

# Жизненный цикл систем МПЦ

**При закупке систем микропроцессорной централизации (МПЦ) железные дороги предъявляют высокие требования к сроку их службы и всему жизненному циклу. Ниже на примере МПЦ в Австрии показано, каким образом компания Siemens выполняет эти требования.**

Перед внедрением МПЦ Федеральные железные дороги Австрии (ÖBB) заключили с компаниями-поставщиками рамочное соглашение, включив в него требование обратной совместимости всех систем МПЦ. При переходе к системам нового поколения стоимость адаптации существующих установок должна быть экономически приемлемой. Кроме того, минимальный срок службы системы централизации должен составлять, как и прежде, 25 лет. Компания-поставщик обязана обеспечить возможность расширения или реконструкции имеющейся установки в течение всего этого срока. В течение всего минимального срока службы одного поколения МПЦ (не менее 10 лет) должна сохраняться возможность внедрения систем одного поколения в рамках новых проектов. Технические изменения в пределах МПЦ одного поколения следует реализовывать таким образом, чтобы при расширении установок централизации можно было комбинировать новые аппаратные средства с существующими. Поставка совместимых запасных частей должна обеспечиваться в течение всего минимального срока службы; правда, в случае неотвратимых технических инноваций допускается реализация экономически приемлемых технических решений вместо поставки совместимых запасных частей.

Соглашение, выдержки из которого приведены выше, было заключено в 1987 г. Уже в 1989 г. на

станции Генсерндорф Федеральных железных дорог Австрии был внедрен прототип первой системы МПЦ SMC 86 австрийского отделения компании Siemens. С тех пор на сети ÖBB было внедрено примерно 60 серийных систем этого типа. Разработчики стремились добиться широкой функциональности и длительного срока службы МПЦ SMC 86. Система обладает большой гибкостью, позволяя реализовывать проекты как для малых и средних, так и для крупных станций, а также центров телеуправления. Долговечность МПЦ достигается благодаря модульной конструкции и использованию унифицированных интерфейсов.

## Концепция системы

### *Безопасность и эксплуатационная готовность*

МПЦ построена на основе безопасных компьютеров SIMIS, включающих не менее двух идентичных вычислительных каналов. Высокая эксплуатационная готовность достигается за счет применения трехканальных компьютеров, работающих по схеме «2 из 3». Для обеспечения безопасности дальнейшая обработка осуществляется только в том случае, если как минимум два вычислительных канала выдадут одинаковые результаты. При разработке МПЦ SMC 86 использована компьютерная система типа SIMIS 3216, в которой исполь-

зовался процессор Intel 80186 — достаточно современное устройство для 1980-х годов, хорошо зарекомендовавшее себя в других приложениях. Последний аспект имел решающее значение, поскольку позволял избежать рисков, связанных с возможными ошибками при внедрении процессоров новых поколений.

Применение аппаратных средств собственной разработки и производства позволило бы компании держать каналы поставки в одних руках, однако не дает гарантии доступности используемых компонентов в течение всего жизненного цикла системы.

### *Гибкость*

*Архитектура МПЦ SMC 86.* Концепция системы разрабатывалась на основе возможных конфигураций централизации. При этом необходимо было учитывать, что для необходимых компонентов требуются интерфейсы с достаточно высокой пропускной способностью, а вычислительная мощность и объем памяти должны обеспечивать требуемое время обработки данных и время реакции системы.

Расчеты показали, что SMC 86 способна реализовать весь спектр перечисленных в рамочном соглашении установок централизации, включая наиболее крупные. Модульная конструкция МПЦ позволяет предложить экономически приемлемое решение для станций разных размеров.

Возможность различной комплектации компьютеров SIMIS и наличие специальных интерфейсов для подключения других компьютеров, систем автоматизированных рабочих мест и напольных устройств дают возможность гибко конфигурировать МПЦ. Эта концепция позволяет концентрировать обработку информации в одном компьютере или распределять между несколькими.

