

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ СИНХРОНИЗАЦИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ В NGN

THE TRENDS OF NETWORK SYNCHRONIZATION AND TIME DISTRIBUTION IN NGN

Н.Л. Бирюков

ГП “УНИИС” (Киев, Украина)

*Региональный форум по развитию МСЭ-D
для региона Европы и СНГ*

“Сети последующего поколения (NGN) и широкополосная связь”

Молдова, Кишинев, 04-06.05.2010

1

План

1. Определения и задачи синхронизации
2. Анализ транспортных технологий с точки зрения сетевой синхронизации
3. Сетевая синхронизация как средство обеспечения качества передачи
4. Частотно-временное обеспечение сетей NGN
 - 3.1 Задачи синхронизации и распределения времени в сетях NGN
 - 3.2 Синхронный Ethernet
 - 3.3 Протоколы распределения времени
 - 3.4 Сетевые аспекты распределения сигналов точного времени
4. Выводы

2

**СИНХРОНИЗАЦИЯ:
Определение в “широком смысле”**

Общий смысл различных аспектов синхронизации заключается в **установлении и поддержании необходимых временных соотношений протекания процессов во времени.**

**СИНХРОНИЗАЦИЯ:
Определение в “узком смысле”**

Синхронизация основывается на **захвате и подстройке собственных колебаний одной системы под колебания другой системы или установлении ими общих (усредненных) колебаний**

Определение восходит к Х.Гюйгенсу и дает 3 критерия проверки соответствия задачи проблеме синхронизации (см. следующий слайд):

Синхронизация телекоммуникационных сетей – это средство обеспечения :

1. качества передачи;
 2. точности и стабильности сигналов;
- а так же
3. Метод анализа сетевых технологий

«Говорят, что природа не терпит пустоты, но очень любит ритм и цикличность»

R. Goldacrer

5

Метод исследования явлений природы и анализа сетей

Еще в 30-е годы XX века говорили...

“... о едином «колебательном» подходе к явлениям различной физической природы. Эта идея является весьма плодотворной и позволяет выяснить ряд интересных и полезных аналогий между, казалось бы, совершенно различными процессами.”

Радиофизик, академик Л.И. Мандельштам

6

Метод исследования явлений природы и анализа сетей

- «Тенденция к синхронизации является своеобразной закономерностью поведения материальных объектов самой различной природы... такая закономерность представляет собой одно из проявлений тенденции материальных форм к самоорганизации.»

В.И. Вернадский

- Простейший пример такой самоорганизации дает переход аплодисментов к скандированию, т.е. синхронным и синфазным хлопкам

7

СИНХРОНИЗАЦИЯ КАК МЕТОД АНАЛИЗА ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Задачи синхронизации в телекоммуникационных сетях:

- **Тактовая синхронизация** – поддержание работы цифровых устройств и согласования их во времени на уровне единичных тактовых интервалов
- **Тактовая сетевая синхронизация (ТСС)** – поддержание долговременной точности и стабильности тактовых сигналов в разных точках сети с целью уменьшения расхождений (стабилизации) частот генераторов **сетевых элементов**
- **Цикловая синхронизация и синхронизация пакетов** – определение в потоке бит с цикловой или пакетной структурой начала и конца информации от различных источников для ее правильного распределения на приеме
- **Синхронизация шкал времени** – распределение эталонных сигналов шкалы времени для согласования шкал времени в различных точках сети, а также фаз сигналов (фазовая синхронизация)
- **Прикладные аспекты** включают, например, синхронизацию радиointерфейсов GSM, 3G (CDMA), BS (NodeB), а также мультимедийных приложений и т.д.

