

Игорь ШКЛЯРЕВСКИЙ

Сети синхронизации: выделенное оборудование

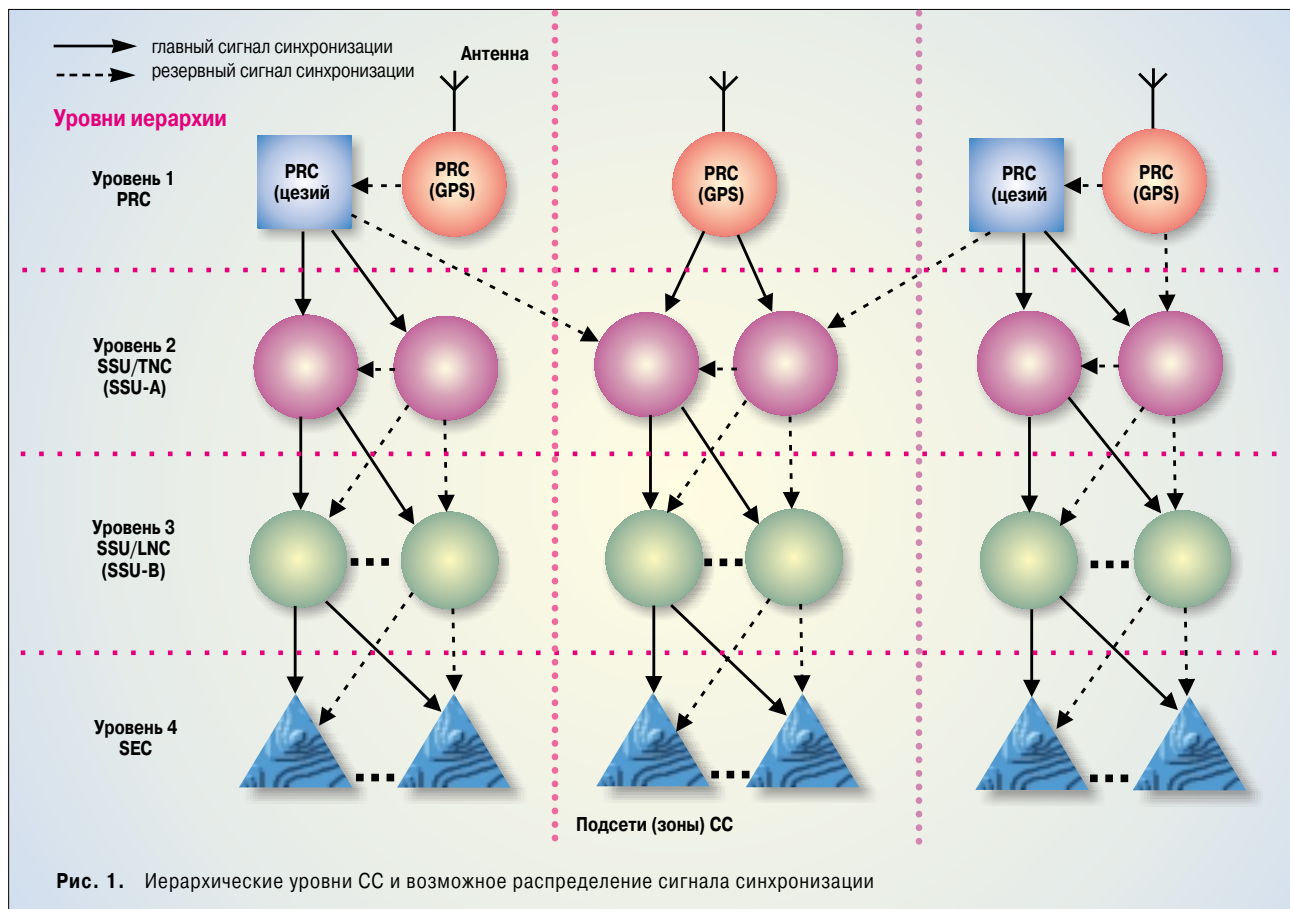
**Новым
и принципиально
важным элементом
архитектуры сетей
синхронизации
является выделенное
оборудование синхронизации.
Каково же его назначение?**

Настоящая статья продолжает публикацию материалов, посвященных вопросу синхронизации в сетях электросвязи. Если в предыдущих статьях [1, 2] было приведено краткое описание истории развития *сетей синхронизации* (далее — СС) и возможных архитектурных решений построения СС на основе реальных примеров, а также вопросы влияния параметров синхронизации на качество услуг связи и некоторые аспекты измерений этих параметров в СС, то данная статья продолжает рассуждения об архитектуре СС, сосредоточившись при этом на одном из наиболее новых и принципиально важных элементов СС — выделенных устройствах синхронизации.

