

ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕТЕЙ

УДК 621.394

ПОСТРОЕНИЕ ПАКЕТНОЙ СЕТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ ЕДИНОГО ТОЧНОГО ВРЕМЕНИ

Д. К. Мазуренко, начальник отдела ФГУП ЦНИИС, к.т.н.; dm.ma2010@yandex.ru

Создание сети единого точного времени (ЕТВ) на инфраструктуре оператора связи связано с выполнением двух процессов: установки текущего времени и его хранения. В статье рассмотрены вопросы построения пакетной сети ЕТВ на основе решений, изложенных в Рекомендациях МСЭ-Т серий G.826x и G.827x. Приводится пример построения централизованной сети распределения сигнала ЕТВ на базе RTP-протокола, а также особенности ее резервирования, предложенные ФГУП ЦНИИС для сети ALL-IP.

Ключевые слова: частотно-временное обеспечение, единое точное время, ведущий сервер, ведомый сервер, протокол передачи меток времени, девиация задержки пакетов.

Назначение системы единого точного времени. Согласно ФЗ № 126 «О связи» (статья 49) от 7.07.2003 г и ФЗ № 102 «Об обеспечении единства измерений» (статья 1) от 26.06.2008 г., операторы связи должны использовать единое учетно-отчетное время (далее ЕТВ).

Средствами связи, для которых необходимо использовать ЕТВ с заданным классом точности синхронизации времени, являются базовые станции (БС) мобильной связи стандартов CDMA, WiMAX, LTE, системы коммутации (К) и маршрутизации (М), системы управления и мониторинга оборудования и сетей связи (РС), автоматизированные системы расчетов по учету объема оказанных услуг (АСР), системы оперативно-розыскных мероприятий, серверы архитектуры IMS (IP Multimedia Subsystem) и другие средства, потребляющие сигналы ЕТВ.

Архитектура системы ЕТВ. При определении архитектуры системы ЕТВ на сети ALL-IP необходимо ориентироваться на решения, изложенные в пакете Рекомендаций МСЭ-Т серий G.826x и G.827x.

В качестве внешнего эталонного источника сигнала времени и частоты на сети ALL-IP могут использоваться

сигналы времени и частоты от ГНСС ГЛОНАСС/GPS, эталонный сигнал частоты и времени Государственной службы времени и частоты (ЭСЧВ ГСВЧ) или вторичные эталонные источники времени и частоты, а в качестве источника сигнала ЕТВ — классы часов на основе RTP-протокола, приведенные в табл. 1.

Рекомендуется также дополнительная подстройка локального генератора частоты, указанных часов от внешних источников синхронизации, например, первичного эталонного генератора (ПЭГ) или вторичного задающего генератора (ВЗГ) с помощью сигнала 2,048 МГц. При этом установка и корректировка шкалы времени должна производиться по шкале UTC (SU) — Coordinated Universal Time.

Архитектура системы ЕТВ представляет собой иерархическую структуру, обеспечивающую синхронизацию «локальных часов» объекта синхронизации, и включает:

- слой первичных серверов времени (ПСВ) — гроссмейстерские часы (T-GM — Telecom Grandmaster);
- слой объектов, имеющих встроенные или автономные вторичные серверы времени (ВСВ) — ординарные часы (T-TSC — Telecom Time Slave Clock), синхронизирующие «локальные часы»;
- слой ВСВ — граничные часы (T-BC — Telecom Boundary Clock) или прозрачные часы (T-TC — Telecom Transparent Clock).

