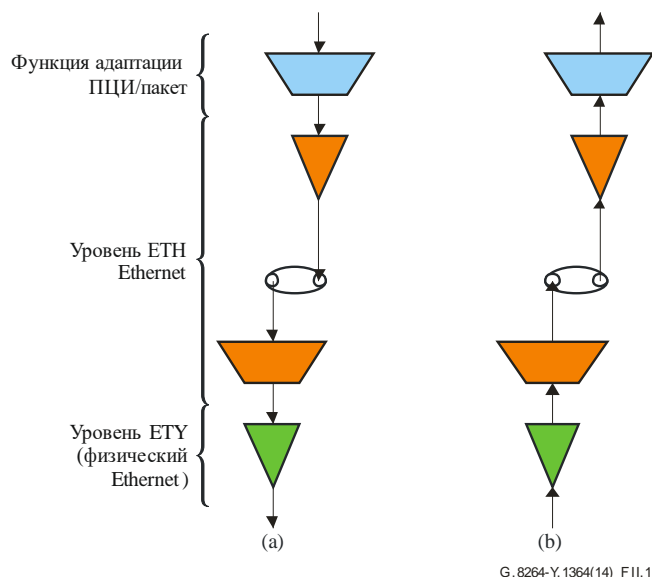


Рисунок П.1 – Функциональные блоки IWF CES

П.3 Хронирующая информация, 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, CI сигнала ПЦИ состоит из данных и тактового сигнала.

Что касается информации тактового сигнала, в сети уровня ПЦИ и сети уровня ETU хронирующая информация является частью CI, тогда как на уровне ETN это не так. CI сигнала ПЦИ, поступающая в IWF, состоит из данных и информации тактового сигнала (рабочего тактового генератора). Функцией IWF является транспортировка этих данных и информации тактового сигнала.

Как отмечено выше, функции адаптации используются для адаптации клиентской информации в целях ее переноса по сети серверного уровня. В этом случае CI клиентского уровня называется адаптированной информацией (AI). Во всех случаях сети серверного уровня могут транспортировать

часть клиентской CI, содержащую данные, но не все сети серверного уровня внутренне поддерживают транспортировку хронящей информации. В таком случае, если требуется транспортировка хронящей информации, требуются альтернативные средства предоставления хронящей информации.

Что касается пакетных сетей серверного уровня, в рамках настоящей Рекомендации описываются два метода, предназначенных для обеспечения возможности переноса хронящей информации сигнала ПЦИ клиентского уровня по сети серверного уровня на основе пакетов. В разделе 8 [ITU-T G.8261] описаны дифференциальный и адаптивный механизмы, призванные решать эти задачи.

II.4 Функциональная модель хронящей информации физического уровня Ethernet

На рисунке В.4 [ITU-T G.8261] показано, что IWF может быть хронящей информацией посредством "пакетного физического интерфейса". В терминах архитектурной модели Ethernet используются только функция окончания трассы ETU и функция адаптации ETN/ETU. Функциональная модель для "двухточечного" соединения показана на рисунке II.2. Поток хронящей информации показан на этом рисунке. Хронящая информация функции адаптации ETN/ETU может осуществляться либо посредством внешнего источника, либо посредством внутреннего автономного генератора.

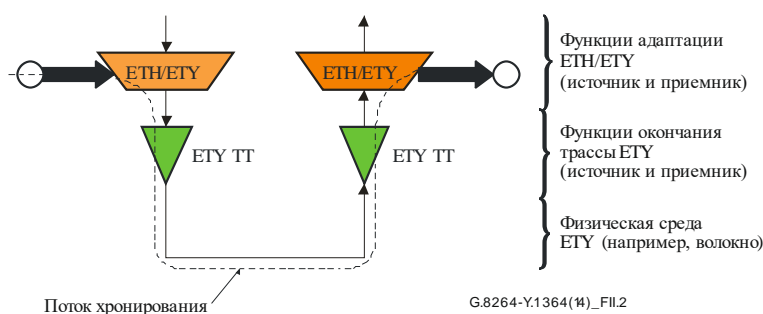


Рисунок II.2 – Функциональная модель хронящей информации Ethernet (синхронный физический уровень Ethernet)

На рисунке II.3 приведен пример того, как хронящая информация физического уровня может хронящая информацию принимающую функцию адаптации ПЦИ/ETN.