8

В зависимости от актуальных телекоммуникационных технологий изменяется содержание:

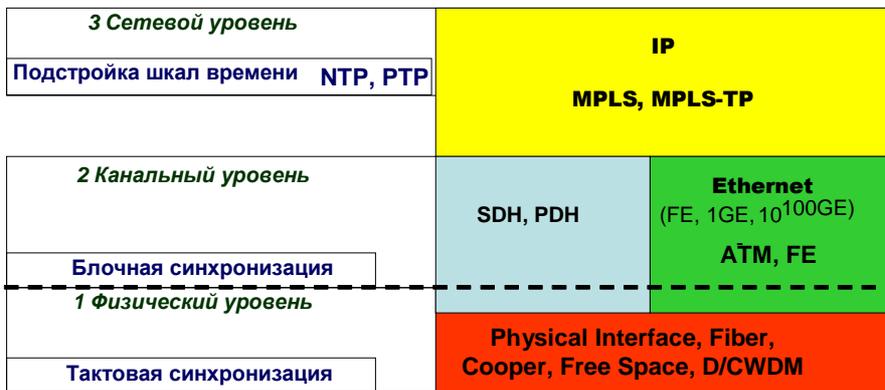
- **задач синхронизации** – выбора методов синхронизации и способов распространения сигналов в распределительной сети тактовой синхронизации,
- **набора нормируемых параметров и методов их измерений,**
- **объемов контроля параметров синхронизации** (включая аудит и оценивание соответствия conformance evaluation).

9

**Анализ транспортных технологий
с точки зрения сетевой
синхронизации**

10

Сетевая синхронизация с точки зрения модели OSI



Современные технологии передачи информации с точки зрения синхронизации:

Синхронный режим передачи (СРП):

- ИКМ
- **PDH**
- SDH, SONET, NG-SDH
- ЦАТС КК, MSC 2G

Сеть тактовой синхронизации (ТСС) нужна

Ограниченное использование ТСС

Асинхронный режим передачи (АРП):

- **ATM**,
- Frame Relay, X.25
- Ethernet (10, FE, GbE,)
- IP (TCP/IP)
- MPLS... IP/MPLS

Сетевая синхронизация не требуется
(Генераторное оборудование не связано)

СЕТЬ NGN

Относительная точность основных транспортных технологий

Относительная точность частоты, ppm

Режим	PDH	ATM	SDH	OTN	Ethernet	Synch Eth
Плещиохронный	$\pm (50 - 15)$	± 100	$\pm 4,6$	± 20	± 100	$\pm 4,6$
Синхронный	—	$\pm 10^{-5}$	$\pm 10^{-5}$	$\pm 10^{-5}$	—	$\pm 10^{-5}$

13

СИНХРОНИЗАЦИЯ КАК МЕТОД АНАЛИЗА ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Пик развития сетей синхронизации – вторая половина 90-х начало 2000 годов. Это обусловлено:

Широким распространением сложных цифровых сетей на основе ЦСП SDH.



Технология SDH может реализовать все свои преимущества, только опираясь на распределение надежного синхросигнала высшего качества QL1 (G.811 – PRC).

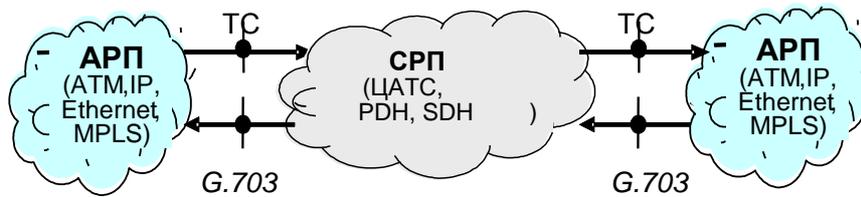


Появлением глобальных спутниковых навигационных систем – GPS, ГЛОНАСС и др.

Технология SDH, благодаря своим многочисленным преимуществам, добилась большого успеха во всем мире и сохраняет свои позиции до настоящего времени, адаптируясь к новым реалиям (концепция NG-SDH).