Элементы архитектуры ЕТВ на основе RTP-протокола имеют различное назначение [4]:

- гроссмейстерские часы — главные ведущие часы;
- граничные часы — ведомые/ведущие (сетевая поддержка). Выполняют определение и последующую передачу сообщения о времени;
- прозрачные часы (сетевая поддержка). Измеряют задержку прохождения пакета в элементе сети и выполняют корректировку значения времени;

Таблица 1

Класс часов	Интерфейсы		Функциональное назначение
	Вход	Выход	
PRTC	ГНСС, 2,048; 5; 10 МГц*	1PPS, ToD, 2,048; 5; 10 МГц*	Первичный эталонный генератор шкалы времени
	1PPS, ToD, 2,048, 5, 10 МГц*	1PPS, ToD, RTP, 2,048, 5, 10 МГц*	Гроссмейстерские часы
T-TC	RTP	RTP	Прозрачные часы
T-BC	1PPS*, ToD*, RTP, 2,048, 5, 10 МГц*	1PPS, ToD, RTP, 2,048, 5, 10 МГц*	Граничные часы
T-TSC	1PPS*, ToD*, RTP, 2,048, 5, 10 МГц*	1PPS, ToD, 2,048, 5, 10 МГц*	Ординарные часы

* Опционально

- ординарные часы — ведомые.

В качестве внешнего эталонного источника сигнала времени и частоты основного для PRTC (Primary Reference Time Clock) на сети ALL-IP используется сигнал спутниковой системы ГЛОНАСС. Спутниковая система GPS применяется для синхронизации оборудования сетей связи в качестве резервной при условии приоритетного использования сигналов системы ГЛОНАСС в комбинированных приемниках ГЛОНАСС/GPS (Приказ № 44 Госкомсвязь от 15.03.1999 г.).

Принцип реализации PRTC [2] показан на рис. 1. В этом случае PRTC выполняет следующие функции:

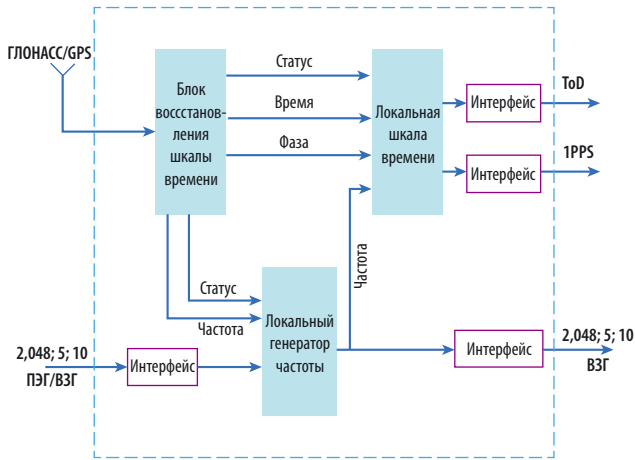


Рис. 1

- прием и обработка информации от ГНСС;
- управление тактовой частотой локального генератора частоты от ГНСС или внешнего источника сигнала;
- формирование шкалы времени;
- прием и формирование, а также распределение сигналов времени и частоты на выходных интерфейсах (1 PPS — импульс в секунду; ToD — time of day (время, дата); 2,048; 5; 10 МГц).

Согласно табл. 2 [1], синхронизация по времени объектов на сети ALL-IP должна быть автоматической, постоянной с точностью, установленной в соответствии с требованиями, предъявляемыми объектами синхронизации. При этом перечень объектов уточняется на этапе разработки конкретного проекта.

Единство времени может быть реализовано на основе ряда технических решений в зависимости от способа доставки эталонного сигнала.

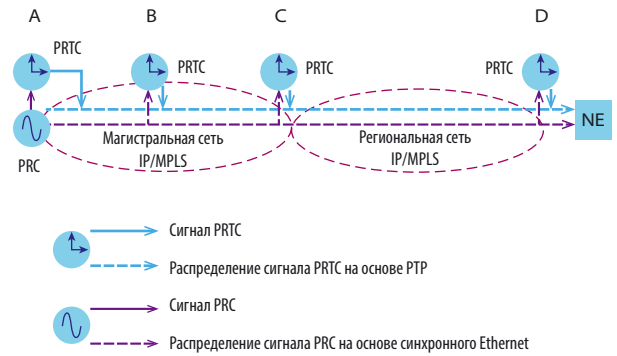


Рис. 2

Структуры централизованного и децентрализованного распределения сигнала ЕТВ с дополнительной подстройкой локального генератора частоты от сигнала PRC — Primary Reference Clock [2] показаны на рис. 2, где А, В, С — централизованное и D — децентрализованное распределение сигнала ЕТВ.