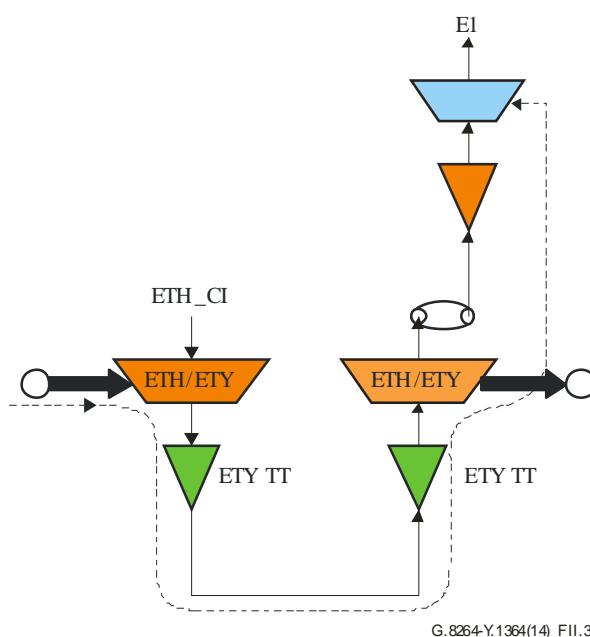


Рисунок II.3 – Пример использования хронящей информации физического уровня для предоставления хронящей информации функции адаптации ETN/ПЦИ

II.5 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 ЕТН/ПЦИ (см. рисунок II.1). Основное различие между этими двумя методиками состоит в том, что дифференциальный метод требует предоставления опорного хронирования как принимающей, так и передающей функции (источник) ЕТН/ПЦИ. Адаптивные методы в общем основываются на средней скорости приема пакетов на принимающей 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 II.4 и II.5, соответственно.

ПРИМЕЧАНИЕ. – В данном Дополнении для дифференциальных и адаптивных методов определены две отдельные функции в целях обеспечения гибкости реализации.

