

# Управление сетями синхронизации

**Управление любым объектом служит целям оптимизации его использования и обеспечения безотказной его работы.**  
**Этот тезис особенно актуален для сетей синхронизации, которые являются ключевым элементом сетей электросвязи. Как же необходимо строить управление сетью синхронизации, чтобы ее надежность была высокой, а функционирование — оптимальным?**

Важность задачи управления сетями синхронизации (СС) определяется их ролью в современных цифровых сетях электросвязи, и прежде всего в первичных, или транспортных сетях, которые в Украине быстрыми темпами переходят на технологии синхронной цифровой иерархии (SDH). Дальнейшее развитие этих технологий (имеется в виду как ATM, так и IP-направление в будущих сетях электросвязи) в любом случае ведет не к уменьшению, а только к возрастанию значения СС для сетей электросвязи в целом. Принимая во внимание оптимистические отечественные прогнозы в отношении темпов развития отрасли<sup>1</sup> и прогнозы лаборатории Bell Communication Research по характеристикам СС<sup>2</sup>, в ближайшие годы следует ожидать многократного роста скоростей в первичных сетях, а также резкого (до 100 раз) ужесточения требований к качеству СС.

## Структура и функции систем управления сетями синхронизации

Общеизвестно, что недостаточно хорошая синхронизация в цифровых сетях связи влечет за собой

ухудшение качества услуг, предоставляемых абонентам вторичных сетей (за счет появления так называемых управляемых проскальзываний), а в более сложных случаях — к потере работоспособности участками сети и даже сетью в целом. И поскольку аварийная сигнализация транспортной сети не в состоянии классифицировать проблемы, источником которых являются неисправности в СС, неудивительно, что специалисты проявляют повышенный интерес к вопросам управления СС.

Система управления (СУ) сетью синхронизации призвана поддерживать высокую отказоустойчивость СС, обеспечив оператору возможность полностью контролировать ее состояние. Определим СУ СС как совокупность следующих компонентов:

- внутренние аппаратные и программные средства оборудования синхронизации (как встроенного в аппаратуру передачи, так и выделенного);
- аппаратные и программные средства самой СУ;
- выделенная (на физическом либо логическом уровне) сеть передачи данных, связывающая эти аппаратные и программные средства.

Из этого определения следует, что современная СУ СС представляет собой распределенную систему.

<sup>1</sup> Бирюков Н.Л., Коваленко С.Ф. Варианты новой сетевой архитектуры транспортных сетей // Вісник УБЕНТЗ. 2002. №1; Хиленко В.В., Кільчицький Є.В. Деякі аспекти подолання розриву в цифрових технологіях // Вісник УБЕНТЗ. 2002. № 1.

<sup>2</sup> Савчук А., Шкляревский И. Синхронизация сетей и сети синхронизации // Сети и телекоммуникации. 2002. № 1.

## Синхронизация сетей

В настоящей статье автор предлагает к рассмотрению ее возможную структуру в общем виде; дальнейшее уточнение этой структуры осуществляется только для конкретной СС с ее архитектурой и применяемым оборудованием – этой цели послужат приведенные в статье примеры реализации СУ СС.

В структуре СС прежде всего целесообразно выделить несколько уровней по такому критерию, как местонахождение тех или иных элементов СУ в сети электросвязи в целом. Далее будет показано деление ее на подсистемы по критерию функциональности.

Структурная схема уровней СУ СС приведена на рис. 1. Схема воспринимается более наглядно при соотнесении ее с типичной иерархической структурой СС (рис. 2).

