5. **Покропивний, С. Ф.** *Економіка підприємства: підручник / С. Ф. Покропивний.— К.: КНЕУ, 2003.— 608 с.*

6. **Соолятте, А. Ю.** *Разработка теоретической концепции оценки и повышения операционной эффективности СМК промышленного предприятия / А. Ю. Соолятте, А. Н. Шмелєва // Век качества.— 2012.— №4.— 36 с.*

7. **Малярець, Л. М.** *Збалансована система показників в оцінці діяльності підприємства / Л. М. Малярець.— Харків: ХНЕУ, 2008.— 188 с.*

8. **Пантелєєв, В. П.** *Фінансова звітність / В. П. Пантелєєв.— К.: Держ. акад. статист., обліку і аудиту, 2004.— 165 с.*

9. **Хьюберт, К. Р.** *Универсальная система показателей деятельности: Как достигать результатов, сохраняя целостность / К. Р. Хьюберт.— М.: Альпина Бизнес Букс, 2004.— 352 с.*

10. **Визначення** *концепції 6 сигм [Електронний ресурс].— Режим доступу:*
http://www.kpms.ru/General_info/SixSigma.htm.

11. **Ситников, Н.** *Операционная эффективность на практике [Електронний ресурс] / Н. Ситников.— Режим доступу:*
http://sapland.ru/events/akademiya-peredovih-praktik-vnedreniya-i-podderzhki-sap-2014-2015-2/materials/operatsionnaya-ephphektivnosti-skritii-ephphekt-ot-vnedreniya-it-reshenii-2.html.

Рецензент: доктор техн. наук, професор **Л. Ф. Купченко**, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.

В. И. Галаган, А. Н. Турейчук, С. В. Бондарчук, О. С. Прокопенко, С. В. Полишко

ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ (СТРУКТУРЫ)

Проведен анализ процесса использования системы сбалансированных показателей для оценки деятельности организации (структуры) и на его основе разработаны предложения по применению указанной системы.

Ключевые слова: система сбалансированных показателей; состояние функционирования; управленческий учет.

V. I. Galagan, A. N. Tureychuk, S. V. Bondarchuk, O. S. Prokopenko, S. V. Polishko

PROBLEMS APPLICATIONS BALANCED SCORECARD TO MEASURE PERFORMANCE ORGANIZATION (STRUCTURE)

The article analyzes the process using a balanced scorecard to measure the performance of the organization (structure) and on it's basis the proposals for its use.

Keywords: balanced scorecard; the state of operation; management accounting.

УДК 621.373-187.4; 621.39.072.9

А. В. САВЧУК, В. И. ВАКАСЬ[1], А. А. КУЛИНСКИЙ[1], Д. А. ДЕМИН[2],
[1]АО «Киевстар», Киев;
[2]Государственный университет телекоммуникаций, Киев

Эволюция параметров стабильности синхронизации В ПАКЕТНЫХ СЕТЯХ

Рассмотрены основные параметры стабильности синхронизации и методы проведения их измерений в пакетных сетях. Очерчен эволюционный путь, который привел к модификации параметров стабильности при переходе на пакетные сети. Предоставлены результаты измерений на реальной сети.

Ключевые слова: синхронизация; пакетные сети; измерение параметров стабильности; PDV (Packet Delay Variation); MAFE (Maximum Average Frequency Error).

Введение

Проведение измерений параметров стабильности сигналов синхронизации является неотъемлемой частью мониторинга существующих сетей синхронизации. Это правило также справедливо и при переходе на пакетные сети. Традиционные параметры стабильности сигналов синхронизации претерпели дальнейшее развитие при оценке на IP-сетях.

Эволюции параметров стабильности сигналов синхронизации, измерениям и дальнейшей обработке данных параметров и посвящена эта статья.

Основная часть

Переход от TDM к пакетной среде

На TDM-сетях непосредственно измеряется только функция ошибки временного интервала (*Time Interval Error* — **TIE**): разность между измеренным значением временного интервала, производимого задающим генератором, и измеренным значением того же самого временного интервала, производимого эталонным задающим генератором. Затем на основе полученного массива TIE можно произвести расчет максимальной ошибки временного интервала — (*Maximum Time Interval*

© *А. В. Савчук, В. И. Вакась, А. А. Кулинский, Д. А. Демин, 2017*

Error — **MTIE**): максимальное значение размаха изменения задержки данного сигнала тактовой синхронизации по отношению к идеальному сигналу тактовой синхронизации в течение времени наблюдения для всех значений времени наблюдения, длительность которых находится в пределах периода измерения. Кроме того, осуществляется расчет девиации временного интервала (*Time Deviation* — **TDEV**): измеренное значение ожидаемого изменения временного интервала сигнала как функция времени интеграции. TDEV может также обеспечивать информацией о спектральных составляющих фазового (или временного) шума сигнала.

Таким образом, критерием оценки качества сигналов синхронизации TDM-сети определены два показателя — MTIE и TDEV [1].

MTIE — показатель, который позволяет обнаруживать скачки фазы в сигнале синхронизации, так как по определению равен размаху изменений фазы в течение определенного периода времени. Однако из-за своей чувствительности к скачкам фазы он не адекватен для оценки «фонового» шума сигнала синхронизации. TDEV — показатель, который позволяет оценить средний квадрат мощности, поэтому при вычислении TDEV скачки фазы в сигнале синхронизации скрадываются и фактически получают оценку «фонового» шума сигнала синхронизации [1]. Детально параметры стабильности TDM-сетей были изложены в главе 5 монографии *Stefano Bregni* [2].

В монографии *Devid Mills* [3] были представлены протоколы, позволяющие организовать опорную частоту в пакетной среде передачи. Встал вопрос — как оценить стабильность такой опорной частоты? В силу наличия новой среды передачи и новых технологических протоколов были разработаны и новые измеряемые параметры стабильности сигналов синхронизации [4], позволяющие оценить качество стабильности в пакетной среде.

Измерения в пакетной среде основаны на вычислении всех данных, необходимых не только для оценки точности сличения времени и оценки стабильности частоты, но и для оценки таких параметров сети, как двусторонняя и одностороння задержка пакетов, а также девиации задержки пакетов **PDV** (*Packe tDelay Variation*) [5]. Проще говоря, мы имеем встроенный измеритель (датчик данных измерений) непосредственно в сервере и/или клиенте для того, чтобы извлечь текущие результаты измерений и соответствующие log-файлы сервера (клиента) для вычислений показателей качества и сопоставления их с нормированными пределами. Аппаратное проставление меток времени обеспечивает наносекундную точность. Характеристики сети оценивают по показателям TDEV и минимальному отклонению времени пакетов (packet MinTDEV), вычисленным на основе результатов измерения PDV по меткам времени пакетов относительно местного (опорного) времени. Измерения PDV также представляют собой восстановление тактовой частоты по Рекомендации G.8261.1 [6]. После завершения измерений массива данных PDV производиться вычисление эксплуатационных показателей качества MTIE/TDEV/MAFE/FPP/FPC. Результаты измерений PDV не являются достаточными для оценки сигнала синхронизации. Необходимо из измеренных данных получить ряд дополнительных параметров. Это, как минимум, набор MTIE/TDEV/MAFE/FPP/FPC. До сих пор нет полного понимания четкого эксплуатационного перечня этих параметров (в отличие от классической сети синхронизации — TIE/MTIE/TDEV) [1; 5]. Однако в настоящее время параметр MAFE можно считать основным для определения качества сигнала синхронизации в пакетной сети [1; 4]. О природе параметра MAFE будет детально изложено далее.

Что говорят Рекомендации ITU-T

Первой попыткой оценить стабильность в пакетной сети были шаблоны из Рекомендации G.823 для классической сети синхронизации TDM. Был разработан шаблон для пакетной синхронизации частоты, — он приведен в Рекомендации G.8261.1 [6]. Эти шаблоны позволяют определить, насколько поток пакетов, проходящий по сети, соответствует критериям качества синхронизации прикладных процессов. Например, для клиента — базовой станции NodeB, здесь и далее будем рассматривать синхронизацию по протоколу PTP (Precision Time Protocol или стандарт IEEE 1588v2), от PTP-сервера к PTP-клиенту NodeB [7]. В заданных условиях просто и понятно квалифицировать результаты по признаку годен/не годен. Однако, по сути, это интерфейс пакетной сети, через который поступают пакеты на встроенный в NodeB PTP-клиент. Такой шаблон (G.8261.1/Figure 4 [6]) является довольно грубой оценкой. Тут отсутствуют качественные параметры вроде MTIE/TDEV с учетом пакетной среды передачи. Кроме того, сопоставлять результаты измерений в пакетной сети с шаблонами классической сети нет смысла: поскольку в ней средняя относительная частота в любом узле должна быть равной $1 \cdot 10^{-10}$, а в пакетной сети мобильной связи предельное значение относительной частоты в радиосегменте на два порядка меньше — $50 \cdot 10^{-9}$.