В соответствии с задачами обработки прикладное программное

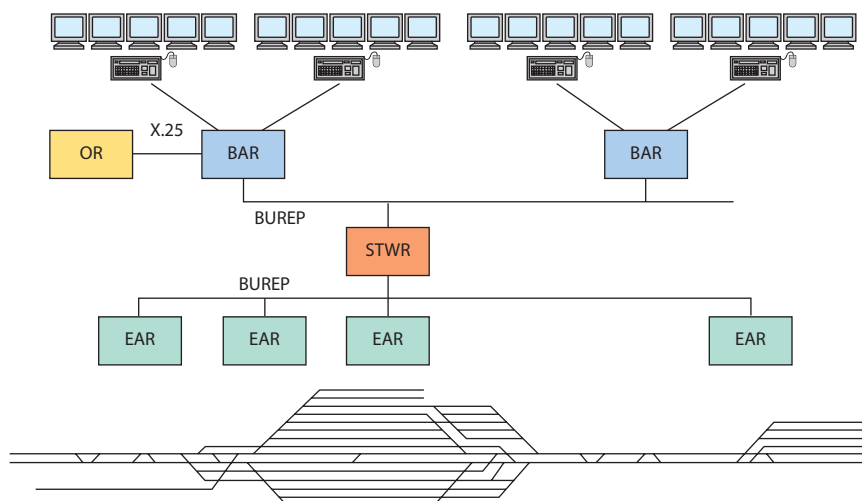


Рис. 1. Эталонная конфигурация МПЦ для крупной станции:

BAR — компьютер управления и индикации; OR — компьютер для выполнения дополнительных функций по контролю и управлению движением поездов; STWR — компьютер централизации; EAR — компьютер ввода/вывода; X.25 — унифицированный протокол связи между компьютерами; BUREP — специализированная шина компании Siemens для связи между компьютерами

обеспечение разделено на три логических уровня:

- управление и индикация;
- центральная логика централизации;
- сопряжение с напольными устройствами.

Для обмена данными между этими уровнями предусмотрен особый уровень в иерархии протоколов передачи. Все логические уровни реализуются либо в одном компьютере, либо в нескольких — компьютере управления и индикации BAR, компьютере централизации STWR и компьютере ввода/вывода EAR.

*Управление движением поездов, функции регистрации и диагностики.* В МПЦ предусмотрен специальный компьютер OR для выполнения функций индикации номеров поездов, автодействия сигналов и управления установкой маршрутов, а также автоматизации маневровой работы.

Конфигурация МПЦ может быть дополнена устройствами, реализующими сервисные и диагностические функции, а также функции протоколирования. Сервисный компьютер SERVR регистрирует все пересылаемые в него из системы диагностические данные.

С его помощью можно реконструировать все процессы в МПЦ, выполнить диагностику системы и устранить возникшие проблемы. Устройство выполняет также эксплуатационные функции, протоколируя работу системы, в том числе действия дежурного по станции и информацию о нарушениях (этот протокол распечатывается также на принтере). Для всех перечисленных задач используются стандартные персональные компьютеры.

*Примеры конфигурации.* Если в системе используется несколько компьютеров семейства SIMIS, то обмен информацией между ними осуществляется через специализированную шину BUREP (рис. 1). Применение нескольких компьютеров BAR позволяет увеличить число рабочих мест диспетчеров, а дополнительных компьютеров EAR — увеличить число напольных устройств, что обеспечивает полное покрытие потребности ÖBB в конфигурациях для наиболее крупных станций. При создании постов телеуправления возможна реализация конфигураций, при которых несколько компьютеров STWR (соответствующий каждой одной системе МПЦ) закреплены за ком-

пьютерами уровня управления и индикации в диспетчерском центре (рис. 2).

### Интерфейс X.25

Совместно с компаниями — поставщиками устройств СЦБ Федеральные железные дороги Австрии приняли решение использовать унифицированный интерфейс для связи всех устройств, выполняющих функции управления и обеспечения безопасности движения поездов, независимо от их изготовителя и типа. Речь идет, в частности, о соединениях между системами централизации (интерфейс автоблокировки и согласования границ действия МПЦ), системами централизации и диспетчерскими центрами, диспетчерскими центрами, системами централизации или диспетчерскими центрами и устройствами контроля за движением поездов и индикации номеров поездов, а также между устройствами предупреждения путевых бригад о приближении поезда и системой непрерывной автоматической локомотивной сигнализации LZB.

Этот интерфейс в значительной мере соответствует принятому позднее европейскому стандарту EN 50159-1 для закрытых сетей передачи данных, реализован в виде соединения «точка — точка» и описывается эталонной моделью открытой системы OSI. В этой модели уровни 2 и 3 основаны на протоколе X.25 Международного консультативного комитета по телеграфии и телефонии (МККТТ). Уровень 7 содержит все детальные требования в отношении безопасного обмена данными между приложениями. Уровни от 4 до 6 не предусматриваются.

Концепция обмена информацией в закрытой компьютерной сети позволяет целенаправленно использовать соединения X.25 вместо шинных соединений с учетом положений уровня 7 для внешних интерфейсов.

