

ПРИНЦИП ПЕРЕДАЧИ СИНХРОНИЗАЦИИ В СЕТЯХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА PTP (IEEE1588V2)

Fedorova N.V., Diomin D.O. **The principle of transmission synchronization in new generation networks using PTP protocol (IEEE1588V2).** In the article principles transmission of synchronization are considered in the networks of new generation. Three methods of transmission of synchronization in the networks of new generation are certained:

1. Through global satellite navigationals (GNSS). To the defects it is possible to take the obligatory use of aerial and that the system can not work in the closed apartments. In addition, backuping can be carried out only by setting of two receivers on every base station, that rises the price a decision.

2. The standard SyncEthernet. To the defects it is possible to take that in all network of transmission every device must support a new standard, and, if in a line there is a device that does not support SyncEthernet, then all devices that stand after this knot can not work in the synchronous mode.

3. Protocol of Precise Time Protocol (PTP) – described in recommendation of IEEE 1588. The second version of this document, that describes the use of protocol in TCNS, went out in 2008. Protocol of PTP is young enough, but technology of transmission of time adopted at protocol of Network Time Protocol (NTP). The PTP protocol, used for realization of network of synchronization, is described. The analysis of possibilities is presented for PTP protocol.

Keywords: timing synchronization, transport surroundings of IP/MPLS, GNSS, SyncEthernet, NTP, PTP protocol, signal of synchronization

Федорова Н.В., Дьомін Д.О. **Принцип передавання синхронізації в мережах нового покоління з використанням протоколу PTP (IEEE1588V2).** В статті розглянуто три принципи передачі синхронізації в мережах нового покоління: за допомогою глобальних навігаційних супутникових систем (GNSS); на основі стандарту SyncEthernet; на основі протоколу PTP. Більш детально описано протокол прецизійного часу (протокол PTP – Precise Time Protocol), що використовується для реалізації мережі синхронізації (згідно IEEE 1588). Протокол PTP достатньо молодий, але сама технологія передавання часу була взята з протоколу NTP (Network Time Portocol). Представлено аналіз можливостей для протоколу PTP.

Ключові слова: часова синхронізація, транспортне середовище IP/MPLS, GNSS, SyncEthernet, NTP, протокол PTP, сигнал синхронізації

Федорова Н.В., Демин Д.А. **Принцип передачи синхронизации в сетях нового поколения с использованием протокола PTP (IEEE1588V2).** В статье рассмотрены три принципа передачи синхронизации в сетях нового поколения: с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS); на основе стандарта SyncEthernet; на основе протокола PTP. Более детально описан протокол прецизионного времени (протокол PTP – Precise Time Protocol), используемый для реализации сети синхронизации (согласно IEEE 1588). Протокол PTP достаточно молодой, но сама технология передачи времени была заимствована у протокола NTP (Network Time Portocol). Представлен анализ возможностей для протокола PTP.

Ключевые слова: временная синхронизация, транспортное окружение IP/MPLS, GNSS, SyncEthernet, NTP, протокол PTP, сигнал синхронизации

Введение

В настоящее время сети операторов связи в Украине активно внедряют сети синхронизации, реализованные на транспортной сети IP/MPLS. В целом принципы синхронизации призваны обеспечить работу цифровых систем сети в единых временных интервалах. Однако, при увеличении количества устройств (например, базовых станций мобильной связи) проблемы синхронизации уже не могут быть рассмотрены в частном порядке и должны рассматриваться системно. С этим связана определенная локальная революция в подходе – появление определенной “критической массы” потребителей сигналов синхронизации на IP/MPLS-сети приводит к необходимости рассматривать систему синхронизации как отдельную составную часть системы электросвязи [1].

С дальнейшим увеличением количества цифровых устройств начинают меняться концепции построения сети синхронизации и принципы управления нею. В [2, 3] предложенные алгоритмы исправления ошибок в системах передачи, вызванных

нарушениями цикловой синхронизации. В этих работах рассмотрены только отдельные случаи ошибок в таких системах.

Данная статья посвящена актуальному вопросу, а именно, принципу передачи синхронизации в сетях нового поколения с использованием протокола PTP (IEEE1588v2).

Требование по синхронизации в сетях нового поколения

До недавнего времени потребности в синхронизации по фазе и времени в сетях связи не было, поэтому транспортные сети SDH проектировались только с требованием передачи частоты. Строгих требований, изложенных в рекомендациях G.810, G.811, G.812, G.813, хватало на реализацию любых существующих на тот момент сервисов.

Передача сигнала синхронизации любого типа осуществляется с некоторой точностью, которая должна подчиняться требованиям технологий новых сервисов или нормативным документам. Таким образом, требования к синхронизации определяются в итоге приложениями и сервисами, которые предоставляются операторами связи, но транспортная сеть должна иметь возможность удовлетворить все потребности и соответствовать даже очень строгим нормам [1, 4].

Сегодня можно сказать о трех способах решения этой проблемы – с помощью глобальных навигационных спутниковых систем (GNSS), стандарта SyncEthernet или протокола PTP. На рис. 1 показана типовая схема синхронизации с использованием GNSS.



Рис .1. Типовая схема синхронизации с использованием GNSS

К недостаткам можно отнести обязательное использование антенны и то, что система не может работать в закрытых помещениях. Кроме того, резервирование может быть осуществлено только установкой двух приемников на каждую базовую станцию, что удорожает решение [5, 6].

На рис. 2 показан принцип передачи синхронизации по протоколу SyncEthernet

Изначально технология Ethernet разрабатывалась исключительно для использования в локальных сетях. Методы линейного кодирования информации на физическом уровне выбирались в соответствии с задачами, которые не предполагали передавать синхросигнал. В сетях SDH изначально использовались линейные коды NRZ, которые приспособлены для передачи синхронизации на физическом уровне канала связи [1, 4-6]. При создании технологии SyncEthernet физический уровень и методы кодирования были заимствованы у технологии SDH, а второго (канального) уровня изменения практически не коснулись. Структура кадров осталась неизменной, за исключением SSM-байта статуса синхронизации. Его значения также были заимствованы в технологии SDH.

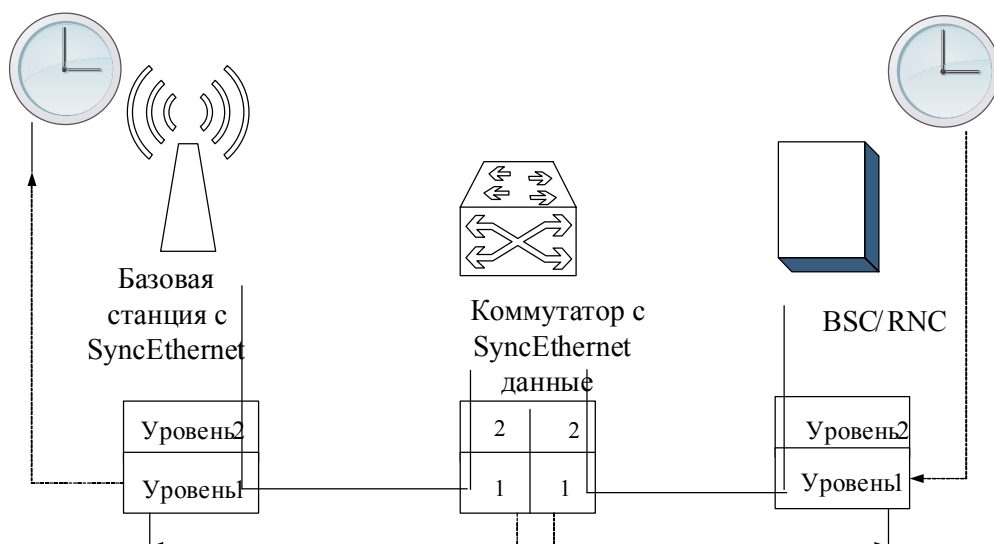


Рис. 2. Принцип передачи синхронизации по протоколу SyncEthernet

К преимуществам технологии SyncEthernet можно отнести использование SDH-структуры физического уровня, а вместе с этим – огромный и бесценный опыт проектирования и построения сетей тактовой сетевой синхронизации. Идентичность методов сохранила актуальность старых рекомендаций G.803, G.804, G.811, G.812 и G.813 в новой технологии. Дорогие устройства – первичные эталонные генераторы (ПЭГ), вторичные задающие генераторы (ВЗГ) – могут быть задействованы также и в новой транспортной сети, построенной на стандарте SyncEthernet. На рис. 3 показана типовая схема синхронизации с использованием технологии SyncEthernet.

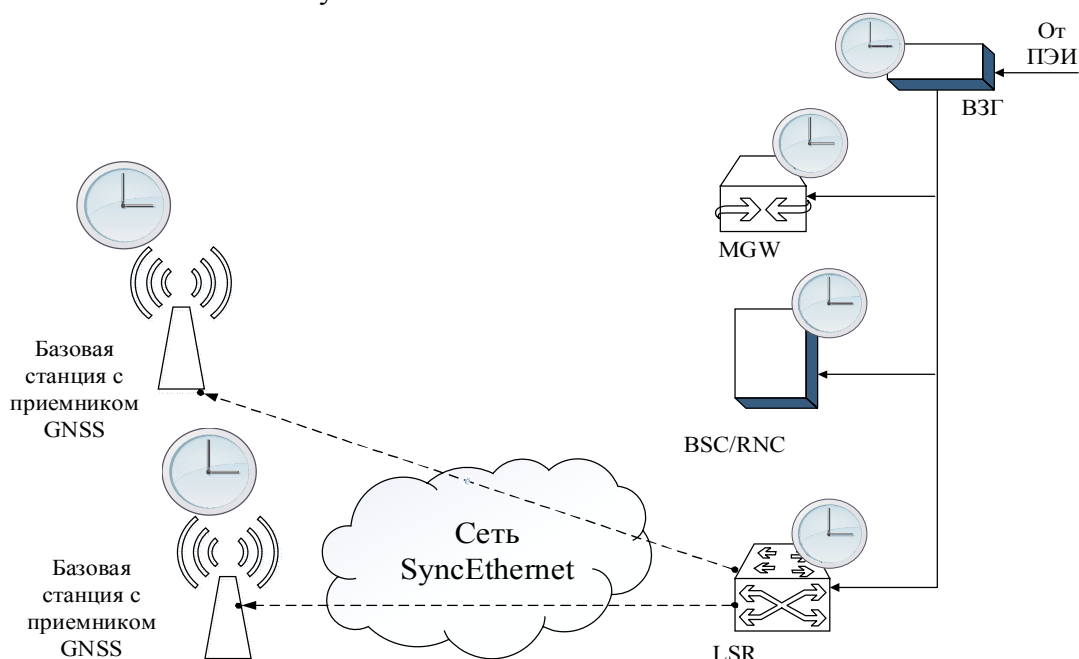


Рис. 3. Типовая схема синхронизации с использованием технологии SyncEthernet

К недостаткам можно отнести то, что во всей сети передачи каждое устройство должно поддерживать новый стандарт, и, если в линии остается устройство, которое не поддерживает SyncEthernet, то все устройства, которые стоят за этим узлом, не могут работать в синхронном режиме. Следовательно, требуются большие материальные затраты на модернизацию всей сети. Так же к недостаткам следует отнести, что данный метод поддерживает передачу только частотной синхронизации.

Использование протокола PTP (IEEE1588v2)

И последний способ передачи синхронизации, который в последнее время становится все более популярным, – это протокол Precise Time Protocol (PTP). Он описан в рекомендации IEEE 1588. В 2008 году вышла вторая версия этого документа, которая описывает использование протокола в телекоммуникационных сетях. Precise Time Protocol достаточно молодой, но сама технология передачи времени была заимствована у протокола Network Time Protocol (NTP) [7, 8].

Протокол NTP в своей последней версии не дает точность, которая необходима для современных приложений, и поэтому он остался хорошим средством для временной синхронизации, которое широко используется в синхронизации серверов, распределенных баз данных и т.д. Но в построении сети тактовой сетевой синхронизации подходит логическое продолжение протокола NTP – это протокол PTP. Сетевыми элементами, которые участвуют во взаимодействии по протоколу PTP, являются следующие устройства: PTP Grand Master и PTP Slave. Обычно Grand Master берет синхронизацию от GNSS приемника и, используя эту информацию, обменивается пакетами с Slave устройством и постоянно корректирует временные расхождения между Grand Master и Slave устройствами. Чем активнее будет этот обмен, тем точность корректировки будет выше. На рис.4 показан пример построения сети синхронизации на протоколе PTP.

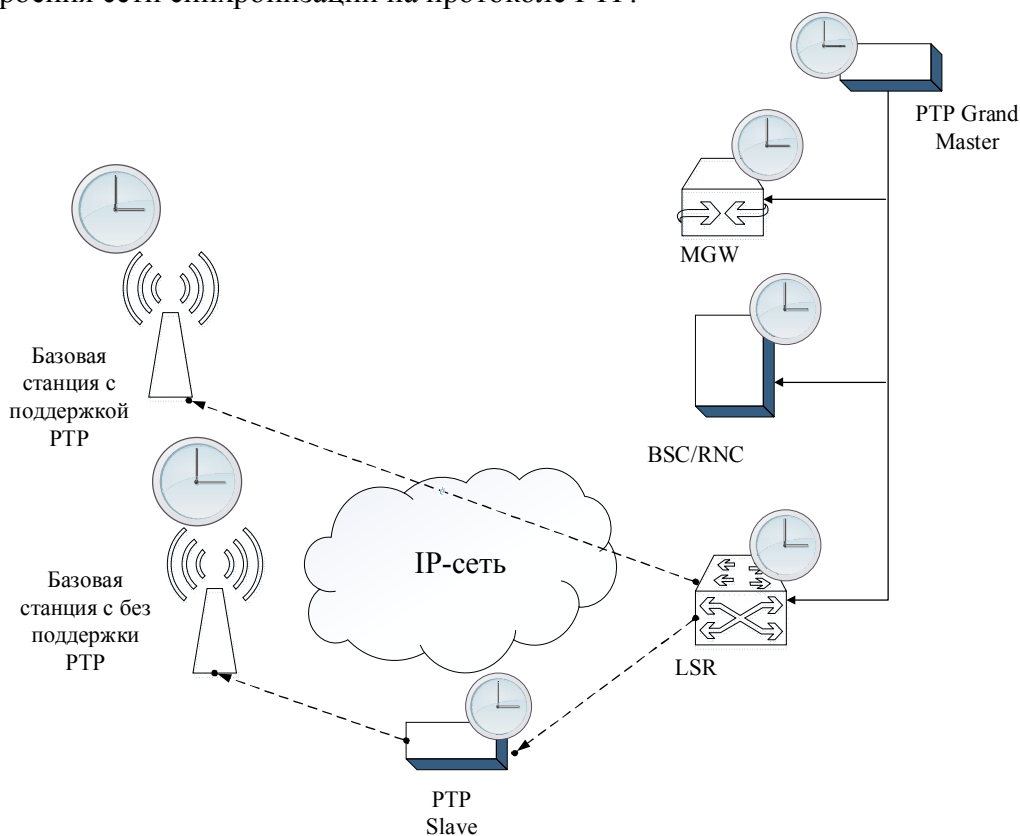


Рис. 4. Пример построения сети синхронизации на протоколе PTP

Недостатком такого активного обмена является увеличение полосы пропускания, которая выделяется для протокола PTP. Самой главной проблемой в расчете расхождения временных интервалов является то, что между устройствами Grand Master и Slave могут стоять "классические" маршрутизаторы 3-го уровня. Термин "классические" в данном случае употреблен для того, чтобы подчеркнуть, что данные устройства ничего не понимают в протоколе PTP 5-го уровня. Задержками в буферах таких маршрутизаторов управлять достаточно сложно, и они носят случайный характер. Для того чтобы осуществлять контроль над этими случайными ошибками, а также чтобы расчет расхождения времени между Grand Master и Slave был точнее, в протоколе PTP был введен специальный параметр – метка

времени (Time Stamp). Эта метка указывает на время прохождения пакета через маршрутизатор. Если на всем пути от Grand Master до Slave маршрутизаторы будут обладать функциональностью РТР и выставлять метку времени, то случайную ошибку, связанную с прохождением пакетов РТР через IP сеть, можно будет свести к минимуму [9-12].

На рис. 5 приведена диаграмма использования сообщений в РТР протоколе.

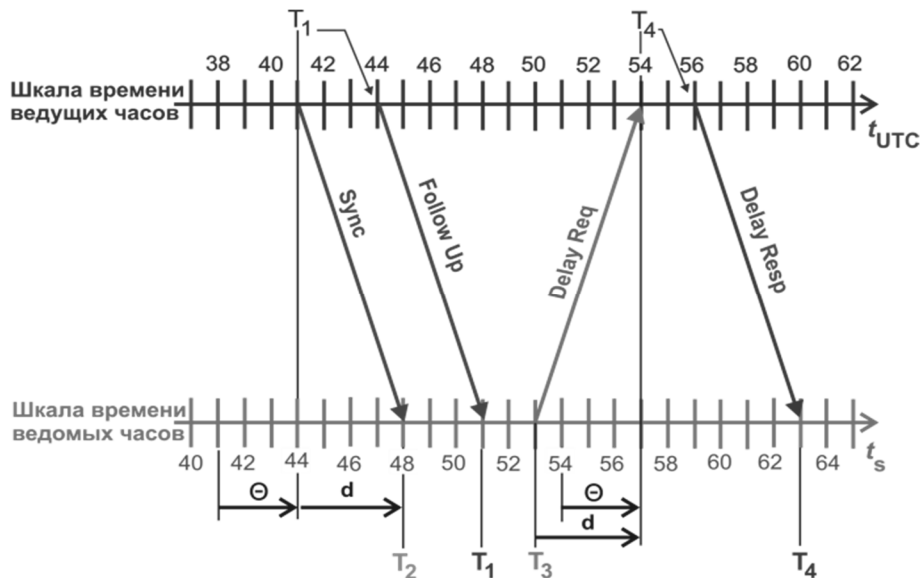


Рис. 5. Диаграмма использования сообщений в РТР протоколе

Как видно на рис. 5, где для наглядности на шкале времени t_{UTC} ведущих и на шкале времени t_s ведомых часов отмечены секундные метки, в результате обработки этих четырех сообщений ведомые часы получают четыре метки времени:

T_1 – время отправки сообщения **Sync** от гроссмейстерских часов;

T_2 – время приема сообщения **Sync** ведомыми часами;

T_3 – время отправки сообщения **DelayReq** от ведомых часов;

T_4 – время приема сообщения **DelayReq** гроссмейстерскими часами.

Остается вычислить одностороннюю задержку передачи d в предположении, что задержки в обоих направлениях обратимы:

$$d = \frac{(T_2 - T_1) + (T_4 - T_3)}{2}, \quad (1)$$

и расхождение времени Θ :

$$\Theta = (T_2 - T_1) - d = \frac{(T_2 - T_1) - (T_4 - T_3)}{2}. \quad (2)$$

Для примера, где ведомые часы опережают ведущие на 4 секунды, односторонняя задержка составляет $d = \frac{(48 - 41) + (54 - 53)}{2} = \frac{7 + 1}{2} = 4$ секунды, а расхождение времени равно $\Theta = (48 - 41) - 4 = 7 - 4 = 3$ секунды.

Вторая особенность РТР состоит в том, что обмен сообщениями **DelayResp** и **DelayReq** происходит нерегулярно – приблизительно один раз за 4 – 60 с, в то время как многоадресная рассылка пары сообщений **Sync** и **FollowUp** происходит периодически – по умолчанию каждые 2 с.

Литература

1. Миллс Д. Сличение времени в компьютерных сетях: протокол сетевого времени на Земле и в космосе / Д. Миллс ; пер. с англ. под ред. А.В. Савчука. – Київ : WIRCOM. – 2011. – 464 с.

2. Бойченко О. В. До питання надійної передачі інформації в системах реального масштабу часу / О.В. Бойченко, Я.І. Торошанко, О.С. Торошанко // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2010. – №4(16). – С. 56-63.
3. Торошанко Я.І. Виправлення помилок циклової синхронізації в мультимедійних системах / Я.І. Торошанко, В.П. Грушевська // Матер. VI междунар. научно-техн. симпозиума «Новые технологии в телекоммуникациях 99», 21-25 января 2013, Вышков. – С. 99-100.
4. Рыжков А.В. Способы синхронизации сетей электросвязи в условиях перезагрузки нормативной базы / А.В. Рыжков, А.В. Савчук // Сети связи. – 2012. – №9. – С. 37-41.
5. Вакась В.И. Синхронизация базовых станций при внедрении технологий IP-сетей / В. И. Вакась, И. П. Черняк // 21-я Междунар. Крым. конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2011): материалы конф. (Севастополь, 12 - 16 сент. 2011 г.). – Севастополь: Вебер, 2011. – С.374-375.
6. Вакась В.И. Синхронизация базовых станций мобильной связи в транспортном окружении сети IP/MPLS / В.И. Вакась, И.П. Черняк // 20-я Междунар. Крымская конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2010): материалы конф. (Севастополь, 13 -17 сент. 2010 г.). – Севастополь: Вебер, 2010. – С.335-336.
7. Вакась В.И. Методы обеспечения синхронизацией базовых станций от разных иерархических уровней сети с коммутацией пакетов / В.И. Вакась, Н.В. Федорова / Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. – Т. 10, №4. – С.91-96.
8. Вакась В.И. Практическая реализация синхронизации на сетях IP/MPLS / В.И. Вакась, Н.В. Федорова // Зв'язок. – 2013. – №1. – С.23-27.
9. Вакась В.И. Комбинирование методов обеспечения синхронизацией базовых станций от разных иерархических уровней сети с коммутацией пакетов / В. И. Вакась, Н.В. Федорова // 22-я Междунар. Крым. конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2012): материалы конф. (Севастополь, 10 -14 сент. 2012 г.). – Севастополь: Вебер, 2012. – С.320-321.
10. Федорова Н.В. Синхронный Ethernet, как среда передачи синхронизации в сетях с коммутацией пакетов / Н.В. Федорова // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2013. – №2. – С.45-49.
11. Савчук А.В. Синхронизация текущего времени: Протокол сетевого времени / А.В. Савчук, В.Н. Шапошников, И.П. Черняк // Зв'язок. – 2007. – №6. – С. 10-15.
12. Вакась В.И. Контроль и измерение параметров сигналов синхронизации в IP/MPLS-сети / В.И. Вакась, Н.В. Федорова // 23-я Междунар. Крым. конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2013): материалы конф. (Севастополь, 09 - 13 сент. 2013 г.). – Севастополь: Вебер, 2012. – С.273-274.

Автори статті

Федорова Наталія Володимирівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри комутаційних систем, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел.: +380 (67) 224 09 65. E-mail: Natasha_f@ukr.net.

Дьомін Дмитро Олександрович – аспірант кафедри комутаційних систем, Державний університет телекомунікацій, Київ. Тел.: +380 (67) 865 70 07. E-mail: Dima.Domin@gmail.com.

Authors of the article

Fedorova Nataliya Volodymyrivna – candidate of science (technical), assistant professor of the commutation system department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel.: +380 67 224 09 65. E-mail: Natasha_f@ukr.net

Dyomin Dmytro Oleksandrovych – post-graduate student of the commutation system department, State University of Telecommunications, Kyiv. Tel.: +380 (67) 865 70 07. E-mail: Dima.Domin@gmail.com

Дата надходження в редакцію: 13.03.2016 р.

Рецензент: д.т.н., с.н.с. Л.О. Комарова