Структуры централизованного распределения сигнала ЕТВ на основе РТР-протокола с сетевой поддержкой и приемником PRTC приведены на рис. 3, а, а с использованием ЭСВЧ ГСЧВ — на рис. 3, б [1].

При необходимости может быть выполнено резервирование источника сигнала ЕТВ как внутри своего домена (область сети, обслуживаемая одними часами T-GM) с помощью установки территориально разнесенного допол-

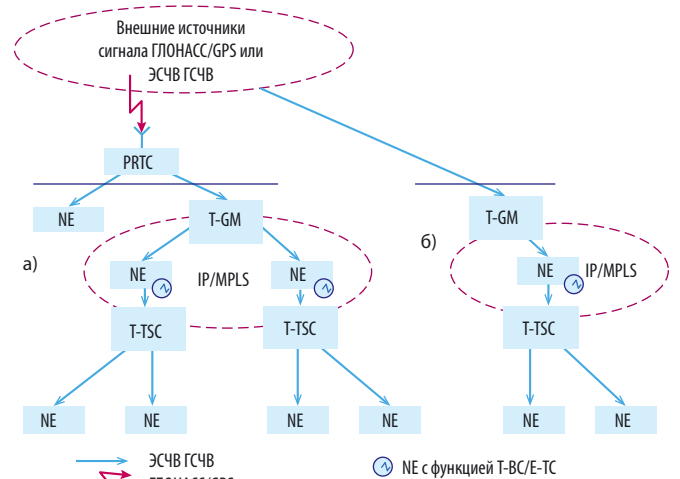


Рис. 3

Таблица 2

Класс	Требования по точности	Приложение	Объект (NE)
1	1–500 мс	Расчеты, аварии	АСР, РС
2	5–100 мкс	Мониторинг задержки IP-пакетов	М, К
3	1,5–5 мкс	LTE-TDD (большие соты) WiMAX-TDD (некоторые конфигурации)	БС
4	1–1,5 мкс	UTRA-TDD, LTE-TDD (небольшие соты)	БС
5	X ÷ 1 нс	WiMAX-TDD (некоторые конфигурации)	БС
6	< X нс	Некоторые приложения LTE-A	БС

