

4. Иванов П. Поколение «5» / П. Иванов // Сети/network world. – 2012. – № 06. – С. 27.
5. Аналитическое решение задачи оптимального распределения потоков в сети передачи данных / Л.А. Фомин, С.А. Турю, А.И. Ватаги и др. // Сб. науч. тр.: Системы обработки информации. – Харьков: НАНУ. – 2002. – № 2(18). – С. 3-12.
6. Линец Г.И. Оптимизация пропускных способностей линий связи корпоративных сетей с использованием метода косвенной оптимизации / Г.И. Линец // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т 311, № 5. – 102 с.
7. Kleinrock L. Queuing systems. Vol 2: Computer applications -N.Y.: Wiley, 1976. – P. 27.
8. Бертсекас Д. Сети передачи данных /Д. Бертсекас, Р. Галлагер // М.: Мир, 1989. – 544 с.
9. Определение ресурса памяти узлов коммутации сети передачи данных / Л.А. Фомин, П.А. Будко, Н.Н. Гахова и др. // Сб. науч. тр.: Системы обработки информации. – 2000. – №2(8). – С. 102-104.

УДК 621.373-187.4; 621.39.072.9

Федорова Н.В., к.т.н. (*Государст. унив-т информационно-коммуникационных технологий*)

СИНХРОННЫЙ ETHERNET, КАК СРЕДА ПЕРЕДАЧИ СИНХРОНИЗАЦИИ В СЕТЯХ С КОММУТАЦИЕЙ ПАКЕТОВ

Федорова Н.В. Синхронный Ethernet, як середовище передачі синхронізації в мережах з комутацією пакетів. Розглянуто придатність застосування механізму Sync-E в якості середовища передавання синхронізації для мереж з комутацією пакетів.

Ключові слова: СИНХРОНІЗАЦІЯ, СИНХРОНІЙ ETHERNET, МЕРЕЖА З КОМУТАЦІЮ ПАКЕТІВ

Федорова Н.В. Синхронный Ethernet, как среда передачи синхронизации в сетях с коммутацией пакетов. Рассмотрена пригодность применения механизма Sync-E в качестве среды передачи синхронизации для сетей с коммутацией пакетов.

Ключевые слова: СИНХРОНИЗАЦИЯ, СИНХРОННЫЙ ETHERNET, СЕТЬ С КОММУТАЦИЕЙ ПАКЕТОВ

Fedorova N.V. Synchronous Ethernet, as an environment transmission of synchronization in networks with commutation of packages. The fitness of application of mechanism of SyncE is considered as an environment of transmission of synchronization for packet networks.

Key words: SYNCHRONIZATION, SYNCHRONIZATION ETHERNET, PACKET NETWORKS

Введение. Будущее сетей электросвязи – это переход от существующей транспортной среды SDH к технологиям с коммутацией пакетов (IP/IPMPLS/Ethernet).

Переход от сетей с временным уплотнением к сетям с коммутацией пакетов – это существенное изменение и оно требует тщательного исследования. Сети с временным уплотнением (т.е. оптические сети синхронной цифровой иерархии (SONET/SDH), плезиохронной цифровой иерархии (PDH)) – это технологии, в которой синхронизацию обеспечивают естественным образом на физическом уровне [1].

Трансляцию сигналов синхронизации традиционно выполняли в эпоху сетей с временным уплотнением на физическом уровне линейных сигналов на основе хорошо известных понятий, технических правил и опыта. Такой подход применим и к технике коммутации пакетов, если использовать синхронный Ethernet.

Синхронный Ethernet (SyncE) – это важный этап развития технологии Ethernet как доведение ее до уровня, пригодного для операторов глобальных сетей, в которых необходима синхронизация тактовой частоты.

Технологию коммутации пакетов изначально разрабатывали для асинхронной работы, когда генераторное оборудование работает в режиме свободных колебаний. Хотя основа

инфраструктуры была работоспособной, для многих приложений тактовая синхронизация оставалась необходимой. Например, требования к синхронизации частоты базовых станций (БС) мобильной связи и ее стабильности – важный фактор использования радиочастотного спектра. Кроме того, при эмуляции каналов временного уплотнения на границе сети в пункте приема требуется синхронизировать частоту с частотой в пункте эмуляции и поддерживать ее стабильность. Ясно, что требование синхронизации частоты относится не к магистральной сети, а к приложениям на ее границе. К тому же возможность распределения синхронизации от центра к границе сходит на нет по мере того, как инфраструктуру переводят на коммутацию пакетов.

Существует несколько способов обеспечить синхронизацию тактовой частоты. Один из них, связанный с преимуществами временного уплотнения, позволяет гарантированно доставлять стабильную частоту на физическом уровне в виде составной части физического соединения, по которому доставляют данные.

В условиях совместимости услуг фиксированной и мобильной связи и перехода от временного уплотнения к Ethernet, SyncE служит эволюционным решением проблемы доставки синхронизации. Он предназначен для работы в среде Ethernet типов, определенных в [2]. Важно отметить, что – особенно на участке доступа к сети – способность синхронного Ethernet взаимодействовать с сетью синхронизации, охватывая всю инфраструктуру, в том числе оптоволокно, медный провод и микроволновый диапазон.

Планирование сети синхронизации на основе синхронного Ethernet. Механизм SyncE служит способом передачи частоты на своем физическом уровне так, что ее можно отслеживать от внешних источников (например, от устройств синхронизации сети). Следовательно, каналы Ethernet можно использовать как составные части сети синхронизации. Синхронный Ethernet должен быть встроен в общую архитектуру сети Ethernet, а для того, чтобы служить средством передачи тактовой частоты, он должен быть встроен и в общую архитектуру сети синхронизации.

Структуры сетей синхронизации и Ethernet построены на основе функционального моделирования, описанного в Рекомендациях [3, 4]. В работе [5] проведен анализ нормативной базы для синхронного Ethernet. На основе проведенного анализа видно, что завершение работ по полной стандартизации SyncE пока не состоялось из-за некоторых причин сложного становления SyncE, указанных так же в статье [5].

Развертывание сетей синхронизации на основе синхронного Ethernet приносит пользу операторам сетей тем, что распределение тактовой частоты происходит без влияния вариаций задержки пакетов. Благодаря характеристикам устройств синхронизации можно, в общем, руководствоваться существующими правилами планирования и системного проектирования, что в значительной степени упрощает совмещение техники синхронного Ethernet с сетью синхронизации SONET/SDH.

Однако в процессе развития сети оператор будет иметь дело с неоднородным оборудованием Ethernet, в котором могут быть, а могут и не быть средства синхронного Ethernet. Возможно, потребуется дополнительный этап планирования сети просто для того, чтобы убедиться, что в составе выбранной цепочки синхронизации каналы Ethernet построены на оборудовании, в котором есть соответствующие функции синхронного Ethernet. В этом – отличие от сетей SDH/SONET, в которых по определению любой сетевой элемент (NE – Network Element) обязан быть элементом сети синхронизации.

Архитектура сети Ethernet описана в [6] в виде сети из двух уровней – EТН и EТУ. Уровень EТУ – это физический уровень, определенный в [2], а EТН – чисто «пакетный» уровень. Циклы управления средой доступа Ethernet (MAC – Medium Access Control) на уровне EТН служат клиентами уровня EТУ.

На рис. 1 показаны два уровня архитектуры Ethernet – EТН и EТУ – вместе с функциями адаптации более высокого уровня в виде прямого и обратного отображений канала E1 с целью эмуляции каналов на основе относительного способа восстановления тактовой частоты. Сетевую синхронизацию тактовой частоты в сетевых элементах СЭ1 и СЭ3

подводят через внешние стыки этих элементов сети. Для простоты сеть синхронизации, которая передает тактовую частоту от первичного источника синхронизации к элементам сети, не показана. Когда обеспечивать внешний тактовый сигнал в СЭ4 практически нецелесообразно (например, из-за больших затрат или отсутствия доступа), синхронизацию частоты в СЭ4 обеспечивают с помощью SyncE. Канал между в СЭ3 и СЭ4 показан как пример SyncE. В этом случае внешний тактовый сигнал на третий сетевой элемент поступает по физическому уровню Ethernet (ETU). В четвертом сетевом элементе этот тактовый сигнал можно восстановить из физического уровня (ETU). Далее тактовый сигнал используют в сетевых элементах как опорный при восстановлении тактовой частоты E1 в процессе эмуляции канала [1].

Также на рис. 1 показано отношение к услугам эмуляции каналов (circuit emulation services – CES), когда носителем услуги уровня ETU (например, E1) оказывался уровень ETH сети. Случай CES важен в смысле архитектуры, так как синхронизация оказывается составной частью услуги уровня ETU, однако, его приходится реализовать в сети с коммутацией пакетов, которая по своей природе не предназначена для передачи тактовой синхронизации. Одна из важных проблем некоторых способов CES состоит в том, как для пунктов отображения получить опорный сигнал синхронизации непосредственно в сети.

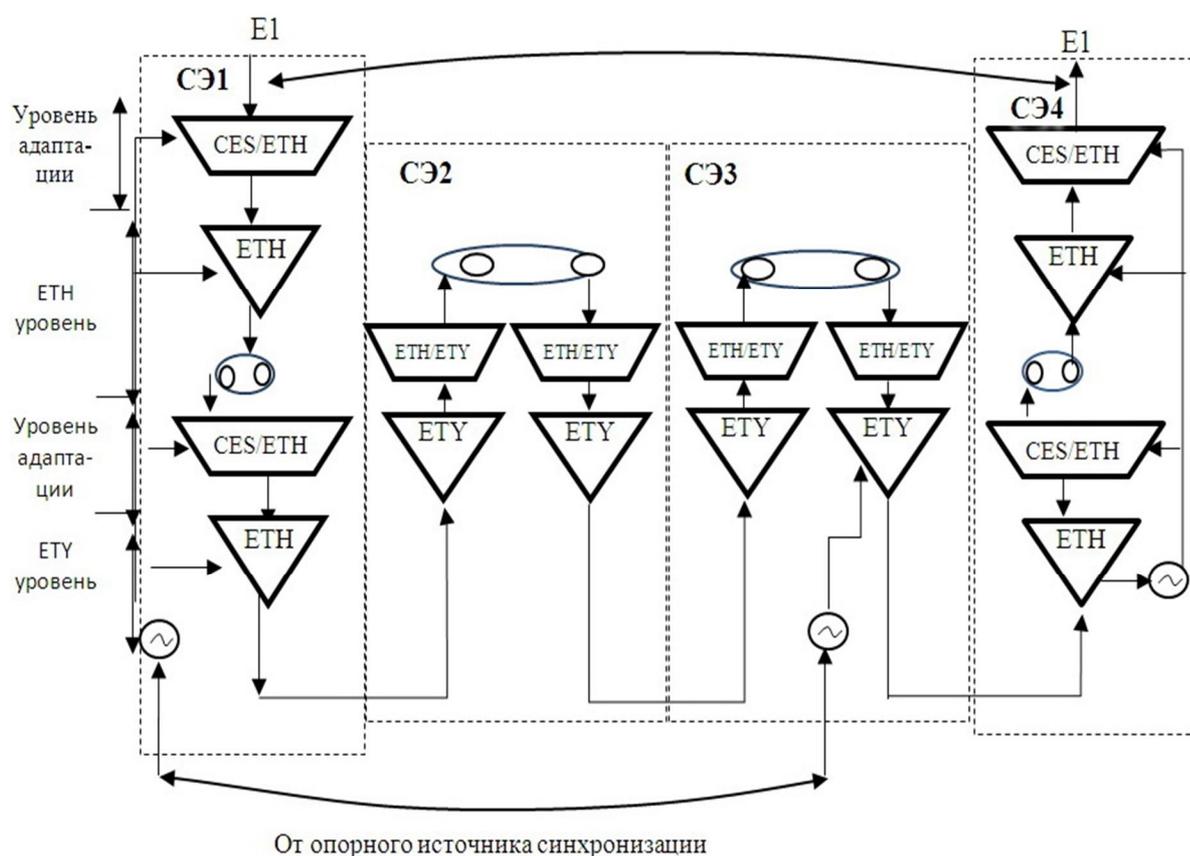


Рис.1. CES и SyncE вместе с уровнями ETU и ETH

Оба способа – и CES, и SyncE – введены как дополнения к существующим моделям ITU-T. По своей сути они не требуют изменений в имеющихся протоколах по определению IEEE, для внедрения и работоспособности в рамках этих определенных протоколов необходимо ввести в масштабе сети. Из архитектурных соображений CES можно рассматривать как более высокий уровень (клиент) по отношению к сети Ethernet, и, следовательно, определить его на уровне функций адаптации. С другой стороны, SyncE – не функция по определению, а просто описание того, как подвести опорную частоту к уже определенным функциям (например, к функциям окончания уровня сети, определенным на физическом уровне [2]).

На рис. 2 представлена схема измерения SyncE. Схема представляет собой цепочку синхронизации из четырех последовательно соединенных коммутаторов Ethernet, причем тактовый сигнал проходил по сети через стыки 1000BASE-X и 100BASE-Tx [1].

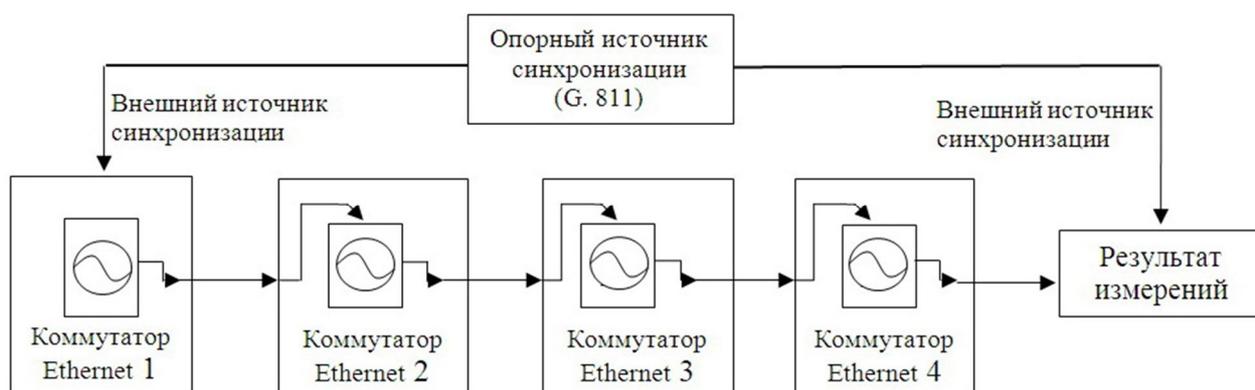


Рис. 2. Схема измерения SyncE

Результаты проведенных измерений приведены в [1] и свидетельствуют о высоком качестве передачи тактовой частоты SyncE. Фазовые шумы остаются в пределах нескольких десятков наносекунд, что сопоставимо с характеристиками транспортных сетей SONET/SDH. Это, в свою очередь, позволит обеспечить надежную синхронизацию для предоставления услуг в процессе перехода от сетей с временным уплотнением к Ethernet-сетям.

Выводы. 1. При переходе от сетей с временным уплотнением к Ethernet нет необходимости в изменениях технологии Ethernet или стандартов для нее. Длительный анализ этой архитектуры и средства описания ее в стандартах вместе с возможностью использования существующих стандартов позволяют относительно легко внедрить технические решения.

2. Архитектура Sync-E также совместима с современной сетью синхронизации. Такое решение дает провайдером электросвязи гибкость в обслуживании множества узлов и приложений с predetermined качеством характеристик при хорошем понимании перспективы перехода существующих транспортных сетей к таковым на основе Ethernet.

3. Механизм Sync-E функционирует на физическом уровне и не зависит от загрузки сети, это позволяет передавать сигнал синхронизации через транзитные устройства, но обеспечивает только частотную синхронизацию.

4. По сравнению с другими способами синхронизации в IP-сетях (например, протоколами NTP, PTP) SyncE является наиболее оптимальным в смысле гарантирования качества передаваемого сигнала – в силу своей природы и выполнения на аппаратном уровне для всего оборудования.

Литература

1. Ferrant J-L. Synchronous Ethernet: A method to transport synchronization / Jean-Loop Ferrant, Alcatel-Lucent, Mike Gilson, British Telecom, Sebastien Jobert, France Telecom, Michael Mayer and Michel Ouellette, Nortel, Laurent Montini, Cisco, Silvana Rodrigues, Zarlink, Stefano Ruffini, Ericsson // IEEE Communication Magazine. – September 2008. – P. 126-134.
2. CSMA/CD Access Method and Physical Layer Specifications // IEEE 802.3-2005. – 2005.
3. Generic functional architecture of transport networks // ITU-T Rec. G.805. – 2000.
4. Functional architecture of connectionless layer networks // ITU-T Rec. G.809. – 2003.
5. Рыжков А.В. Способы синхронизации сетей электросвязи в условиях перезагрузки нормативной базы / А.В. Рыжков, А.В. Савчук // Электросвязь. – 2012. – №9. – С. 37-41.
6. Definitions and terminology for synchronization networks // ITU-T Rec. G.8010. – 1996.