

УДК 621.373-187.4; 621.39.072.9

Оцінка якості опорних сигналів синхронізації в IP-мережах на базі систем управління обладнання синхронізації

Вакась В. І.¹, Федорова Н. В.², Гаврилко Є. В.², Харлай Л. О.³

¹ПрАТ "Київстар", м. Київ

²Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ

³Київський коледж зв'язку, м. Київ

E-mail: Natasha_f@ukr.net

Наведено можливості систем управління сучасного обладнання синхронізації. Розглянуто системи управління обладнання синхронізації TimePictra та SyncView Plus, що дають змогу проводити вимірювання в пакетних мережах. На базі розглянутих систем управління показано можливе створення системи "повноцінного" моніторингу стабільності сигналів синхронізації, але на сьогоднішній день, з певними обмеженнями. Запропоновано принципи створення сучасної системи моніторингу мережі синхронізації на основі аналізу сигналів за протоколами NTP (Network Time Protocol) та RTP (Precision Time Protocol). Наведено схему моніторингу якості опорних сигналів синхронізації за протоколами RTP та NTP та описано прототип взаємодії між трьома вузлами NTP та центральним сервером. Цей прототип дає змогу продемонструвати принципи моніторингу за мажоритарним правилом. Якщо накопичити достатньо даних, можливо створити графік, або заповнити масиви даних для подальшого аналізу.

Ключові слова: мережа синхронізації; обладнання синхронізації; система управління; параметри стабільності; сигнали синхронізації; оцінка якості; моніторинг

DOI: [10.20535/RADAP.2020.81.5-10](https://doi.org/10.20535/RADAP.2020.81.5-10)

Вступ

На сьогоднішній день в Україні впроваджено технології мобільного зв'язку 2G/GSM, 3G та 4G/LTE. Наступним етапом розвитку має стати впровадження технологій 4G/LTE Advance та 5G. Можна помітити, що з переходом на IP/MPLS-мережі кардинально змінилися й методи синхронізації – типи транспортування опорних сигналів, нові протоколи, нові типи обладнання синхронізації та з'являються навіть нові параметри стабільності для оцінки опорних сигналів та обладнання синхронізації. Але самий революційний етап вже пройдено. На сьогоднішній день немає затверджених методів оцінки якості опорних сигналів синхронізації в IP-мережах, наприклад, від Міжнародного союзу електрозв'язку – ITU-T. Зараз тільки можна намітити деякі тенденції в майбутньому розвитку: «IP-транспорт» залишиться незмінний; пропускну здатність буде збільшуватися; RTP-протокол лишається основним для забезпечення фазової синхронізації; термінальне обладнання буде зміщуватися в бік різноманітних сенсорів/датчиків, які згодом надженуть і перевищать кількість людей-абонентів.

У зв'язку з цим підвищуються вимоги й до мережевої синхронізації.

1 Постановка задачі

Опис характеристик стабільності генераторів високої точності має дуже важливе значення для фахівців у багатьох галузях науки і техніки. Залежно від конкретного завдання вони використовують різні показники нестабільності як в частотній, так і в часовій області. Характеристики нестабільності частоти в часовій області широко використовують з тієї причини, що вони дають пряму відповідь на просте питання: "Яка нестабільність частоти на інтервалі часу"?

У монографії Devid Mills [1] були представлені протоколи NTP (Network Time Protocol) та RTP (Precision Time Protocol), що дають можливість організувати опорну частоту в пакетному середовищі передачі. Постало питання, як оцінити стабільність такої опорної частоти? Внаслідок наявності нового середовища передачі та нових технологічних протоколів були розроблені й нові вимірювані параметри стабільності сигналів синхронізації [2], що дають

змогу оцінити якість стабільності в пакетному середовищі. Сучасні системи моніторингу можуть проводити вимірювання деяких цих параметрів, але з певними обмеженнями. Основною задачею на сьогоднішній день є побудова максимально функціональної системи моніторингу [5]. Сама еволюція параметрів стабільності сигналів синхронізації в IP-мережах була детально розглянута в роботі [6].