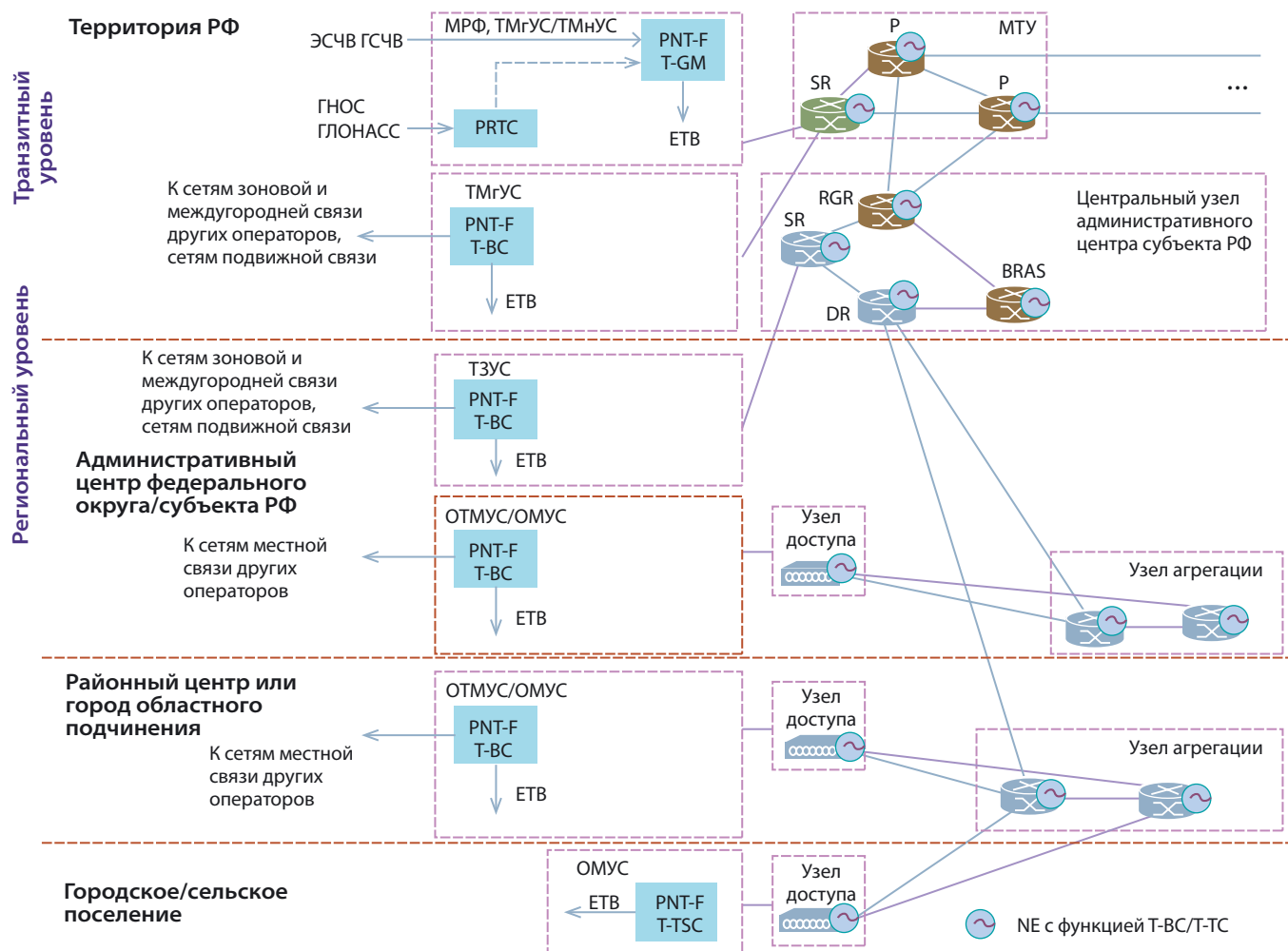


Рис. 4

нительного PRTC, так и между доменами, т.е. в качестве источника сигнала используются T-GM другого домена. Резервирование внутри своего домена предполагает калибровку канала связи между основным и резервным PRTC [3] с целью определения дополнительной погрешности, вносимой задержкой распространения сигнала в канале связи.

Пример централизованного распределения сигнала ETB на основе RTP-протокола (вариант А, рис. 2). Такой пример с сетевой поддержкой в виде граничных/прозрачных часов на сети ALL-IP (рис. 3) для структуры ALL-IP, разработанной ФГУП ЦНИИС, показан на рис. 4. PRTC получает сигнал синхронизации от ГНСС ГЛОНАСС, а главные ведущие часы по первому приоритету — от ЭСЧВ ГСЧВ, по второму — от PRTC. Централизованный вариант распределения сигнала ETB может быть реализован в каждом из макрорегиональных филиалов (МРФ) с помощью классов часов, приведенных в табл. 1.

Главные ведущие часы T-GM (рис. 4) устанавливаются на транзитном междугороднем узле связи (ТМгУС) магистрального уровня, обеспечивая сигналами ETB объекты, расположенные на данном узле. В случае использования внешнего источника сигнала ETB только от системы ГНСС ГЛОНАСС для подстройки локального генератора частоты сигналом 2,048 МГц (см. рис. 1) часы желательно устанавливать в месте размещения существующего ПЭГ/ВЗГ.

Далее от T-GM сигналы ETB передаются с помощью пакетов RTP-сообщений через маршрутизаторы и коммутаторы, имеющие сетевую поддержку в виде граничных

(T-BC) или прозрачных (T-TC) часов, к объектам на уровне ТМгУС регионального уровня, транзитного зонального узла связи (ТЗУС), оконечно-транзитного местного узла связи/оконечного местного узла связи (ОТМУС/ОМУС) и ОМУС городского/сельского поселения. На уровне ТМгУС, ТЗУС, ОТМУС/ОМУС и ОМУС выполняется восстановление и распределение шкалы времени PNT-F (Packet Network Time Function) для объектов, расположенных на данном узле, с помощью T-GM, T-BC и T-TSC часов. При необходимости сигнал ETB передается далее с помощью T-BC часов.