Как отмечалось в [1, 8], оптимальным архитектурным решением для СС на территории, сравнимой с территорией Украины, является *СС с частично распределенными независимыми PRC* (при условии регулярного мониторинга *стыков синхронизации* в подсетях). Указанная архитектура включает в себя стандартную иерархическую архитектуру СС в соответствии с требованиями ITU-T G. 810-G.813 как архитектуру одной из подсетей (зон) СС. На **рис. 1** представлены уровни такой иерархии, а также иллюстрируется возможное распределение сигналов синхронизации в СС.

Здесь автор считает необходимым сделать почти лирическое отступление и поговорить о терминологии. Терминология в области синхронизации сетей электросвязи не является устоявшейся не только в украинско- или русскоязычной, но и в англоязычной технической литературе. Терминологическая нестабильность не столь неприятна по своим последствиям для СС, как нестабильность фазы, но все же иной раз вводит в заблуждение, особенно специалистов, только начинающих осваивать вопросы синхронизации на профессиональном уровне.

Основа англоязычной терминологии в области синхронизации были зафиксированы в Рекомендациях ITU-T G.810, G.811, G.812, G.813 (в дальнейшем будем ссылаться на них в упрощенном виде, например, «стандарт G.810», а в совокупности — «Рекомендации ITU-T»),



являющихся и по сей день единственными нормативными документами, применяемыми в Украине в области синхронизации (создание украинских стандартов в этой области только начинается, что, впрочем, естественно). Однако изучение англоязычной технической литературы и, прежде всего, материалов предприятий-производителей соответствующего оборудования, показывает, что на практике происходит некоторое уточнение терминологии, особенно по отношению к разрабатываемому и производимому оборудованию, по мере совершенствования самого оборудования и уточнения его структуры и функций.

Автор сделал попытку анализа этих терминов и выявления наиболее устоявшихся на текущий момент. В результате оказалось, что некоторые приводимые в Рекомендациях термины употребляются редко, а значение других несколько изменилось по сравнению с определенным в Рекомендациях. (Автор полагает, что практика в который раз подкорректирует стандарты.) По этой

причине в настоящей статье используется англоязычное сокращенное название SSU в более расширенном по сравнению с Рекомендациями значении, а другое название – SASE – не используется

вовсе. Более подробные рассуждения по поводу терминологии (для тех, кому это интересно) приводятся в соответствующей вставке.

Рассмотрим вкратце устройства синхронизации различных уров-

г. Киев,
ул. Красноармейская, 55,
телефон: /044/ 205 44 55.
www.Lucky.net

**Уникальная
возможность
построения
корпоративных
сетей**

**Украинский
трафик
БЕСПЛАТНО!**

Lucky.Net

Терминология

Как это обычно бывает, терминология в данной области возникла и развивалась под влиянием компаний-разработчиков и производителей оборудования синхронизации. Исторически пальма первенства в этом вопросе принадлежит американским компаниям. Одним из первых производителей оборудования синхронизации — корпорацией DATUM (США) был введен в оборот термин TSG (Timing Signal Generator — генератор сигнала синхронизации). Попутно заметим, что последняя модель аналогового оборудования производится корпорацией DATUM уже под названием SSU-2000. Кроме того, в американской литературе активно использовался термин BITS (Built Integrated Timing Supply). Анализ некоторых источников показал, что этот термин употребляется в привязке не столько к конкретному типу оборудования, сколько к его функциональному назначению: встроенное оборудование, служащее источником сигнала синхронизации. Этот термин могут относить, например, к кварцевым генераторам, встроенным в АТС или передающее оборудование SDH, если они реально используются как источники синхросигнала для данного узла СС. Необходимо отметить, что оба указанных ранее термина отсутствуют в Рекомендациях ITU-T, зато используется термин SSU (Synchronization Supply Unit), обозначающий «логическую функцию выбора, обработки и распределения сигналов, частотные характеристики которых соответствуют требованиям стандарта G.812». Еще один термин из Рекомендаций SASE (Stand Alone Synchronization Equipment) обозначает «реализацию логической функции SSU в виде самостоятельного оборудования, включая возможность управления» (по всей вероятности, свежую идею на момент разработки стандарта).