14

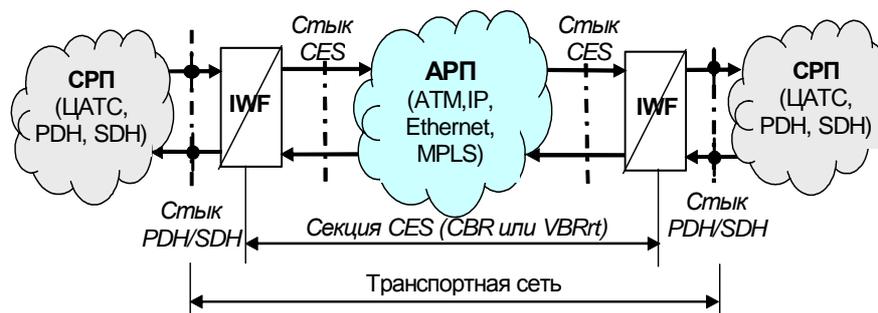
Было: сценарий “АРП через СРП”



Например, передача пакетов Ethernet (ячеек ATM) по сети SDH (G.707) или PDH (G.804, G.832)

ТС транспортный стык

Есть: сценарий “СРП через АРП”



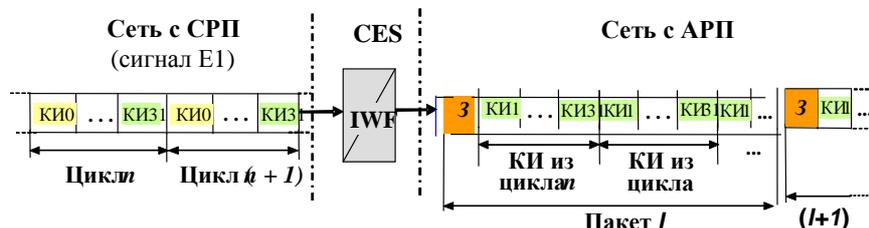
CES (Circuit Emulation Service) – эмуляция канала
 IWF (Interworking Function) – функция взаимодействия
 CBR (Constant Bit Rate) – постоянная скорость передачи
 VBRrt (Variable Bit Rate – real time) – переменная скорость передачи в режиме реального времени

Словарь терминов

- **Эмуляция канала** (*Circuit Emulation Service – CES*) – термин, используемый в сетях с АРП для имитации сигналов с временными параметрами, присущими сигналам с постоянной скоростью передачи СБР (сетям с СРП) [G.983.2 (02)]. Эмуляция канала имитирует традиционные услуги с коммутацией каналов при прохождении нагрузки (речи, видео, данных) от систем с СРП (ЦАТС, ПЦИ, СЦИ) через сеть с АРП.
- **Функция взаимодействия** (*Interworking Function – IWF*) – функция, отделенная от других независимых функций или физических структур, систем, сетей, оборудования или его частей. Например, функции IWF описывают соединения В-ISDN с другими сетями и преобразование информации из формата ячеек АТМ в другие форматы [M.3610 (96)], в частности, взаимодействие АТМ с байтами ПЦИ/СЦИ для узкополосных услуг [G.176 (97), G.142 (98)]

17

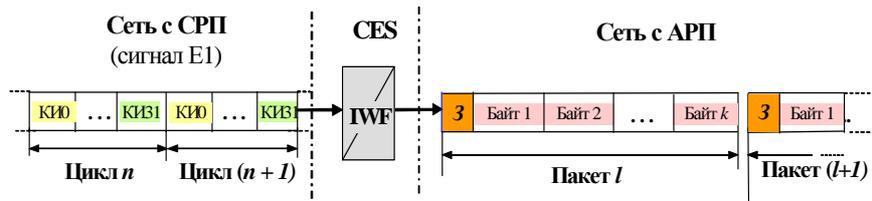
Эмуляция канала: **структурированный метод** (на примере сигнала E1)



КИ – каналный интервал (в структуре цикла)
3 – заголовок пакета
IWF – функция взаимодействия

18

Эмуляция канала: неструктурированный метод (на примере сигнала E1)



KИ – канальный интервал (в структуре цикла)
3 – заголовок пакета
IWF – функция взаимодействия

19

СИНХРОНИЗАЦИЯ КАК МЕТОД АНАЛИЗА ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ

Так зачем же нужна синхронизация в сетях с передачей пакетов (АРП)?