2 Можливості систем управління сучасного обладнання синхронізації

Вимірювання в пакетному середовищі основані на обчислюванні усіх даних, які необхідні не лише для оцінки точності звірення часу й оцінки стабільності частоти, але і для оцінки таких параметрів у мережі, як одно- та двостороння затримки пакетів, а також девіації затримки пакетів PDV (Packet Delay Variation), а також проведенні обчислювання з отриманих даних додаткових параметрів стабільності (наприклад, найбільший інтерес представляє новітній параметр MAFE (Maximum Average Frequency Error)) [3]. Вимірювання параметрів стабільності сигналів синхронізації будуть все більш автоматизовані, а обробка даних все більш оперативною. Необхідність в моніторингу сигналів синхронізації буде зростати.

На мережах синхронізації операторів зв'язку України існують системи управління, що підтримують обладнання синхронізації різних виробників, наприклад, найбільш поширеним є обладнання синхронізації від компаній Microsemi (США) та Oscilloquartz (Швейцарія) з відповідними системами управління TimePictra та SyncView Plus. В останніх версіях цих систем управління з'явилась можливість проведення вимірювань параметрів стабільності вихідних та вхідних сигналів синхронізації на мережевому обладнанні синхронізації засобами, які апаратно реалізовані в цьому обладнанні та підтримуються відповідним програмним забезпеченням у системах управління TimePictra та SyncView Plus. Тобто ідеологія вимірювань, яку компанія Microsemi запропонувала у своєму вимірювальному приладі TimeAnalyzer 7500, плавно перейшла на саму мережу синхронізації.

Компанія Oscilloquartz свого часу виробляла вимірювальний прилад OSA5565 SyncTester, який мав можливість проводити вимірювання TIE (Time Interval Error) та обчислювати класичні параметри MTIE (Maximum Time Interval Error) та TDEV (Time Deviation). Цей прилад і досі подекуди використовується на мережах. Однак, Oscilloquartz так і не зробив вимірювального приладу для показників IP-мереж, але цілком вдало реалізував вимірювальну функцію в системі управління SyncView Plus. Необхідною умовою для проведення вимірювань

стабільності сигналів синхронізації є наявність відповідних ліцензій на мережевих пристроях і відповідне програмне забезпечення в системі управління SyncView Plus.

Компанія Microsemi фактично просто «перенесла» функції вимірювального приладу TimeAnalyzer 7500 на мережеві пристрої, наприклад, RTP-сервер TR5000, RTP-клієнт TR500, BC TR4100. Для проведення таких вимірювань також необхідні відповідні ліцензії на мережевих пристроях і відповідне програмне забезпечення в системі управління TimePictra, а саме TimeMonitor. На жаль є недоліком той факт, що не всі старі пристрої Microsemi підтримують функцію вимірювання параметрів стабільності. Оскільки є різні версії апаратної реалізації, наприклад, у обладнанні RTP-сервер TR5000, то не завжди можливо організувати вимірювання засобами системи управління (навіть при наявності у оператора зв'язку всіх програмних ліцензій).

Системи управління TimePictra та SyncView Plus дають змогу провести такі «внутрішні» вимірювання в пакетних мережах, а саме вимірювання PDV, packet MTIE, packet TDEV, packet minTDEV. Таким чином, на базі систем управління обладнанням синхронізації можливе створення системи «повноцінного» моніторингу стабільності сигналів синхронізації, але на сьогоднішній день, з певними обмеженнями. Так до таких обмежень слід віднести: відсутність можливості обчислення параметру MAFE, обмеження за максимальним часом проведення вимірювань та обмеження, які пов'язані з об'ємом та часом зберігання отриманих результатів.

3 Моніторинг параметрів стабільності сигналів синхронізації

Моніторингом називають постійне спостереження за якістю опорних сигналів у критичних точках мережі синхронізації з метою своєчасного виявлення відхилення їх параметрів від нормативних вимог.

Не слід ототожнювати систему моніторингу з системою управління мережею синхронізації (Management System for Synchronization Network), яка є сукупністю способів і засобів управління мережею з метою забезпечення її максимальної ефективності. Отже, система управління обов'язково містить у своєму складі засіб моніторингу.

Сучасна мережа синхронізації включає дві складові частини: систему управління мережею синхронізації і систему вимірювання параметрів сигналів синхронізації [2, 4].