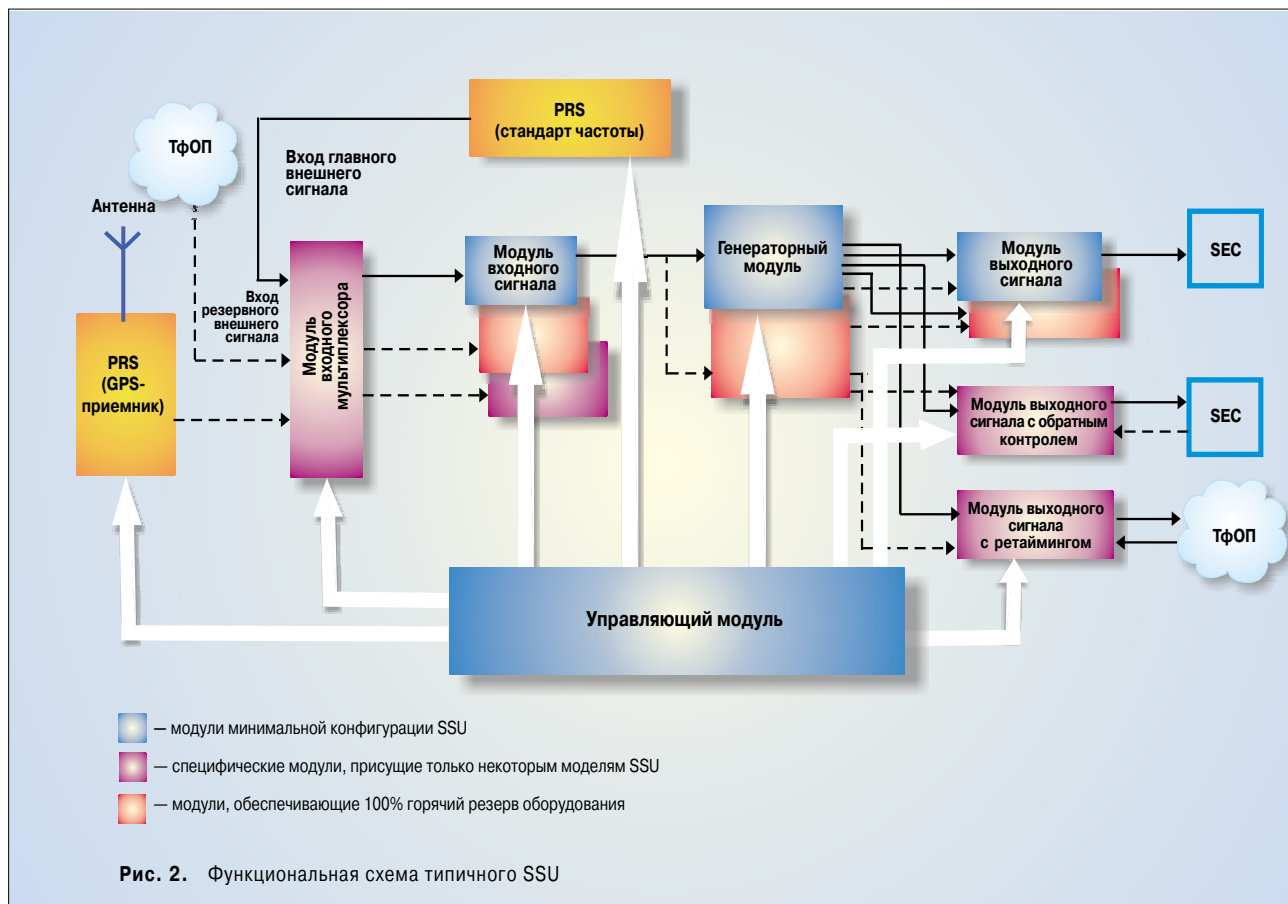
Однако сегодня устройства синхронизации, соответствующие требованиям G.812 (а также G.811) и обладающие функцией управления, производятся **только** как самостоятельное оборудование. Анализ рекламных материалов, технических описаний и руководств по эксплуатации некоторых компаний-производителей [3–5] показал, что речь идет о последних моделях этого же оборудования синхронизации. В зависимости от опций, предлагаемых производителем, это оборудование может соответствовать как стандарту G.812, так и стандарту G.811 (т. е. уже переходить в категорию PRC). При этом сохраняется конструктивное единство оборудования, общая функция управления, а иногда возникает и невозможность выделить отдельно опцию с улучшенными характеристиками (интегрированный в генераторный модуль GPS-приемник [5]). Обычно производители называют такое оборудование SSU, хотя иногда в различной технической литературе используются комбинированные названия оборудования (автору встречались: SASE/SSU, BITS/SSU, TSG/SSU, причем термин SSU при этом использовался практически повсеместно). Опираясь на упомянутую ранее тенденцию в технических материалах компаний-производителей, **мы будем использовать термин SSU как базовый для обозначения функционально законченного, самостоятельного оборудования синхронизации**, типичная схема которого представлена на рис. 2. В зависимости же от того, требованиям какой из Рекомендаций G.811–812 удовлетворяет входящее в его состав генераторное оборудование, SSU может быть отнесен к различным уровням иерархии. В случае соответствия требованиям стандарта G.811, он будет относиться к первому уровню иерархии (и тогда его правомочно называть PRC), стандарта G.812 тип I — ко второму уровню (SSU/TNC (Transit Node Clock), или SSU-A), стандарта G.812 тип VI — третьему уровню иерархии (SSU/LNC (Local Node Clock, или SSU-B). Однако еще раз подчеркнем, с точки зрения производителя чаще всего — все это одна и та же модель оборудования, оснащенная различными опциями (кварцевый или рубидиевый генераторный модуль, GPS-приемник и т. п.).