Оборудование АРП требует синхронизации по следующим причинам:

- Для поддержки услуг с *постоянной скоростью бит* CBR, например, уровня адаптации АТМ – (AAL) 1 типа ААL или эмуляции каналов в среде с передачей пакетов СЕС;
- Для поддержки физических интерфейсов оборудования СРП – первичные мультиплексоры, групповые сигналы ИКМ Е1 (2048 Мбит/с) и DС1 (1.544 Мбит/с) или сигналы SDH/SONET, а также другие сигналы услуг реального времени.

Международные стандарты требуют, чтобы оборудование, выполняющее функции взаимодействия IWF между сетями с СРП и АРП, принимало внешний сигнал синхронизации и интегрировалось с синхронизированными сетями [G.8261, I.741, I.363].

20

Сетевая синхронизация как средство обеспечения качества передачи

21

По принципам реализации задач синхронизации и их состоянию можно судить о состоянии сетей связи в целом.

Показателями качества передачи служат:

- ⇒ частоты рассогласований – проскальзывания в канале, например, между ЦАТС;
- ⇒ **частоты согласований или «отработки» указателей (в системах SDH и PDH);**
- ⇒ скачки или дрожания фазы сигналов синхронизации и/или рабочих сигналов;
- ⇒ другие показатели, которые определяются системой синхронизации, например, сбои в ОКCN№7, потери пакетов и т.д.

22

Ни одна самая современная услуга не будет иметь успеха, если она не поддерживается транспортной инфраструктурой, включающей сети синхронизации

1 % стоимости телекоммуникационной сети, вложенный в технологии точного времени, повышает пропускную способность этой сети на 10 %¹⁾, а неудовлетворительная синхронизация служит причиной от 10 до 30 % отказов

¹⁾Handbook selection and use of precise frequency and time systems. – ITU-R, 1997

Требования к точности частоты в проводных приложениях

Технология	Точность частоты	Примечание
ИКМ, АЦП/ЦАП	±50 ppm	G.711, G.732
PDH	±(30÷15)/ ±(30÷15) ppm	G.741 ÷ G.747, G.751 ÷ G.755
SDH	±1·10 ⁻¹¹ /±4.6 ppm	G.707, G.813
ATM	±100 ppm	I.731, I.432.2
Синхронный ATM	± 1·10 ⁻¹¹	I.731, G.813
Ethernet	±100 ppm	J.211
Синхронный Ethernet	±1·10 ⁻¹¹ /±4.6 ppm	G.8261, G.8262
OTN	±20 ppm	G.709
ЦАТС, MSC, RNC/BSC	±(10 ⁻⁸ ÷10 ⁻¹¹)	