С точки зрения функциональной структуры СУ СС можно выделить несколько главных параметров, которыми она должна управлять:

- **качество сигнала синхронизации**, контролируемое СУ как на основании данных мониторинга входных сигналов синхронизации средствами SSU (стандартный комплект), так и на основании измерений выходного сигнала SSU средствами независимой измерительно-контрольной системы, входящей в расширенный комплект оборудования синхронизации;
- **данные аварийной сигнализации оборудования**, предоставляемые любым оборудованием PRC/SSU как в инициативном порядке с помощью механизма трапов (сразу после наступления события либо по истечении заданного интервала времени), так и по запросу СУ; как правило, современное оборудование использует для этого протокол типа SNMP;
- **сообщения об авариях каналов передачи данных** СУ СС, включение которых в схему СУ хотя и весьма желательно, но возможно лишь в рамках разработки конкретного проекта;
- **конфигурация оборудования**, которая может быть изменена системой управления (на основании данных аварийной сигнализации или по предварительно составленному алгоритму) либо администратором сети.



Рис. 1. Структура системы управления сетями синхронизации

Кроме того, СУ обычно контролирует ряд дополнительных возможностей СС, которые прямо не влияют на функционирование СС, но являются важными составными частями, обеспечивающими это функционирование:

- **авторизация доступа** в СУ – обязательный элемент системы безопасности в любой системе управления; определяет пароли для различных категорий пользователей СУ, права каждой категории пользователей, средства защиты от несанкционированного доступа и т.д.;
- **визуализация** СС и ее состояния: оператору предоставляется текущая информация о состоянии СС и пользовательский интерфейс для взаимодействия с СУ;
- **управление базами данных и архивирование** – накопление и безопасное хранение служебной информации и результатов измерения характеристик сигналов синхронизации, а также защищенный доступ к архиву в соответствии с потребностями служб пользователя и правами доступа.

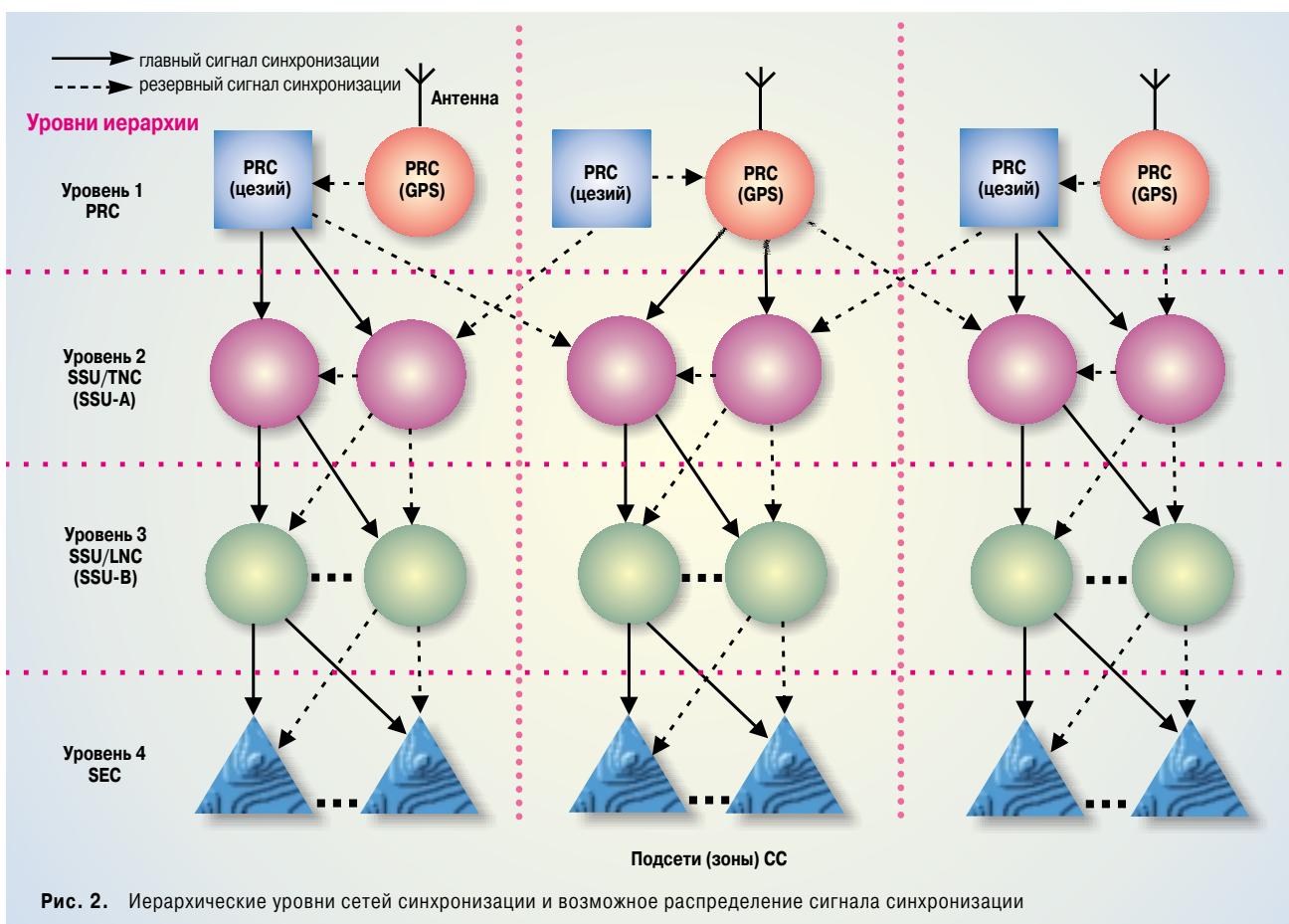
В некоторых случаях в программном обеспечении СУ выделяются также функции учета оборудования синхронизации (вплоть до бухгалтерских форм по учету основных средств), различные вспомогательные средства (вроде встроенных графических редакторов), облегчающие настройку ПО под конкретные потребности пользователя, и другие