Особенность нормирования стыков классической сети синхронизации в ITU-T состоит в том, что на верхнем уровне иерархии ставят первичный источник цезиевого класса точности так, чтобы средняя частота генераторного оборудования элементов сети была не хуже $1 \cdot 10^{-11}$, а допустимые

блуждания фазы обозначают горизонтальными линиями на диаграмме MTIE. Шаблон G.8261.1/ Figure 4 [6] — это попытка ITU-T прямо обобщить метрологию сети синхронизации SDH на синхронизацию в пакетной сети: взят предел для транспортного стыка E1 и добавлен к нему отрезок наклонной линии $16 \cdot 10^{-9}$.

Из этого следует, что при оценке качества синхронизации в пакетной сети целесообразно отказаться от традиционных пределов, принятых в документах ITU-T для классической сети синхронизации (диаграмма MTIE) и перейти к шаблонам, которые лучше приспособлены для пакетных сетей.

Вклад Антти Пиетилайнена (NSN) в разработку показателей стабильности для сетей мобильной связи стандарта 3G — параметр MAFE

Удачная попытка приспособить метрологию синхронизации к пакетным сетям предпринята ведущим специалистом NSN *Антти Пиетилайненом* (*Antti Pietilainen*) на международном форуме ITSF (International Timing & Sync Forum) в 2011 году. Он рассуждал так: MTIE легко представить как функцию окна шириной $n\tau_0$, скользящего вдоль графика $TIE(t)$ для того, чтобы определить в этом окне максимум $TIE(n\tau_0)$, т. е. размах отклонения фазы измеряемого сигнала от фазы опорного сигнала. Относительная частота y на интервале наблюдения $\tau = n\tau_0$ представляется в виде

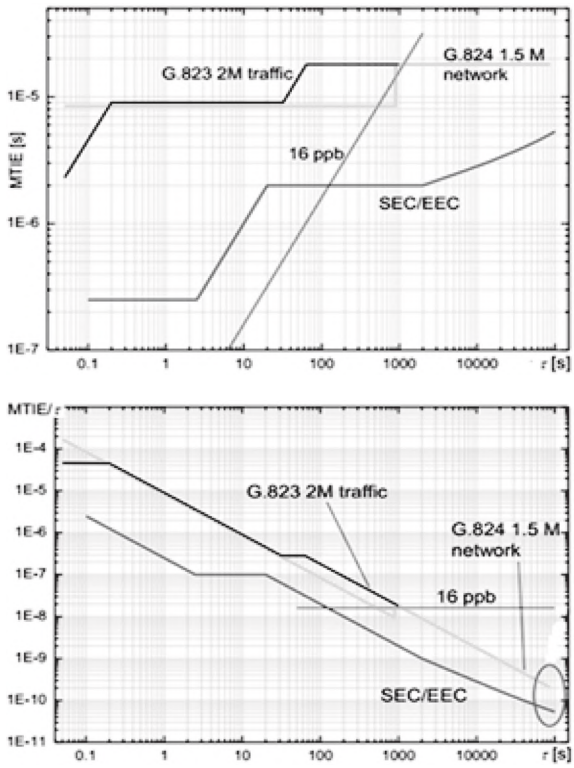
$$y = \frac{\Delta x}{\tau}.$$

Если при этом каждую точку графика MTIE(τ) (верхняя диаграмма на рис. 1) разделить на соответствующую абсциссу τ:

$$\frac{MTIE(\tau)}{\tau} = \frac{MTIE}{\tau}(\tau) = \frac{\Delta f}{f}(\tau),$$

то получим диаграмму, изображенную на рис. 1, где по оси ординат отложены значения относительной частоты. Эти преобразования привели к переходу от показателя стабильности фазы к показателю стабильности частоты — именно она интересует операторов в радиосегменте мобильной связи и в соответствии со стандартами 2G и 3G должна быть не хуже $50 \cdot 10^{-9}$ [7]. На основании «потолочного правила» из соображений здравого смысла решили, что по наземным линиям связи имеет смысл подводить к базовой станции тактовый сигнал со стабильностью не хуже чем $16 \cdot 10^{-9}$. На верхней диаграмме этот предел показан в виде наклонной линии, а на нижней — в виде прямой, параллельной оси абсцисс.