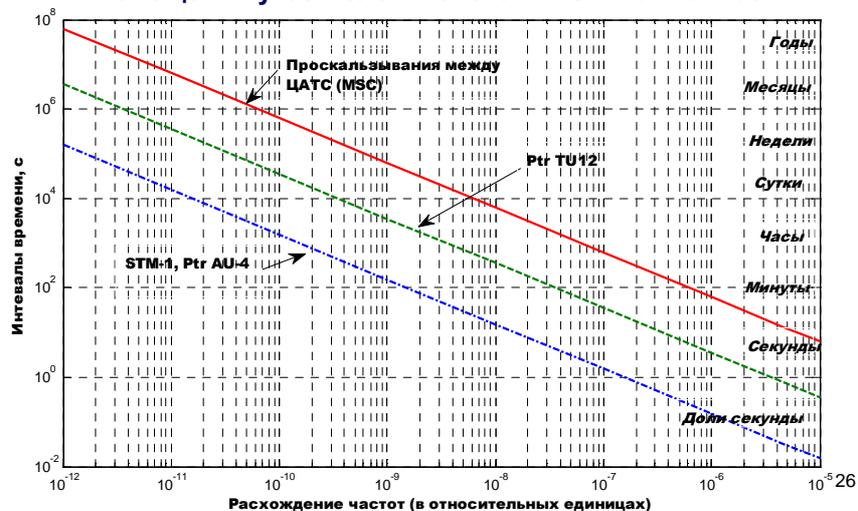
Нормы задержек услуг реального времени

Услуга	Задержка	Разброс задержек
Телефония, беседа	150 ¹ (400) мс	1 мс
Звук, речевое сообщение	1 с	1 мс
Звуковой поток высокого качества	10 с	<<1 мс
Видеотелефон	150 (400) мс	
Видео в одну сторону	10 с	
Услуги связи (сеть)	150 ¹ (400) мс	50 мс

25

ВЛИЯНИЕ синхронизации НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕТИ

Зависимость частоты проскальзываний в цифровых АТС и смещений указателей в системах SDH от точности



Появление и широкое распространение сетей SDH обусловили установление более жестких требований к синхронизации сетевых элементов и способствовали отработке основных правил проектирования сетей ТСС.

Лучшим средством передачи синхросигналов в сети SDH признаны групповые оптические сигналы STM-n.

Технология ATM не имела такого коммерческого успеха, как SDH, однако она оставила следующим поколениям сетей с АРП очень богатое наследие в виде базовых принципов и практических наработок, позволяющих обеспечить в пакетной сети необходимый уровень качества обслуживания и процедур управления, а именно:

- ✓ дифференциацию трафика по уровням качества,
- ✓ правила взаимодействия сетевых элементов,
- ✓ принцип коммутации по меткам.

*Все это сегодня успешно реализуется в технологии многопротокольной коммутации по меткам **MPLS**, претендующей на роль основной транспортной технологии в пакетных сетях операторского класса.*

Требования к качеству синхронизации в сетях ATM были максимально приближены к уровню сетей SDH:

- ✓ параметры транспортных интерфейсов и интерфейсов синхронизации такие же, как и у соответствующих интерфейсов систем с СРП,
- ✓ встроенное генераторное оборудование систем ATM должно соответствовать уровню качества генераторного оборудования SDH (G.813).

Это обеспечивало необходимую стабильность при взаимодействии сетей ATM и SDH по сценарию “АРП через СРП”

В процессе реализации сценария “АРП через СРП” стало очевидным, что при выходе пакетных технологий на магистральный уровень могут понадобиться более жесткие требования в части синхронизации, чем это было необходимо в других приложениях (например, в сетях доступа).

В данной ситуации единственно верным решением представляется **приближение норм на качественные показатели пакетных сетей к “классическим” нормам сетей, ориентированных на соединение** (прежде всего, SDH), как это в свое время было сделано в сетях ATM.

К настоящему времени в МСЭ-Т проделана значительная работа по упорядочению норм на фазовые искажения на границах сетей с СРП и АРП.

Изменения транспортных технологий в рамках перехода к сетям следующего поколения (NGN) приводят как к появлению новых требований к частотно-временному обеспечению телекоммуникаций, так и к изменению принципов построения тактовой сетевой синхронизации (ТСС).

Частотно-временное обеспечение сетей NGN

31

СИНХРОНИЗАЦИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ В СЕТЯХ NGN

При исследовании вопросов частотно-временного обеспечения сетей NGN, кроме уже отмеченной потребности пакетной сети, необходимо учитывать:

- переход сетей связи на транспортные технологии с пакетным режимом передачи, на которые теперь возлагаются задачи:
 - ✓ перенос сигналов тактовой синхронизации (**ТС**);
 - ✓ доставка сигналов времени (**СВ**) шкалы UTC (или соответствующей национальной шкалы);
- широкое распространение протоколов передачи точного времени компьютерных сетей (NTP, SNTP, PTP (IEEE1588v.2)) и **проблемы**, возникающие при их адаптации к работе в условиях крупных телекоммуникационных сетей;
- **новые возможности и проблемы** взаимодействия развитых сетей ТСС предыдущего поколения (PGN) с сетями распределения **СВ**, например, подстройка генераторов **ТС** по **СВ** или оптимизация системы частотно-временного обеспечения современных сетей связи.

