

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ СИГНАЛОВ СИНХРОНИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ ПАКЕТНЫХ СЕТЯХ

Бирюков Н.Л., Триска Н.Р., ИТС НТУУ “КПИ”, Украина

E-mail: nlbir@mail.ru

Худынецв Н.Н., ОГЭКУ, Украина

Evaluation of timing stability in up-to-date packet networks

Some metrics proposed for timing stability evaluation in packet networks are analyzed. The MTIE metrics family and metrics defined in ITU-T Recommendation G.8260 (notably MATIE, MAFE, *min*MATIE, and *min*MAFE) are compared. The suitability of these metrics for packet selection is discussed.

Фундаментальные изменения сетевой инфраструктуры, обусловленные повсеместным переходом к пакетным технологиям передачи и коммутации, не могли не повлиять на подходы к решению задач частотно-временного обеспечения. Базовыми методами синхронизации в современных пакетных сетях стали технология синхронного Ethernet (SyncE) и протокол точного времени RTP (IEEE1588v2). Все большую популярность приобретает комбинированный сценарий, предусматривающий совместное использование синхронного Ethernet для передачи тактовой частоты и протокола RTP для передачи точного времени [1]. При внедрении новых методов частотной и временной синхронизации и адаптации существующих методов к новым условиям возник целый ряд задач, требующих серьезной научной и практической проработки. Одна из таких задач – это подбор подходящих метрик, которые позволили бы наиболее эффективно оценить стабильность сигналов синхронизации в современном оборудовании пакетных сетей.

Следует отметить две тенденции в разработке метрик, способных учитывать особенности пакетного режима передачи с точки зрения обеспечения заданной точности частоты и фазы. Одна тенденция выражается в использовании традиционных метрик оценки качества сигналов синхронизации, например, максимального отклонения временного интервала – МОВИ (MTIE – Maximum Time Interval Error) и девиации временного интервала ДВИ (TDEV – Time Deviation) с расширением их возможностей [2] и/или адаптацией к условиям работы пакетных сетей [3].

Другая тенденция заключается в увеличении количества метрик, которые в той или иной степени отражают особенности пакетной передачи с точки зрения синхронизации по частоте или фазе. Например, последнее издание терминов и определений, относящихся к синхронизации пакетных сетей [4], включает дополнительные определения и оценочные формулы *min*TDEV и percentile TDEV (процентиль TDEV). Появились также новые усредняющие метрики, подобные TDEV, которые описывают максимальные фазовые или частотные девиации: MATIE (maximum average time interval error) – максимальная средняя

ошибка временного интервала ОВИ (МСОВИ); MAFE (maximum average frequency error) – максимальная средняя ошибка частоты МСОЧ; minMATIE и minMAFE. Целесообразность и эффективность использования предложенных функций подлежит дальнейшему изучению.

В [5, 6] исследовались общие свойства функции МОВИ и, на их основе, некоторые свойства ансамблей МОВИ, а также их связь с другими метриками, в частности, автокорреляционными функциями. Кроме того, предложено семейство функций от размахов ОВИ, а именно минимальное $\min[\text{PtP}(\tau)]$ и среднее $\text{mid}[\text{PtP}(\tau)]$ отклонения размахов $\text{PtP}(\tau)$ на интервалах наблюдения τ . Функции $\min[\text{PtP}(\tau)]$ и $\text{mid}[\text{PtP}(\tau)]$ обладают теми же свойствами, что и функция $\text{МОВИ}(n\tau_0)$ – неотрицательная, монотонная, неубывающая, вогнутая (выпукла вверх). Также эти функции отображают линейное смещение частоты и дрейф. В [6] показано, что на любом интервале наблюдения для данной выборки объемом N верно неравенство:

$$\min[\text{PtP}(\tau)] \leq \text{mid}[\text{PtP}(\tau)] \leq \max[\text{PtP}(\tau)] \equiv \text{МОВИ}(\tau), \quad (1)$$

откуда следует, что оценивание последовательности ОВИ по, например, $\min[\text{PtP}(\tau)]$, дает лучшие результаты для подстройки часов по относительной разнице фаз тактовых частот передающих и приемных часов, чем традиционная функция ОВИ.

С точки зрения оценки качества сигналов и/или оценки соответствия передающих трактов в пакетных сетях, на практике требуется достаточно ограниченный набор метрик, который близок первой тенденции, с добавлением дисперсии задержки пакетов – PDV (packet delay variation) из второго направления. Соответствующие нормы уже появляются в нормативных документах (например, в [3]). Однако методики измерения PDV еще недостаточно отработаны. В частности, это касается способов выбора и фильтрации пакетов для оценки PDV.

Существующая неопределенность в части методик выбора и фильтрации последовательностей данных, получаемых из последовательностей поступления пакетов для оценки различных метрик, может повлиять на корректность полученных результатов. Вопрос отработки и стандартизации методик измерения параметров точности и стабильности в пакетных сетях еще находится в стадии изучения, и на данном этапе важно, чтобы предлагаемые решения прошли апробацию на сетях в условиях практической эксплуатации оборудования. Нормированные параметры и методики их измерения, с одной стороны, должны обеспечивать проведение корректных измерений с однозначными и достоверными результатами и, с другой стороны, должны быть удобными для практического применения в условиях эксплуатации.