Дополнительно в целях резервирования сигнала ETB, передаваемого от T-GM внутри своего МРФ, на уровне ТМгУС, ТЗУС, ОТМУС/ОМУС и ОМУС могут применяться часы, имеющие опционные входы 1 PPS, ToD (для подключения к резервному PRTC).

Резервирование систем ETB на уровне МРФ можно осуществить за счет изменения маршрутизации пакетов RTP-сообщений на уровне магистральной транзитной сети. В нормальном режиме работы на узле ТМгУС регионального уровня, ТЗУС, ОТМУС/ОМУС и ОМУС к объектам, требующим синхронизацию по времени, поступают пакеты RTP-сообщений от T-GM часов своего МРФ, а при выходе их из строя с помощью магистральной транзитной сети ALL-IP — от T-GM часов другого МРФ. Пример резервирования систем ETB МРФ на сети ALL-IP приведен на рис. 5.

Детальная схема системы ETB на сети ALL-IP должна определяться на этапе разработки конкретного проекта.

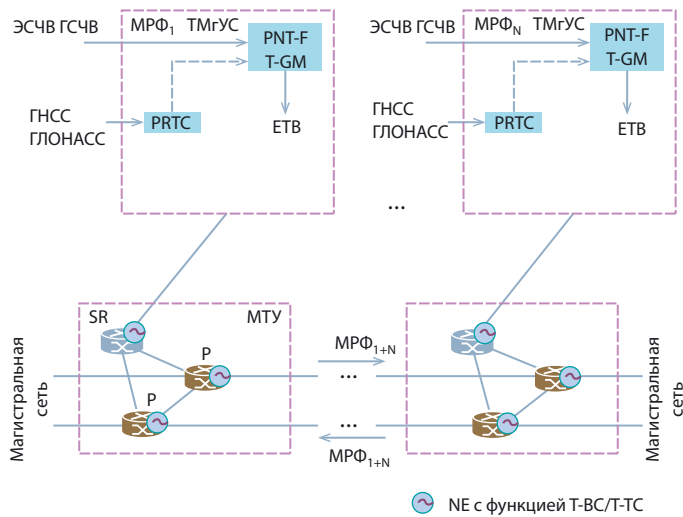


Рис. 5

При проектировании сети ETV необходимость сетевой поддержки в виде Т-ВС или Т-ТС часов определяется для каждого маршрута доставки сигнала ETV к объекту и зависит как от требований к точности сигнала ETV (табл. 2), так и от характеристики самой сети (количества маршрутизаторов и коммутаторов, загрузки сети и т.д.).

Для каждого маршрута передачи сигнала ETV должны определяться требования к характеристикам сети, обусловленные статической асимметрией задержки пакетов и минимальной девиацией задержки пакетов [1, 5] между точками В и С сетевой модели опорных точек системы распределения сигнала ETV (рис. 6).

Заключение. Единое точное время на сети оператора связи требуется для синхронизации оборудования мобильной связи стандартов CDMA, WiMAX, LTE, мониторинга задержки IP-пакетов маршрутизаторов и коммутаторов, мониторинга и управления сетями связи, защиты доступа к мультимедийной информации, расчетов по учету объема оказанных услуг и др., а также выполнения положений Ф3 № 126 «О связи» (ст. 49) от 07.07.2003 г. и Ф3 № 102 «Об обеспечении единства измерений» (ст. 1) от 26.06.2008 г.