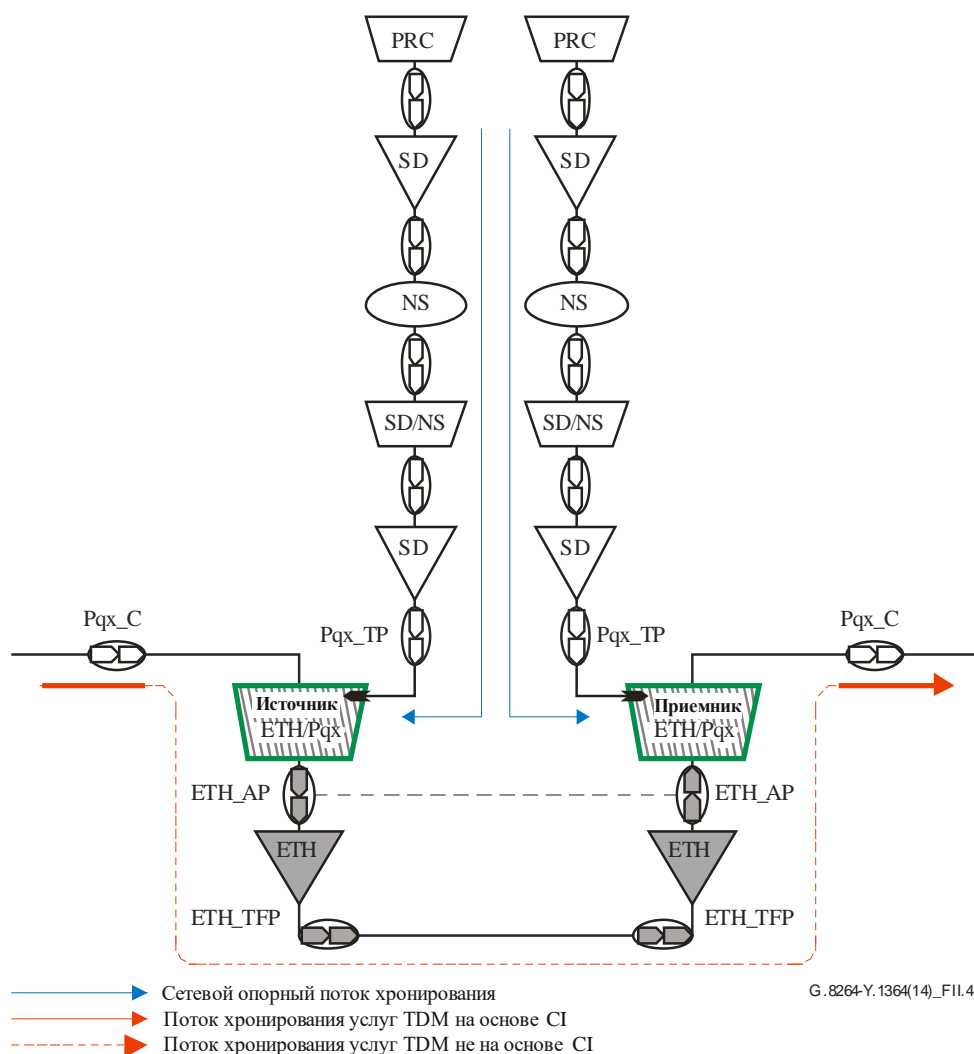


Рисунок II.4 – Функциональные модели дифференциального хронирования

При использовании дифференциального режима как IWF-источник, так и IWF-приемник (функции адаптации ЕТН/Пqx) снабжаются опорным тактовым сигналом, доступным для контроля посредством PRC/ePRC (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 рабочего тактового сигнала (сплошной красный поток хронирования).

Таким образом на обоих концах требуется наличие одинакового опорного сигнала (доступного для контроля посредством PRC/ePRC).

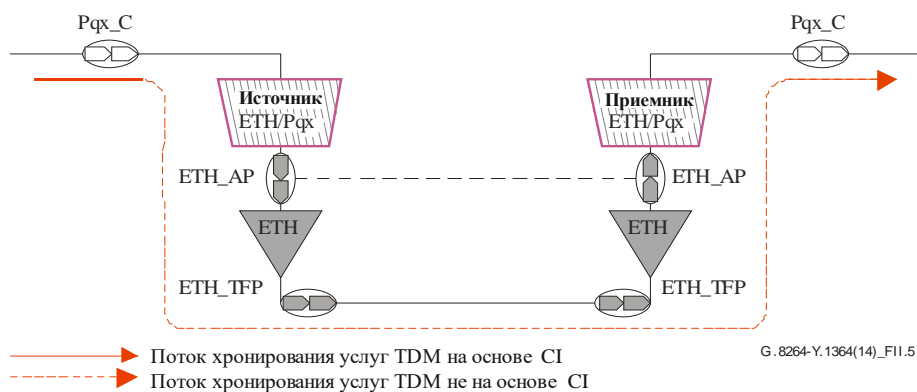


Рисунок П.5 – Функциональные модели для адаптивного хронирования

В случае использования адаптивного режима восстановление тактового сигнала в 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 распределения хронирования использования внешнего опорного сигнала не требуется.

Подробная информация о функциях адаптивных и дифференциальных методов является предметом дальнейшего изучения.

Библиография

- [b-ITU-T G.810] Recommendation ITU-T G.810 (1996), *Definitions and terminology for synchronization networks*
- [b-ITU-T G.8011] Recommendation ITU-T G.8011/Y.1307 (2016), *Ethernet service characteristics*.
<<https://www.itu.int/rec/T-REC-G.8011-201611-I/en>>
- [b-IEEE 1588] IEEE 1588-2008, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*.
<<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=4579757>>
- [b-IETF RFC 1305] IETF RFC 1305 (1992), *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis*.
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>>
- [b-IETF RFC 3550] IETF RFC 3550 (2003), *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications*.
<<http://www.ietf.org/rfc/rfc3550.txt>>

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y
**ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА,
 АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ, СЕТИ ПОСЛЕДУЮЩИХ ПОКОЛЕНИЙ,
 ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И "УМНЫЕ" ГОРОДА**

| | |
|--|----------------------|
| ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ 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 |
| БУДУЩИЕ СЕТИ | Y.3000–Y.3499 |
| ОБЛАЧНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ | Y.3500–Y.3999 |
| ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ И "УМНЫЕ" ГОРОДА | |
| Общие положения | Y.4000–Y.4049 |
| Определения и терминология | Y.4050–Y.4099 |
| Требования и сценарии использования | Y.4100–Y.4249 |
| Инфраструктура, возможность установления соединений и сети | Y.4250–Y.4399 |
| Структуры, архитектуры и протоколы | Y.4400–Y.4549 |
| Услуги, приложения, вычисления и обработки данных | Y.4550–Y.4699 |
| Управление, контроль и рабочие характеристики | Y.4700–Y.4799 |
| Идентификация и безопасность | Y.4800–Y.4899 |
| Анализ и оценка | Y.4900–Y.4999 |

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 | Оконечное оборудование, субъективные и объективные методы оценки |
| 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, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города |
| Серия Z | Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи |