

МСЭ-Т G.8275.1/Y.1369.1

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

(06/2016)

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

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

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

**Профиль электросвязи на основе протокола
точного времени для фазовой/временной
синхронизации с полной поддержкой
по синхронизации от сети**

Рекомендация МСЭ-Т G.8275.1/Y.1369.1

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 ВЧ-СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СИСТЕМ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
Аспекты, касающиеся Ethernet поверх транспортного уровня	G.8000–G.8099
MPLS и аспекты транспортирования сообщений	G.8100–G.8199
Целевые параметры 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.

Рекомендация МСЭ-Т G.8275.1/Y.1369.1

Профиль электросвязи на основе протокола точного времени для фазовой/временной синхронизации с полной поддержкой по синхронизации от сети

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.8275.1/Y.1369.1 содержится профиль протокола точного времени (PTP) МСЭ-Т для распределения фазы и времени с полной поддержкой хронирования со стороны сети. В ней представлена необходимая подробная информация для использования стандарта IEEE 1588 в соответствии с архитектурой, описание которой приводится в Рекомендации МСЭ-Т G.8275/Y.1369.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждение	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.8275.1/Y.1369.1	22.07.2014 г.	15-я	11.1002/1000/12197
1.1	МСЭ-Т G.8275.1/Y.1369.1 (2014), Испр. 1	13.01.2015 г.	15-я	11.1002/1000/12397
2.0	МСЭ-Т G.8275.1/Y.1369.1	22.06.2016 г.	15-я	11.1002/1000/12815

Ключевые слова

Полная поддержка по синхронизации, IEEE 1588, фазовая/временная синхронизация, PTP, профиль электросвязи.

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

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

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

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

ПРИМЕЧАНИЕ

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

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

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

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

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

© ITU 2017

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

СОДЕРЖАНИЕ

		Стр.
1	Сфера применения	1
2	Справочные документы	1
3	Определения	2
3.1	Термины, определенные в других документах	2
3.2	Термины, определенные в настоящей Рекомендации	2
4	Сокращения и акронимы	2
5	Условные обозначения и соглашения по терминологии	3
6	Использование RTP для распределения сигналов фазы/времени	3
6.1	Общие требования к проектированию	4
6.2	Режимы и параметры RTP	4
6.3	Вопросы защиты и альтернативный VMCA	7
6.4	Информация о прослеживаемости фазы/времени	14
7	Профиль RTP МСЭ-Т для распределения сигналов фазы/времени с полной поддержкой хронирования из сети	16
8	Аспекты безопасности	16
	Приложение А – Профиль RTP МСЭ-Т для распределения сигналов фазы/времени с полной поддержкой хронирования со стороны сети	17
A.1	Идентификация профиля	17
A.2	Значения атрибутов RTP	17
A.3	Варианты параметров RTP	22
A.4	Варианты наилучшего алгоритма тактового генератора	23
A.5	Способ измерения задержки пути (запрос задержки/ответ задержки)	23
A.6	Формат идентификаторов тактовых генераторов	23
A.7	Способы управления конфигурацией	23
A.8	Аспекты безопасности	23
A.9	Другие дополнительные функции IEEE 1588	23
A.10	Флаги общего заголовка RTP	23
	Приложение В – Способы создания топологии RTP с альтернативным VMCA	25
	Приложение С – Включение в T-BC внешнего интерфейса ввода фазы/времени	26
	Приложение D – Трассировка пути (дополнительно)	27
	Приложение E – Неопределенная индикация синхронизации (дополнительно)	28
	Приложение F – Использование stepsRemoved для ограничения эталонной цепи (дополнительно)	29
	Дополнение I – Соображения об использовании прозрачных тактовых генераторов	30
	Дополнение II – Соображения, касающиеся передачи сообщений <i>Delay_Req</i>	31
	Дополнение III – Соображения по выбору адреса назначения многоадресной рассылки RTP Ethernet	33
	Дополнение IV – Соображения об использовании <i>priority2</i>	34

	Стр.
Дополнение V – Описание состояний тактовых генераторов РТР и соответствующего содержания сообщений <i>Announce</i>	35
V.1 Назначение этого Дополнения	35
V.2 Описание состояний	35
V.3 Пример сопоставления состояний порта РТР и тактового генератора РТР для трехпортового Т-ВС	37
V.4 Содержание сообщения <i>Announce</i> Т-GM в зависимости от внутренних состояний тактового генератора РТР.....	38
V.5 Содержание сообщения <i>Announce</i> Т-ВС в зависимости от внутренних состояний тактового генератора РТР.....	40
Дополнение VI – Работа по агрегированным линиям.....	41
Дополнение VII – Соотношение между <i>clockClass</i> и спецификацией удержания	42
Дополнение VIII – Соображения, связанные с Т-TSC, подключенным к конечному приложению.....	44
Дополнение IX – Расчет значения <i>offsetScaledLogVariance</i> для Т-GM, синхронизированных с PRTC или ePRTC	45
IX.1 Интервал наблюдения и генерирование шума TDEV	45
IX.2 Вычисление отклонения РТР от TDEV	46
IX.3 Вычисление <i>offsetScaledLogVariance</i> по дисперсии РТР	47
Библиография	49

Рекомендация МСЭ-Т G.8275.1/Y.1369.1

Профиль электросвязи на основе протокола точного времени для фазовой/временной синхронизации с полной поддержкой по синхронизации от сети

1 Сфера применения

Настоящая Рекомендация определяет профиль приложений электросвязи на основе протокола точного времени (РТР) IEEE 1588. Этот профиль определяет функции IEEE 1588, необходимые для обеспечения функциональной совместимости элементов сети, гарантирующей точную фазовую/временную синхронизацию. Профиль основан на полной поддержке синхронизации со стороны сетевой архитектуры, как описано в [ITU-T G.8275], и в соответствии с определениями, приведенными в [ITU-T G.8260].

Данная версия профиля определяет общие требования к конструкции, режимы работы для обмена сообщениями РТР, преобразование протокола РТР, выбор наилучшего алгоритма главного тактового генератора (ВМСА), а также параметры конфигурации протокола РТР.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Параметры, указанные в первой версии профиля, выбраны для случая, когда обеспечивается поддержка частоты физического уровня.

Данная Рекомендация также определяет некоторые аспекты, необходимые для использования в среде электросвязи, которые выходят за рамки сферы определения профиля РТР и дополняют его.

2 Справочные документы

Указанные ниже 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.781] Recommendation ITU-T G.781 (2008), *Synchronization layer functions*.
- [ITU-T G.810] Recommendation ITU-T G.810 (1996), *Definitions and terminology for synchronization networks*.
- [ITU-T G.8260] Recommendation ITU-T G.8260 (2015), *Definitions and terminology for synchronization in packet networks*.
- [ITU-T G.8265.1] Recommendation ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2014), *Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization*.
- [ITU-T G.8271.1] Recommendation ITU-T G.8271.1/Y.1366.1 (2013), *Network limits for time synchronization in packet networks*.
- [ITU-T G.8272] Recommendation ITU-T G.8272/Y.1367 (2012), *Timing characteristics of primary reference time clocks*.
- [ITU-T G.8273] Recommendation ITU-T G.8273/Y.1368 (2013), *Framework of phase and time clocks*.
- [ITU-T G.8273.2] Recommendation ITU-T G.8273.2/Y.1368.2 (2014), *Timing characteristics of telecom boundary clocks and telecom time slave clocks*.
- [ITU-T G.8275] Recommendation ITU-T G.8275/Y.1369 (2013), *Architecture and requirements for packet-based time and phase distribution*.
- [IEEE 1588] IEEE 1588-2008, *IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems*.

3 Определения

3.1 Термины, определенные в других документах

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

В настоящей Рекомендации используются термины и определения, приведенные в [ITU-T G.810] и [ITU-T G.8260].

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

Отсутствуют.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

AVAR	Allan Variance		Дисперсия Аллана
BC	Boundary Clock		Граничный тактовый генератор
BMCA	Best Master Clock Algorithm		Наилучший алгоритм главного тактового генератора
EEC	Synchronous Ethernet Equipment Clock		Тактовый сигнал оборудования синхронного Ethernet
ePRTC	Enhanced Primary Reference Time Clock		Усовершенствованный первичный эталонный генератор сигналов хронирования
EUI	Extended Unique Identifier		Расширенный уникальный идентификатор
FPM	Flicker Phase Modulation		Модуляция фазы фликер-шумом
GM	Grandmaster		Грандмастер
GNSS	Global Navigation Satellite System	ГНСС	Глобальная навигационная спутниковая система
LAG	Link Aggregation		Объединение каналов
MVAR	Modified Allan Variance		Модифицированная дисперсия Аллана
OC	Ordinary Clock		Обычный тактовый генератор
PRC	Primary Reference Clock		Первичный эталонный тактовый генератор
PRS	Primary Reference Source		Первичный эталонный источник
PRTC	Primary Reference Time Clock		Первичный эталонный генератор сигналов хронирования
PSD	Power Spectral Density		Спектральная плотность мощности
PTP	Precision Time Protocol		Протокол точного времени
QL	Quality Level		Уровень качества
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SSM	Synchronization Status Message		Сообщение статуса синхронизации
SSU	Synchronization Supply Unit		Источник синхронизации
SSU-A	primary level SSU		SSU первого уровня
SSU-B	secondary level SSU		SSU второго уровня
ST2	Stratum 2		Уровень 2
ST3E	Stratum 3 Enhanced		Уровень 3 расширенный
T-BC	Telecom Boundary Clock		Граничный тактовый генератор электросвязи

TC	Transparent Clock	Прозрачный тактовый генератор
T-GM	Telecom Grandmaster	Грандмастер электросвязи
T-TC	Telecom Transparent Clock	Прозрачный тактовый генератор электросвязи
T-TSC	Telecom Time Slave Clock	Ведомый генератор сигналов хронирования электросвязи
TLV	Type Length Value	Тип, длина, значение
TVAR	Time Variance	Дисперсия времени
VLAN	Virtual Local Area Network	Виртуальная локальная сеть
WPM	White Phase Modulation	Фазовая модуляция белым шумом

5 Условные обозначения и соглашения по терминологии

В рамках настоящей Рекомендации используются следующие условные обозначения: термин РТР относится к версии 2 протокола РТР, определенного в [IEEE 1588]. Сообщения РТР, используемые в данной Рекомендации, определены в [IEEE 1588] и выделены курсивом.

Термин "граничный тактовый генератор электросвязи" (Т-BC) относится к устройству, состоящему из граничного тактового генератора (BC), определенного в [IEEE 1588] и в настоящей Рекомендации, с дополнительными рабочими характеристиками, определенными в [ITU-T G.8273.2].

Термин "прозрачный тактовый генератор электросвязи" (Т-ТС) относится к устройству, состоящему из прозрачного тактового генератора (ТС), определенного в [IEEE 1588], с дополнительными рабочими характеристиками, которые подлежат дальнейшему изучению.

Термин "грандмастер электросвязи" (Т-GM) относится к устройству, состоящему из тактового генератора-грандмастера (GM), определенного в [IEEE 1588] и в данной Рекомендации, с дополнительными рабочими характеристиками, которые подлежат дальнейшему изучению.

Термин "ведомый генератор сигналов хронирования электросвязи" (Т-TSC) относится к устройству, состоящему из обычного ведомого тактового генератора (OC), определенного в [IEEE 1588] и в данной Рекомендации, с дополнительными рабочими характеристиками, определенными в Приложении С [ITU-T G.8273.2].

Термин "первичный эталонный генератор сигналов хронирования" (PRTC) относится к тактовому генератору, определенному в [ITU-T G.8272]. Термин "усовершенствованный первичный эталонный генератор сигналов хронирования" (ePRTC) относится к усовершенствованной версии PRTC, которая в настоящее время изучается.

6 Использование РТР для распределения сигналов фазы/времени

Версия протокола IEEE 1588 2002 года была изначально разработана IEEE для поддержки требований хронирования промышленной автоматизации и определяет протокол точного времени (РТР), предназначенный для передачи точного времени в этом контексте.

Версия протокола IEEE 1588 2008 года (определенная в [IEEE 1588]) содержит функции, полезные для транспортировки протокола по глобальной сети, и вводит понятие "профиль", с помощью которого можно выбирать аспекты протокола для использования в определенных приложениях, отличных от приложений промышленной автоматизации, для которых он первоначально предназначался.

Профиль РТР для тех приложений, в которых требуется только синхронизация по частоте, определен в [ITU-T G.8265.1]. В настоящей Рекомендации определен другой профиль РТР, предназначенный для тех приложений электросвязи, в которых требуется точная синхронизация по фазе и времени. Он поддерживает конкретную архитектуру, описанную в [ITU-T G.8275], позволяя распределять сигналы фазы/времени с полной поддержкой хронирования со стороны сети, и основан на версии РТР 2008 года, определенной в [IEEE 1588].

Для соответствия профилю электросвязи должны быть соблюдены требования настоящей Рекомендации и соответствующие требования [IEEE 1588], как указано в Приложении А.

Подробные аспекты, касающиеся профиля электросвязи, описаны в следующих разделах, а описание самого этого профиля приведено в Приложении А. Оно соответствует общим правилам описания профиля, разработанным в [IEEE 1588].

Этот профиль РТР электросвязи определяет параметры из [IEEE 1588], которые будут использоваться для обеспечения взаимодействия протокола между реализациями, а также дополнительные функции, значения по умолчанию настраиваемых атрибутов и механизмы, которые должны поддерживаться. Тем не менее это не гарантирует, что будут выполнены требования, предъявляемые к рабочим характеристикам конкретного приложения. Эти аспекты рабочих характеристик определяются в других Рекомендациях МСЭ-Т и подразумевают наличие дополнительных элементов, выходящих за рамки содержания собственно профиля РТР.

6.1 Общие требования к проектированию

В пункте 19.3.1.1 [IEEE 1588] говорится:

"Целью профиля РТР является предоставление организациям возможности указывать конкретные наборы значений атрибутов и дополнительных функций РТР, которые при их использовании в том же транспортном протоколе будут взаимодействовать между собой и обеспечат характеристики, отвечающие требованиям конкретного приложения".

Для работы в сети электросвязи также требуется, чтобы некоторые дополнительные критерии соответствовали стандартной практике синхронизации, принятой в электросвязи. Поэтому профиль РТР для распределения сигналов времени и фазы должен отвечать следующим общим требованиям:

- 1) должны быть указаны механизмы, обеспечивающие взаимодействие между различными генераторами сигналов фазы/времени, входящими в архитектуру, определенную в [ITU-T G.8275] и описанную в [ITU-T G.8273];
- 2) механизмы должны допускать согласованную работу по управляемым региональным распределенным сетям электросвязи;
- 3) пакетные механизмы должны допускать возможность разработки и настройки сети синхронизации в фиксированной конфигурации;
- 4) схемы защиты, используемые пакетными системами, должны основываться на стандартной практике работы, принятой в электросвязи, и позволять ведомым генераторам сигналов хронирования электросвязи принимать сигналы фазы и времени от нескольких географически распределенных грандмастер-генераторов электросвязи;
- 5) должна допускаться возможность выбора эталонного источника сигналов фазы/времени на основе прослеживаемости принимаемых сигналов фазы/времени и местных приоритетов, а также автоматического создания топологии сети синхронизации фазы/времени.

6.2 Режимы и параметры РТР

6.2.1 Домены РТР

Домен состоит из логически сгруппированных тактовых генераторов, взаимодействующих друг с другом по протоколу РТР.

Домены РТР используются для разделения сети в пределах административной единицы. Сообщения и наборы данных РТР связаны с доменом и, следовательно, протокол РТР остается независимым для разных доменов.

В настоящем профиле электросвязи РТР домен РТР имеет номер по умолчанию 24, а диапазон применимых номеров доменов РТР {24-43}.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Этот диапазон выбран из определяемого пользователем диапазона номеров доменов РТР, определенного в [IEEE 1588]. Хотя для разных профилей РТР электросвязи выбраны неперекрывающиеся диапазоны, так что взаимодействие между профилями невозможно, ничто не мешает при определении профиля РТР, не относящегося к электросвязи, использовать в других отраслях тот же определяемый пользователем диапазон номеров доменов РТР. Ответственность за определение степени риска непреднамеренного взаимодействия между профилями РТР и принятие необходимых мер для предотвращения такого поведения возлагается на оператора сети.

6.2.2 Сообщения RTP, используемые в профиле

В этом профиле RTP используются следующие сообщения: *Sync*, *Follow_Up*, *Announce*, *Delay_Req* и *Delay_Resp*.

Использование сообщений *Signaling* и *Management* является предметом дальнейшего изучения.

Сообщения *Pdelay_Req*, *Pdelay_Resp* и *Pdelay_Resp_Follow_Up* не используются.

6.2.3 Типы тактовых генераторов RTP, поддерживаемые в профиле

В данном профиле используются обычные тактовые генераторы (OC), граничные тактовые генераторы (BC) и прозрачные тактовые генераторы (TC) в соответствии с определениями [IEEE 1588].

Существуют OC двух типов:

- 1) OC, которые могут быть только грандмастером (T-GM в соответствии с архитектурой, определенной в [ITU-T G.8275], и как указано в [ITU-T G.8272]);
- 2) OC, которые могут быть только ведомыми, то есть только ведомые OC (T-TSC в соответствии с архитектурой, определенной в [ITU-T G.8275], и с Приложением С [ITU-T G.8273.2]).

Существуют BC двух типов:

- 1) BC, которые могут быть только грандмастером (T-GM в соответствии с архитектурой, определенной в [ITU-T G.8275], и как указано в [ITU-T G.8272]);
- 2) BC, которые могут стать грандмастером, но могут быть и ведомыми другим генератором RTP (T-BC в соответствии с архитектурой, определенной в [ITU-T G.8275], и с [ITU-T G.8273.2]).

ПРИМЕЧАНИЕ. – T-GM и грандмастер (GM) – разные понятия; GM – это статус, определенный в [IEEE 1588], который тактовый генератор RTP может получить, если будет признан наилучшим алгоритмом главного тактового генератора (BMCA), тогда как T-GM – это тип тактового генератора, определенный в архитектуре [ITU-T G.8275].

Прозрачный тактовый генератор, используемый в данном профиле (T-TC в соответствии с архитектурой, определенной в [ITU-T G.8275], и со структурой тактовых сигналов фазы и времени [ITU-T G.8273]) – это сквозной прозрачный тактовый генератор, определенный в [IEEE 1588]. Использование одноранговых прозрачных тактовых генераторов в этом профиле не допускается.

В таблице 1 приведено сопоставление тактовых генераторов RTP этих типов с генераторами сигналов фазы/времени, определенными в архитектуре [ITU-T G.8275].

Таблица 1 – Сопоставление тактовых генераторов [ITU-T G.8275] и RTP

Типы тактовых генераторов из [ITU-T G.8275]	Описание	Типы тактовых генераторов из [IEEE 1588]
T-GM	Только обычный главный тактовый генератор (главный тактовый генератор с единственным портом RTP, всегда GM, не может быть ведомым другим тактовым генератором RTP)	OC
	Только граничный главный тактовый генератор (главный с несколькими портами RTP, всегда GM, не может быть ведомым другим тактовым генератором RTP)	BC
T-BC	Граничный тактовый генератор (может стать GM или быть ведомым другим тактовым генератором RTP)	BC
T-TSC	Только обычный ведомый тактовый генератор (всегда ведомый, не может быть GM)	OC
T-TC	Прозрачный тактовый генератор	Сквозной TC

6.2.4 Односторонний и двусторонний режимы работы

В этом профиле режим работы RTP должен быть двусторонним для транспортировки сигналов синхронизации фазы/времени, поскольку необходимо измерять задержку распространения. Таким образом в этом профиле допускается только двусторонний режим.

6.2.5 Одноступенчатый и двухступенчатый режимы синхронизации

В этом профиле поддерживаются как одноступенчатый, так и двухступенчатый режимы синхронизации. Совместимый с профилем тактовый генератор может использовать как одноступенчатый, так и двухступенчатый режим работы.

Для соответствия [IEEE 1588] ведомый порт должен быть в состоянии получать и обрабатывать сообщения одноступенчатых и двухступенчатых тактовых генераторов без всякой специальной настройки.

6.2.6 Групповая адресация Ethernet RTP-сообщений

Для передачи всех сообщений RTP в этом профиле электросвязи RTP используется групповая адресация Ethernet.

В профиле RTP, указанном в настоящей Рекомендации, при использовании преобразования RTP, определенного в [IEEE 1588], Приложение F, поддерживается как пересылаемый групповой адрес 01-80-C2-00-00-0E, так и пересылаемый групповой адрес 01-1B-19-00-00-00.

Тактовый генератор T-GM, T-BC, T-TSC или T-TC, совместимый с этим профилем, должен быть в состоянии обрабатывать как пересылаемый групповой адрес 01-80-C2-00-00-0E, так и пересылаемый групповой адрес 01-1B-19-00-00-00 во всех своих портах, поддерживающих RTP.

Для тактовых генераторов T-GM, T-BC и T-TSC выбор группового адреса осуществляется путем настройки каждого порта отдельно; для передачи RTP-сообщений в удаленный порт RTP каждый порт должен использовать настроенный адрес во всех RTP-сообщениях. В том случае, если удаленный порт RTP настроен на другой адрес, локальный порт RTP должен принимать и обрабатывать полученные сообщения.

Адрес по умолчанию зависит от политики оператора. См. Дополнение III.

При передаче в режиме по умолчанию никакой настройки T-TC не требуется: RTP-сообщения, передаваемые T-TC, должны использовать тот же групповой адрес назначения, который указан в полученном RTP-сообщении. Поддержка этого режима по умолчанию при передаче обязательна.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Для транспортного уровня этот профиль использует стандарт [IEEE 1588], Приложение F "Транспортировка RTP по сети IEEE 802.3/Ethernet". В частности, согласно соответствующим моделям моста Ethernet надлежащий MAC-адрес передачи порта передачи Ethernet помещается в поле sourceAddress заголовка кадра Ethernet, в который инкапсулируются RTP-пакеты, отправленные любым из тактовых генераторов RTP, определенных в этом профиле (то есть T-GM, T-BC, T-TC или T-TSC).

Данный профиль обрабатывает RTP-сообщения с многоадресной инкапсуляцией Ethernet. RTP-сообщения с инкапсуляцией других типов пересылаются по правилам переадресации соответствующего транспортного протокола.

6.2.7 Преобразование RTP

Данный профиль RTP электросвязи основан на преобразовании RTP, определенном в [IEEE 1588], Приложение F "Транспортировка RTP по сети IEEE 802.3/Ethernet".

Таким образом тактовый генератор RTP, совместимый с профилем, описанным в настоящей Рекомендации, должен соответствовать Приложению F [IEEE 1588].

В этом профиле используется поле transportSpecific, которое должно содержать значение 0.

В сценариях, которые рассматриваются в настоящее время, например на основе полной поддержки хронирования с применением T-BC и T-TC, для тактовых генераторов T-GM, T-BC и T-TSC не допускается вставка в кадры, переносящие RTP-сообщения, тега виртуальной локальной сети (VLAN). В этом случае при получении RTP-сообщения в кадре, содержащем тег VLAN, генераторы T-GM, T-BC и T-TSC должны отбрасывать этот кадр.

Некоторые конкретные конфигурации на основе T-TC обсуждаются в Дополнении I.

Использование тегов VLAN в других сценариях является предметом дальнейшего изучения.

6.2.8 Скорость передачи сообщений

В рамках профиля можно использовать следующие сообщения и должны соблюдаться соответствующие указанные номинальные скорости передачи:

- сообщения *Sync* (при использовании сообщений *Follow_up* они должны передаваться с той же скоростью) – номинальная скорость передачи 16 пакетов в секунду;
- сообщения *Delay_Req/Delay_Resp* – номинальная скорость передачи 16 пакетов в секунду;
- сообщения *Announce* – номинальная скорость передачи 8 пакетов в секунду.

При передаче сообщений *Sync* и *Announce* должны также соблюдаться требования пункта 7.7.2.1 [IEEE 1588]. Кроме того, промежуток времени между последовательными сообщениями *Sync* не должен превышать двух средних интервалов *Sync*, указанных выше, а промежуток времени между последовательными сообщениями *Announce* не должен превышать двух средних интервалов *Announce*, указанных выше.

Передача сообщений *Delay_Req* описана в [IEEE 1588], пункт 9.5.11.2.

В дополнение к пунктам 1 и 2 маркированного списка из пункта 9.5.11.2 [IEEE 1588] для тактового генератора, совместимого с этим профилем, должно выполняться одно из следующих условий:

- требования по времени передачи в соответствии с пунктом 3 маркированного списка из пункта 9.5.11.2 [IEEE 1588] с использованием распределения, зависящего от конкретной реализации. В этом случае узел РТР должен с достоверностью 90% передавать сообщения *Delay_Req* с интервалами между сообщениями в пределах $\pm 30\%$ от $2^{\log_{\text{MinDelayReqInterval}}}$ секунд;
- требования по времени передачи, приведенные в пункте 4 маркированного списка из пункта 9.5.11.2 [IEEE 1588].

Кроме того, время между последовательными сообщениями *Delay_Req* не должно превышать $2^{\log_{\text{MinDelayReqInterval}+1}}$ секунд.

Дополнительная справочная информация относительно передачи сообщений *Delay_Req*, описанных в пункте 9.5.11.2 [IEEE 1588], приведена в Дополнении II к настоящей Рекомендации.

Использование сообщений *Signaling* и *Management* является предметом дальнейшего изучения.

6.3 Вопросы защиты и альтернативный ВМСА

6.3.1 Альтернативный ВМСА

В профиле РТР, описанном в этой Рекомендации, используется альтернативный ВМСА, описанный в пункте 9.3.1 [IEEE 1588]. Этот альтернативный ВМСА имеет следующие отличия от ВМСА по умолчанию [IEEE 1588].

- a) Для каждого порта альтернативный ВМСА анализирует логический атрибут *masterOnly*. Если *masterOnly* имеет значение TRUE, то порт никогда не переводится в состояние SLAVE и всегда находится в состоянии MASTER. Если *masterOnly* имеет значение FALSE, то порт может быть переведен в состояние SLAVE. Атрибут *masterOnly* устанавливается с помощью настраиваемого элемента набора данных порта *portDS.masterOnly*.

Значение по умолчанию и диапазон значений этого атрибута для портов BC или OC, которые могут быть только GM (то есть T-GM), TRUE и {TRUE}.

Значение по умолчанию и диапазон значений этого атрибута для только ведомого порта OC (то есть T-TSC) FALSE и {FALSE}.

Значение по умолчанию и диапазон значений этого атрибута для портов BC, которые могут быть или не быть GM (то есть T-BC): TRUE и {TRUE, FALSE}.

Отметим, что в случае T-BC атрибуту *masterOnly* должно быть присвоено значение FALSE по крайней мере для одного порта, с тем чтобы T-BC мог синхронизироваться с другим тактовым генератором.

- b) Вычисление значения E_{rbest} выполняется согласно описанию, приведенному в пункте 9.3.2.3 [IEEE 1588], за исключением того, что если атрибут *masterOnly* порта r имеет значение TRUE, то E_{rbest} этого порта r должно быть присвоено пустое множество независимо от любых других условий. Это нужно для того, чтобы при вычислении E_{best} не использовалась информация, содержащаяся в сообщениях *Announce*, полученных портом r , где атрибут *masterOnly* имеет значение TRUE.

- с) Альтернативный ВМСА позволяет нескольким тактовым генераторам быть активными GM одновременно (тактовые генераторы, для которых clockClass меньше 128, не могут быть ведомыми). Если имеется несколько активных GM, то каждый не-GM тактовый генератор синхронизируется с одним GM в домене РТР.
- d) Каждому порту r тактового генератора назначается атрибут localPriority, который используется при определении значений $E_{r_{best}}$ и E_{best} . К каждому набору данных порождающего тактового генератора или внешнего главного тактового генератора, информация сообщения *Announce* которого получена портом r , добавляется атрибут localPriority локального порта r , после чего выполняется сравнение наборов данных, как показано на нижеследующих рисунках 2 и 3. Атрибут localPriority не передается в сообщениях *Announce*. Этот атрибут используется в качестве дополнительного показателя в алгоритме сравнения наборов данных в том случае, если все остальные атрибуты наборов данных имеют равные значения. Атрибут localPriority устанавливается с помощью настраиваемого элемента набора данных порта portDS.localPriority – целого числа без знака. Тип данных для этого атрибута UInteger8. Диапазон его значений {1-255}. Значение по умолчанию 128. Тактовый генератор, совместимый с этим профилем РТР, может поддерживать подмножество значений, определенных в этом диапазоне.
- е) Локальному тактовому генератору назначается атрибут localPriority, который используется в случае необходимости, когда данные D_0 , связанные с локальным тактовым генератором, сравниваются с данными другого потенциального GM, полученными в сообщении *Announce*. Атрибут localPriority локального тактового генератора устанавливается с помощью настраиваемого элемента набора данных по умолчанию defaultDS.localPriority – целого числа без знака. Тип данных для этого атрибута UInteger8. Диапазон его значений {1-255}. Значение по умолчанию 128. Тактовый генератор, совместимый с этим профилем РТР, может поддерживать подмножество значений, определенных в этом диапазоне.
- ф) Алгоритм сравнения наборов данных изменен, как показано на рисунках 2 и 3 в пункте 6.3.7.
- ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Поскольку для всех РТР-портов T-GM значение атрибута masterOnly, по определению, всегда равно TRUE, на практике атрибут localPriority для T-GM не используется.
- ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Для T-GM выход альтернативного ВМСА на практике остается неизменным и находится в рекомендуемом состоянии =ВМС_MASTER, так как для всех РТР-портов T-GM атрибут masterOnly = TRUE. Результирующим кодом решения может быть M1 или M2 в зависимости от состояния T-GM (то есть значения clockClass T-GM).
- ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Для T-BC порты, атрибут masterOnly которых имеет значение FALSE, выбираются в соответствии с планом синхронизации сети. Один типичный случай использования, когда этот параметр должен сохранять значение TRUE, – это предотвращение распространения сигнала хронирования из части сети, доступной для пользователей, к ядру сети.
- ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Атрибут masterOnly предназначен для использования главным образом в следующих двух сценариях:
- 1) РТР-порт T-GM;
 - 2) РТР-порт T-BC, направленный "вниз" – к той части дерева топологии, в которой обеспечивается доступ.

Использование параметра masterOnly в других сценариях, например когда РТР-порты участвуют в кольцевой архитектуре, может привести к непредвиденным эффектам, особенно во время перенастройки или изменения топологии.

6.3.2 Соображения по использованию атрибутов localPriority

Атрибуты localPriority служат мощным инструментом при определении архитектуры сети синхронизации.

Использование значений этих атрибутов по умолчанию, как указано альтернативным ВМСА, приводит к созданию сети синхронизации без замкнутых петель.

При установке значений, отличных от значений по умолчанию, необходимо правильное планирование для исключения замкнутых петель синхронизации.

6.3.3 Статический атрибут тактового генератора `priority1`

В этом профиле РТР атрибут тактового генератора `priority1` является статическим. Он инициализируется со значением по умолчанию, равным среднему значению своего диапазона допустимых значений 128, и это значение не должно изменяться.

В этой версии профиля РТР электросвязи параметр `priority1` не используется. В будущих версиях можно рассмотреть возможность использования этого атрибута – это предмет дальнейшего изучения.

6.3.4 Атрибут тактового генератора `priority2`

В этом профиле РТР атрибут тактового генератора `priority2` является настраиваемым.

Он инициализируется со значением по умолчанию, равным для тактовых генераторов T-GM и T-BC 128 – среднему значению своего диапазона допустимых значений {0-255}. Значение по умолчанию для тактовых генераторов T-TSC составляет 255, а диапазон допустимых значений – {255}.

T-GM или T-BC, соответствующие этому профилю РТР, должны поддерживать все значения `priority2`, определенные в пределах диапазона допустимых значений. T-TSC, совместимый с этим профилем, при приеме должен поддерживать все значения `priority2`, определенные в полном диапазоне допустимых значений [IEEE1588] (то есть {0-255}).

В Дополнении IV описываются возможные применения атрибута `priority2`; другие случаи являются предметом дальнейшего изучения.

6.3.5 Другие атрибуты тактовых генераторов

Тактовый генератор РТР, совместимый с этим профилем РТР, должен поддерживать прием всех значений параметров `clockClass`, `clockAccuracy` и `offsetScaledLogVariance` [не отбрасывая], определенных во всем диапазоне допустимых значений [IEEE1588].

Применимые значения атрибута тактового генератора `clockClass` указаны в пункте 6.4.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Поведение при приеме значения `clockClass`, не указанное в таблице 2, является предметом дальнейшего изучения.

В перечисленных ниже ситуациях применяются следующие значения атрибута тактового генератора `clockAccuracy`:

- 0x20 для T-GM, подключенного к Усовершенствованному первичному эталонному генератору сигналов хронирования (ePRTC) в синхронном режиме (то есть когда ePRTC прослеживается до глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС));
- 0x21 для T-GM, подключенного к PRTC в синхронном режиме (то есть когда PRTC прослеживается до ГНСС);
- 0xFE для T-GM, не подключенного ни к ePRTC в синхронном режиме, ни к PRTC в синхронном режиме;
- 0xFE для T-BC во всех случаях.

В перечисленных ниже ситуациях применяются следующие значения атрибута тактового генератора `offsetScaledLogVariance`:

- 0x4B32 для T-GM, подключенного к ePRTC в синхронном режиме (то есть когда ePRTC прослеживается до ГНСС). Это соответствует TDEV в 10 нс в интервале наблюдения 10 000 с. Соответствующее значение дисперсии РТР (PTPVAR) составляет $1,271 \times 10^{-16} \text{ с}^2$ (см. Дополнение IX);
- 0x4E5D для T-GM, подключенного к PRTC в синхронном режиме (то есть когда PRTC прослеживается до ГНСС). Это соответствует TDEV в 30 нс в интервале наблюдения 10 000 с. Соответствующее значение дисперсии РТР (PTPVAR) составляет $1,144 \times 10^{-15} \text{ с}^2$ (см. Дополнение IX);
- 0xFFFF для T-GM, не подключенного ни к ePRTC в синхронном режиме, ни к PRTC в синхронном режиме;
- 0xFFFF для T-BC во всех случаях.

6.3.6 Алгоритм определения состояния

На рисунке 1 представлен алгоритм определения состояния, применимый к альтернативному ВМСА профиля РТР, описанного в настоящей Рекомендации. После принятия решения с помощью этого алгоритма наборы данных локального тактового генератора обновляются, как указано в пункте 9.3.5 [IEEE 1588]. Подробнее об использовании этого алгоритма см. в пункте 9.3.3 [IEEE 1588].

6.3.7 Алгоритм сравнения наборов данных

На рисунках 2 и 3 представлен алгоритм сравнения наборов данных для альтернативного ВМСА профиля РТР, описанного в этой Рекомендации. В этом алгоритме один тактовый генератор сравнивается с другим с использованием наборов данных, представляющих эти тактовые генераторы, с добавлением атрибута `localPriority`. Подробнее об использовании этого алгоритма см. в пункте 9.3.4 [IEEE 1588].

Если любой из наборов данных А или В, показанных на рисунках 2 и 3, содержат данные порождающего тактового генератора или внешнего главного тактового генератора, то соответствующий атрибут `localPriority` его набора данных будет атрибутом `localPriority` локального порта `r`, на который была получена информация от этого порождающего тактового генератора или внешнего главного тактового генератора (см. пункт d) пункта 6.3.1).

Если любой из наборов данных А или В, показанных на рисунках 2 и 3, содержит данные локального тактового генератора `D0`, то соответствующий атрибут `localPriority` этого набора данных будет атрибутом `localPriority` локального тактового генератора (см. пункт e) пункта 6.3.1).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Рекомендуется реализовать весь алгоритм сравнения наборов данных, представленный на рисунках 2 и 3, даже если некоторые параметры в настоящее время не изменяются, так как они могут использоваться в последующих версиях этой Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Блок на рисунке 2 "значение атрибута `GM clockClass A` не превышает 127" позволяет разным Т-ВС в сети синхронизироваться с помощью разных Т-GM, когда установлено несколько Т-GM.

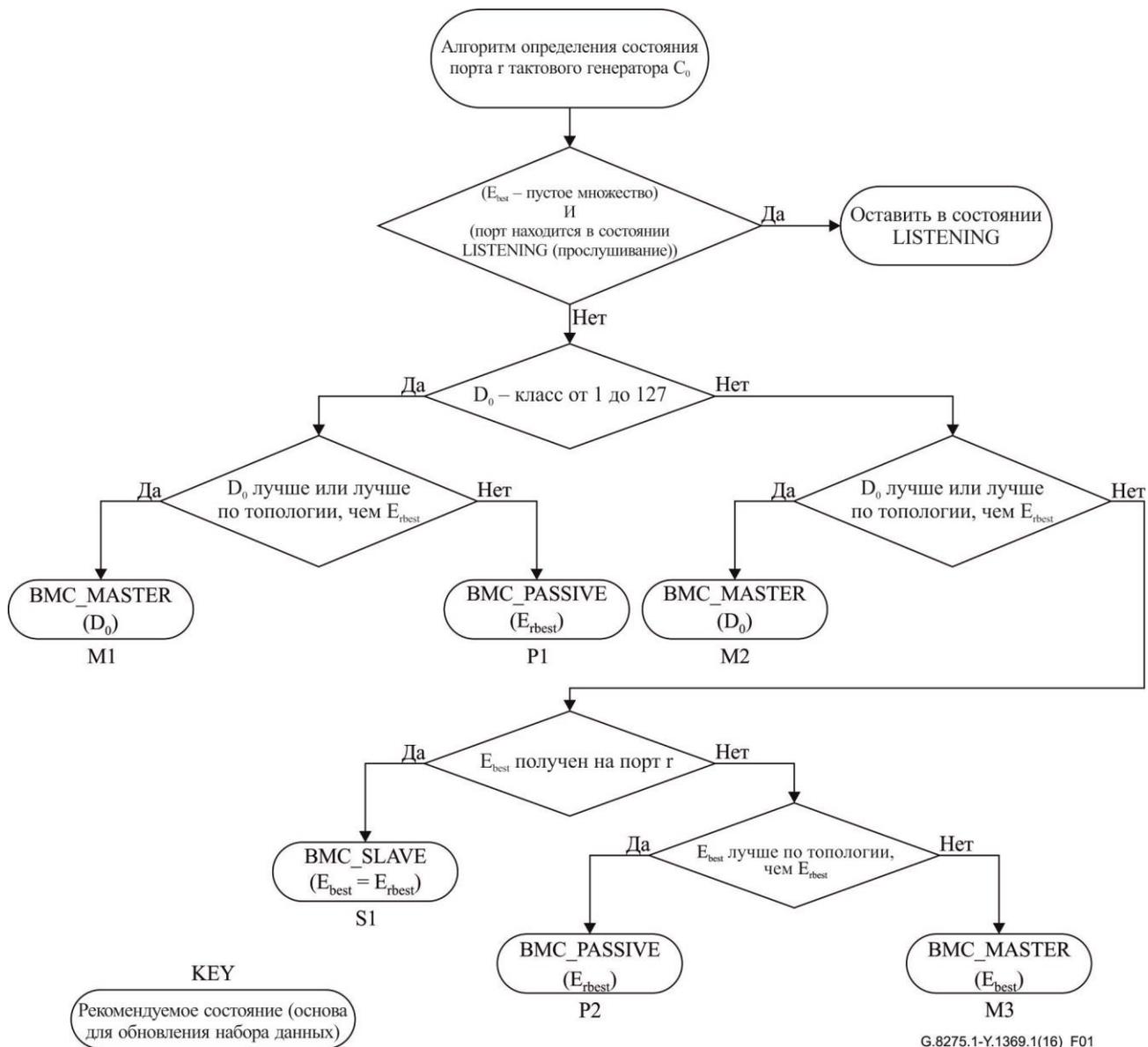


Рисунок 1 – Алгоритм определения состояния для альтернативного BMCA

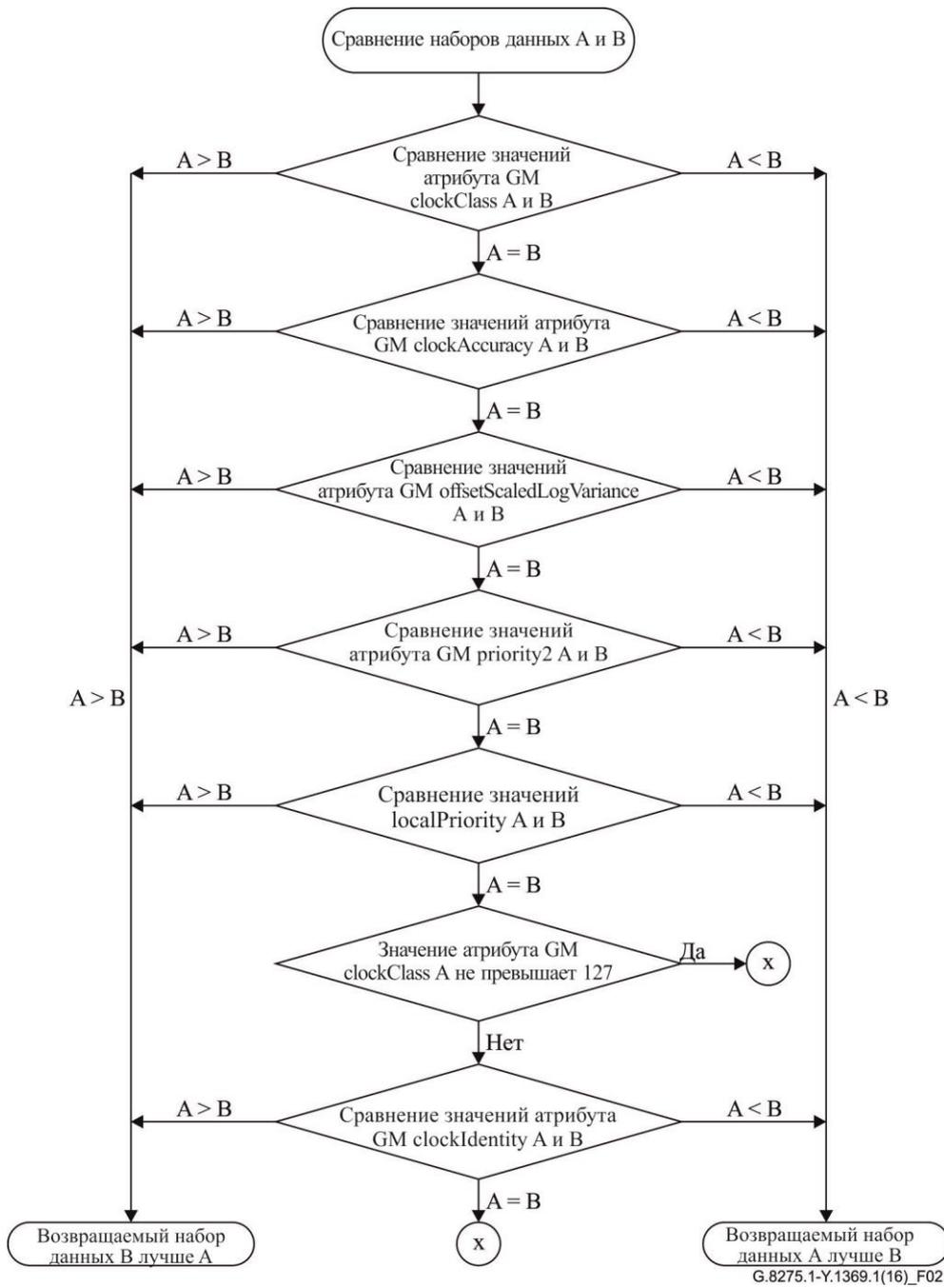
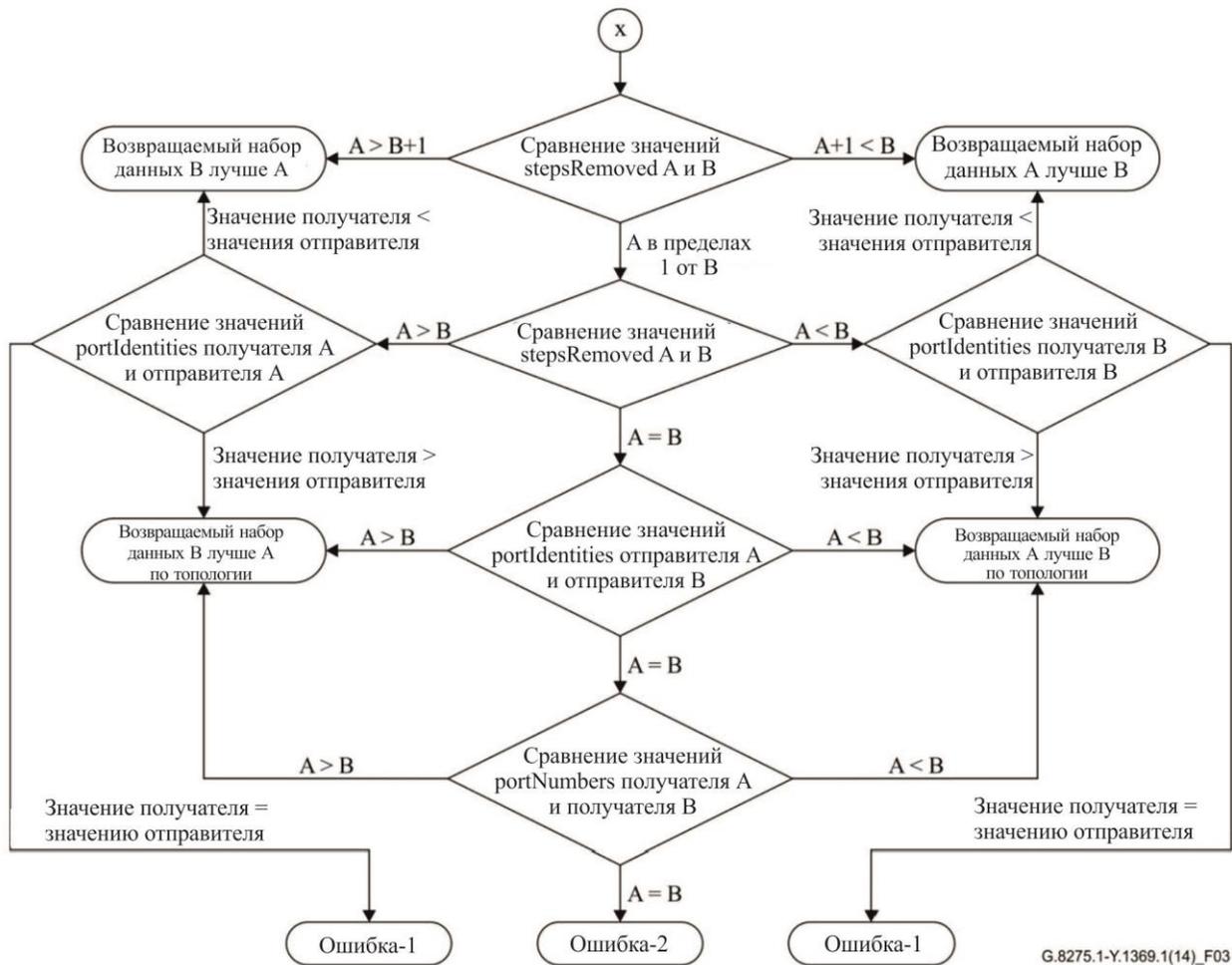


Рисунок 2 – Алгоритм сравнения наборов данных для альтернативного ВМСА, часть 1



G.8275.1-Y.1369.1(14)_F03

Рисунок 3 – Алгоритм сравнения наборов данных для альтернативного VMCA, часть 2

6.3.8 Неиспользуемые поля RTP

Некоторые поля RTP в данном профиле RTP не используются. В этом разделе определяются действия, применимые к таким неиспользуемым полям RTP.

В таблице A.8 раздела A.10 настоящей Рекомендации определены значения флагов общего заголовка RTP и указано, используется ли каждый флаг в этом профиле.

Кроме того, в этом профиле не используются следующие поля:

- в этом профиле не используется поле controlField общего заголовка сообщений RTP. Получатель должен игнорировать это поле для сообщений RTP всех типов;
- поле priority1 сообщения *Announce* не используется, и ему должно быть присвоено фиксированное значение, указанное в пункте 6.3.3.

Когда тактовый генератор RTP получает сообщение RTP с полем, использование которого не определено в настоящем профиле RTP, содержащим значение, выходящее за пределы диапазона допустимых значений, то это поле сообщения RTP должно игнорироваться, а сообщение RTP не отбрасывается.

Например, в следующих случаях тактовый генератор RTP, соответствующий профилю RTP, должен игнорировать полученное значение поля. Тактовый генератор, соответствующий профилю RTP, не должен обновлять свои локальные наборы данных входящими значениями следующих полей:

- flagField – alternateMasterFlag;
- flagField – unicastFlag;
- flagField – RTP profile Specific 1;

- flagField – PTP profile Specific 2.

Когда тактовый генератор PTP получает сообщение PTP с полем, использование которого определено в настоящем профиле PTP, содержащим значение, выходящее за пределы диапазона допустимых значений принимаемых данных, то все сообщение PTP отбрасывается. За исключением атрибутов clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance и priority2 (см. пункты 6.3.4 и 6.3.5), диапазоны приема и элементов defaultDS одни и те же.

Например, совместимый тактовый генератор должен отбросить полученный входящий пакет (сообщения General и Event), если значение любого из следующих полей выходит за пределы допустимого диапазона профиля:

- domainNumber;
- versionPTP.

Локальный набор данных тактового генератора не должен обновляться полученными значениями.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Если тактовый генератор получает сообщение *Announce*, в котором полю priority1 присвоено значение, отличное от 128, и если тактовый генератор, объявляющий это значение, выбран в качестве GM, то принимающий тактовый генератор должен также объявить 128. Принимающий тактовый генератор игнорирует неиспользуемый атрибут priority1 для целей альтернативного BMCA.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Допустимые диапазоны приема атрибутов тактового генератора priority2, clockClass, clockAccuracy и offsetScaledLogVariance соответствуют полным диапазонам [IEEE1588], см. пункты 6.3.4 и 6.3.5.

6.4 Информация о прослеживаемости фазы/времени

Для доставки информации о прослеживаемости фазы/времени в данном профиле PTP электросвязи используются значения clockClass, описанные в нижеследующей таблице 2. Дополнительная информация по взаимодействию приведена в таблице 4.

Флаг FrequencyTraceable, присутствующий в заголовке сообщения PTP, определяется в этом профиле следующим образом: если тактовый генератор PTP прослеживается до PRTC в синхронном режиме или до первичного эталонного тактового генератора (PRC), например с помощью PRC-прослеживаемого частотного входного сигнала физического уровня, то этому параметру присваивается значение TRUE, иначе ему присваивается значение FALSE. Этот флаг не используется в альтернативном BMCA, определенном в пункте 6.3; значения, указанные для этого флага в таблице 2, могут использоваться оператором сети для целей контроля или конечными приложениями для целей выбора, как описано в Дополнении VIII.

Когда T-GM впервые входит в режим удержания хронирования, он понижает используемое им значение clockClass до 7. Затем он рассчитывает, остается ли погрешность времени на его выходе в пределах спецификации удержания. Если T-GM определяет, что погрешность времени на его выходе превышает спецификацию удержания, он понижает используемое им значение clockClass до 140, 150 или 160 в зависимости от качества его опорной частоты (внутренний генератор или принимаемый частотный сигнал физического уровня по внешнему интерфейсу).

Когда T-BC впервые входит в режим удержания, он понижает используемое им значение clockClass до 135. Затем он рассчитывает, остается ли погрешность времени на его выходе в пределах спецификации удержания. Если T-BC определяет, что погрешность времени на его выходе превышает спецификацию удержания, он понижает используемое им значение clockClass до 165 (внутренний генератор или принимаемый частотный сигнал физического уровня по внешнему интерфейсу).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Применимая спецификация удержания зависит от конструкции и бюджетирования сети синхронизации. Примеры бюджетирования сети см. в Дополнении V [ITU-T G.8271.1]. Типичное значение бюджета удержания хронирования, указанное в сценарии отказа b), приведенном в таблице V.1 [ITU-T G.8271.1], при использовании T-GM или T-BC для удержания хронирования, когда общая погрешность времени остается в пределах 1,5 мкс, составляет 400 нс.

Таблица 2 – Применимые значения clockClass

Описание прослеживаемости фазы/времени	defaultDS. clockQuality. clockClass	Флаг frequencyTraceable	Флаг timeTraceable
T-GM подключен к PRTC в синхронном режиме (то есть PRTC прослеживается до ГНСС)	6	TRUE	TRUE
T-GM в режиме удержания хронирования, в пределах спецификации удержания, и прослеживается до источника частоты категории 1 (Примечание 1)	7	TRUE	TRUE
T-GM в режиме удержания хронирования, в пределах спецификации удержания, и не прослеживается до источника частоты категории 1 (Примечание 1)	7	FALSE	TRUE
T-BC в режиме удержания хронирования, в пределах спецификации удержания, и прослеживается до источника частоты категории 1 (Примечание 1)	135	TRUE	TRUE
T-BC в режиме удержания хронирования, в пределах спецификации удержания, и не прослеживается до источника частоты категории 1 (Примечание 1)	135	FALSE	TRUE
T-GM в режиме удержания хронирования, вне пределов спецификации удержания, и прослеживается до источника частоты категории 1 (Примечание 1)	140	TRUE	FALSE
T-GM в режиме удержания хронирования, вне пределов спецификации удержания, и прослеживается до источника частоты категории 2 (Примечание 1)	150	FALSE	FALSE
T-GM в режиме удержания хронирования, вне пределов спецификации удержания, и прослеживается до источника частоты категории 3 (Примечание 1)	160	FALSE	FALSE
T-BC в режиме удержания хронирования, вне пределов спецификации удержания (Примечание 1)	165	(Примечание 2)	FALSE
T-GM или T-BC без опорного хронирования с момента запуска	248	(Примечание 2)	FALSE
Только ведомый ОС (не отправляет сообщения <i>Announce</i>)	255	(Примечание 2)	В соответствии с PTP
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Порог спецификации удержания, контролирующий время, потраченное на объявление значений clockClass 7 или 135, можно установить равным нулю, с тем чтобы T-GM или T-BC объявляли уменьшенные значения clockClass сразу же после потери прослеживаемости до PRTC. В этом случае в первое время после объявления значений clockClass 140, 150, 160 или 165 тактовый генератор может все еще оставаться в пределах спецификации удержания.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Флаг frequencyTraceable может иметь значение TRUE или FALSE в зависимости от наличия PRC-прослеживаемого частотного входного сигнала физического уровня.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 3. – Как вариант, в некоторых случаях диапазон clockClass T-BC может быть расширен с (135, 165, 248) до (135, 140, 150, 160, 165, 248), если: а) 140, 150, 160 и 165 соответствуют качеству опорной частоты; б) применимые обстоятельства для 140, 150 и 160 те же, что и для T-GM; и с) 165 соответствует тактовому генератору оборудования синхронного Ethernet (ЕЕС). Если используется этот вариант, то в одном домене PTP все тактовые генераторы PTP должны реализовывать именно этот вариант (и не должны смешиваться с тактовыми генераторами, которые не реализуют этот вариант). Детали являются предметом дальнейшего изучения.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 4. – Термин "удержание" в этой таблице означает "удержание хронирования".</p>			

В таблице 3 показано, как уровни качества тактового генератора (QL), определенные в [ITU-T G.781], соотносятся с источниками частоты категории 1, 2 и 3, используемыми в таблице 2.

Таблица 3 – Сопоставление QL тактовых генераторов [ITU-T G.781] с источниками частоты категорий 1, 2, 3

Категория (из таблицы 2)	Вариант I QL из ITU-T G.781	Вариант II QL из ITU-T G.781
Источник частоты категории 1	QL-PRC	QL-PRS
Источник частоты категории 2	QL-SSU-A	QL-ST2
Источник частоты категории 3	QL-SSU-B	QL-ST3E

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Случай, когда T-BC выступает в качестве GM, а внешний входной сигнал фазы/времени, поступающий из PRTC, обрабатывается с помощью виртуального порта RTP с соответствующими атрибутами E_{rbest} , как указано в Приложении С к настоящей Рекомендации. Общий случай T-BC, когда внешний входной сигнал синхронизации фазы/времени отличается от PRTC, является предметом дальнейшего изучения.

В таблице 4 представлено подмножество значений clockClass таблицы 2 на основе качества опорной частоты и сопоставление соответствующих значений, используемых некоторым оборудованием, внедренным до появления этой Рекомендации.

ПРИМЕЧАНИЕ 3. – При необходимости взаимодействия с оборудованием, внедренным до появления настоящей Рекомендации, должны поддерживаться оба набора значений clockClass. Для полной совместимости может потребоваться соблюдение других аспектов.

Таблица 4 – Значения clockClass для оборудования, внедренного до появления настоящей Рекомендации

Описание прослеживаемости фазы/времени	Значения, определенные в таблице 2	Значения до появления настоящей Рекомендации
T-GM подключен к PRTC в синхронном режиме (то есть PRTC прослеживается до ГНСС)	6	6
T-GM в режиме удержания хронирования, вне пределов спецификации удержания, и прослеживается до источника частоты категории 1 (Примечание 1)	140	7
T-GM в режиме удержания хронирования, вне пределов спецификации удержания, и прослеживается до источника частоты категории 2 (Примечание 1)	150	(Примечание 2)
T-GM в режиме удержания хронирования, вне пределов спецификации удержания, и прослеживается до источника частоты категории 3 (Примечание 1)	160	52
T-BC в режиме удержания хронирования, вне пределов спецификации удержания, и использует неспецифицированный источник частоты (Примечание 1)	165	187
Только ведомый ОС (не отправляет сообщения <i>Announce</i>)	255	255
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В первое время после объявления значений clockClass больше 6 тактовый генератор может все еще оставаться в пределах спецификации удержания.		
ПРИМЕЧАНИЕ 2. – См. применимое значение, указанное для оборудования.		

7 Профиль RTP МСЭ-Т для распределения сигналов фазы/времени с полной поддержкой хронирования из сети

Профиль RTP для распределения сигналов фазы/времени с полной поддержкой хронирования из сети содержится в Приложении А.

8 Аспекты безопасности

Предмет дальнейшего изучения.

Приложение А

Профиль РТР МСЭ-Т для распределения сигналов фазы/времени с полной поддержкой хронирования со стороны сети

(Данное приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Данное приложение содержит профиль РТР электросвязи для распределения сигналов фазы/времени с полной поддержкой хронирования со стороны сети, как того требует [IEEE 1588]. Для того чтобы претендовать на соответствие этому профилю РТР электросвязи, должны быть выполнены требования настоящего Приложения и этой Рекомендации.

А.1 Идентификация профиля

profileName профиль РТР МСЭ-Т для распределения сигналов фазы/времени с полной поддержкой хронирования со стороны сети

profileVersion 2.0

profileIdentifier 00-19-A7-01-02-00

Этот профиль определен МСЭ-Т.

Копию можно получить на странице www.itu.int.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Версия 1 данного профиля устанавливает ограниченный диапазон допустимых значений clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance и T-TSC, priority2. Получение значения вне допустимого диапазона приводит к отбрасыванию сообщения *Announce*. В версии 2 профиля диапазон допустимых значений увеличен до полного диапазона РТР. В сетях, где развернуты ePRTC, в которых используются новые значения clockAccuracy и offsetScaledLogVariance, выходящие за пределы диапазона версии 1, все тактовые генераторы должны использовать версию 2 профиля. Если в сети не планируется развертывание ePRTC, то эта сеть может работать с тактовыми генераторами по версии 1 и версии 2 в сочетании.

А.2 Значения атрибутов РТР

Значения по умолчанию и диапазоны значений атрибутов РТР, используемые в этом профиле, содержатся в таблицах А.1, А.2, А.3, А.4, А.5, А.6 и А.7. Для атрибутов clockClass, clockAccuracy, offsetScaledLogVariance и priority2 приведены диапазоны для defaultDS.

ПРИМЕЧАНИЕ. – При выборе порождающего тактового генератора, обновлении parentDS и передаче сообщений *Announce* граничные тактовые генераторы следуют правилам [IEEE 1588], так что они могут передавать значения, отличные от значений defaultDS.

Для атрибутов, не указанных в этом профиле, должны использоваться значения инициализации и диапазоны по умолчанию, определенные в [IEEE 1588].

Эти таблицы содержат значения инициализации и диапазоны по умолчанию для каждого элемента набора данных следующих тактовых генераторов:

- грандмастер электросвязи – обычный или граничный тактовый генератор, который может действовать только как GM (T-GM согласно [ITU-T G.8275] – первый тактовый генератор РТР в цепочке);
- ведомый тактовый генератор хронирования электросвязи – обычный тактовый генератор с clockClass = 255 (T-TSC согласно [ITU-T G.8275] – последний тактовый генератор РТР в цепочке);
- граничный тактовый генератор электросвязи – граничный тактовый генератор, который может быть GM; такой тактовый генератор будет GM, если это лучший тактовый генератор в сети (T-BC согласно [ITU-T G.8275] – промежуточные тактовые генераторы РТР в цепочке);
- прозрачный тактовый генератор электросвязи – сквозной прозрачный тактовый генератор (T-TC согласно [ITU-T G.8275] – промежуточный тактовый генератор РТР в цепочке).

В таблице 1 пункта 6.2.3 приведено сопоставление тактовых генераторов РТР этих типов с генераторами сигналов фазы/времени, определенными в архитектуре [ITU-T G.8275].

Атрибуты, определенные в таблицах А.6 и А.7 для прозрачного тактового генератора, носят необязательный характер.

Таблица А.1 – Спецификации элементов набора данных defaultDS

Пункт [IEEE 1588]	Элементы набора данных	Требования к грандмастеру электросвязи		Требования к ведомому тактовому генератору хронирования электросвязи		Требования к граничному тактовому генератору электросвязи	
		Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон
8.2.1.2.1	defaultDS.twoStepFlag (статический)	В соответствии с РТР	{FALSE, TRUE}	В соответствии с РТР	{FALSE, TRUE}	В соответствии с РТР	{FALSE, TRUE}
8.2.1.2.2	defaultDS.clockIdentity (статический)	В соответствии с РТР, на базе формата EUI-64	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР, на базе формата EUI-64	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР, на базе формата EUI-64	В соответствии с РТР
8.2.1.2.3	defaultDS.numberPorts (статический)	1 для ОС В соответствии с РТР для ВС	{1} для ОС В соответствии с РТР для ВС	1	{1}	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.1.3.1.1	defaultDS.clockQuality.clockClass (динамический)	248	{6, 7, 140, 150, 160, 248}	255	{255}	248	{135, 165, 248}
8.2.1.3.1.2	defaultDS.clockQuality.clockAccuracy (динамический)	0xFE	{0x20, 0x21, 0xFE} (Примечание)	0xFE	{0xFE}	0xFE	{0xFE}
8.2.1.3.1.3	defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance (динамический)	0xFFFF	{0x4B32, 0x4E5D, 0xFFFF} (Примечание)	0xFFFF	{0xFFFF}	0xFFFF	{0xFFFF}
8.2.1.4.1	defaultDS.priority1 (настраиваемый)	128	{128}	128	{128}	128	{128}
8.2.1.4.2	defaultDS.priority2 (настраиваемый)	128	{0-255}	255	{255}	128	{0-255}
8.2.1.4.3	defaultDS.domainNumber (настраиваемый)	24	{24-43}	24	{24-43}	24	{24-43}
8.2.1.4.4	defaultDS.slaveOnly (настраиваемый)	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}
Новый элемент	defaultDS.localPriority (настраиваемый)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}
Новый элемент	defaultDS.maxStepsRemoved (настраиваемый)	255	{1-255}	255	{1-255}	255	{1-255}
ПРИМЕЧАНИЕ. – Примеры применимых значений приведены в пункте 6.3.5.							