Затем Пиетилайнен отметил, что популярный в сети синхронизации SDH показатель MTIE по своей вычислительной природе — хороший обнаружитель «самых плохих» отсчетов на многочасовом интервале измерений — скачков и выбросов — без какого-либо усреднения. В практике эксплуатации сетей такие выбросы — явление неизбежное, и один случайный выброс может скомпрометировать многочасовой сеанс измерений. Для того чтобы получить истинную картину стабильности сигналов синхронизации, обслуживающему персоналу приходится выбирать один из двух вариантов:



(Antti Pietilainen. Packet Clock Output Stability Specification vs. PDV Tolerance Specification.– ITSF.– 2011)

Рис. 1. Пределы стабильности для базовых станций мобильной связи 3G

1) провести достаточное (из соображений доверительности) количество повторных длительных измерений в одной и той же контрольной точке с последующей статистической обработкой результатов;

2) по собственному усмотрению исключить «незаконные» скачки и выбросы из массива TIE, прежде чем вычислять MTIE.

В пакетных сетях, когда исходными данными для вычисления служит PDV (с размахом отклонения до десятков миллисекунд) применять показатель MTIE более проблематично, чем в сетях SDH (с выбросами TIE до десятков наносекунд). Более того, невозможно прямо сопоставить MTIE на входе PTP-клиента (базовой станции) со стабильностью тактового сигнала на выходе этого клиента [7].

Для того чтобы повысить адекватность показателя нестабильности в пакетных сетях, Пиетилайнен предложил третий вариант усреднения данных MTIE в виде максимальной средней погрешности временного интервала (*Maximum Average Time Interval error* — **MATIE**):

$$MATIE(n\tau_0) = \max_{1 \le k \le N-2n+1} \frac{1}{n} \left| \sum_{i=k}^{n+k-1} (x_{i+n} - x_i) \right|,$$

где x_i — последовательность погрешности времени в пакетах; $n\tau_0 = \tau$ — ширина окна наблюдения; $n = 1, 2, \ldots$, integer part $(N/2)$ — число отсчетов в окне; τ_0 — интервал дискретизации; N — число отсчетов в массиве данных измерения и k — шаг скольжения окна.

Сравним $MATIE(n\tau_0)$ с $MTIE(n\tau_0)$:

$$MTIE(n\tau_0) = \max_{1 \le k \le N-n} \left(\max_{k \le i \le k+n} x(i) - \min_{k \le i \le k+n} x(i) \right).$$

Тогда можно сказать, что $MTIE(n\tau_0)$ — это обнаружитель размаха погрешности времени на указанном интервале наблюдения для всего массива данных измерения, а $MATIE(n\tau_0)$ — обнаружитель максимального среднего значения отсчетов погрешности времени на указанном интервале наблюдения (усреднение эквивалентно низкочастотной фильтрации скачков и выбросов). Вспомнив, что интервал наблюдения и частота f Фурье связаны соотношением $\tau = 1/\pi f$, увидим, что $MATIE(n\tau_0)$ дает спектральный состав фазовых шумов измеренной последовательности отсчетов PDV. А теперь, применив к $MATIE(n\tau_0)$ преобразование, изображенное на рис. 5, получим спектральный состав частотных шумов в виде максимальной средней погрешности относительной частоты $MAFE(n\tau_0)$:

$$\frac{MATIE(n\tau_0)}{\tau} = MAFE(n\tau_0).$$

Показатель $MAFE(n\tau_0)$ — *Maximum Average Frequency Error*, — рассчитанный по массиву данных измерения пакетов PTP на входе клиента PTP базовой станции, интересен тем, что его можно сопоставить с нестабильностью тактовой частоты на выходе ФАП клиента PTP базовой станции. Это означает, что по поведению $MAFE(n\tau_0)$ на входе клиента PTP можно судить о соответствии сети радиодоступа требованию к синхронизации — относительная частота в радиосегменте должна быть не хуже $50 \cdot 10^{-9}$.

Пример расчета в сопоставлении с двумя шаблонами, которые предложила компания NSN (автор — Пиетилайнен), приведен на рис. 2.

Шаблон NSN HRM-1, предназначенный для применения на входе клиента PTP, т. е. на выходе модели 1 гипотетического образцового тракта пакетной сети (*Hypothetical Reference Model 1* — HRM-1), изображен на рис. 3, а шаблон NSN HRM-2, предназначенный для HRM-2, приведен на рис. 4.

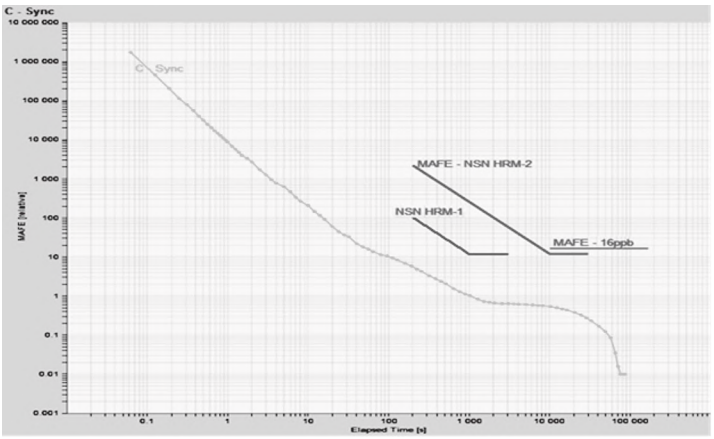


Рис. 2. Шаблоны HRM-1 и HRM-2 для параметра MAFE

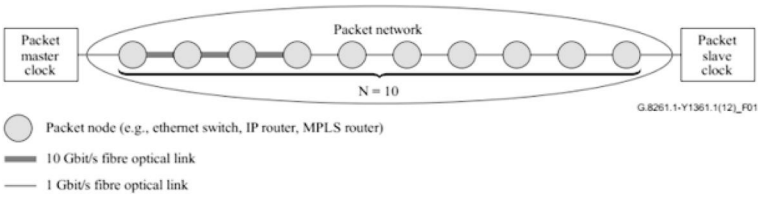


Рис. 3. Пакетный тракт для HRM-1

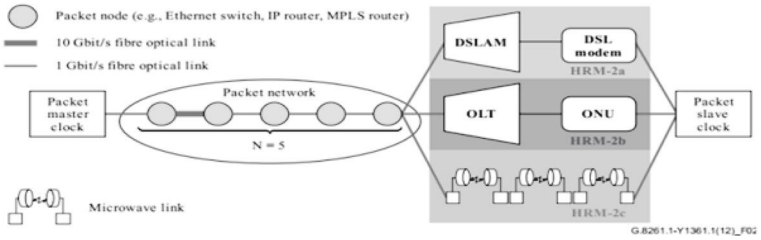


Рис. 4. Пакетный тракт для HRM-2

По этим шаблонам и оценивают вычисленный из массива PDV параметр MAFE. Сегодня параметр MAFE, наложенный на шаблоны HRM-1 и HRM-2, является самым адекватным параметром оценки показателей стабильности сигналов синхронизации в пакетных сетях.

Следует отметить, что предложенные Пиетилайненом показатели были приняты в перечень показателей стабильности сигналов синхронизации пакетных сетей в Дополнении I Рекомендации ITU-T G.8261.1 (02/12) [6]. И хотя шаблоны HRM-1 и HRM-2 в ITU-T до сих пор не признаны, тем не менее, широко применяются в современной измерительной технике для пакетных сетей.

Приведем пример измерений, проведенных на сети компании Киевстар с расчетом параметров стабильности.

График PDV(t), по которому был рассчитан представленный ранее параметр $MAFE(\tau)$ — см. рис. 2, изображен на рис. 5.

Представление о поведении относительной частоты во времени дает рис. 6.

Результаты расчета функции Sync распределения задержек пакетов приведены на рис. 7.