Розгалужена топологія сучасних мереж синхронізації не дає змоги повністю прогнозувати їх поведінку у разі виникнення одного або декількох збоїв. У випадку подальшої реконфігурації мережі

можуть утворюватися петлі в поширенні сигналів синхронізації, внаслідок чого, вся мережа синхронізації може «деградувати» на якій-небудь ділянці або повністю. Для боротьби з такими небажаними наслідками і використовується моніторинг параметрів сигналів синхронізації в режимі реального часу. Для цього вимірюють параметри сигналів синхронізації на усіх ділянках такої мережі, як на виході обладнання синхронізації, так і на інших стиках синхронізації. За своєю суттю ці вимірювання є вимірами частоти і параметрів її стабільності, тобто частотними вимірюваннями [5].

Як правило, на практиці зазвичай говорять про нестабільність частоти (Frequency Instability) і дотримуються принципу: для зменшення довготривалої нестабільності слід підвищувати точність. У основі цього принципу лежить висновок про те, що довготривалі зміни частоти обумовлені різними внутрішніми і зовнішніми дестабілізуючими чинниками, які є причиною систематичних відхилень [4]. Мінімізуючи і контролюючи їх, ми покращуємо як точність, так і довготривалу стабільність. Ясно, що точність не може бути краща довготривалої стабільності. Наприклад, у декількох вузлах синхронної мережі зв'язку має значення не стільки точність частоти, скільки добре погоджена в часі стабільність.

Відносно часу існують свої вимоги. Якщо хід місцевого годинника має бути погоджений з номінальною шкалою часу від віддаленого джерела, то слід передбачити певні засоби регулярних поправок часу і підстроювань частоти місцевого годинника. Синхронізувати частоту (synchronize frequency) – означає підлаштувати частоту генератора так, щоб вона була однаковою для усіх годинників, синхронізувати час (synchronize time) – погоджувати показання годинників з номінальною шкалою часу (як правило, це UTC (Coordinated Universal Time)) і, синхронізувати годинник (synchronize clock) – означає синхронізувати, і частоту, і час. Мета дистанційного звірення часу полягає в тому, щоб вирахувати розбіжність шкал.

Якщо системи управління мережею синхронізації різних виробників обладнання синхронізації на сьогоднішній день не можуть забезпечити «повноцінний» моніторинг, то виникає необхідність у виокремленій системі моніторингу сигналів синхронізації і, актуальність подібного моніторингу в IP-мережах значно зростає.

В роботах [3,4] була запропонована схема моніторингу сигналів за протоколом РТР та дещо змінена аналогічна схема для протоколу NTP пропонувалася в роботах [6, 7]. Суть цієї схеми зводилася до звірення/вимірювання сигналів від трьох джерел з метою визначення аварійного та ефективного перемикання на резерв. Також цей варіант моніторингу можна застосувати для ефективного звірення шкал часу (що, до речі, нині не дозволяє жодна система управління NTP-серверами).

Схема моніторингу якості опорних сигналів РТР показана на рис. 1, що включає в себе два місцеві джерела, одне - на основі приймача GPS (Global Positioning System), а друге - на основі локального сервера РТР1, що підключені до схеми калібрування, а вихідний сигнал під'єднується до схеми усереднювання. Також умовно можна замінити РТР-сервера на NTP, тому вважатимемо схему універсальною для обох протоколів.