особенности. К примеру, компания «Информационные системные технологии» при разработке программного обеспечения СУ СС дополнительное внимание уделяет созданию расширенной справочно-обучающей подсистемы. В Украине, бесспорно, есть потребность в подобных средствах: сказывается недостаток обученных специалистов в области СС у отечественных операторов связи, а также преимущество для наших специалистов русского языка по сравнению с английским (с использованием которого выполнены все известные автору зарубежные СУ СС). Другой особенностью упомянутой СУ будет поддержка оборудования синхронизации различных производителей, что также нетипично для зарубежных систем управления, но, несомненно, актуально в условиях нашего рынка.

### Влияние системы управления на надежность сети синхронизации

Отдельным вопросом, на котором хотелось бы остановиться подробнее, является роль СУ в обеспечении надежности СС. По понятным причинам в последнее время этот вопрос часто поднимается в публикациях украинских<sup>3</sup> и рос-

<sup>3</sup> Например, Гніденко І.І., Каленик І.Ю. Забезпечення надійності мережі синхронізації // Вісник УБЕНТЗ. 2002. № 1.



**Рис. 2.** Иерархические уровни сетей синхронизации и возможное распределение сигнала синхронизации

сийских<sup>4</sup> специалистов. В настоящей статье автор попытается в определенной степени систематизировать информацию по данному вопросу, содержащуюся как в различных публикациях, так и в технических описаниях оборудования синхронизации различного производства.

Жесткие требования к надежности СС заложены в целый ряд международных стандартов (прежде всего, это известные специалистам рекомендации ITU-T G.810-G.813, G.781 и др.). Высокая надежность СС обеспечивается выполнением (и превышением) этих требований на различных уровнях: уровне оборудования, сетевом и системном уровнях СУ; при этом, однако, СУ должна быть способна участвовать в полноценном обеспечении этих требований на всех указанных уровнях.

**На уровне выделенного оборудования PRC/SSU** прежде всего реализуется горячее резервирование практи-

тически всех модулей или узлов этого оборудования (исключение могут составлять лишь те модули, выход из строя которых не влечет за собой исчезновения или ухудшения качества сигнала синхронизации, например, модуль управления). Более подробно состав различного оборудования SSU и особенности реализации горячего резервирования рассматривались автором в одной из предыдущих статей данного цикла<sup>5</sup>. Здесь мы укажем только, что оборудование практически всех производителей может быть поставлено в конфигурации, обеспечивающей полноценное резервирование основных модулей; на практике ограничения этой конфигурации в большинстве случаев возникают лишь по причинам экономического характера. На наш взгляд, минимальная конфигурация надежного PRC/SSU такова:

- рубидиевый генератор в качестве основного встроенного генератора;

- кварцевый генератор в качестве резервного;
- приемник GPS, обеспечивающий опорный сигнал сети GPS (или, в другом случае, ГЛОНАСС) для каждого из указанных генераторов (либо два приемника, в зависимости от конструктивных особенностей оборудования; например, в оборудовании Epsi-lon SSU производства французской компании Tekelec Systemes модули GPS-приемников интегрированы в каждый генераторный модуль отдельно, что обеспечивает повышенную надежность получения сигнала GPS при оптимальной стоимости этого решения);
- необходимое количество входов внешнего опорного сигнала, с учетом резервирования и количества внешних источников сигнала (в некоторых случаях входы сигнала сети GPS организуются отдельно и не могут быть использованы для других опорных сигналов); типичное количество входов – от 4 до 12;
- необходимое количество выходов сигнала синхронизации, с учетом

<sup>4</sup> Например, Коновалов Г.В., Нетес В.А. Принципы самовосстановления сетей синхронизации цифровых сетей // Вісник УБЕНТЗ. 2002. № 1.

<sup>5</sup> Шкляревский И. Сети синхронизации: выделенное оборудование (часть 2) // Сети и телекоммуникации. 2002. № 3.

## Статусы сигналов синхронизации

Обозначение	Уровень	Краткая характеристика статуса	SSM	Стандарт ETSI
QL-PRC	PRC	Сигнал первичного устройства синхронизации	0010	EN 300 462-6-1
QL-SSU-A	SSU/TNC	Сигнал SSU уровня транзитного узла связи	0100	EN 300 462-4-1
QL-SSU-B	SSU/LNC	Сигнал SSU уровня оконечного узла связи	1000	EN 300 462-7-1
QL-SEC	SDH/SEC	Сигнал SEC (SDH equipment clock)	1011	EN 300 462-5-1
QL-DNU	Не определен	Не применяется в качестве сигнала синхронизации	1111	—
—	Не определен	Уровень качества сигнала не определен	0000	—

количества его потребителей и методов резервирования выходного сигнала; типичное количество выходов – от 2–4 до 64;

- модуль коммуникаций, поддерживающий протокол TCP/IP и средства SNMP;
- модули питания, управления и др. в соответствии со спецификацией производителя (например, модули входного мультиплексора в составе оборудования US4G бельгийской компании Gillam Fei, повышающие надежность резервирования входных модулей) и потребностями конкретного узла связи (например, модули ретайминга при необходимости перепривязки входного сигнала).

Если в качестве источника внешнего опорного сигнала в PRC/SSU используется квантовый стандарт частоты (обычно это цезиевый, изредка – водородный стандарт), называемый также PRS (Primary Reference Source – первичный стандарт частоты), несомненно, с целью повышения надежности можно резервировать и это оборудование, хотя с точки зрения экономической это считается сегодня избыточным (мы не рассматриваем системы специальной связи, в которых приоритеты могут быть расставлены по-другому).

*Наличие в составе узлового оборудования PRC/SSU одного цезиевого стандарта частоты, двух приемников GPS и двух встроенных генераторов: одного рубидиевого и одного кварцевого, оказывается оптимальным решением по соотношению цена/надежность даже для первичного источника сигнала синхронизации СС национального масштаба.* Другое дело, что современный взгляд на надежность СС в масштабе страны, с учетом требований национальной безопасности, требует укомплектования таким оборудованием PRC/SSU большего количества

узлов, чем представлялось ранее (об этом речь пойдет во второй части статьи). Так, на наш взгляд, для Украины представляется оптимальным наличие не менее 6 обособленных зон (подсетей) синхронизации со своими PRC/SSU в указанном составе, сигналы которых к тому же являются резервными друг для друга. Таким образом, мы заговорили о *резервировании СС на сетевом уровне*.

Резервирование на сетевом уровне предполагает распространение сигнала синхронизации по иерархической структуре СС, единой для всей сети либо реализованной внутри упомянутых зон синхронизации, в зависимости от принятой архитектуры СС в целом. В последнем случае для целей межзонового сетевого резервирования создаются межзоновые резервные каналы синхронизации, выходы которых подключаются ко входам оборудования синхронизации (с низкими приоритетами по сравнению с сигналами собственных PRS). На рис. 2 эти резервные каналы обозначены пунктирными линиями. (Хотелось бы напомнить читателю, что на иллюстрации они показаны условно, а потому не стоит воспринимать ее как рекомендацию – план синхронизации конкретной сети в любом случае должен составляться «по индивидуальному проекту».)

Для реализации в СС резервирования на сетевом уровне применяются три механизма, порознь либо в комбинации. Первый из них – таблицы приоритетов, используемые как в SEC, так и в SSU. Входным сигналам синхронизации присваиваются приоритеты, в соответствии с которыми выбирается действующий опорный сигнал для данного узла. Кроме того, в SSU существует механизм «отбраковки» некачественных

входных сигналов на основании непрерывного мониторинга: встроенные аппаратно-программные средства осуществляют контроль качества входного сигнала (контролируются обычно два нормированных в G.810–G.812 параметра: девиация времени TDEV и максимальное отклонение временного интервала MTIE) по каждому входу в отдельности. В случае непрохождения «входного контроля» сигнал запрещается к использованию независимо от установленного ранее приоритета.

Наиболее богатым по своим потенциальным возможностям и в то же время наиболее сложным для внедрения является третий механизм – механизм сообщений о статусе синхронизации (Synchronization Status Message, SSM). Рассмотрим его действие более подробно. В таблице приведен стандартизованный (ITU-T G.781) перечень уровней качества (статусов) сигнала синхронизации, соответствующих уровням SSM, их коды и ссылки на европейские стандарты. Графа «Уровень» включена в таблицу для удобства сравнения с уровнями СС, показанными на рис. 2.

Как видно из таблицы, SSM занимает 4 бита и передается либо в составе байта S1 заголовка сигналов STM-1 согласно рекомендации ITU-T G.707, либо в составе нулевого тайм-слота (биты S5-S8) цикла E1 согласно рекомендации ITU-T G.704.

Действие механизма SSM сводится к следующему. Оборудование SSU или SEC «читывает» статус входящего сигнала и использует его в соответствии с алгоритмом работы аппаратно-программного обеспечения (механизм SSM, так же как и другие рассматриваемые здесь механизмы, может быть включен или отключен при конфигурировании

оборудования). Новый статус «записывается» в исходящий сигнал, отправляемый далее по цепочке синхронизации (этот статус может совпадать со статусом входящего сигнала, но может и отличаться от него – опять-таки в зависимости от используемого алгоритма).

Процесс автоматического изменения конфигурации СС под управлением SSM в аварийных ситуациях называют **самовосстановлением СС**, а саму СС – самовосстанавливающейся. К сожалению, широкое внедрение этого, на первый взгляд, универсального механизма в реальные разветвленные СС затруднено необходимостью разработки крайне сложных алгоритмов самовосстановления, которые должны учитывать множество возможных конфигураций СС, возникающих прежде всего в различных аварийных ситуациях, и при этом предотвращать образование петель синхронизации. По мнению специалистов (см. сноска 4), для этого требуется специальное ПО, анализирующее поведение самовосстанавливающейся сети с использованием какого-либо из математических методов. По сути такое ПО должно содержать САПР СС, работающую в режиме реального времени. Решение подобной задачи требует значительных ресурсов, но поиск путей ее решения необходим. В частности, представляется плодотворным сотрудничество с российскими специалистами в этой области.

Развернутые примеры использования SSM, полезные для понимания самого механизма, приводятся в

специальной литературе (сноска 3). Частный пример, иллюстрирующий возникновение петли синхронизации в СС, приведен в одной из статей этого цикла (сноска 2). Необходимо отметить, что в реальных сетях не все передающее оборудование поддерживает сравнительно новый механизм SSM, и это также нужно принимать во внимание.

Участие СУ СС в работе трех рассмотренных механизмов резервирования СС на сетевом уровне может быть различным: простая регистрация происходящих событий и сохранение соответствующей информации в архивах, иницирование подстановки измененных SSM на уровне SSU и даже оперативное переконфигурирование оборудования SSU в полном объеме. Все зависит от плана синхронизации в конкретной СС и алгоритма поведения в аварийных ситуациях. Разумеется, на любом этапе в деятельность СУ СС может вмешаться администрающий оператор с соответствующими правами доступа.

Наконец, в саму СУ СС закладываются технические решения, обеспечивающие системный уровень резервирования СУ. Это, в первую очередь, резервирование серверов и систем архивирования, использующих известные принципы построения информационных систем архитектуры клиент-сервер и СУБД. Кроме того, при создании выделенной сети каналов управления должны предусматриваться резервные каналы передачи данных; желательно также обеспечить интерфейсы для передачи сообщений об авари-

ях каналов управления. Конкретный механизм создания таких каналов зависит от того, какие каналы управления используются при создании СУ СС: физические или логические; в последнем случае механизм зависит также от применяемого сетевого протокола. Как правило, при создании логических каналов управления используется корпоративная сеть оператора – владельца сети электросвязи, в которой на управление СС выделяется определенный ресурс. Разумеется, создание сети каналов управления на физическом уровне – более надежный и безопасный, хотя и более дорогой способ реализации СУ СС, и в этом случае у разработчиков СУ СС больше свободы в выборе протокольных решений.

Вопросы участия СУ СС в процессах аудита качества сигналов синхронизации, а также некоторые вопросы, связанные с архитектурой СС, автор предполагает осветить в следующем номере журнала (во второй части настоящей статьи). Там же будет приведено описание проектируемой компанией «Информационные системные технологии» измерительно-контрольной системы, предназначеннной для измерения параметров качества синхронизации, и примеры реализации систем управления СС зарубежными производителями.

**Игорь ШКЛЯРЕВСКИЙ,**  
генеральный директор компании  
«Информационные системные технологии»  
([www.ist.net.ua](http://www.ist.net.ua)),  
[ish@ist.net.ua](mailto:ish@ist.net.ua)

#### Компании ISD на постоянную работу требуется

#### **ОПЫТНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ ОТДЕЛА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Означают ли для Вас что-нибудь слова

**OOP, UML, Requirement Management, СММ, RUP?**

Умеете ли Вы мотивировать людей и смогли бы быстро стать лидером в команде разработчиков?

Мы готовы предложить Вам интересную работу, если Вы удовлетворяете следующим требованиям:

- способны планировать работу команды и выполнять задачи в срок
- знаете язык C++ и умеете писать надежный и расширяемый код
- имеете опыт разработки программного обеспечения с использованием Visual C++ для Win32 API, COM
- умеете быстро изучать новые для Вас технологии
- контактны и коммуникабельны

Начальная зарплата зависит от результатов собеседования и пересматривается после завершения испытательного срока.  
Обращаться по телефонам:

**(056) 778-26-68, 778-26-67**