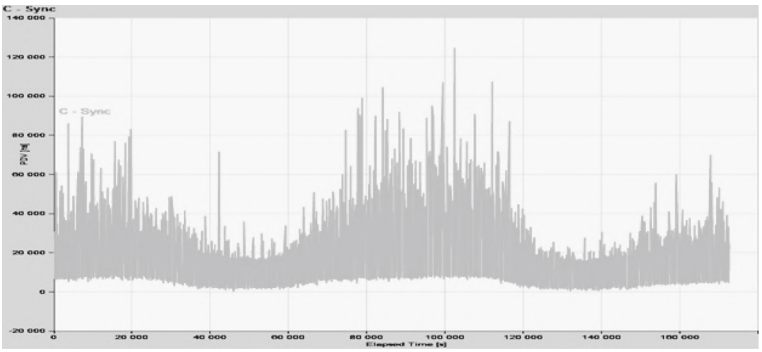


Рис. 5. Измерения PDV

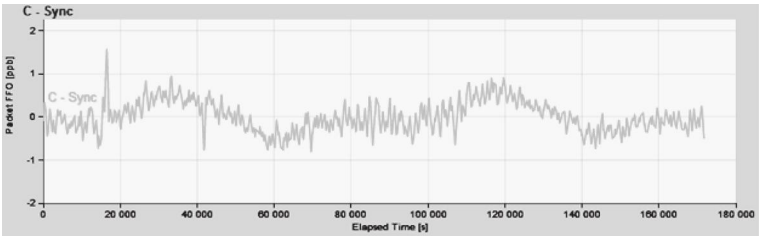


Рис. 6. Относительная частота по времени

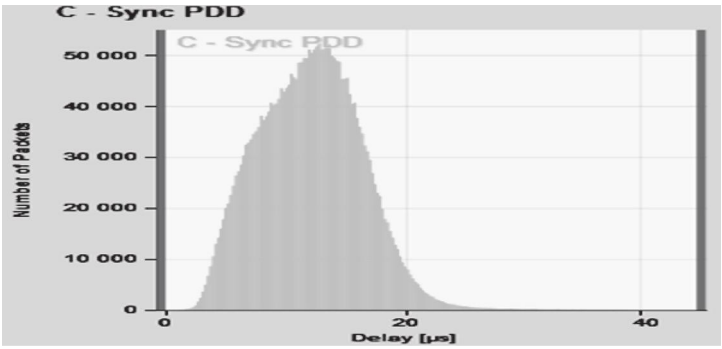


Рис. 7. Расчет Sync PDD

Выводы

Синхронизация частоты (синтонизация) базовых станций стандарта 3G — это, по существу, дистанционное сличение времени по протоколу PTP в сочетании с дифференцированием погрешности времени. В результате получают дистанционную оценку относительной частоты.

Постепенно приходят к тому, что просто освежить понятия сетей синхронизации SDH и на этой основе оценивать относительную частоту сигнала, доставляемого потребителю, как производную погрешности времени, оказывается недостаточным.

Следует подчеркнуть, что при внедрении сетей LTE/LTE-A возникает проблема не только синтонизации, но и синхронизации времени базовых станций. В итоге проблема отказа от старых навыков становится еще острее. Иначе говоря, для того чтобы существующий опыт применить в перспективе и преодолеть ложные представления на основе неверных предположений, каждая компания должна осознать свои потребности и разработать собственные методики измерений, обосновать нормы и предельные соотношения.

Например, на основании изложенного целесообразно разработать ведомственную методику оценки качества PTP-клиентов базовых станций, предлагаемых разными поставщиками.

Список использованной литературы

1. ***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, 2013.— С. 273–274.*

2. ***Bregni, S.*** *Synchronization of Digital Telecommunication Networks / S. Bregni.— John Willey & Sons, Inc. 2001. (Имеется перевод на русский язык: Брени С. Синхронизация цифровых сетей связи / С. Брени.— М., Мир, 2003).*

3. ***Mills, D. L.*** *Computer network time synchronization: the network time protocol. CRCPress, 2006 (Имеется перевод на русский язык: 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].— К.: WIRCOM, 2011.— 464 с.*

4. ***Fedorova, N. V.*** *Parameters of Synchronization Signals in IP/MPLS networks / N. V. Fedorova, D. A. Diomin // Наук. записки УНДІЗ.— 2016.— № 1 (41).— С. 44–51.*

5. **Вакась, В. И.** *Измерения параметров стабильности сигналов синхронизации в пакетных сетях / В. И. Вакась, Н. В. Федорова, Д. А. Демин // Зв'язок.— 2016.— № 1.— С. 40–43.*

6. ***ITU-T G.8261.1/Y.1361.1*** *(02/2012). Packet delay variation network limits applicable to packet-based methods (Frequency synchronization).*

7. **Вакась, В. И.** *Распространение опорных сигналов синхронизации в IP-сетях. Реализация по протоколу PTP / В. И. Вакась, Н. В. Федорова // Системи управління, навігації та зв'язку.— Полтава.— 2014.— № 1.— С. 91–96.*

Рецензент: доктор техн. наук. профессор **В. А. Дружинин**, Государственный университет телекоммуникаций, Киев.

О. В. Савчук, В. І. Вакась, О. О. Кулінський, Д. О. Дьомін

ЕВОЛЮЦІЯ ПАРАМЕТРІВ СТАБІЛЬНОСТІ СИНХРОНІЗАЦІЇ В ПАКЕТНИХ МЕРЕЖАХ

Розглянуто основні параметри стабільності сигналів синхронізації та методи проведення їх вимірювань у пакетних мережах. Окреслено еволюційний шлях, який призвів до модифікації параметрів стабільності при переході на пакетні мережі. Подано результати вимірювань на реальній мережі.

Ключові слова: синхронізація; пакетні мережі; вимірювання параметрів стабільності; PDV (Packet Delay Variation); MAFE (Maximum Average Frequency Error).

O. V. Savchuk, V. I. Vakas, O. O. Kulinskyi, D. A. Diomin

EVOLUTION OF STABILITY OF SYNCHRONIZATION PARAMETERS IN PACKET NETWORKS

There are main parameters of synchronization signals stability and methods for their measurement in packet networks in the article. We consider an evolutionary way leading to the modification of stability parameters during the transition to packet networks. Issue the results of measurements on the real network.

Keywords: synchronization; package networks; measurement of parameters stability; PDV (Packet Delay Variation); MAFE (Maximum Average Frequency Error).

УДК 621.373-187.4; 621.39.072.9

Н. В. ФЕДОРОВА, канд. техн. наук, Государственный университет телекоммуникаций, Киев;
Н. В. ПИРОГОВА, ПрАТ «Киевстар»;
Б. М. БЫШОВЕЦ, ПрАТ «Укртелеком», Киев

Четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью

Рассмотрены перспективы создания мультисервисной макросети на базе технологий 2-го, 3-го, 4-го и 5-го поколений. Указаны основные требования к мультисервисной макросети, подразумевающей интеграцию существующих и новых технологий. Обозначены актуальные вопросы и задачи по управлению мультисервисной макросетью. Предложена четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью.

Ключевые слова: технологии 2G, 3G, 4G и 5G; мультисервисная макросеть; управление мультисервисной макросетью; четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью.

Введение

С развитием мобильных сетей и их адаптацией к новым типам устройств и услуг — от интеллектуальных электросчетчиков, автомобилей и подключенных бытовых приборов до промышленных объектов, к таким сетям выдвигаются новые разнообразнейшие требования. Поэтому подход «одна технология для всех» вряд ли может быть эффективным для обеспечения растущего числа запросов со стороны бизнеса, общества и отдельных пользователей. Технологии продолжат свое развитие с целью повышения производительности и приумножения возможностей. В дополнение к существующим технологиям радиодоступа появятся новые технологии, которые позволят решать задачи, не решаемые в рамках 2G/3G/4G [1].

Основная часть

Согласно прогнозам, уже к 2020 году появится то, что называют 5G [2], т. е. набор органично интегрированных технологий радиодоступа. Учитывая, что 4G — это эволюционное совершенствование технологий мобильной связи, так же, как и развитие HSPA и Wi-Fi, технология 4G в ближайшем будущем сохранит свою актуальность. Даже GSM и далее будет играть важную роль, оставаясь и после

© Н. В. Федорова, Н. В. Пирогова, Б. М. Бышовец, 2017