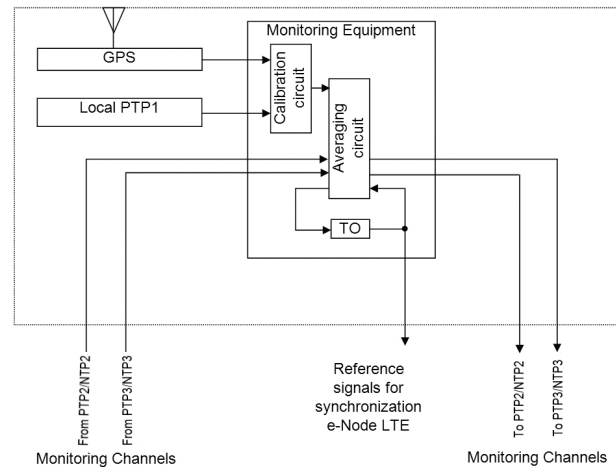


Рис. 1. Моніторинг якості опорних сигналів РТР/NTP

Схема, що наведена на рис. 1, служить для попередньої обробки опорних сигналів, що надійшли від віддалених джерел РТР2 та РТР3 перш ніж ці сигнали будуть подані на мережу. Сигнал калібрування використовується в схемі усереднювання, для того щоб сформувати сигнал управління місцевим підлаштуваним генератором (на схемі позначеним, як «ТО»). Стабільність результуючого сигналу після такої обробки виявляється не гірше за короткочасну стабільність місцевого кварцового генератора «ТО», середньочасової стабільності локального РТР1 і довготривалої стабільності приймача GPS чи приймача будь-якої іншої системи GNSS (Global Navigation Satellite System).

Слід зазначити, що тут для сигналів як NTP, так і РТР можливі вимірювання значень PDV, та подальших розрахунків таких параметрів стабільності, як MAFE.

За наявності декількох NTP або РТР серверів на мережі вибір найкращого за якістю досягають за допомогою багатовходової системи фазового автопідстроювання частоти ФАПЧ з цифровим управлінням підлаштуваного генератора. У такій системі один з вхідних сигналів від кварцового генератора «ТО» забезпечує стабільність на короткочасних інтервалах вимірювання. Свій вклад у стабільність результуючого вихідного сигналу на середньочасових інтервалах вносить місцевий GPS-приймач, а у разі його аварії – один або два видалених NTP або РТР сервера. У такій багатовходовій системі фазового автопідстроювання частоти стабільність

результуючого сигналу на виході виявляється не гірше за стабільність будь-якого з діючих джерел, і усі вони служать для підстроювання вихідного сигналу [7].

Місцевий кварцовий підлаштовуваний генератор «ТО» з кращою короткочасною стабільністю частоти підключається безпосередньо до виходу петлі регулювання. Сигнали GPS і місцевого NTP або RTP сервера використовуються для підстроювання сигналу через схему калібрування, що формує перший опорний сигнал для схеми усереднювання замкнутої петлі. Постійні часу схеми калібрування і петель регулювання вибрані так, щоб переважаючий вплив кожного з опорних сигналів був виборчим і в цілому максимізував загальну стабільність і точну мітку часу вихідного сигналу.

Запропонована схема, крім вирішення аварійності пристрою та формування результуючого стабільного сигналу на мережу, дає змогу проводити вимірювання параметрів стабільності сигналів синхронізації від трьох джерел, узгоджувати фазову синхронізацію від трьох джерел. Виникає питання, яким чином управляти вимірюваннями на відстані і де обробляти, а згодом і зберігати результати вимірювань. Вимірювання в цих трьох точках мережі можливе за наявності в них вимірювальних приладів або ж використовувати можливість системи управління мережевого обладнання синхронізації в цих точках. В обох випадках результати вимірювань накопичуються безпосередньо на вимірювальних пристроях або мережевому обладнанні. Згодом ці результати слід відправляти на централізований сервер. В існуючих системах управління мережами синхронізації типу SyncView Plus та TimePictra такої функціональності не існує та не передбачається. Тобто необхідно додатково розробити програмне забезпечення для аналізу (наприклад, обчислення параметру MAFE [1,3]) та зберігання даних результатів вимірювання.

Проблема, яка виникає у разі реалізації цієї схеми, це обробка отриманих результатів вимірювання та їх аналіз і зберігання. За сучасного стану інформаційних баз даних та затверджених Рекомендацій ІТУ-Т [3, 8–11] це завдання не викликає суттєвих складнощів. Але необхідно також представити алгоритм взаємодії між трьома джерелами сигналу та центральним сервером. Згідно цього алгоритму, за мажоритарним правилом, буде прийматися рішення щодо працездатності кожного з трьох серверів [2–5]. Це також завдання суто для програмного забезпечення. Тут доцільно скористатися тією ж концепцією, як у разі розробки апаратної частини системи моніторингу, а саме мажоритарним правилом оцінки трьох пристроїв. Це дасть можливість більш динамічно управляти самим процесом проведення вимірювань – конфігурувати завдання на вимірювання, оцінювати справність вимірювального обладнання навіть під час проведення вимірювань. Частково у

цьому разі можуть бути задіяні можливості систем управління мережами синхронізації, але ніщо не заважає зробити це окремо – всі протоколи взаємодії за IP є відкритими, а безпека буде збережена закритістю внутрішніх промислових IP-мереж операторів зв'язку [2].