Кроме того, в технической литературе также наблюдается некоторая путаница с употреблением терминов PRC, PRS и SSU. Повторимся, на наш взгляд, SSU — это прежде всего выделенное (самостоятельное) оборудование синхронизации, обладающее определенной полнотой функциональных возможностей, и именно в этом смысле термин SSU употребляется большинством производителей. Если SSU укомплектован PRS (Primary Reference Source — первичный источник эталонного сигнала или, в более вольном переводе, первичный стандарт частоты), его называют **первичным устройством синхронизации**, PRC (Primary Reference Clock). При этом PRS может быть оборудованием другого производителя (скажем, цезиевые генераторы корпорации DATUM или GPS-приемники компании TRIMBLE встраиваются в SSU некоторых других производителей, иногда под торговой маркой оригинального производителя, а иногда, согласно специальным соглашениям, под торговой маркой производителя SSU), может изготавливаться самостоятельно производителем SSU как отдельный модуль, а может быть, как упоминалось ранее, целиком интегрирован в оборудование SSU.

Тем не менее, специалистам, которые будут самостоятельно работать с англоязычной технической литературой по рассматриваемым вопросам, необходимо быть готовым к определенному терминологическому волюнтаризму. Один только пример: корпорация DATUM [3] использует некоторые упомянутые ранее термины для обозначения конфигураций оборудования SSU-2000 — укомплектованное GPS-приемником, оно называется «конфигурацией PRS» (наверное, правильнее было бы — PRC), а без приемника — «конфигурацией TSG» (собственно SSU, в нашем понимании). Цель настоящего — предупредить таких специалистов о реалиях существующей терминологии.

ней иерархии и их взаимоотношения в СС. На рис. 1 устройства синхронизации первого (наивысшего) уровня иерархии, соответствующие требованиям стандарта G.811, называются PRC (Primary Reference Clock, первичные устройства синхронизации). Устройства второго и третьего уровней иерархии соответствуют требованиям G.812 и называются, в общем, SSU — Synchronization Supply Unit (более подробно — см. рис. 1 и вставку). PRC практически всегда выполняют роль **ведущих устройств синхронизации** для определенной подсети СС (или для всей СС в случае «деспотической» ее архитектуры), в то время как SSU, с одной стороны, являются **ведомыми устройствами синхронизации** по отношению к PRC своей подсети, с другой стороны, могут быть ведущими для SSU более низкого уровня иерархии в своей зоне подсети, а кроме того, как PRC, так и SSU чаще всего выступают в качестве **узловых устройств синхронизации** для генераторного оборудования АТС и аппаратуры передачи SDH, расположенных в одном или нескольких близлежащих узлах сети электросвязи.