Настоящая работа представляет результаты анализа различных последовательностей данных, который проводился аналитическими методами, с помощью моделирования, подобно [5,6], а также с использованием данных реальных измерений на сетях связи. Результаты в отношении расширенного семейства метрик $\text{МОВИ}(\tau)$, предложенного в [6], оценок частоты по этим

метрикам ($FMpp(\tau)$, $Fstd(\tau)$), а также метрик [4] – $MATIE(\tau)$, $MAFE(\tau)$ и $TDEVpkt(\tau)$, представлены на рис. 1.

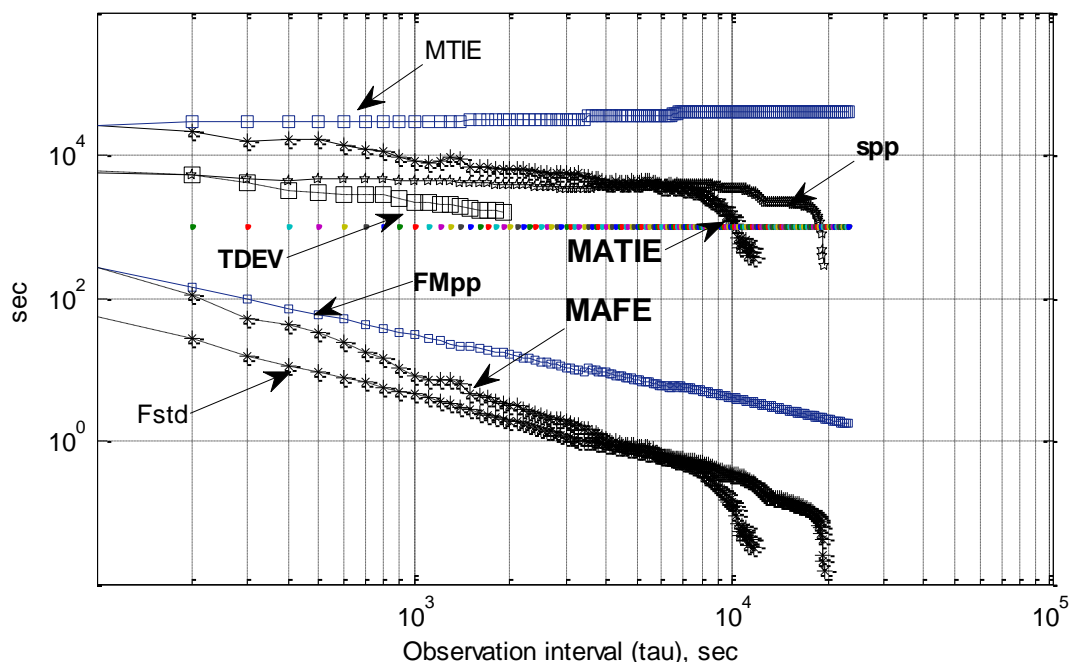


Рис. 1 Обработка данных серии измерений: $MOBI(\tau) \equiv MTIE$, $MATIE$, $TDEV$, $MAFE$.

Проведенный анализ показывает высокий уровень взаимной корреляции (ВФК) между различными метриками. Например, на равных интервалах наблюдения величина ВФК между $MOBI(\tau)$ и $MATIE(\tau)$ составляет более 0,8, между $FMpp(\tau)$ и $MATIE$ – не менее 0,95, а у $FMpp(\tau)$ и $MAFE$ – 0,9. Данные иллюстрируют (1): $MOBI$ на интервалах наблюдения дает оценку сверху как по ОВИ, так и по частоте ($FMpp$). На основе полученных результатов можно предположить, что расширенные метрики на базе хорошо отработанной и надежно апробированной функции $MOBI$ позволяют получить сведения, которые перекрывают $MATIE$ и $MAFE$.

Литература

1. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р., Худынцев Н.Н. Обзор направлений исследований МСЭ в области частотно-временного обеспечения современных сетей связи. – Т-Comm, № 2-2014. – с.12-17.
2. Бирюков Н.Л., Касим А.М., Триска Н.Р. Метрики оценки статистик стабильности сетей тактовой синхронизации с пакетной передачей сообщений. – Дев'ята Міжнародна науково-технічна конференція “Проблеми телекомунікацій” (ПТ-2015), 21-24 квітня 2015 р. Матеріали конференції. – с.122-124.
3. ITU-T Recommendation G.8261.1/Y.1361.1 (02/2012) Packet delay variation network limits applicable to packet-based methods (Frequency synchronization).
4. ITU-T Recommendation G.8260 (08/2015) Definitions and terminology for synchronization in packet networks.
5. Бирюков Н.Л., Триска Н.Р. Использование функции максимальной ошибки временного интервала для оценки состояния цифровых трактов. – “Зв’язок”-2004, № 1 – С. 50-54.
6. Бірюков М.Л. Оцінювання якості двохстороннього обміну повідомленнями точного часу за функціями відхилення часового інтервалу. – Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ” 2011, № 1. – С. 24-29.