В [7] наведено найпростіший прототип алгоритму такої взаємодії. За основу було взято оцінку трьох серверів NTP відносно четвертого. Пряма аналогія з трьома пристроями – джерелами та четвертим центральним сервером. Для наочності демонстрації прототипу використовуються загальнодоступні сервери NTP в Public Internet (з проекту www.pool.ntp.org). Сервери RTP використати для цього проблематично, оскільки необхідно задіяти апаратний ресурс центрального серверу (взагалі сервери RTP у загальнодоступному варіанті майже не зустрічаються). Прототип реалізовано мовою програмування Python версії 3.6.4 (лістинг коду прототипу наведено у Розділі 2 Монографії [7]). За центральний сервер вибрано NTP у м. Києві з цього ж проекту www.pool.ntp.org, а саме за адресою www.time.in.ua. Це сервер первинного рівня Stratum 1 з опорою на GPS-приймачі.

Три досліджувані сервери – це вибрані три віддалені NTP сервери згідно проекту www.pool.ntp.org в різних частинах Світу - Південна Америка, Азія та Європа (Рис. 2).

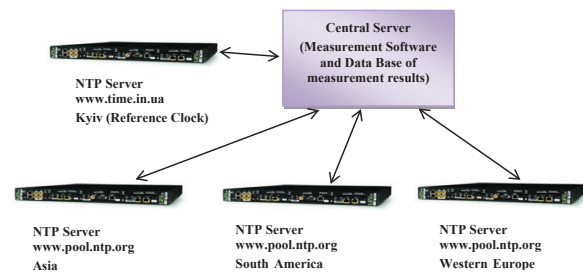


Рис. 2. Схема організації моніторингу згідно проекту www.pool.ntp.org

Програма ініціює з'єднання з усіма чотирма серверами NTP згідно з даними, які вводить користувач – скільки вимірювань треба провести і через який час. Після цього порівнює час від трьох віддалених серверів по відношенню до опорного сервера у Києві. Враховує затримку, та виводить на екран результати вимірювань – дату і час від кожного у декількох форматах та затримку відносно опорного серверу. Якщо накопичити досить вимірювань, то затримка має складати до 3 (що багато навіть для Public Internet, але все залежить від якості Інтернету в місці, де проводиться вимірювання). Коли пройдені всі цикли, які користувач задав при введенні кількості вимірювань, програма зупиняється.

Цей прототип дає змогу продемонструвати можливість моніторингу за мажоритарним правилом. Якщо накопичити достатньо даних, можливо ство-

рити графік, або заповнити масиви даних для подальшого аналізу.

На реальних мережах операторів зв'язку при робочих серверах NTP затримки будуть вже мілісекундні, а точність на мікросекундному рівні [1].

Висновки

1. Системи управління TimePictra та SyncView Plus дають змогу проводити вимірювання в пакетних мережах, наприклад, вимірювання PDV, packet MTIE, packet TDEV, packet minTDEV. Таким чином, на базі систем управління обладнання синхронізації можливе створення системи «повноцінного» моніторингу стабільності сигналів синхронізації, але на сьогоднішній день, з певними обмеженнями.
2. Запропоновано схему сучасної системи моніторингу мережі синхронізації на основі аналізу сигналів за протоколами NTP та RTP від трьох серверів – за мажоритарним правилом буде прийматися рішення щодо працездатності кожного з трьох серверів.
3. Для наочності функціонування запропонованої схеми моніторингу був розроблений програмний прототип взаємодії між трьома вузлами NTP та центральним сервером, який представлено в завершальній частині Розділу 2 Монографії [7]. Протокол NTP було обрано для можливості демонстрації в загальній мережі Public Internet. Прототип реалізовано мовою програмування Python версії 3.6.4.
4. Використані, в запропонованій схемі моніторингу, джерела не обов'язково мають бути первинними, і таких схем на мережі (особливо великій мережі) може бути значно більше ніж одна. Таким чином, на IP-мережі можливо реалізувати повноцінну систему моніторингу параметрів сигналів синхронізації.

Перелік посилань

1. Mills D.L. Computer network time synchronization: the network time protocol. Boca Raton, FL: CRC/Taylor&Francis, 2006. — 286 p. (Д. Миллс. Сличення времени в компьютерных сетях: протокол сетевого времени на Земле и в космосе. / Миллс, Д. [пер. с англ. под ред. А.В. Савчука], – К.: WIRCOM. 2011. – 464 с).
2. Ferrant J.-L., Ruffini S. Evolution of the standards for Packet Network Synchronization. – IEEE Communication Magazine, February 2011, pp. 132-138.
3. ITU-T G.8261.1/Y.1361.1 (02/2012). Packet delay variation network limits applicable to packet-based methods (Frequency synchronization).

4. Hann K., Jobert S., Rodrigues S. Synchronous Ethernet lo Transport Frequency and Phase/Time. – IEEE Communication Magazine, August 2012, pp. 152-160.
5. Одуан К., Гино Б. Измерение времени. Основы GPS. – М.: Техносфера, 2012, 400 с.
6. Ванников А. С., Канаев А. К., Кренев В. В. Решение проблем синхронизации в IP-сети / А. С. Ванников, А. К. Канаев, В. В. Кренев // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 3. – с. 20-22.
7. Автоматизованый контроль якості формування синхросигналів на основі використання IP-технологій / В. В. Коваль, О. В. Самков, Н. В. Федорова, В. І. Вакась. – К.: НУБіП України, 2019. – 423 с.
8. ITU-T Recommendation G.8265.1/Y.1365.1 (2010). Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization.
9. ITU-T Recommendation G.8275.1/Y.1369.1 (2016). Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with full timing support from the network.
10. ITU-T Recommendation G.8275.2/Y.1365.2 (2019). Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with partial timing support from the network.
11. ITU-T Recommendation G.8271.1 Y/1366.1 (2013). Network limits for time synchronization in packet networks.

References

- [1] Mills D. L. (2006) *Computer Network Time Synchronization*, Boca Raton: CRC Press, 304 p. DOI: 10.1201/9781420006155
- [2] Ferrant J. and Ruffini S. (2011) Evolution of the standards for packet network synchronization. *IEEE Communications Magazine*, Vol. 49, Iss. 2, pp. 132-138. DOI: 10.1109/mcom.2011.5706321
- [3] ITU-T G.8261.1/Y.1361.1 (02/2012) *Packet delay variation network limits applicable to packet-based methods (Frequency synchronization)*.
- [4] Hann K., Jobert S. and Rodrigues S. (2012) Synchronous ethernet to transport frequency and phase/time. *IEEE Communications Magazine*, Vol. 50, Iss. 8, pp. 152-160. DOI: 10.1109/mcom.2012.6257542
- [5] Oduan K., Gino B. (2012) Time measurement. GPS basics, Technosfera, 400 p.
- [6] Vannikov A. S., Kanaev A. K., Krenev V. V. (2011) Solving synchronization issues in an IP-network, Automation, communication, informatics, № 3, pp. 20-22.
- [7] Koval V.V., Samkov O.V., Fedorova N.V., Vakas V.I. (2019) Automated quality control of the formation of clock signals based on the use of IP technologies, Kyiv, *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*, 423 p.
- [8] ITU-T G.8265.1/Y.1365.1 (2010) *Precision time protocol telecom profile for frequency synchronization*.
- [9] ITU-T G.8275.1/Y.1369.1 (2016) *Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with full timing support from the network*.

- [10] ITU-T G.8275.2/Y.1365.2 (2019) Precision time protocol telecom profile for phase/time synchronization with partial timing support from the network.
- [11] ITU-T G.8271.1 /Y.1366.1 (2013) *Network limits for time synchronization in packet networks*.