32

Принцип преемственности развития сетей возлагает на сети NGN сохранение ряда требований сетей предыдущего поколения PGN (Prevision Generation Network).

Наряду с другими требованиями „операторского класса”, на сети NGN возлагаются также функции **распределительных сетей тактовой синхронизации**, то есть:

- **качественные показатели сигналов синхронизации должны быть не хуже**, чем в сетях **PGN**, то есть удовлетворять жестким требованиям традиционных пользователей сетей тактовой синхронизации,
- но уже в новых условиях передачи – в сетях с асинхронным, пакетным режимом передачи (АРП), прерывистым трафиком и значительным разбросом (дисперсией) задержек.

Основные сценарии синхронизации в сети с АРП¹⁾:

- Работа от элементов традиционной сети тактовой синхронизации ТСС систем СРП или от GRNS (СРНС) – GPS, GLONASS;
- Работа от ТСС непосредственно через тракты оборудования СРП (СЦИ/ПЦИ) или так называемый метод “Синхронного Ethernet” – “SyncE”;
- Дифференциальный метод восстановления тактовой частоты, включая методы передачи простой (TS) и разностной временных меток (SRTS – Synchronous Residual Time Stamping);
- Адаптивное выделение частоты в оборудовании СРП;
- Подстройка генераторного оборудования по сетевым протоколам распространения меток времени NTP, NTPсс, PTP (IEEE 1588), IRIG и т.д.

¹⁾ [G.8261, I.741, I.363, ETSI TR 101 685 V1.1.1 (1999-08)]

ПОДДЕРЖКА ФУНКЦИЙ ТСС

На сегодняшний день актуализированы два основных подхода к транспортировке и поддержанию высокой стабильности тактовых сигналов в пакетной среде:

- 1) синхронный Ethernet
- 2) сетевые протоколы с передачей временных меток (NTP, NTPсс и PTP (IEEE1588v.2))

Технология синхронного Ethernet унаследовала основные принципы сетевой синхронизации, успешно зарекомендовавшие себя в “классических” сетях SDH:

- наличие в оборудовании Ethernet входов и выходов внешней синхронизации, что дает возможность взаимодействия с существующими сетями синхронизации через стандартные стыки 2 Мбит/с или 2 МГц;
- встроенное генераторное оборудование (ЕЕС) с параметрами точности и стабильности, соответствующими показателям генераторного оборудования SDH;
- отслеживание стабильного синхросигнала по цепочке сетевых элементов (коммутаторов или маршрутизаторов Ethernet);
- обмен стандартными сообщениями о статусе синхронизации (SSM).

На сегодняшний день синхронный Ethernet представляет достаточно хорошо отработанную и стандартизованную технологию.

Нормативная база МСЭ-Т:

- **G.8261** (04/08) – общие принципы и сценарии внедрения синхронного Ethernet; взаимодействие синхронного и несинхронного Ethernet
- **G.8262** (08/07) – характеристики генераторного оборудования ЕЕС (Ethernet Equipment Clock)
- **G.8264** (10/08) – механизм обмена сообщениями о статусе синхронизации (SSM) в пакетах Ethernet; схема выбора опорного источника

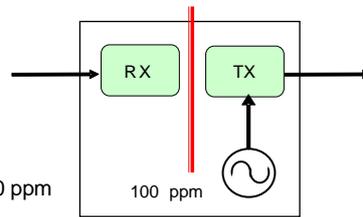
В традиционном (несинхронном) оборудовании Ethernet допустимая точность составляет ± 100 ppm, при этом внутренний генератор работает в режиме свободных колебаний.

Синхронный Ethernet предполагает отслеживание внутренним генератором внешнего опорного сигнала (режим “отслеженного PRC”) – так же, как это происходит в генераторном оборудовании SDH. При этом допустимая точность внутреннего генератора в режиме свободных колебаний возрастает до $\pm 4,6$ ppm, достигая показателей оборудования SDH.