На низшем уровне иерархии в СС находятся встроенные устройства синхронизации аппаратуры SDH (SEC — SDH Equipment Clock), требования к которым определяются в G.813 и которые в составе СС должны выступать **потребителями сигнала синхронизации**. Впрочем, необходимо отметить, что на первоначальных этапах строительства цифровых сетей эти генераторы часто использовались (и используются до сих пор) в качестве узловых устройств синхронизации, пока по мере расширения сети возникающие проблемы с обеспечением синхронизации не вынуждают оператора начинать строительство собственной СС с применением специализированного оборудования типа SSU. По мнению специалистов [8], этот процесс неизбежен для любого серьезного оператора, поскольку **ухудшение качества услуг связи, вызванное недостаточно хорошей синхронизацией, невозможно компенсировать любым другим способом**.



Состав, основные узлы и характеристики SSU

Рассмотрим состав и функционирование типичного SSU, как *выделенного оборудования синхронизации*, предназначенного для генерации сигнала синхронизации и распределения его среди других элементов СС, а также выполнения некоторых функций контроля качества, управления и аварийной сигнализации в СС.

На **рис. 2** показана функциональная схема типичного SSU, составленная на основании уже упоминавшихся материалов производителей этого оборудования. Обоб-

щая эти материалы, можно выделить несколько характерных функциональных узлов (модулей), всегда входящих в состав SSU, другие же являются более специфическими и предлагаются не всеми производителями. Наиболее характерными модулями Synchronization Supply Unit являются:

- **модули входных сигналов** (входные модули), предназначенные для контроля уровня вандера входного сигнала и переключения оборудования с основного сигнала на резервный в случае исчезновения основного сигнала либо невозможности его дальнейшего использования ввиду изменения характеристик;

- **модули встроенных генераторов сигнала синхронизации**, предназначенные для генерации сигналов синхронизации в режиме свободных колебаний или в режиме принудительной синхронизации входным сигналом синхронизации;
- **модули выходных сигналов** (выходные модули), предназначенные для распределения выходного сигнала синхронизации в направлении потребителей сигнала синхронизации (элементов СС более низкого уровня иерархии), а также выполнения некоторых других функций (см. далее – специфические выходные модули);
- **модули управления**, питания, контроля и аварийной сигнализации;

Таблица 1.

Тенденции в строительстве сетей синхронизации национальных сетей электросвязи некоторых европейских стран»			
Страна	Количество установленных SSU	В т. ч. с цезиевыми стандартами частоты	В т. ч. с GPS
Бельгия	89 (планы до 140)	6	6
Венгрия	78	2	2
Литва	6	3	0
Франция	700 (планы до 1200)	6	Н/д

Таблица 2

Сравнительные характеристики цезиевых стандартов частоты и водородного лазера MM2010

Модель	5071A Opt	5071A	PRS-45	CsIII	Epsilon	DCD-Cs	OSA5585	MM2010
Компания-производитель	Agilent	Agilent	Datum	Datum	TEMEK	Symmetricom	Oscilloquarz	Datum
Страна	США	США	США	США	Франция	США	Швейцария	США
Точность (Ассурасу)	$+5 \times 10^{-13}$	$+1 \times 10^{-12}$	$+1 \times 10^{-12}$	2×10^{-12}	$+1 \times 10^{-12}$	$+2 \times 10^{-12}$	$+5 \times 10^{-12}$	н/д
Воспроизводимость (Reproducibility)	$+1 \times 10^{-13}$	$+1 \times 10^{-13}$	$+1,2 \times 10^{-12}$	$1,2 \times 10^{-12}$	$+5 \times 10^{-13}$	$+3 \times 10^{-12}$	н/д	н/д
Подстройка частоты (Settability)	6×10^{-15}	6×10^{-15}	н/д	1×10^{-15}	$+1 \times 10^{-14}$	1×10^{-15}	н/д	7×10^{-17}
Кратковременная нестабильность								
— 0,001 с	$1,2 \times 10^{-11}$	$1,2 \times 10^{-11}$	н/д	н/д	8×10^{-10}	н/д	н/д	н/д
— 1 с	5×10^{-12}	$1,2 \times 10^{-11}$	3×10^{-11}	$1,2 \times 10^{-11}$	5×10^{-12}	2×10^{-11}	н/д	2×10^{-13}
— 10 с	$3,5 \times 10^{-12}$	$8,5 \times 10^{-12}$	$1,3 \times 10^{-11}$	$8,5 \times 10^{-12}$	н/д	2×10^{-12}	н/д	2×10^{-13}
— 100 с	$8,5 \times 10^{-13}$	$2,7 \times 10^{-12}$	3×10^{-12}	$2,7 \times 10^{-12}$	н/д	5×10^{-12}	н/д	2×10^{-13}
— 1000 с	$2,7 \times 10^{-13}$	$8,5 \times 10^{-13}$	$9,5 \times 10^{-13}$	$8,5 \times 10^{-13}$	2×10^{-13}	2×10^{-12}	н/д	2×10^{-13}
— 10 000 с	$8,5 \times 10^{-14}$	$2,7 \times 10^{-13}$	3×10^{-13}	$2,7 \times 10^{-13}$	н/д	5×10^{-13}	1×10^{-13}	3×10^{-15}
— 100 000 с	$2,7 \times 10^{-14}$	$8,5 \times 10^{-13}$	н/д	$8,5 \times 10^{-14}$	2×10^{-14}	н/д	н/д	н/д
Нестабильность в диапазоне температур (0–50°C)	$+8 \times 10^{-14}$	$+1 \times 10^{-13}$	$+3 \times 10^{-12}$	н/д	н/д	$+5 \times 10^{-12}$	н/д	5×10^{-13}
Фазовый шум, dBc/Hz, при df:								
— 0,1 Hz	н/д	н/д	н/д	н/д	-70	н/д	н/д	н/д
— 1 Hz	-100	-85	-106	-106	-100	-90	н/д	н/д
— 10 Hz	-130	-125	-135	-135	н/д	-120	н/д	н/д
— 100 Hz	-135	-135	-145	-145	-140	-140	н/д	н/д
— 1 000 Hz	-140	-140	-155	-155	-150	-150	н/д	н/д
— 1 000 000 Hz	-145	-145	-160	-160	-150	н/д	н/д	н/д
Выходной сигнал:								
— 2 Мбит/с, G.703, E1	да (опц)	да (опц)	да	да	да(опция)	да	да	нет
— 2 MHz (DS1/E1 clock)	да (опц)	да (опц)	да	н/д	да	да (TTL)	да	нет
— 5 MHz синус (уровень, В)	да	да	да	да	да	да (1В)	да	да (1В)
— 10 MHz синус (уровень, В)	да	да	да (0,5В)	да	да (1В)	да (1В)	да	да (1В)
«секунда» (1 pps)	да	да	нет	да	да	н/д	да	да
Конструктивные особенности								
Питание от сети 220 В	да	да	нет	да	да	нет	да	да
Питание от пост. тока, В	да (опц)	да (опц)	-48	нет	-24	-48	-48	-24
Внутренняя батарея	нет(при 48В)	нет(при 48В)	нет	нет	да	нет	нет	да (8 час.)
Резервируемый источник питания, 48 В	нет	нет	да	нет	нет	нет	нет	нет
Наличие входа 1 pps	нет	нет	нет	да	нет	нет	да	нет
Масса, кг	30	30	17	13	30	20	н/д	130
Управление								
Интерфейс RS-232	да	да	да	да	да	да	да	н/д
Поддержка SSM	н/д	н/д	да	да	да	да	да	нет
Условия эксплуатации								
Рабочая температура, град. С	0–55	0–55	0–50	0–50	0–50	0–50	н/д	н/д
Влажность при 50°C, %	70	70	95	95	95	н/д	н/д	н/д
Напряженность магнитного поля, Гс	2	2	2	2	2	н/д	н/д	н/д
Гарантия, лет	1	1	2	2	2	н/д	н/д	н/д
Долговечность трубки, лет	3	10	12	12	10	н/д	8	н/д
Отдельная гарантия на трубку, лет	н/д	н/д	12 лет	12 лет	н/д	н/д	н/д	н/д
Цена, USD (ориентировочно)	92000	77000	34000	48000	49000	н/д	н/д	350000

• *программное обеспечение управления оборудованием синхронизации*, позволяющее настраивать и контролировать работу оборудования синхронизации не только локально, но и в составе сети таких устройств.

Дополнительно в состав SSU могут включаться следующие модули:

- *первичный источник эталонного сигнала* (как правило, это автономный атомный стандарт частоты либо GPS-приемник, в виде отдельного модуля или интегрированный в ге-

нераторный модуль, со своими аксессуарами — антенна и т. д.);

- *модуль входного мультиплектора*, предназначенный для резервирования входных модулей в случае повышенных требований к надежности SSU;

- *специфические выходные модули*, предназначенные для решения некоторых дополнительных задач, как правило, также связанных с повышением надежности либо управляемости оборудования синхронизации либо СС в целом; сюда можно отнести модули восстановления сигнала синхронизации (ретайминга), так называемые выходные модули с обратной связью и т. п. (Подробнее о специфических модулях поговорим во второй части статьи);
- *сеть управления СС*, включая соответствующее ПО в комплекте с серверами и рабочими станциями («под ключ»).

Попробуем вникнуть в особенности назначения и выполняемых функций различных узлов (модулей) SSU, а также их технологических реализаций, приводя в качестве примеров предлагаемое на рынке сегодня оборудование различных компаний-производителей. При этом начнем с первичных источников эталонного сигнала, их типов и технических характеристик различных моделей, далее перейдем к встроенным в SSU генера-

торным модулям и, наконец, завершим наш обзор сравнительными характеристиками конкретных моделей SSU зарубежного производства и отличительными особенностями, характеризующими отдельные модели. К сожалению, большой объем материала сделает невозможной публикацию статьи целиком в одном номере даже столь солидного журнала, однако, надеемся, это не приведет к уменьшению интереса к данной теме со стороны специалистов в области связи.

Первичные источники эталонного сигнала синхронизации

Первичным источником эталонного сигнала синхронизации (PRS – Primary Reference Source) будем называть любой по физической природе источник (генератор) сигнала, обеспечивающий получение стандартного сигнала синхронизации с параметрами, соответствующими требованиям G.811 (в частности, относительной нестабильнос-

тью частоты не хуже чем 1×10^{-11}). *При наличии такого источника SSU превращается в уже упоминавшийся PRC.* При отсутствии источника эталонного сигнала SSU будет относиться к более низкому уровню иерархии, в зависимости от характеристик встроенных генераторных модулей (более подробно о генераторных модулях – во второй части статьи).

На сегодняшний день существуют две основные идеологии PRS: одна предполагает использование в качестве эталонного сигнала синхронизации выходной сигнал автономных стандартов частоты с необходимыми характеристиками нестабильности (это может быть водородный мазер либо атомный стандарт частоты на основе пучка цезия), другая же – сигнал синхронизации, выделенный из сигналов точного времени одной из спутниковых радионавигационных систем (СРНС), чаще всего – американской сети GPS. Обе идеологии способны обеспечить современные требования с заметным запасом и

CBSE 2002 2-5 квітня 2002
Київ, вул. Хрещатик, 2, виставковий Центр "Український Дім"

КОРПОРАТИВНІ ТА БАНКІВСЬКІ СИСТЕМИ
МІЖНАРОДНА ВИСТАВКА

Спонсор: **PREMIER LTE**

З додатковою інформацією звертайтесь до компанії Прем'єр с'єнсп.
тел.: +380 44 451 4160, факс: +380 44 451 4161, e-mail: cbse@ps.com.ua

обе находят реальное применение, некоторые примеры которого описаны в [1]. Преимуществами применения автономных PRS являются отсутствие влияния атмосферных и климатических условий, риска повреждения антенны атмосферным электрическим разрядом или умышленного разрушения, а также организационная независимость СС от состояния неподконтрольной национальному оператору сети GPS (или аналогичной российской сети ГЛОНАСС) и от политических решений, которые могут быть приняты правительствами других стран в тех или иных ситуациях. Недостаток у такого решения практически один — сравнительно высокая для массового применения стоимость атомных стандартов частоты, которая, впрочем, в последние годы стремительно снижается. Преимущества и недостатки второй идеологии зеркально симметричны.

У каждой из идеологий есть свои сторонники и свои аргументы «за и против», на которых мы не будем слишком заострять внимание. Однако представляется любопытной информация, полученная автором из неофициальных, но заслуживающих доверия источников, о реальных результатах внедрения указанных идеологий в сетях национальных операторов в Европе. Сводные результаты, приведенные в **табл. 1**, не претендуют на абсолютную точность, однако, на наш взгляд, отражают вполне очевидные тенденции.

Приведенная информация позволяет сделать два, с нашей точки зрения, важных вывода.

- Во всех указанных случаях используется архитектура СС с распределенными (зависимыми или частично зависимыми) PRC [1].
- Операторы указанных национальных сетей стремятся иметь автономные PRS в качестве основы СС своих сетей и PRS на основе приемников GPS в качестве недорогих альтернативных источников синхронизации.

PRS на основе GPS-приемников различных производителей не имеют принципиальных различий, все

они обрабатывают сигналы от 6–8 спутников и обеспечивают относительную стабильность частоты в районе 1×10^{-12} (при 24-часовом усреднении). Стоимость их также не слишком отличается друг от друга (тысячи долларов США), поскольку такие устройства уже стали значительно более массовым товаром, чем стандарты частоты (по сведениям из [6], в конце 90-х годов около 300 моделей GPS-приемников производилось более чем 50-ю компаниями). В целом необходимо представлять, что характеристики синхронизирующего сигнала PRS на основе GPS-приемников прежде всего определяются характеристиками самой сети GPS.

Стандарты частоты до сих пор являются сравнительно уникальным оборудованием. Наиболее экзотические, самые сложные и дорогостоящие из них — водородные стандарты частоты, или мазеры. Ориентировочная стоимость мазеров российского производства составляет около 90 тыс. дол. США, американского — около 350 тыс. дол. Украина мазеры не производит, хотя Государственный эталон частоты и времени Украины построен на базе водородных стандартов [7]. Однако для применения в СС их стоимость, как правило, слишком высока, а характеристики нестабильности избыточно хороши. И хотя в [1] приведен пример использования водородных мазеров в качестве PRS в одной из российских сетей электросвязи, такие примеры, скорее всего, останутся единичными.

Цезиевые стандарты частоты в среднем заметно дешевле, а в последнее время некоторые производители начали предлагать упрощенные и менее дорогие модели цезиевых PRS, ориентированные специально на отрасль электросвязи. Пожалуй, наиболее яркий пример такого упрощения на сегодняшний день — модель PRS-45 производства известной американской корпорации DATUM. Стоимость таких PRS уменьшена до диапазона 30 тыс. дол. США, а их характеристики нестабильности, хотя и в среднем в 2 раза хуже, чем у дорогостоящих (до 90–100 тыс. дол. США) «метрологических» моделей, с запасом удовле-

творяют требованиям стандарта G.811. Обращает внимание на себя и надежность основного элемента такого устройства — цезиевой трубки, на которую производитель предлагает отдельную 12-летнюю гарантию (существует некоторая обратная пропорциональная зависимость срока службы цезиевой трубки от уровня параметров нестабильности). Думается, примеру DATUM последуют и другие производители, и если такое предложение встретит растущий спрос со стороны операторов сетей электросвязи, стоимость цезиевых стандартов будет и дальше снижаться.

В **табл. 2** приведены сравнительные характеристики некоторых моделей цезиевых стандартов частоты, а для сравнения — характеристики мазера МНМ-2010 производства США.

Литература

1. А. Савчук, И. Шкляревский. Синхронизация сетей и сети синхронизации // Сети и телекоммуникации. — 2002. — № 1.
2. И. Шкляревский. Измерение параметров синхронизации в телекоммуникационных сетях // Сети и телекоммуникации. — 2001. — № 5–6.
3. SSU-2000. User Guide / DATUM. — USA. — 2000. — June.
4. US4G Synchronisation Supply Unit Network Clock Distributor. Product Specification / GILLAM Fei. — Belgium. — 2001. — May.
5. EPSILON SSU / Tekeles Systems. — France. — 2001.
6. The science of Timekeeping / Application Note 1289. — USA: Hewlett Packard Company. — 1997. — June.
7. Клейман О.С., Оголюк В.П., Сидоренко Г.С. та ін. Державний первинний еталон одиниць часу і частоти // Український метрологічний журнал. — 1997. — Вип. 3. — С. 18–23.
8. Концепція побудови та структурна схема мережі синхронізації України: ДКЗІУ – УНДІЗ. 03.12.2001.

Игорь ШКЛЯРЕВСКИЙ,

Генеральный директор компании «Информационные системные технологии»,
www.ist.net.ua
ish@ist.net.ua