Оценка качества опорных сигналов синхронизации в IP-сетях на базе систем управления оборудования синхронизации

Вакас В. И., Федорова Н. В., Гаврылко Е. В., Харлай Л. А.

Приведены возможности систем управления современного оборудования синхронизации. Рассмотрены системы управления оборудованием синхронизации TimePictra и SyncView Plus, позволяющие проводить измерения в пакетных сетях. В последних версиях данных систем управления появилась возможность проведения измерений параметров стабильности исходящих и входящих сигналов синхронизации на сетевом оборудовании синхронизации средствами, которые аппаратно реализованы в этом оборудовании и поддерживаются соответствующим программным обеспечением в системах управления TimePictra та SyncView Plus. Системы управления TimePictra и SyncView Plus дают возможность проводить такие "внутренние" измерения в пакетных сетях, например, измерения PDV (Packet Delay Variation), packet MTIE (Maximum Time Interval Error), packet TDEV (Time Deviation), packet minTDEV. То есть идеология измерений, которую компания Microsemi предложила в своем измерительном устройстве TimeAnalyzer 7500, плавно перешла на саму сеть синхронизации. На базе рассмотренных систем управления показано возможность создания системы "полноценного" мониторинга стабильности сигналов синхронизации, но на сегодняшний день, с определенными ограничениями. Предложены принципы создания современной системы мониторинга сети синхронизации на основе анализа сигналов по протоколам NTP (Network Time Protocol) и PTP (Precision Time Protocol). Приведена схема мониторинга качества опорных сигналов PTP и NTP, которая включает в себя два местных источника, один - на основе приемника GPS (Global Positioning System), а второй - на основе локального сервера PTP1, которые подключены к схеме калибровки, далее исходящий сигнал поступает на схему усреднения. Также условно можно заменить PTP-сервера на NTP, поэтому схема считается универсальной для двух протоколов. В статье представлен прототип взаимодействия между тремя узлами NTP и центральным сервером. Этот прототип дает возможность продемонстрировать принципы мониторинга по мажоритарным правилам. В случае накопления достаточного количества данных, можно создать график или заполнить массивы данных для дальнейшего анализа.

Ключевые слова: сеть синхронизации, оборудование синхронизации, система управления, параметры стабильности, сигналы синхронизации, оценка качества, мониторинг

Assessment of the Quality of Synchronization Reference Signals in IP-Networks Based on Synchronization Equipment Control Systems

Vakas V. I., Fedorova N. V., Havrylko Y. V., Kharlai L. O.

Control system TimePictra and SyncView Plus synchronization equipment considered, which allow measurements in packet networks. In the latest versions of these control systems, it became possible to measure the stability parameters of outgoing and incoming synchronization signals on network synchronization equipment by means that are hardware implemented in this equipment and supported by the corresponding software in TimePictra and SyncView Plus control systems. TimePictra and SyncView Plus control systems make it possible to perform such internal measurements in packet networks. For example, PDV (Packet Delay Variation), packet MTIE (Maximum Time Interval Error), packet TDEV (Time Deviation), packet minTDEV measurements. That is, the measurement ideology that Microsemi proposed in its TimeAnalyzer 7500 measuring device has seamlessly switched to the synchronization network itself. Based on the considered control systems, the possibility of creating a monitoring system - synchronization signals stability (but today with certain limitations). The principles of creating a modern system for monitoring the synchronization network based on signal analysis using the NTP (Network Time Protocol) and PTP (Precision Time Protocol) protocols are proposed. A monitoring scheme for the quality of reference synchronization signals using the PTP and NTP protocols presented, which includes two local sources. One based on the GPS receiver (Global Positioning System). Second based on the local PTP1 server. PTP1 connected to the calibration circuit and the outgoing signal connected to the averaging scheme. It is also conditionally possible to replace the PTP server with NTP. The scheme considered universal for two protocols. A prototype of the interaction between the three NTP nodes and the central server described. This prototype makes it possible to demonstrate the principles of monitoring by majority rules. In case of accumulation of a sufficient amount of data, you can create a graph or fill in data arrays for further analysis.

Key words: synchronization network, synchronization equipment, control system, stability parameters, synchronization signals, quality assessment, monitoring