Таблица А.2 – Спецификации элементов набора данных currentDS

Пункт [IEEE 1588]	Элементы набора данных	Требования к грандмастеру электросвязи		Требования к ведомому тактовому генератору хронирования электросвязи		Требования к граничному тактовому генератору электросвязи	
		Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон
8.2.2.2	currentDS.stepsRemoved (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.2.3	currentDS.offsetFromMaster (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.2.4	currentDS.meanPathDelay (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР

Таблица А.3 – Спецификации элементов набора данных parentDS

Пункт [IEEE 1588]	Элементы набора данных	Требования к грандмастеру электросвязи		Требования к ведомому тактовому генератору хронирования электросвязи		Требования к граничному тактовому генератору электросвязи	
		Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон
8.2.3.2	parentDS.parentPortIdentity (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.3.3	parentDS.parentStats (динамический)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)
8.2.3.4	parentDS.observedParentOffset ScaledLogVariance (динамический)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)
8.2.3.5	parentDS.observedParentClock PhaseChangeRate (динамический)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)	(Примечание)
8.2.3.6	parentDS.grandmasterIdentity (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.3.7	parentDS.grandmasterClock Quality (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.3.8	parentDS.grandmasterPriority1 (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.3.9	parentDS.grandmasterPriority2 (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР

ПРИМЕЧАНИЕ. – В соответствии с РТР, неприменимо для данного профиля.

Таблица А.4 – Спецификации элементов набора данных timePropertiesDS

Пункт [IEEE 1588]	Элементы набора данных	Требования к грандмастеру электросвязи		Требования к ведомому тактовому генератору хронирования электросвязи		Требования к граничному тактовому генератору электросвязи	
		Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон
8.2.4.2	timePropertiesDS.currentUtcOffset (динамический)	В соответствии с PTP	В соответствии с PTP	В соответствии с PTP	В соответствии с PTP	В соответствии с PTP	В соответствии с PTP
8.2.4.3	timePropertiesDS.currentUtcOffsetValid (динамический)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.4	timePropertiesDS.leap59 (динамический)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.5	timePropertiesDS.leap61 (динамический)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.6	timePropertiesDS.timeTraceable (динамический)	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.2.4.7	timePropertiesDS.frequencyTraceable (динамический)	FALSE	{FALSE, TRUE} Примечание	FALSE	{FALSE, TRUE} Примечание	FALSE	{FALSE, TRUE} Примечание
8.2.4.8	timePropertiesDS.ptpTimescale (динамический)	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}	TRUE	{TRUE}
8.2.4.9	timePropertiesDS.timeSource (динамический)	0xA0	В соответствии с PTP	0xA0	В соответствии с PTP	0xA0	В соответствии с PTP
<p>ПРИМЕЧАНИЕ. – Если тактовый генератор прослеживается до PRTC в синхронном режиме или до PRC (например, с помощью прослеживаемого до PRC частотного входа физического уровня), то этот параметр должен иметь значение TRUE, в противном случае он должен иметь значение FALSE.</p>							

Таблица А.5 – Спецификации элементов набора данных portDS

Пункт [IEEE 1588]	Элементы набора данных	Требования к грандмастеру электросвязи		Требования к ведомому тактовому генератору хронирования электросвязи		Требования к граничному тактовому генератору электросвязи	
		Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон	Значение инициализации по умолчанию	Диапазон
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.clockIdentity (статический)	В соответствии с РТР, на базе формата EUI-64	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР, на базе формата EUI-64	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР, на базе формата EUI-64	В соответствии с РТР
8.2.5.2.1	portDS.portIdentity.portNumber (статический)	1 для ОС В соответствии с РТР для ВС	{1} для ОС В соответствии с РТР для ВС	1	{1}	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.5.3.1	portDS.portState (динамический)	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР	В соответствии с РТР
8.2.5.3.2	portDS.logMinDelayReqInterval (динамический)	-4	{-4}	-4	{-4}	-4	{-4}
8.2.5.3.3	portDS.peerMeanPathDelay (динамический)	(Примечание 1)	(Примечание 1)	(Примечание 1)	(Примечание 1)	(Примечание 1)	(Примечание 1)
8.2.5.4.1	portDS.logAnnounceInterval (настраиваемый)	-3	{-3}	-3 (Примечание 2)	{-3} (Примечание 2)	-3	{-3}
8.2.5.4.2	portDS.announceReceiptTimeout (настраиваемый)	3	{3 - z} z = FFS	3	{3 - z} z = FFS	3	{3 - z} z = FFS
8.2.5.4.3	portDS.logSyncInterval (настраиваемый)	-4	{-4}	-4 (Примечание 2)	{-4} (Примечание 2)	-4	{-4}
8.2.5.4.4	portDS.delayMechanism (настраиваемый)	01	{01}	01	{01}	01	{01}
8.2.5.4.5	portDS.logMinPdelayReqInterval (настраиваемый)	(Примечание 1)	(Примечание 1)	(Примечание 1)	(Примечание 1)	(Примечание 1)	(Примечание 1)
8.2.5.4.6	portDS.versionNumber (настраиваемый)	2	{2}	2	{2}	2	{2}
Новый элемент	portDS.masterOnly (настраиваемый)	TRUE	{TRUE}	FALSE	{FALSE}	TRUE	{TRUE, FALSE}
Новый элемент	portDS.localPriority (настраиваемый)	128	{1-255}	128	{1-255}	128	{1-255}
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В соответствии с РТР, неприменимо для данного профиля. ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Сообщения этого типа не передаются только ведомым ОС.							

Таблица А.6 – Спецификации элементов набора данных transparentClockDefaultDS

Пункт [IEEE 1588]	Элементы набора данных	Требования к прозрачным тактовым генераторам электросвязи	
		Значение инициализации по умолчанию	Диапазон
8.3.2.2.1	transparentClockDefaultDS.clockIdentity (статический)	В соответствии с РТР, на базе формата EUI-64	В соответствии с РТР
8.3.2.2.2	transparentClockDefaultDS.numberPorts (статический)	В соответствии с РТР для ТС	В соответствии с РТР для ТС
8.3.2.3.1	transparentClockDefaultDS.delayMechanism (настраиваемый)	01	{01}
8.3.2.3.2	transparentClockDefaultDS.primaryDomain (настраиваемый)	24	{24-43}

Таблица А.7 – Спецификации элементов набора данных transparentClockPortDS

Пункт [IEEE 1588]	Элементы набора данных	Требования к прозрачным тактовым генераторам электросвязи	
		Значение инициализации по умолчанию	Диапазон
8.3.3.2.1	transparentClockPortDS.portIdentity (статический)	В соответствии с РТР, на базе формата EUI-64	В соответствии с РТР
8.3.3.3.1	transparentClockPortDS.logMinPdelayReqInterval (динамический)	(Примечание 1)	(Примечание 1)
8.3.3.3.2	transparentClockPortDS.faultyFlag (динамический)	FALSE	{FALSE, TRUE}
8.3.3.3.3	transparentClockPortDS.peerMeanPathDelay (динамический)	(Примечание 1)	(Примечание 1)
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В соответствии с РТР, неприменимо для данного профиля.			

А.3 Варианты параметров РТР

А.3.1 Необходимые, разрешенные и запрещенные типы узлов

В данном профиле разрешены следующие типы узлов: обычные тактовые генераторы, граничные тактовые генераторы и сквозные прозрачные тактовые генераторы.

В этом профиле запрещены следующие типы узлов: одноранговые прозрачные тактовые генераторы.

А.3.2 Одноступенчатый и двухступенчатый режимы синхронизации

Допускается как одноступенчатый, так и двухступенчатый режимы синхронизации. Тактовый генератор должен быть способен получать и обрабатывать сообщения, передаваемые как одноступенчатыми, так и двухступенчатыми тактовыми генераторами. От тактового генератора не требуется поддержки ни одноступенчатого, ни двухступенчатого режимов передачи сообщений.

А.3.3 Необходимые, разрешенные и запрещенные транспортные механизмы

В данном профиле требуется транспортный механизм IEEE 802.3/Ethernet в соответствии с Приложением F [IEEE 1588]. Для соответствия этому профилю требуется поддержка как пересылаемого группового адреса 01-80-C2-00-00-0E, так и пересылаемого группового адреса 01-1B-19-00-00-00.

Все прочие транспортные механизмы подлежат дальнейшему изучению в рамках этого профиля.

A.3.4 Одноадресные сообщения

Все сообщения передаются многоадресно с использованием одного из двух групповых адресов, указанных в пункте A.3.3. Режим одноадресной рассылки в данной версии профиля не допускается.

A.4 Варианты наилучшего алгоритма тактового генератора

В данном профиле используется альтернативный ВМСА, описанный в пункте 6.3 настоящей Рекомендации.

A.5 Способ измерения задержки пути (запрос задержки/ответ задержки)

В данном профиле используется механизм запроса задержки/ответа задержки. Равноуровневый механизм задержки (peer delay) в этом профиле не используется.

A.6 Формат идентификаторов тактовых генераторов

Для создания идентификаторов тактовых генераторов необходимо поддерживать использование IEEE EUI-64, как указано в пункте 7.5.2.2.2 [IEEE 1588]. Несоответствующие IEEE форматы clockIdentity не поддерживаются.

A.7 Способы управления конфигурацией

Аспекты управления являются предметом дальнейшего изучения и будут рассмотрены в будущей версии данного профиля.

A.8 Аспекты безопасности

Аспекты безопасности являются предметом дальнейшего изучения. Экспериментальный протокол безопасности в соответствии с Приложением К [IEEE 1588] не используется.

A.9 Другие дополнительные функции IEEE 1588

Другие дополнительные функции [IEEE 1588] в данной версии профиля не используются. К ним относятся переговоры с помощью одноадресных сообщений (пункт 16.1 [IEEE 1588]), альтернативные масштабы времени (пункт 16.3 [IEEE 1588]), грандмастер-кластеры (пункт 17.3 [IEEE 1588]), альтернативный главный тактовый генератор (пункт 17.4 [IEEE 1588]), одноадресное обнаружение (пункт 17.5 [IEEE 1588]), таблица приемлемых главных тактовых генераторов (пункт 17.6 [IEEE 1588]), а также экспериментальный накопленный сдвиг масштабного коэффициента частоты (Приложение L [IEEE 1588]).

A.10 Флаги общего заголовка RTP

Значения флагов общего заголовка RTP приведены в таблице A.8, где также указано, используется или нет каждый флаг в данном профиле.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Некоторые из этих флагов используются только в некоторых, а не во всех сообщениях RTP, см. пункт 13.3.2.6 [IEEE 1588]. Необходимо соблюдать следующее правило, определенное в пункте 13.3.2.6 [IEEE 1588]: "Для тех типов сообщений, для которых бит в таблице 20 [IEEE 1588] не определен, устанавливается значение FALSE".

Таблица А.8 – Флаги РТР

Флаг	Передаваемое значение	Поведение принимающего узла
alternateMasterFlag	FALSE	Флаг игнорируется
twoStepFlag	В соответствии с РТР	Используется
unicastFlag	FALSE	Флаг игнорируется
Специальный для профиля РТР 1	FALSE	Флаг игнорируется
Специальный для профиля РТР 2	FALSE	Флаг игнорируется
Зарезервировано	FALSE	Зарезервирован РТР и флаг игнорируется
leap61	В соответствии с РТР	Используется
leap59	В соответствии с РТР	Используется
currentUtcOffsetValid	В соответствии с РТР	Используется
ntpTimescale	TRUE	Используется
timeTraceable	См. таблицу 2	Используется
frequencyTraceable	См. таблицу 2	Используется
Октет 1, бит 6	(Примечание 1)	(Примечание 1)
ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В Приложении Е определен дополнительный флаг synchronizationUncertain; его использование является необязательным.		

Приложение В

Способы создания топологии РТР с альтернативным ВМСА

(Данное приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Данный профиль РТР электросвязи определяет альтернативный ВМСА, что позволяет использовать два основных подхода к построению топологии сети синхронизации фазы/времени.

- Автоматическое построение топологии. При настройке атрибутов `localPriority`, определенных в данной Рекомендации, на их значениях по умолчанию топология РТР строится автоматически альтернативным ВМСА на основе сообщений *Announce*, которыми обмениваются тактовые генераторы РТР. После этой операции строится дерево синхронизации с кратчайшими путями к T-GM. В этом режиме в случае отказа и реконфигурации топологии снова включается альтернативный ВМСА и строит новое дерево синхронизации. Эта работа альтернативного ВМСА гарантирует, что никаких замкнутых петель хронирования образовано не будет без необходимости ручного вмешательства и предварительного анализа сети. Время перехода на новую топологию РТР зависит от размера сети и конкретной конфигурации параметров РТР.
- Планирование сети вручную. Использование атрибутов `localPriority`, определенных в данной Рекомендации, со значениями, отличными от значений по умолчанию, позволяет построить топологию сети синхронизации вручную аналогично тому, как сети синхронной цифровой иерархии (СЦИ) обычно работают на основе сообщений статуса синхронизации (SSM). Этот способ позволяет полностью контролировать действия в случае отказов и реконфигурации топологии в зависимости от выбранных локальных приоритетов системы. Однако перед вводом в эксплуатацию требуется тщательное планирование сети во избежание образования замкнутых петель синхронизации.

Приложение С

Включение в Т-ВС внешнего интерфейса ввода фазы/времени

(Данное приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В настоящем приложении описана модель включения в Т-ВС внешнего интерфейса ввода фазы/времени, чтобы этот внешний порт мог участвовать в выборе источника. В настоящем Приложении представлены общие принципы.

Виртуальный порт РТР и виртуальный E_{rbest} связаны с внешним входом фазы/времени Т-ВС (например, подсоединенным к РRTC), что позволяет этому внешнему интерфейсу участвовать в протоколе РТР.

С виртуальным портом РТР связаны следующие атрибуты:

- clockClass;
- clockAccuracy;
- offsetScaledLogVariance;
- localPriority.

Если РRTC подключен к внешнему интерфейсу фазы/времени, то атрибут StepsRemoved устанавливается на ноль.

Значение grandmasterIdentity, присвоенное виртуальному порту РТР, – это clockIdentity самого Т-ВС. Значение portNumber, присвоенное виртуальному порту РТР, отличается от значений portNumber, уже присвоенных портам РТР Т-ВС.

Присвоенные виртуальному порту РТР значения других параметров, используемых в алгоритме сравнения наборов данных, являются предметом дальнейшего изучения.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Общий случай Т-ВС, когда внешний входной сигнал синхронизации фазы/времени отличается от РRTC, является предметом дальнейшего изучения.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Если внешний интерфейс фазы/времени содержит канал данных времени суток для передачи времени и связанной с ним информации, эта информация учитывается при определении значений соответствующих атрибутов РТР виртуального порта РТР. Детали передаваемой информации о времени являются предметом дальнейшего изучения. Первоначальные описания можно найти в Дополнении III [ITU-T G.8272].

Приложение D

Трассировка пути (дополнительно)

(Данное приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Для того чтобы отслеживать фактический маршрут эталона синхронизации РТР в сети, тактовый генератор РТР при необходимости может поддерживать параметр трассировки Path в соответствии с пунктом 16.2 [IEEE 1588], совместимый с настоящим профилем.

Эта функция необязательна; однако если она поддерживается, необходимо, чтобы она поддерживалась так, как описано ниже.

Например, этот параметр может использоваться для поддержки диагностического анализа в случае отказов в сети.

Должна обеспечиваться возможность настроить тактовый генератор РТР таким образом, чтобы он не распространял тип, длину и значение (TLV) маршрута Path (например, это может потребоваться в интерфейсах администрирования сети).

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Могут быть случаи, когда не все тактовые генераторы РТР в сети поддерживают TLV маршрута Path. Ожидаемое поведение таково, что в том случае, если входящее сообщение *Announce* содержит TLV маршрута Path, эти TLV удаляются такими узлами.

ПРИМЕЧАНИЕ 2. – Т-ТС, присутствующие на маршруте, могут добавлять в TLV маршрута Path свои собственные значения *clockIdentity*.

Приложение Е

Неопределенная индикация синхронизации (дополнительно)

(Данное приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Это приложение является необязательным, но если оно реализовано, то оборудование должно соответствовать нижеследующим требованиям. Когда тактовый генератор РТР выбирает в качестве источника сигнала синхронизации времени новый порождающий тактовый генератор, порт РТР, связанный с этим новым порождающим тактовым генератором, находится в неоткалиброванном (UNCALIBRATED) состоянии. Это состояние порта РТР указывает на то, что тактовый генератор РТР находится в процессе синхронизации с источником времени. Продолжительность и функциональные возможности этого состояния зависят от конкретной реализации. В течение этого периода тактовый генератор РТР может претерпевать существенные или быстрые изменения частоты и фазы, и хотя желательно, чтобы обновленная информация порождающего тактового генератора распространялась вниз, давая возможность урегулирования топологии, для нижележащих тактовых генераторов РТР может оказаться нежелательным использование этой информации хронирования. Поэтому будет полезной передача в нижележащие тактовые генераторы РТР информации о состоянии UNCALIBRATED.

Локальная логическая переменная `synchronizationUncertain`, используемая в сообщениях *Announce*, передаваемых из выходного порта, принимает значение FALSE во всех случаях, за исключением следующих условий, когда она принимает значение TRUE:

- флаг `synchronizationUncertain` в сообщении *Announce*, полученном от порождающего тактового генератора, имеет значение TRUE; или
- входной порт находится в состоянии UNCALIBRATED; или
- выполнен специальный критерий.

Если `synchronizationUncertain` имеет значение TRUE, то в передаваемом сообщении *Announce* бит 6 октета 1 `flagField` устанавливается равным 1. В противном случае если `synchronizationUncertain` имеет значение FALSE, этот бит устанавливается на 0.

Приложение F

Использование `stepsRemoved` для ограничения эталонной цепи (дополнительно)

(Данное приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Параметр `stepsRemoved`, определенный в [IEEE1588], используется для указания расстояния между тактовым генератором и грандмастером в сети. Первоначально его предполагалось использовать в качестве полезного инструмента для обнаружения циклических маршрутов, которые могут возникать в системах РТР. По умолчанию требуется, чтобы тактовый генератор не анализировал никаких сообщений *Announce*, в которых значение поля `stepsRemoved` равно или превышает 255, с тем чтобы гарантировать аннулирование дефектных кадров.

Настоящий профиль включает элемент набора данных по умолчанию `maxStepsRemoved`, который позволяет оператору сделать это значение меньше 255. Заданное значение обычно одинаково для всех тактовых генераторов в домене РТР. Настроенный таким образом тактовый генератор не анализирует никакие полученные сообщения *Announce*, в которых значение поля `stepsRemoved` входящего заголовка равно или превышает значение поля `maxStepsRemoved`. Существует два основных случая использования такой настройки.

Во-первых, согласно [ITU-T G.8271.1] и [ITU-T G.8275] был выполнен анализ, показавший, что между грандмастером и ведомым тактовым генератором могут располагаться до 20 тактовых генераторов при сохранении надлежащих характеристик сети. Если оператор намерен гарантировать непревышение ограничений по характеристикам сети или по длине цепи, он может задать меньшее значение (например, 20 или 21).

Во-вторых, если оператор выбрал кольцевую топологию РТР, он может настроить параметр `maxStepsRemoved` на меньшее значение, с тем чтобы тактовые генераторы могли быстрее идентифицировать дефектные кадры и принимать меры для их устранения и редактирования топологии.

Дополнение I

Соображения об использовании прозрачных тактовых генераторов

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Считается, что интеграция прозрачных тактовых генераторов в этом профиле представляет особый интерес в отношении таких приложений, как двухпортовые устройства.

Для более сложных топологий и многопортовых устройств рекомендуется проведение тщательного анализа. В частности, если оператор намерен предотвратить переполнение сети многоадресными пакетами, может потребоваться некоторая специальная конфигурация узла.

Могут рассматриваться различные варианты, например настройка T-TC с включением в кадры, переносящие RTP, тега VLAN. В этом случае все T-TC на пути сообщения RTP, где используется этот параметр, должны его поддерживать. Последний узел T-TC должен удалять тег VLAN. Использование этого параметра для соединения физических портов T-GM, T-BC и T-TSC через виртуальные соединения VLAN между T-TC позволит избежать переполнения сети многоадресными пакетами. В этом случае порт RTP T-GM, T-BC или T-TSC никогда не будет обрабатывать кадры с тегами VLAN.

Необходимо тщательно рассмотреть соответствующие эксплуатационные последствия.

Дополнение II

Соображения, касающиеся передачи сообщений *Delay_Req*

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В этом Дополнении обсуждаются определенные в [IEEE 1588] требования передачи сообщений *Delay_Req* при использовании равномерного распределения по умолчанию, определенные в пункте 3 маркированного списка пункта 9.5.11.2 [IEEE 1588]. Такое равномерное распределение не используется в профиле РТР электросвязи, определенном в настоящей Рекомендации; распределение, зависящее от профиля, определено в пункте 6.2.8.

Второй пункт маркированного списка требований, определенных в пункте 9.5.11.2 [IEEE 1588], регулирует непостоянство времени между последовательными сообщениями *Delay_Req*. Он аналогичен соответствующему требованию отправки сообщений *Sync* и *Announce*, содержащемуся в пункте 7.7.2.1 [IEEE 1588]. Однако ключевое различие состоит в том, что если требование сообщений *Sync* относится к заполнению интервалов между сообщениями, то требование сообщений *Delay_Req* – только к среднему значению заполнения.

А именно, предположим, что заполнение N интервалов между сообщениями измерено, и пусть измеренное значение равно T_j , где $j = 1, 2, \dots, N$. Среднее значение выборки m – это просто среднее арифметическое, то есть

$$m = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N T_j. \quad (\text{II.1})$$

Пусть значение T_{\min} равно минимальному интервалу *Delay Request*; он равен $2^{\text{portDS.logMinDelayReqInterval}}$ с. Второй пункт указанного выше маркированного списка гласит, что среднее значение распределения должно быть не меньше T_{\min} со статистической достоверностью не менее 90%.

Способ статистической проверки этого хорошо известен и основан на том, что когда N становится достаточно большим, распределение m приближается к нормальному распределению (то есть он основан на центральной предельной теореме). Пусть σ – стандартное отклонение распределения времени между сообщениями, то есть распределение T_j . Пусть $z_{0,90}$ – 90-й процентиль стандартного нормального распределения; дано $z_{0,90} = 1,281$. Тогда вероятность того, что истинное среднее значение распределения превышает величину

$$q_{0,1} = m - z_{0,90} \sqrt{\frac{\sigma}{N}}, \quad (\text{II.2})$$

составляет 0,9, то есть 90%. Вероятность того, что среднее значение распределения меньше этой величины, составляет 0,1. Кроме того, если значение σ не известно, то в уравнении (II.2) можно использовать стандартное отклонение выборки s , и нормальное распределение заменяется t -распределением Стьюдента с $N - 1$ степенями свободы. Стандартное отклонение выборки определяется следующим образом:

$$s = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (T_j - m)^2 \right]^{1/2}. \quad (\text{II.3})$$

Для удовлетворения этого требования величина $q_{0,1}$ должна превышать T_{\min} . Из уравнения (II.2) видно, что когда N стремится к бесконечности, $q_{0,1}$ стремится к m . Когда N стремится к бесконечности, m сходится к среднему значению распределения времени между сообщениями, требование может быть выполнено при достаточно больших значениях N , при которых среднее значение распределения превышает T_{\min} . Среднее значение распределения должно превышать T_{\min} ; если среднее значение распределения равно или меньше T_{\min} , требование не может быть выполнено.

Если решено соблюдать требование третьего пункта маркированного списка пункт 9.5.11.2 [IEEE 1588], то один из способов выполнения этого требования состоит в увеличении верхнего предела распределения вероятностей на 10%. В этом случае время передачи выбираются таким, чтобы интервал между последовательными сообщениями *Delay_Req* брался из равномерного распределения по интервалу между 0 и $2,2T_{\min}$. Для каждого передаваемого сообщения вычисляется новое случайное значение интервала передачи. При вычислении среднего интервала *Delay_Req* по измеренным выборкам для проверки, превышает ли он T_{\min} со статистической достоверностью не менее 90% (если используется третий пункт маркированного списка), число измеренных выборок N должно быть не меньше 1000. Гранулярность распределения должна быть не больше $1/16$ интервала *Sync*.

Если решено соблюдать требование четвертого пункта маркированного списка пункт 9.5.11.2 [IEEE 1588], то сообщение *Delay_Req* передается как можно скорее после получения сообщения *Sync* при условии ненарушения второго пункта маркированного списка.

Дополнение III

Соображения по выбору адреса назначения многоадресной рассылки РТР Ethernet

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

При использовании преобразования РТР, определенного в Приложении F [IEEE 1588], настоящий профиль РТР поддерживает как пересылаемый адрес многоадресной рассылки 01-80-C2-00-00-0E, так и пересылаемый адрес многоадресной рассылки 01-1B-19-00-00-00.

Использование того или иного адреса многоадресной рассылки Ethernet зависит от политики оператора; дальнейшие соображения приводятся ниже.

Функция моста уровня 2, связанная с портом РТР Т-ВС или Т-ТС, не должна пересылать никакие кадры с МАС-адресом назначения 01-1B-19-00-00-00; это можно осуществить, прописав этот адрес многоадресной рассылки в базе данных фильтрации.

Вариант 1. Использование пересылаемого адреса многоадресной рассылки 01-80-C2-00-00-0E

Некоторые операторы сетей считают, что сообщения РТР никогда не должны передаваться через сетевое оборудование, не распознающее РТР.

Использование пересылаемого адреса многоадресной рассылки 01-80-C2-00-00-0E в основном гарантирует соблюдение этого условия (существуют исключения для некоторых старых устройств Ethernet).

Таким образом в случае неправильной настройки сетевого оборудования (например, если в распознающем РТР сетевом оборудовании не разрешены функции РТР) использование этого адреса многоадресной рассылки предотвращает неправильное распределение сигналов синхронизации, так как не распознающее РТР сетевое оборудование заблокирует сообщения РТР.

Вариант 2. Использование пересылаемого адреса многоадресной рассылки 01-1B-19-00-00-00

Некоторые операторы сети считают, что использование пересылаемого адреса многоадресной рассылки обеспечивает больший диапазон и что предпочтительно пересылать сообщения РТР для сохранения работоспособности линии синхронизации в том случае, если то или иное оборудование неправильно настроено в качестве узлов, не относящихся к РТР, хотя и существует потенциальный риск ухудшения рабочих характеристик. Система управления сетью (NMS) легко обнаружит неправильную настройку и разошлет аварийные сигналы.

Тем не менее можно заблокировать сообщения РТР, надлежащим образом прописав этот адрес многоадресной рассылки в базе данных фильтрации каждого устройства Ethernet.

Дополнение IV

Соображения об использовании priority2

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В этом профиле настраивается атрибут RTP priority2. В некоторых особых случаях использование атрибута priority2 может упростить управление сетью. В этом Дополнении описаны два таких случая; другие возможные случаи являются предметом дальнейшего изучения.

Случай 1

Операторы могут настроить атрибут RTP priority2 таким образом, чтобы сделать все T-BC прослеживаемыми либо до одного T-GM, либо до двух разных T-GM одновременно.

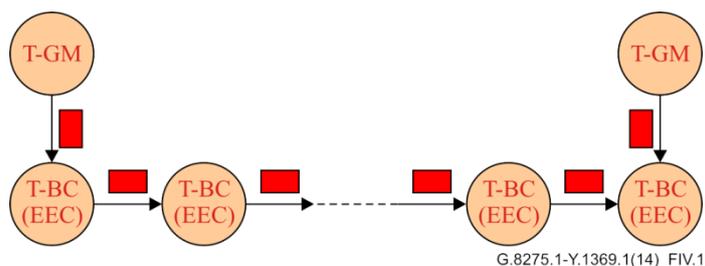


Рисунок IV.1 – Использование priority2 в сети с двумя T-GM

Например, если на рисунке IV.1 все прочие атрибуты RTP двух T-GM одинаковы и эти два T-GM настроены с одним и тем же значением priority2, то каждый T-BC выберет T-GM с кратчайшим маршрутом. Если два T-GM настроены с разными значениями priority2, то все T-BC будут синхронизироваться с T-GM с наименьшим значением priority2.

Случай 2

Операторы могут настроить атрибут RTP priority2 таким образом, чтобы в случае отказа T-GM предотвратить синхронизацию предлежащих T-BC с последующими.

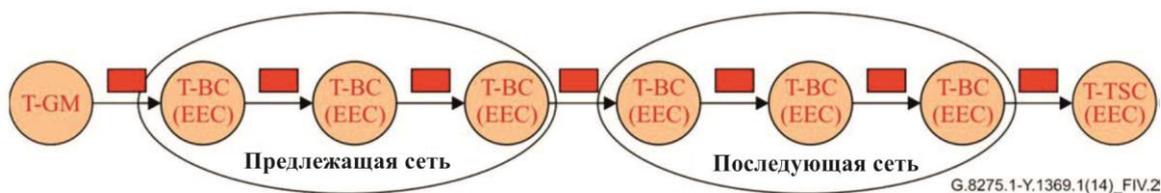


Рисунок IV.2 – Использование priority2 с T-BC из разных сетевых уровней

Например, если на рисунке IV.2 все прочие атрибуты RTP всех T-BC одинаковы и атрибут priority2 RTP всех T-BC настроен на одно и то же значение, то в случае отказа T-GM в зависимости от значения параметра clockIdentity всех T-BC те T-BC, которые расположены в предлежащей сети, могут синхронизироваться с T-BC, расположенными в последующей сети. Если T-BC в предлежащей сети настроены на меньшее значение priority2, чем T-BC в последующей сети, то в случае отказа T-GM T-BC, расположенные в последующей сети, будут синхронизироваться с T-BC, расположенными в предлежащей сети.

Дополнение V

Описание состояний тактовых генераторов PTP и соответствующего содержания сообщений *Announce*

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

V.1 Назначение этого Дополнения

Это Дополнение содержит информацию, относящуюся к возможным состояниям тактовых генераторов T-GM и T-BC. Сведения о состоянии тактовых генераторов обеспечивают возможность общей индикации рабочего состояния тактового генератора в целом, а не только отдельных портов PTP. Они позволяют сопоставлять состояние тактовых генераторов и состояние портов PTP, как указано в [IEEE 1588]. Кроме того, они позволяют составить таблицу содержимого полей сообщений *Announce*, которое будет иметь место при различных состояниях тактовых генераторов.

Состояние тактового генератора *Acquiring*, если оно включено в реализацию, позволяет T-GM или T-BC задерживать распространение информации GM, передаваемой тактовым генератором. Цель этого состояния тактового генератора *Acquiring* – дать T-GM или T-BC некоторое время на установление шкалы времени с приемлемой точностью перед ее использованием для определения времени узла тактового генератора.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Процедуры, определенные в рамках настоящего Дополнения для состояния тактового генератора *Acquiring*, не соответствуют процедурам [IEEE 1588], и задержка, введенная этим состоянием, может повлиять на общее время установления в процессе перестройки топологии PTP.

За развертывание сети, включая тактовые генераторы, использующие процедуры настоящего Дополнения, отвечает оператор.

V.2 Описание состояний

– Состояние Free-Run

Тактовый генератор PTP не был синхронизирован с источником времени и не находится в процессе синхронизации с источником времени.

Исходя из состояний порта PTP, определенных в [IEEE 1588], тактовый генератор находится в состоянии *Free-Run*, если отсутствуют порты PTP, находящиеся в следующих состояниях: *MASTER*, *PRE-MASTER*, *PASSIVE*, *UNCALIBRATED* или *SLAVE*.

– Состояние Acquiring

Тактовый генератор PTP находится в процессе синхронизации с источником времени. Продолжительность и функциональные возможности этого состояния зависят от конкретной реализации. Это состояние не требуется при реализации.

Исходя из состояний порта PTP, определенных в [IEEE 1588], тактовый генератор находится в состоянии *Acquiring*, если имеется порт PTP, находящийся в состоянии *UNCALIBRATED*.

– Состояние Locked

Тактовый генератор PTP синхронизирован с источником времени и находится в пределах некоторой приемлемой внутренней точности.

Исходя из состояний порта PTP, определенных в [IEEE 1588], тактовый генератор находится в состоянии *Locked*, если имеется порт PTP, находящийся в состоянии *SLAVE*.

– Состояние Holdover-In-Specification

Тактовый генератор PTP больше не синхронизирован с источником времени и для поддержания характеристик в пределах требуемой спецификации использует информацию, полученную в то время, когда он еще был синхронизирован или другие источники информации были по-прежнему доступны. Узел может располагать возможностями исключительно своего собственного оборудования для удержания хронирования или использовать что-то вроде частотного входа от сети для удержания времени и/или фазы.

Исходя из состояний порта PTP, определенных в [IEEE 1588], тактовый генератор находится в состоянии *Holdover-In-Specification*, если отсутствуют порты PTP, находящиеся в следующих состояниях: *INITIALIZING*, *LISTENING*, *UNCALIBRATED* или *SLAVE* и его характеристики находятся в пределах желаемой спецификации.

– Состояние Holdover-Out-Of-Specification

Тактовый генератор РТР больше не синхронизирован с источником времени, и хотя он может использовать информацию, полученную в то время, когда он еще был синхронизирован или другие источники информации были по-прежнему доступны, он не в состоянии поддерживать характеристики в пределах желаемой спецификации.

Исходя из состояний порта РТР, определенных в [IEEE 1588], тактовый генератор находится в состоянии Holdover-Out-Of-Specification, если отсутствуют порты РТР, находящиеся в следующих состояниях: INITIALIZING, LISTENING, UNCALIBRATED или SLAVE и его характеристики находятся вне пределов желаемой спецификации.

V.3 Пример сопоставления состояний порта PTP и тактового генератора PTP для трехпортового T-BC

Таблица V.1 – Сопоставление состояний порта PTP и тактового генератора

Граничный тактовый генератор электросвязи					
Запускающее событие	Состояние порта			Состояние тактового генератора	Примечания
	Порт 1	Порт 2	Порт 3		
Включение PTP	INITIALIZING	INITIALIZING	INITIALIZING	Free-Run	Отсутствуют порты, находящиеся в состоянии MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED или SLAVE
Тактовый генератор завершает инициализацию	LISTENING	LISTENING	LISTENING	Free-Run	Отсутствуют порты, находящиеся в состоянии MASTER, PASSIVE, UNCALIBRATED или SLAVE
Получено действительное сообщение <i>Announce</i> от внешнего главного тактового генератора на порт P1	UNCALIBRATED	LISTENING	LISTENING	Acquiring	Порт находится в состоянии UNCALIBRATED
Событие ANNOUNCE_RECEIPT_TIME_OUT_EXPIRES на портах P2 и P3	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	Acquiring	Порт находится в состоянии UNCALIBRATED
Завершена калибровка через порт P1	SLAVE	MASTER	MASTER	Locked	В узле существует подчиненный порт
Событие ANNOUNCE_RECEIPT_TIME_OUT_EXPIRES на порте P1	MASTER	MASTER	MASTER	Holdover-In-Specification	Запуск таймера удержания Ни один порт не находится в состоянии SLAVE, UNCALIBRATED, LISTENING или INITIALIZING
Время таймера удержания истекло	MASTER	MASTER	MASTER	Holdover-Out-Of-Specification	Время таймера удержания истекло и ни один порт не находится в состоянии SLAVE, UNCALIBRATED, LISTENING или INITIALIZING
Порт P3 получает действительное сообщение <i>Announce</i> со значением <i>clockClass = 7</i>	MASTER	MASTER	UNCALIBRATED	Acquiring	Порт находится в состоянии UNCALIBRATED

Таблица V.1 – Сопоставление состояний порта PTP и тактового генератора

Граничный тактовый генератор электросвязи					
	Состояние порта			Состояние тактового генератора	
Запускающее событие	Порт 1	Порт 2	Порт 3		Примечания
Завершена калибровка через порт P3	MASTER	MASTER	SLAVE	Locked	В узле существует подчиненный порт
Порт P1 получает действительное сообщение <i>Announce</i> со значением <i>clockClass = 6</i>	UNCALIBRATED	MASTER	PRE_MASTER	Acquiring	Порт находится в состоянии UNCALIBRATED
События <i>QUALIFICATION_TIMEOUT_EXPIRES</i> на порте P3	UNCALIBRATED	MASTER	MASTER	Acquiring	Порт находится в состоянии UNCALIBRATED
Завершена калибровка через порт P1	SLAVE	MASTER	MASTER	Locked	В узле существует подчиненный порт

V.4 Содержание сообщения *Announce* T-GM в зависимости от внутренних состояний тактового генератора PTP

Таблица V.2 – Содержание сообщения *Announce* T-GM

Поля сообщения <i>Announce</i>	Состояние Free-Run	Состояние Acquiring	Состояние Locked	Состояние Holdover-In-Specification	Состояние Holdover-Out-Of-Specification
<i>sourcePortIdentity</i> (header. <i>sourcePortIdentity</i>)	Локальный <i>clockId</i> T-GM + номер порта				
<i>leap61</i> (header. <i>flagField</i>)	FALSE	От источника времени	От источника времени	FALSE	FALSE
<i>leap59</i> (header. <i>flagField</i>)	FALSE	От источника времени	От источника времени	FALSE	FALSE

Таблица V.2 – Содержание сообщения *Announce* T-GM

Поля сообщения <i>Announce</i>	Состояние Free-Run	Состояние Acquiring	Состояние Locked	Состояние Holdover-In-Specification	Состояние Holdover-Out-Of-Specification
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSE	TRUE/FALSE [зависит от реализации]	TRUE	TRUE	TRUE/FALSE [зависит от реализации]
ptpTimescale (header.flagField)	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE	TRUE
timeTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE	TRUE	TRUE	FALSE
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE/FALSE в зависимости от синхронизации источника частоты	TRUE	TRUE/FALSE в зависимости от синхронизации источника частоты	TRUE/FALSE в зависимости от синхронизации источника частоты
currentUtcOffset	35	В зависимости от смещения опорного UTC на входе	В зависимости от смещения опорного UTC на входе	Последнее известное смещение UTC	Последнее известное смещение UTC
grandmasterPriority1	128 (по умолчанию)	128 (по умолчанию)	128 (по умолчанию)	128 (по умолчанию)	128 (по умолчанию)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	Зависит от реализации, как правило, предыдущее состояние 7/140/150/160/248	6	7	140/150/160
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	Неизвестно (0xFE)	Неизвестно (0xFE)	Время с точностью 100 нс (0x21)	Неизвестно (0xFE)	Неизвестно (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLogVariance	0xFFFF (по умолчанию)	0xFFFF (по умолчанию)	0x4E5D	0xFFFF (по умолчанию)	0xFFFF (по умолчанию)
grandmasterPriority2	Настроенный priority2 T-GM	Настроенный priority2 T-GM	Настроенный priority2 T-GM	Настроенный priority2 T-GM	Настроенный priority2 T-GM
grandmasterIdentity	Локальный clockId T-GM	Локальный clockId T-GM	Локальный clockId T-GM	Локальный clockId T-GM	Локальный clockId T-GM
stepsRemoved	0	0	0	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	В соответствии с PTP	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)

V.5 Содержание сообщения *Announce* T-BC в зависимости от внутренних состояний тактового генератора PTP

Таблица V.3 – Содержание сообщения *Announce* T-BC

Поля сообщения <i>Announce</i>	Состояние Free-Run	Состояние Acquiring	Состояние Locked	Состояние Holdover-In-Specification	Состояние Holdover-Out-Of-Specification
sourcePortIdentity (header.sourcePortIdentity)	Локальный clockId T-BC + номер порта	Локальный clockId T-BC + номер порта	Локальный clockId T-BC + номер порта	Локальный clockId T-BC + номер порта	Локальный clockId T-BC + номер порта
leap61 (header.flagField)	FALSE	(Примечание)	(Примечание)	FALSE	FALSE
leap59 (header.flagField)	FALSE	(Примечание)	(Примечание)	FALSE	FALSE
currentUtcOffsetValid (header.flagField)	FALSE	TRUE	(Примечание)	TRUE	TRUE/FALSE [зависит от реализации]
ptpTimescale (header.flagField)	TRUE	TRUE	(Примечание)	TRUE	TRUE
timeTraceable (header.flagField)	FALSE	TRUE	(Примечание)	TRUE	FALSE
frequencyTraceable (header.flagField)	FALSE	Значение TRUE/FALSE в зависимости от синхронизации источника частоты	(Примечание)	Значение TRUE/FALSE в зависимости от синхронизации источника частоты	Значение TRUE/FALSE в зависимости от синхронизации источника частоты
currentUtcOffset	35	Последнее известное смещение UTC	(Примечание)	Последнее известное смещение UTC	Последнее известное смещение UTC
grandmasterPriority1	128 (по умолчанию)	128 (по умолчанию)	(Примечание)	128 (по умолчанию)	128 (по умолчанию)
grandmasterClockQuality.clockClass	248	Зависит от реализации, как правило, предыдущее состояние 135/165/248	(Примечание)	135	165
grandmasterClockQuality.clockAccuracy	Неизвестно (0xFE)	Неизвестно (0xFE)	(Примечание)	Неизвестно (0xFE)	Неизвестно (0xFE)
grandmasterClockQuality.offsetScaledLog Variance	0xFFFF (по умолчанию)	0xFFFF (по умолчанию)	(Примечание)	0xFFFF (по умолчанию)	0xFFFF (по умолчанию)
grandmasterPriority2	Настроенный priority2 T-BC	Настроенный priority2 T-BC	(Примечание)	Настроенный priority2 T-BC	Настроенный priority2 T-BC
grandmasterIdentity	Локальный clockId T-BC	Локальный clockId T-BC	(Примечание)	Локальный clockId T-BC	Локальный clockId T-BC
stepsRemoved	0	0	Полученное значение stepsRemoved +1	0	0
timeSource	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)	(Примечание)	INT_OSC (0xA0)	INT_OSC (0xA0)
ПРИМЕЧАНИЕ. – Значение, переданное в сообщении <i>Announce</i> , соответствует значению текущего GM.					

Дополнение VI

Работа по агрегированным линиям

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Когда два устройства с тактовым генератором PTP, совместимых с настоящим профилем, связаны через агрегированную линию (LAG), как указано в [b-IEEE 802.1AX], каждая физическая линия связи должна быть доступна для передачи PTP-сообщений непосредственно, минуя LAG. Этот метод предотвращает потенциальные асимметрии, которые могут возникнуть в случаях прохождения прямого и обратного маршрутов доставки по разным линиям, относящимся к LAG.

Существуют альтернативные решения, использующие преимущество некоторых функций LAG, такие как двунаправленная конгруэнтность, определенная в [b-IEEE 802.1AX]. Эти решения требуют дальнейшего изучения.

В сценариях, рассматриваемых в настоящее время, считается, что включение тега VLAN в кадры, переносящие сообщения PTP, не допускается. Однако альтернативное решение двунаправленной конгруэнтности можно применять к непомеченным кадрам PTP путем назначения идентификатора диалога равным нулю для данной физической линии связи.

Дополнение VII

Соотношение между clockClass и спецификацией удержания

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Значения ClockClass, используемые в этом профиле, описаны в таблице 2. Эти значения можно разделить на четыре категории:

- 1) T-GM, синхронизированные с PRTC или ePRTC;
- 2) T-GM или T-BC в режиме удержания в рамках спецификации удержания;
- 3) T-GM или T-BC в режиме удержания вне спецификации удержания;
- 4) подчиненный тактовый генератор или несинхронизированный тактовый генератор.

Значение терминов "удержание в рамках спецификации удержания" и "удержание вне спецификации удержания" разъясняет короткая сноска (Примечание 1 в пункте 6.4), относящаяся к Дополнению V [ITU-T G.8271.1]. В этом Дополнении приведено описание возможных моделей бюджетирования характеристик синхронизации. Точная модель зависит от сети оператора и конструктивных параметров, но каждый бюджет разбивается на несколько компонентов:

- 1) распределение PRTC/T-GM;
- 2) случайная ошибка хронирования из-за накопления шума в сети (dTE);
- 3) асимметрия узлов (сTE, сумма асимметрии всех узлов в системе);
- 4) асимметрия линий (сTE, сумма асимметрии всех линий в системе);
- 5) бюджет удержания;
- б) бюджет конечного приложения.

В таблице V.1 [ITU-T G.8271.1] показано, что для примера бюджета на удержание внутри сети (в таблице это называется сценарием отказа b) может быть выделено 400 нс. У оператора могут быть разные распределения бюджета в зависимости от его сценария развертывания. Бюджет удержания в 400 нс выделяется не на отдельный тактовый генератор, а на всю цепочку синхронизации.

Таким образом предполагаемые действия T-GM будут следующими:

- когда T-GM синхронизирован с PRTC, синхронизированным с ГНСС, он выдает на выходе сигнал clockClass 6;
- если PRTC теряет связь с ГНСС, он входит в режим удержания. T-GM должен понизить уровень объявляемого сигнала clockClass для обозначения режима "удержание, но в рамках спецификации удержания" (clockClass 7);
- T-GM оценивает, когда бюджет удержания может быть превышен. В число рассматриваемых факторов входят известное качество любой внешней частотной поддержки (например, SyncE QL), колебания температуры и/или качество внутреннего генератора;
- когда T-GM считает, что тактовый генератор вышел за пределы спецификации удержания (то есть сместился более чем на бюджет удержания), T-GM объявляет clockClass 140, 150 или 160.

В случае отказа сети, когда T-GM отключен от цепочки синхронизации, функции грандмастера цепи берет на себя T-BC. T-BC работает в режиме удержания синхронизации. ClockClass, который T-BC может объявлять, зависит от clockClass T-GM, с которым он был синхронизирован до потери связи.

Например, если T-BC был синхронизирован с T-GM clockClass 6, то никакой бюджет удержания не будет расходоваться и, следовательно, T-BC может использовать clockClass с указанием "в пределах спецификации удержания" (например, clockClass 135). Это значение выбирается выше значения T-GM, выходящего за пределы спецификации удержания, поскольку T-BC, вероятно, дает более точное время, поскольку он не так давно был синхронизирован с прослеживаемым источником времени. Следовательно, если два тактовых генератора (T-BC в режиме удержания в пределах

спецификации удержания и T-GM в режиме удержания, но вне пределов спецификации удержания) сравниваются с помощью операции альтернативной ВМСА последующего тактового генератора, то последующий тактовый генератор будет синхронизирован с T-BC, который находится в пределах спецификации удержания, а не с T-GM, выходящим за пределы спецификации удержания.

В другом примере если T-BC был синхронизирован с T-GM, указывающим, что он остался в режиме удержания, но вне пределов спецификации удержания (например, clockClass 140, 150 или 160), то T-BC также должен использовать clockClass со значением "вне пределов спецификации удержания" (например, clockClass 165). Это объясняется тем, что в своей оценке T-GM указывал, что по его расчетам бюджет удержания уже израсходован.

В последнем примере если T-BC был синхронизирован с T-GM, который уже находился в режиме удержания, все еще оставаясь в пределах спецификации удержания, такой T-BC может указать "в пределах спецификации удержания". Однако часть бюджета удержания будет уже израсходована T-GM. Если не известно, какая часть бюджета осталась, T-BC должен указать "вне пределов спецификации удержания".

Дополнение VIII

Соображения, связанные с T-TSC, подключенным к конечному приложению

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

Значение clockClass T-TSC по умолчанию 255 означает, что T-TSC всегда будет синхронизирован с внешним эталонным PTP при его наличии.

Фактический источник синхронизации, в конечном счете используемый конечным приложением, зависит от применимых требований синхронизации. Этот процесс выходит за рамки настоящей Рекомендации.

Например, решение об использовании эталонного PTP, выбранного T-TSC (например, вместо входа в режим удержания), может зависеть от фактического значения clockQuality, флага frequencyTraceable, флага timeTraceable и флага synchronizationUncertain, связанных с внешним эталонным PTP. Также можно рассмотреть дополнительные аспекты, связанные с контролем характеристик внешнего эталонного сигнала. Это зависит от конкретной реализации.

Например, когда необходимо выполнять требования хронирования сети, например согласно [ITU-T G.8271.1], внешняя ссылка на PTP должна содержать clockClass 6, 7 или 135, а флаг timeTraceable должен иметь значение TRUE, с тем чтобы он мог использоваться конечным приложением. Если это условие не выполнено, конечное приложение может войти в режим удержания (с помощью внутреннего генератора или под действием SyncE).

Дополнение IX

Расчет значения `offsetScaledLogVariance` для T-GM, синхронизированных с PRTC или ePRTC

(Данное дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

IX.1 Интервал наблюдения и генерирование шума TDEV

`OffsetScaledLogVariance` представляет собой смещенное, отмасштабированное представление дисперсии PTP (`PTPVAR`). Значение `PTPVAR` описано в пункте 7.6.3 [IEEE 1588]; оно равно дисперсии Аллана, умноженной на $\tau^2/3$, где τ – интервал наблюдения. Следовательно, дисперсия PTP – это не самостоятельное значение; она зависит от интервала наблюдения. В пункте 7.6.3 [IEEE 1588] сказано, что интервал наблюдения τ должен иметь значение, определенное в применимом профиле PTP. В пункте 7.6.3 [IEEE 1588] τ называется периодом выборки. Однако сравнение уравнений в пункте 7.6.3.2 [IEEE 1588] с уравнениями дисперсии Аллана в пункте II.1 [ITU-T G.810] указывает на то, что τ в пункте 7.6.3 [IEEE 1588] – это интервал наблюдения [ITU-T G.810], а не интервал выборки τ_0 .

`OffsetScaledLogVariance`, то есть `defaultDS.clockQuality.offsetScaledLogVariance`, – это атрибут тактового генератора, используемый в BMCA. Как указано в пункте 7.6.3.5 [IEEE 1588], это "оценка вариаций локального тактового генератора относительно линейной шкалы времени, когда он не синхронизирован с другим тактовым генератором, использующим протокол" (цитата из [IEEE 1588]; "протокол" – это протокол PTP). Поскольку тактовый генератор не синхронизирован с другим тактовым генератором посредством PTP, когда он является грандмастером, атрибут `offsetScaledLogVariance` должен соответствовать долгосрочному шуму, создаваемому тактовым генератором, поскольку это тот шум, который создается, если тактовый генератор является грандмастером. Таким образом интервал наблюдения должен представлять собой самый длинный интервал, для которого указан шум тактового генератора.

Для T-GM, синхронизированного с PRTC, то есть тактовым генератором, отвечающим требованиям [ITU-T G.8272], самый длинный интервал наблюдения, для которого указан шум TDEV, равен 10 000 с (см. рисунок 2 в [ITU-T G.8272]). Для этого интервала TDEV = 30 нс. Указанный тип шума для интервалов от 1000 с до 10 000 с – модуляция фазы фликер-шумом (FPM), для которой в этом диапазоне TDEV = 30 нс. Для T-GM, синхронизированного с ePRTC, самый длинный интервал наблюдения, для которого указан генерируемый шум TDEV, составляет 10^6 с. Для этого интервала TDEV = 10 нс. Указанный тип шума для интервалов от 3×10^5 с до 10^6 с – это FPM, для которой в этом диапазоне TDEV = 10 нс.

Непосредственно в протоколе PTP значение интервала наблюдения не используется и ни в каких сообщениях PTP не передается. Оно используется только при оценке дисперсии PTP.

Приведенные выше значения интервала наблюдения и соответствующего генерируемого шума TDEV для PRTC и ePRTC сведены в таблицу IX.1.

Таблица IX.1 – Интервалы наблюдения и соответствующие значения шума, генерируемого TDEV, и типа шума для T-GM, синхронизированного с PRTC, и T-GM, синхронизированного с ePRTC

Тактовый генератор, с которым синхронизирован T-GM	Интервал наблюдения (τ) для <code>offsetScaledLogVariance</code> (с)	$n = \tau/\tau_0$ (см. пункт IX.2, ниже)	Тип шума	TDEV (нс)
PRTC	1 000–10 000	От $1,6 \times 10^4$ до $1,6 \times 10^5$	FPM	30
ePRTC	300 000–1 000 000	От $4,8 \times 10^6$ до $1,6 \times 10^7$	FPM	10

IX.2 Вычисление отклонения PTP от TDEV

Следующим этапом является расчет отклонения PTP от значений TDEV, указанных в предыдущем пункте. Поскольку отклонение PTP равно $\tau^2/3$, умноженному на дисперсию Аллана, а отклонение времени (TVAR) равно $\tau^2/3$, умноженному на модифицированную дисперсию Аллана, отношение TVAR к отклонению PTP равно отношению модифицированной дисперсии Аллана (MVAR) к дисперсии Аллана. Это последнее отношение обсуждается и вычисляется для разных типов шума в разделе A.6 [b-Sullivan]. Приведенные там результаты основаны на [b-Walls] и [b-Lesage]. Кроме того, соотношение между спектральной плотностью мощности (PSD) и дисперсией Аллана приведены в таблице 5.4 [b-Bregni], а между PSD и модифицированной дисперсией Аллана – в таблице 5.5 [b-Bregni] (при использовании соотношений между PSD и различными параметрами стабильности временного интервала важно учитывать, является ли PSD функцией времени ($S_x(f)$) или частоты $S_y(f)$).

Пусть n – отношение интервала наблюдения τ к интервалу выборки τ_0 , то есть $\tau = n\tau_0$. В общем случае отношение MVAR к AVAR, обозначаемое $R(n)$, зависит от n , хотя по крайней мере для таких типов шума, как фазовая модуляция белым шумом (WPM), модуляция фазы фликер-шумом (FPM), частотная модуляция белым шумом (WFM), модуляция частоты фликер-шумом (FFM) и частотная модуляция случайными блужданиями (RWFМ), оно приближается к асимптотическому значению для больших n . Кроме того, в случае FPM отношение $R(n)$ зависит от измеренной пропускной способности системы (для WPM как AVAR, так и MVAR по отдельности зависят от измеренной пропускной способности системы, хотя их отношение – нет). Поскольку сведения о синхронизации времени из тактового генератора, выбранного в качестве грандмастера, передаются посредством сообщений *Sync*, интервал выборки τ_0 можно принять равным интервалу *Sync*. Фактические последовательные интервалы *Sync* меняются со временем, как этого допускает пункт 7.7.2.1 [IEEE 1588]; для простоты примем τ_0 равным среднему интервалу *Sync*. В [ITU-T G.8275.1] это 1/16 с. Затем, используя значения интервала наблюдения из таблицы IX.1, см. выше, получим соответствующий диапазон значений n от $1,6 \times 10^4$ до $1,6 \times 10^5$ для T-GM, синхронизированного с PRTC, и от $4,8 \times 10^6$ до $1,6 \times 10^7$ для T-GM, синхронизированного с ePRTC. Значения n также приведены в таблице 1, выше.

Из таблицы IX.1 видно, что диапазоны n для PRTC и ePRTC различаются. Это означает, что даже если тип шума в интересующих нас диапазонах для этих тактовых генераторов один и тот же, $R(n)$ будет отличаться, и TVAR для каждого тактового генератора будет корректироваться различными коэффициентами для получения PTPVAR. Однако стабильность PRTC и ePRTC (а также стабильность других тактовых генераторов, используемых в электросвязи) задается с помощью TDEV (то есть квадратного корня из TVAR), а не PTPDEV или PTPVAR. Поэтому желательно скорректировать TVAR для PRTC и ePRTC тем же коэффициентом. В предыдущей работе, где значение TVAR для PRTC вычислялось по сравнению с TVAR для T-BC, синхронизированного с SyncE, значение $R(n)$ составило 0,787. Для удобства это значение используется здесь как для PRTC, так и для ePRTC.

С учетом сделанного выше предположения для PTPVAR получаем для PRTC:

$$\text{PTPVAR (PRTC)} = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(30 \times 10^{-9})^2 \text{ c}^2}{0,787} = 1,144 \times 10^{-15} \text{ c}^2, \quad (\text{IX.1})$$

а для ePRTC:

$$\text{PTPVAR (ePRTC)} = \frac{\text{TVAR}}{R(n)} = \frac{(10 \times 10^{-9})^2 \text{ c}^2}{0,787} = 1,271 \times 10^{-16} \text{ c}^2. \quad (\text{IX.2})$$

IX.3 Вычисление offsetScaledLogVariance по дисперсии РТР

Теперь вычислим offsetScaledLogVariance по результатам PTPVAR из предыдущего пункта, используя процедуру, описанную в пункте 7.6.3.3 [IEEE 1588]. Эта процедура представляет собой следующее:

- а) вычисляется логарифм по основанию 2 от PTPVAR, выраженный в единицах c^2 ;
- б) для получения масштабируемого значения результат(а) умножается на 2^8 ;
- в) отмасштабированное значение изменяется согласно спецификации гистерезиса из пункта 7.6.3.3 [IEEE 1588] (этот шаг здесь необязателен, так как offsetScaledLogVariance вычисляется по спецификации, а не по измерениям реального времени);
- г) результат в) представляется как дополнительный двоичный код Integer16 (то есть представляется как целое число со знаком, когда отрицательные значения представлены в форме дополнения до 2 (поскольку PTPVAR меньше 1 c^2 почти во всех случаях, представляющих практический интерес, и конечно же в случаях, описанных в предыдущем пункте, результат в) почти всегда будет отрицательным);
- д) к результату г) добавляется значение 0×8000 , и любое переполнение игнорируется;
- е) результат д) приводится к виду Integer16. Этот результат, который может быть выражен в шестнадцатеричной форме, и есть offsetScaledLogVariance.

IX.3.1 Вычисление значения offsetScaledLogVariance для T-GM, синхронизированного с PRTC

Из уравнения (IX.1) $\text{PTPVAR} = 1,144 \times 10^{-15} \text{ c}^2$. Используя описанные выше действия (а)–(г), получим:

$$\begin{aligned} \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{\ln(1,144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -49,6348; \\ 2^8 \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{(256) \ln(1,144 \times 10^{-15})}{\ln 2} = -12706,5176 \cong -12707. \end{aligned} \quad (\text{IX.3})$$

Представление полученного выше результата в виде целого числа в дополнительном двоичном коде дает

$$12707 = 31A3_{16} \Rightarrow \text{CE5C}_{16} \text{ (форма дополнения до 1)} \Rightarrow \text{CE5C}_{16} \text{ (форма дополнения до 2)}. \quad (\text{IX.4})$$

Добавление к полученному выше результату 8000_{16} и игнорирование любого переполнения дает

$$\text{CE5D}_{16} + 8000_{16} = 14E5D_{16} \Rightarrow 4E5D_{16}. \quad (\text{IX.5})$$

Результирующее значение offsetScaledLogVariance равно $4E5D_{16}$.

IX.3.2 Вычисление значения `offsetScaledLogVariance` для T-GM, синхронизированного с ePRTC

Вычисляется логарифм по основанию 2 от `PTPVAR`, выраженный в единицах c^2 , и для получения отмасштабированного значения результат умножается на 2^8 :

$$\begin{aligned}\log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{\ln(1,271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -52,8049; \\ 2^8 \log_2(\text{PTPVAR}) &= \frac{(256)\ln(1,271 \times 10^{-16})}{\ln 2} = -13\,518,0507 \cong -13\,518.\end{aligned}\tag{IX.6}$$

Представление полученного выше результата в виде целого числа в дополнительном двоичном коде дает:

$$13\,518 = 34\text{CE}_{16} \Rightarrow \text{CB31}_{16} \text{ (форма дополнения до 1)} \Rightarrow \text{CB32}_{16} \text{ (форма дополнения до 2)}.\tag{IX.7}$$

Добавление к полученному выше результату 8000_{16} и игнорирование любого переполнения дает

$$\text{CB32}_{16} + 8000_{16} = 14\text{B32}_{16} \Rightarrow 4\text{B32}_{16}.\tag{IX.8}$$

Результирующее значение `offsetScaledLogVariance` равно 4B32_{16} .

Библиография

- [b-IEEE 802.1AX] IEEE 802.1AX (2014), *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Link Aggregation*.
- [b-Bregni] Stefano Bregni, (2002), *Synchronization of Digital Telecommunications Networks*, Wiley.
- [b-Lesage] Paul Lesage and Theophane Ayi (1984), *Characterization of Frequency Stability: Analysis of the Modified Allan Variance and Properties of Its Estimate*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. IM-33, No. 4 (included in [b-Sullivan] as paper D.6).
- [b-Sullivan] D.B. Sullivan, D.W. Allan, D.A. Howe, and F.L. Walls (1990), *Characterization of Clocks and Oscillators*, NIST Technical Note 1337.
- [b-Walls] F.L. Walls, John Gary, Abbie O'Gallagher, Roland Sweet, and Linda Sweet (1991), *Time Domain Frequency Stability Calculated from the Frequency Domain Description: Use of the SIGINT Software Package to Calculate Time Domain Frequency Stability from the Frequency Domain*, NIST Report NISTR 89-3916 Revised (revision of 1989 version of this report).

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ Y

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

ГЛОБАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА	
Общие положения	Y.100–Y.199
Услуги, приложения и промежуточные программные средства	Y.200–Y.299
Сетевые аспекты	Y.300–Y.399
Интерфейсы и протоколы	Y.400–Y.499
Нумерация, адресация и присваивание имен	Y.500–Y.599
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.600–Y.699
Безопасность	Y.700–Y.799
Рабочие характеристики	Y.800–Y.899
АСПЕКТЫ ПРОТОКОЛА ИНТЕРНЕТ	
Общие положения	Y.1000–Y.1099
Услуги и приложения	Y.1100–Y.1199
Архитектура, доступ, возможности сетей и административное управление ресурсами	Y.1200–Y.1299
Транспортирование	Y.1300–Y.1399
Взаимодействие	Y.1400–Y.1499
Качество обслуживания и сетевые показатели качества	Y.1500–Y.1599
Сигнализация	Y.1600–Y.1699
Эксплуатация, управление и техническое обслуживание	Y.1700–Y.1799
Начисление платы	Y.1800–Y.1899
IPTV по NGN	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
Пакетные 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 И СООБЩЕСТВА	
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 обработка 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	Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация, а также соответствующие измерения и испытания
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи