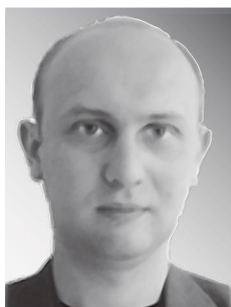




МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАКЕТНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ СЕТЕЙ СВЯЗИ SDH/SONET

Д.А. Дёмин, заместитель начальника отдела 30-8 НТВЦ "УкрТЕСТ" ГП "Укрметртестстандарт", г. Киев
В.И. Вакась, кандидат технических наук, ведущий инженер ПрАТ "Киевстар", г. Киев
Н.В. Федорова, кандидат технических наук, доцент кафедры коммутационных систем Государственного университета телекоммуникаций, г. Киев



Д.А. Дёмин



В.И. Вакась



Н.В. Федорова

Рассмотрены общие механизмы обеспечения синхронизации и их метрологические аспекты. Предложены способы достижения метрологических измерений на пакетных сетях.

The general mechanisms for assurance of synchronization and their metrological aspects are considered. Ways to accomplish metrological measurements on packet networks are proposed.

Введение. Метрологическое обеспечение традиционных синхронных сетей связи (SDH/SONET) достаточно изучено и отработано. Здесь используют метрологические характеристики первичных задающих источников частоты (PRC). Дальнейший аудит элементов сети синхронизации даёт численную картину метрологических единиц всей сети синхронизации.

Чего можно ожидать в метрологическом обеспечении при переходе на пакетную технологию передачи? Какие метрологические параметры должны контролироваться и с какой точностью? Каковы перспективы аудита таких сетей синхронизации? Попытаемся рассмотреть эти вопросы.

Эволюция сети и метрология. Для синхронных TDM сетей достаточно жесткие требования к PRC – это $1 \cdot 10^{-11}$ за одни сутки (уровень STRATUM1), для чего необходима достаточно высокая точность

измерительного и калибровочного оборудования. Аудит сетей включает измерение стыков аппаратуры и стыков присоединения на заданные стандартами значения. При этом требования к измерительной аппаратуре достаточно высокие: наличие эталонного опорного сигнала, возможность измерения в разных временных интервалах, измерение параметров блуждания фазы, дрожания фазы, нестабильности частоты. Однако все эти вопросы уже практически отработаны в течение двух десятков лет эксплуатации синхронных сетей.

В случае пакетных сетей возможны следующие варианты событий:

- технология синхронного Ethernet;
- технология RTP;
- технология NTP;
- синхронный транспорт поверх IP;
- гетерогенная сеть (смешанные топологии TDM и IP).

В зависимости от каждой технологии и их комбинаций метрологические вопросы будут отличаться.

Синхронизация пакетных сетей. Существует 2 варианта синхронизации пакетных сетей [1].

1. *Метод для оборудования синхронного такта (EEC – synchronous Ethernet Equipment Clock).* Для технологии синхронного Ethernet уровень STRATUM 1 должен составлять $\pm 4,6 \cdot 10^{-6}$. Далее этот уровень должен транслироваться по элементам пакетной сети [2]. В рекомендации ITU-T G.8262

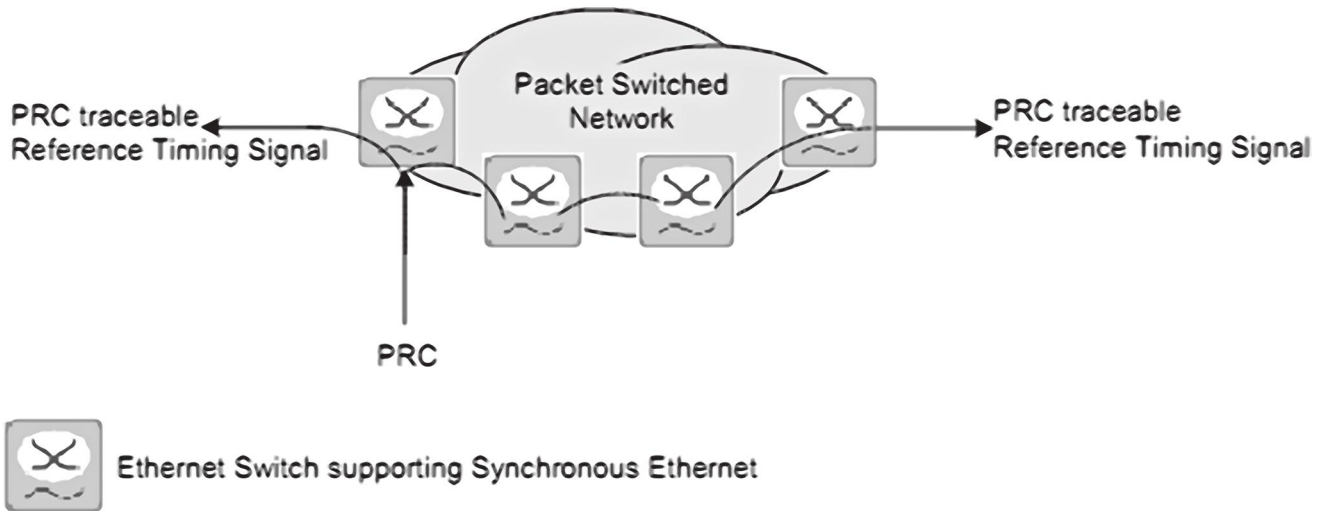


Рис. 1. Пример синхронизации с EEC

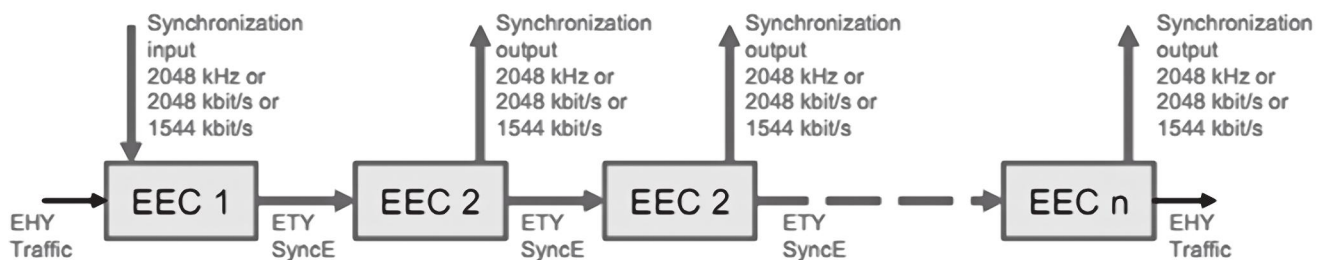


Рис. 2. Цепочка синхронизации

[3] нормированы параметры блуждания фазы, дрожания фазы, нестабильности частоты. Как видно из рис. 1, все коммутаторы должны поддерживать SE. К ним выдвигают особые требования к фильтрации, удержанию (holdover) и восстановлению сигнала синхронизации. Более того, размещение PRC рекомендуется делать в определенных точках сети. Основная особенность этого метода – отсутствие синхронизации времени.

Цепочка синхронизации представлена на рис. 2.

С точки зрения метрологии, необходимо убедиться в точности PRC и способности транслировать сигнал через цепочку сетевых элементов. При этом используются приборы как и в случае с TDM, но со значительно меньшим классом точности.

2. Метод для оборудования пакетированного такта (PEC – Packet-based Equipment Clock). Технологии RTP и NTP используют механизм передачи информации о времени в пакетах [4]. В этом случае в пакет вносится метка времени (timestamp), которая может базироваться на разных типах протоколов (NTP, RTP и т.д.). Схематично механизм показан на рис. 3.

В случае RTP синхронизация строится на иерархии “ведущий – ведомый”. Однако при такой технологии на точность функционирования влияют вариации задержки пакетов в сети. Поэтому для обеспечения заданного качества синхронизации должны быть сделаны расчеты и алгоритмы работы построения участка сети.

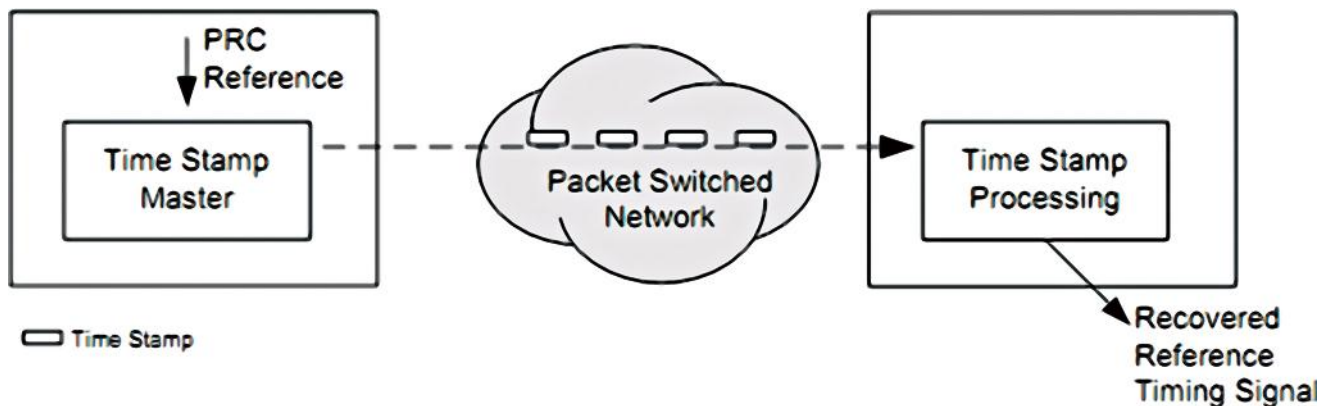


Рис. 3. Пример синхронизации с PEC

Основная особенность такого метода — отсутствие синхронизации частоты. При этом появляется синхронизация времени и фазы [5].

В метрологическом аспекте в данном методе нужно убедиться в точности PRC и в расхождении восстановленного сигнала по времени и фазе по отношению к ведущему.

Поскольку переход на NGN не будет происходить революционно, важны вопросы синхронизации при смешанном построении сетей. Очевидно, что помимо метрологии таких сетей по отдельности, накладывается вопрос переходных процессов между разными доменами сетей.

Метрология (точность, методы, средства и единство измерений) в пакетных сетях. Метрологические аспекты в каждом случае синхронизации должны быть учтены. Эти задачи метрологии разделяются на несколько: величины и измерения связанные с частотой, фазой и временем.

При этом максимальные требования величин для мобильных сетей 4G частоты (± 16 мкс) и фазы (± 500 нс) относительно невелики.

Если с частотой в метрологии телекоммуникаций вопрос относительно понятен и наработан за годы существования синхронной сети, то с фазой и временем предстоят дальнейшие исследования и изучения. Тем более что стандарты на синхронизацию пакетных сетей относительно новые и только начинают укрепляться на рынках телекоммуникаций.

Заключение. Наибольшей проблемой в пакетных сетях является неспособность определить точный

путь передачи пакетов [6]. Маршрутизатор не может заранее определить путь, по которому пойдет трафик. Это обусловлено тем, что протокол IP является протоколом без ориентации на установление соединения. Такой факт усложняет процесс измерений и метрологическое обеспечение в пакетных сетях.

Список литературы

1. ITU-T Recommendation G.8260. Definitions and terminology for synchronization in packet networks.
2. Федорова Н.В. Синхронный Ethernet как среда передачи синхронизации в сетях с коммутацией пакетов / Н.В. Федорова // Вісник ДУІКТ.— 2013 — №2. — С. 45–49.
3. ITU-T Recommendation G.8262. Timing characteristics of a synchronous Ethernet equipment slave clock.
4. Вакась В.И. Распространение опорных сигналов синхронизации в IP-сетях. Реализация по протоколу RTP / В.И. Вакась, Н.В. Федорова // Системи управління, навігації та зв'язку. — 2014. — №1 — С. 91–96.
5. ITU-T Recommendation G.8271. Time and phase synchronization aspects of packet networks.
6. Вакась В.И. Контроль и измерение параметров сигналов синхронизации в IP/MPLS-сети / В.И. Вакась, Н.В. Федорова // СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии: 23-я Междунар. Крымская конф. КрыМиКо'2013, 9–13 сентября 2013 г., Севастополь: материалы конф. — Севастополь: Вебер, 2013. — С. 273–274.