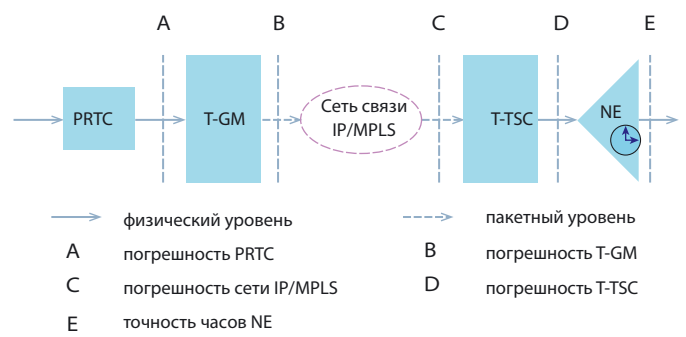


Рис. 6

Основная проблема передачи сигнала синхронизации частоты и времени в сетях связи с коммутацией пакетов — девиация временной задержки пакетов в промежуточных коммутаторах и маршрутизаторах, что приводит к возникновению определенных трудностей при обработке временных меток, прошедших через эти сети. Использование сетевой поддержки в виде граничных и прозрачных часов, предусмотренной в RTP-протоколе, позволяет значительно повысить точность приема сигнала ETV при его передаче через сети связи с коммутацией пакетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендация МСЭ-Т G.8271 (02/2012 г.). Аспекты временной и фазовой синхронизации в сетях с коммутацией пакетов.
2. Рекомендация МСЭ-Т G.8272 (10/2012 г.). Характеристики синхронизации первичного эталонного генератора шкалы времени.
3. Рекомендация МСЭ-Т G.8275 (проект). Архитектура распределения времени/фазы.
4. Стандарт IEEE 1588 (2008 г.). Протокол синхронизации прецизионных часов для сетевых измерений и систем управления.
5. Рекомендация МСЭ-Т G.8271.1 (проект). Сетевые пределы при синхронизации времени в сетях с коммутацией пакетов.

Получено 01.11.13

Продолжение. Начало см. на с. 2

Успехи стандартизации технологии LTE и движение от LTE к 5G. Во второй день форума технический директор ETSI **А. Скрейз** представил планы 3GPP по развитию eLTE и 5G. Главными новациями в релизах 13 и 14 станут облачная архитектура сетей и виртуализация сетевых функций, использование технологии LTE в нелицензируемых полосах частот U-LTE, совершенствование технологии агрегации спектра. Начало работ по стандартизации 5G запланировано на 2016 г., а с 2017 г. усилия 3GPP (релиз 15) будут полностью сосредоточены на стандартизации 5G.

О намерении запустить «pre-5G» на зимней Олимпиаде в Южной Корее объявила SK Telecom. Директор R&D-центра SK Telecom **Парк Джин-Хуо** представил мобильные устройства класса 6, способные принимать пото-

ки данных со скоростью до 300 Мбит/с. Член правления Партнерского проекта 5G PPP **Марни Ботте** рассказал о целях и структуре этого проекта, призванного помочь в распределении бюджетных усилий ЕС по стандартизации и развитию 5G, в привлечении частных инвесторов.

Доклады, прочитанные на LTE World Summit-2014, доступны на веб-сайте Informa Telecoms & Media (www.lteconference.com/world).

Делегация российской компании «АйКомИнвест» ознакомилась с экспозициями Huawei, ZTE, Samsung, Cisco; представители компаний NavTech и OpenCloud продемонстрировали функциональность мобильных устройств TD-LTE, делились опытом поставок готовых инфраструктурных решений операторам LTE. **А. Скрейз** рассказал о планах ETSI

и 3GPP по стандартизации технологий LTE и 5G. В ходе встречи с президентом Всемирной ассоциации мобильного оборудования GSA **А. Хадденом** речь шла об абонентском оборудовании TD-LTE, с координатором проекта METIS **О. Куесетсом** обсуждали возможность публикации в России отчетов и статей об исследованиях METIS по 5G, с координатором проекта 5GIC (Университета Surrey) **Ш. Нири** — планы европейской стандартизации решений проекта 5GIC в 3GPP и ETSI.

Фокус следующих форумов — LTE World Summit-2015 и 5G World Summit-2015 — остается тем же: «Расширение возможностей и прав подключенного поколения». Цель саммитов — повышение эффективности коммерческой деятельности операторов и поставщиков приложений, использующих сети LTE.