Другие параметры генераторного оборудования синхронного Ethernet, нормированные в Рек. МСЭ-Т G.8262, также соответствуют уровню генераторного оборудования мультиплексоров SDH (Рек. МСЭ-Т G.813).

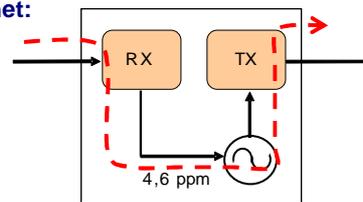
Генераторный блок обычного (несинхронного) Ethernet:

Прием RX по тактам из линии
 Передача TX - по тактам генератора ± 100 ppm
 Между передачей и приемом нет связи
 Каждый канал имеет отдельный генератор ± 100 ppm



Генераторный блок синхронного Ethernet:

Прием RX по тактам из линии
 Такты приемника RX используются для подстройки генератора
 Точность генератора $\pm 4,6$ ppm, возможность отслеживания
 Передатчик TX использует отслеженные такты



Одним из важнейших условий правильной работы распределительной сети синхронизации является предотвращение петель (циклов) синхронизации. В сетях SDH эту задачу успешно решает хорошо отработанный механизм обмена сообщениями о статусе синхронизации – SSM.

Технология SyncE предусматривает аналогичный механизм обмена сообщениями, причем для обозначения уровня качества генераторного оборудования синхронного Ethernet (EEC) используется тот же код SSM, который принят для генераторного оборудования SDH (комбинация 1011 для сетей европейской иерархии).

Требования к формату SSM в трактах синхронного Ethernet определены в Рекомендации МСЭ-T G.8264. Для передачи сообщений SSM используется специальный низкоскоростной протокол Ethernet OSSP (Organization Specific Slow Protocol)

Еще один перспективный метод обеспечения синхронизации в пакетных сетях – сетевые протоколы с передачей временных меток:

- **NTP** (Network Time Protocol)
- **PTR** (Precise Time Protocol) по стандарту **IEEE1588**

При преобразовании кода времени в код, пропорциональный разности показаний местных, ведомых часов и удаленных ведущих часов, получают управляющее воздействие, аналогичное методам цифровых ФАПЧ.

Обмен информацией по протоколу RTP осуществляется с помощью системы специальных сообщений, передаваемых с определенным интервалом (см. следующий слайд).

RTP позволяет достичь точности частоты порядка микросекунды и выше, значительно превышая возможности традиционного протокола NTP.

К настоящему времени разработчиками протокола RTP проделана значительная работа по его адаптации для использования в сетях связи с пакетным режимом передачи. В частности, протокол RTP совместим с протоколами IPv4 и IPv6, которые обычно используются в современных сетях IP/MPLS.

Однако, при всей привлекательности решений на основе NTP/RTP, нужно помнить следующее:

В основу протоколов RTP и NTP, изначально предназначавшиеся для подстройки шкал времени в компьютерных сетях, положено предположение о равенстве времени распространения СВ в прямом и обратном направлениях.

Однако на практике (особенно в сложных сетях большой протяженности) наличие асимметрии в передающем тракте приводит к значительной неопределенности в подстройке “часов”, а также к очень медленной сходимости и/или неустойчивости алгоритмов подстройки генераторов.

Для правильного вычисления асимметрии и ее учета при работе протоколов очень важна стабильность тактового генератора на интервалах измерений, что ставит задачу обеспечения точности генераторов ТС.

Таким образом, **задача подстройки ШВ сводится к задаче подстройки задающих генераторов.**

- Необходимая точность генераторов зависит от требуемого класса потребительской точности СВ.
- Можно ожидать, что для обеспечения каждого класса точности СВ необходим тактовый генератор с точностью примерно на порядок выше.

Данные вопросы требуют серьезной научной и практической проработки.

ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ

Для распространения СВ применяют различные средства и методы:

- радиостанции различных диапазонов;
- спутниковые радионавигационные системы (СРНС);
- волоконно-оптические линии связи (ВОЛС);
- протоколы распределения времени (NTP, SNTP, PTP, IRIG)

При этом потребитель получает СВ с точностью, зависящий от погрешностей, вносимых средствами и методами распределения сигналов.

*Под **точностью СВ** понимают максимально допустимое абсолютное отклонение значения времени, передаваемого данным сигналом, от соответствующего значения времени эталонной шкалы.*

ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ

КЛАССИФИКАЦИЯ СИГНАЛОВ ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ

в соответствии с документом МЭК (IEC)

IEC 61850 Communication Networks and Systems in Substation / Part 5: Communication for Functions and Device Models. Part 7-2: Basic communication structure for Substation and Feeder Equipment. – 1999.

Класс точности (уровень)	Допустимое отклонение времени от эталонной шкалы, с
T1	$\pm 10^{-3}$ (1 мс)
T2	$\pm 10^{-4}$ (0,1 мс)
T3	$\pm 25 \cdot 10^{-6}$ (25 мкс)
T4	$\pm 4 \cdot 10^{-6}$ (4 мкс)
T5	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$ (1 мкс)

СИНХРОНИЗАЦИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ В СЕТЯХ NGN

ЗАДАЧИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ

Классы точности по классификации МЭК		Средства распространения СВ		Примечания
Класс	Допустимое отклонение от эталонной шкалы, с	Метод	Точность распространения	
		NTP v.3	10 мс	
T1	$\pm 10^{-3}$ (1 мс)	ЛВС	1 мс	Канал ТЧ (ТФ или АЛ линия) = $1 \div 10$ мс
T2	$\pm 10^{-4}$ (0,1 мс)			
T3	$\pm 25 \cdot 10^{-6}$ (25 мкс)	IEEE 1588 (PTP)	10 мкс	
T4	$\pm 4 \cdot 10^{-6}$ (4 мкс)			
T5	$\pm 1 \cdot 10^{-6}$ (1 мкс)	СЦИ (2000 км)	~100 нс	ГЛОНАСС/ GPS
		Коаксиал, ТВ	1-10 нс	
		ОВ (50 км)	10-50 пс.	

Источник: Рыжков А.В., Колтунов М.Н., Новожилов Е.О., Леготин Н.Н. Распределение сигналов точного времени по наземным цифровым сетям электросвязи // Электросвязь. – 2007, № 10. – С. 30-34.

ВЫВОДЫ

Широкое внедрение информационных технологий в телекоммуникационные сети требует поиска компромиссов между решениями “уходящих” технологий, обеспечивающих высокое качество передачи, и “гибкими” недорогими решениями “новейших” технологий NGN.

В части тактовой сетевой синхронизации (ТСС) и распределения времени к таким компромиссам относятся:

- перенос “классических” решений ТСС предыдущего поколения в пакетные сети (примером такого подхода может служить синхронный Ethernet);
- поиск новых технологических решений по транспортировке информации о синхронизации в пакетной среде (например, дифференциальный метод);
- использование сетевых протоколов распределения времени NTP, PTP IEEE 1588v.2008 для целей ТСС.

Для создания точной и надежной системы частотно-временного обеспечения сетей NGN требуется **комплексный подход**, позволяющий оптимально использовать достоинства различных средств распространения ТС и СВ (спутниковых радионавигационных систем, ВОЛС, протоколов NTP/PTP и др.).

В этом контексте особый интерес представляет объединение возможностей традиционных систем ТСС и современных протоколов распределения точного времени

Благодарю за внимание

Thank you for attention!
Дякую за увагу!

Бирюков Николай Леонидович

к.т.н., с.н.с., начальник научного отдела Украинского
НИИ связи

Nickolay Biriukov, Ph.D.

Ukrainian Research Institute of Communications, SE

tel/fax (+380 44) 248 87 18, mob. (+380 50) 356 55 47

e-mail: nlbir@mail.ru, nlbir@undiz.kiev.ua