### Среда разработки и тестирования

Уже на ранних этапах стало ясно, что для рационального выполнения тестов при разработке и внедрении системы необходимы вспомогательные средства. Компьютер SIMUR позволяет при помощи моделей имитировать работу напольных устройств, таких, как стрелки и сигналы. Устройство имитации ввода данных DESI позволяет воспроизвести команды, вводимые дежурным по станции, и передать управляющие воздействия в компьютер SIMUR. Приемочный компьютер ABNAR управляет всем процессом тестирования, регистрирует данные и позволяет сравнивать заданные величины с фактическими. Для уменьшения затрат на создание лабораторных и испытательных установок разработана общая имитационная модель, которая позволяет воспроизводить все компьютеры МПЦ с их программным обеспечением на персональном компьютере. Модель работает под управлением операционной системы OS/2, выбор которой обусловлен аппаратной платформой (Intel x86) и потребностью в многозадачности. Используя эту модель, каждый разработчик или проектировщик может имитировать систему МПЦ на своем рабочем месте и выполнять все необходимые тесты.

### Оптимизация и инновации

В течение срока службы система централизации в разных конфигурациях при новом строительстве или расширении установок требует непрерывного сопровождения и дальнейшего развития, чтобы удовлетворять всем предъявляемым к ней требованиям. Кроме того, железные дороги вносят в функциональные требования изменения и дополнения, которые поставщик должен реализовывать.

### Оптимизация

Изменение функциональных требований потребовало расширения прикладного программного обеспечения МПЦ SMC 86. В результате сравнительно скоро были достигнуты пределы технических возможностей системы (это касалось прежде всего объема доступной памяти и вычислительной мощности). В связи с этим были предприняты меры по оптимизации распределения нагрузки внутри вычислительной системы и частичному увеличению производительности. Такие меры, как правило, необходимы и выполняются периодически, однако они имеют кратковременный эффект и требуются уже при очередном внесении изменений в ПО.

### Инновации

Существенное усиление возможностей системы осуществимо только за счет заметного повышения ее вычислительной мощности. Этого удалось добиться за счет применения инновационных микроэлектронных компонентов в вычислительном ядре системы SIMIS 3216, причем одновременно произошел переход к процессорам семейства 486, которые к тому времени достигли уже достаточной зрелости. Были модернизированы так

же модули памяти с увеличением ее объема. Все это привело к необходимости обновления операционной системы, в ходе которой были реализованы новые, более мощные алгоритмы контроля памяти при запуске системы и ее работе. Перечисленные изменения выполнены таким образом, что потребовали замены только двух плат в вычислительном ядре. Интерфейсы с периферийным оборудованием и прикладным ПО не изменились.

Такая модернизация МПЦ стала возможной только благодаря тому, что с самого начала были точно определены и сохранялись неизменными внутренние интерфейсы между вычислительными модулями. Благодаря этому при всех изменениях в вычислительном ядре и операционной системе удалось избежать воздействий на соседние вычислительные устройства. Это было подтверждено как в отношении базовой вычислительной системы SIMIS 3216, так и для всей МПЦ SMC 86, включая компоненты, учитывающие специфику ÖBB.

Работы по реализации инновационных решений облегчило то обстоятельство, что SIMIS 3216 используется в качестве стандартного компьютера во многих устройствах СЦБ, и почти во всех приложениях возникла потребность в повышении производительности при одновременном сохранении совмес-

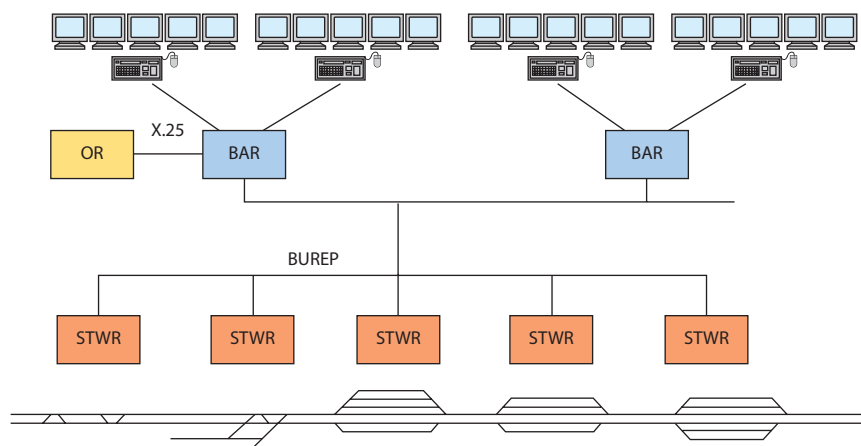


Рис. 2. Эталонная конфигурация диспетчерского центра с несколькими постами централизации: обозначения — см. рис. 1

тимости интерфейсов. В результате разработки, связанные с модернизацией, были распределены сразу между несколькими подразделениями компании-поставщика в рамках нескольких проектов, и потому модернизация оказалась экономически оправданной.

При реконструкции существующих установок вследствие расширения их конфигурации или увеличения объема выполняемых функций последовательно осуществлялась замена вычислительных модулей. В результате ÖBB получили высокопроизводительную унифицированную систему централизации, которая не устареет в течение достаточно долгого времени. У компании-поставщика появилась свобода маневра при расширении функций и отпала необходимость обслуживать на сети железных дорог МПЦ нескольких версий. Кроме того, были соблюдены все обязательства рамочного соглашения в отношении минимальной длительности жизненного цикла МПЦ первого поколения.

Для достижения минимального срока службы, включая поддержку при реконструкции установок и поставку запасных частей и компонентов системы, а также обеспечение совместимости при новом строительстве, необходимы дополнительные меры.

### **Портирование и переход к новым компонентам**

#### *Граничные условия и цели*

Поскольку на основе зрелой и хорошо опробованной системы МПЦ в будущем будут реализованы новые проекты, в процессе ее дальнейшего развития необходимо учитывать следующие факторы.

С одной стороны, следует обеспечить возможность поставки компонентов системы. При этом важно знать, в какие сроки будут отозваны с рынка те или иные компоненты или прекращены поставки

изделий сторонних изготовителей. На основе этой информации определяются потребности в компонентах на длительный срок и производятся их закупка и складирование. Необходимо также заблаговременно подбирать и внедрять совместимые новые компоненты, пока не иссякли запасы имеющихся.

С другой стороны, необходимо постоянно анализировать возможности использования новых компонентов с точки зрения получения пользователями систем преимуществ новых технологий, поддержания или роста конкурентоспособности компании-поставщика, возможности реализации новых функций, внедрение которых при использовании существующей технологии экономически не оправдано, а также с точки зрения снижения затрат на аппаратное обеспечение.

В общем случае необходимо добиваться сбалансированности достигаемого эффекта и сопряженных с ним затрат. Поскольку при этом происходит замена системных компонентов и оборудования целых уровней системы, необходимо обеспечивать обратную совместимость для выполнения исходных функций. Прирост производительности должен обеспечиваться исключительно при помощи новых компонентов. Эта стратегия позволяет обеспечить стабильность поставок в течение длительного времени. Одновременно необходимо обеспечить поддержку новых компонентов со стороны среды проектирования, тестирования и моделирования с сохранением достигнутого ранее комфорта для пользователей.

Ниже приведены примеры перехода к новым компонентам в системе МПЦ.

#### *Переход к среде Windows*

Для решения задач разработки и тестирования с использованием общей имитационной модели необходимо было адаптировать имеющийся

инструментарий к современным технологиям в сфере персональных компьютеров. Разработанные для операционной системы OS/2 имитационные программы были поэтапно портированы для работы в среде Windows NT, Windows 2000, а затем и Windows XP.

#### *Новая концепция управления*

Сначала ÖBB утвердили унифицированный интерфейс пользователя МПЦ (ЕВО), который не зависел от компании-поставщика системы. В нем для зон управления с 200 стрелками предусматривалось до пяти мониторов с возможностью вывода детальных изображений схем путей в полуграфической форме. В дальнейшем на ÖBB появилась концепция диспетчерских центров, ориентированная на централизованное управление с соответствующим увеличением зон действия для рабочих мест операторов. Новая концепция интерфейса пользователя ЕВО 2 предусматривает вывод на экраны мониторов обзорных и детальных изображений схем путей в полнографическом режиме, причем для обзорных изображений предусмотрена прокрутка экрана.

Поскольку компьютер SIMIS 3216 не поддерживает полнографические изображения, пришлось искать новую платформу для интерфейса пользователя. После анализа имеющихся систем выбор пал на интегрированную информационно-управляющую систему ILTIS, которую компания Siemens к тому времени успешно внедрила в Швейцарии и других странах. Система ILTIS основана на персональных компьютерах или рабочих станциях, объединенных в локальную сеть. Она хорошо масштабируется и выполняет наряду с функциями управления и индикации в системе МПЦ также все функции, связанные с управлением движением поездов и контроля за ним. Структура системы позволяет адаптировать ее к используемым в концеп-

ции EVO 2 символам и процедуре управления. Хотя к этому времени существовали многочисленные интерфейсы для связи ILTIS с разными системами централизации, для МПЦ применяемых в Австрии типов таких интерфейсов еще не было. Чтобы получить возможность управлять через вновь разрабатываемый интерфейс системами централизации других изготовителей, было принято решение отказаться от специализированной шины, применяемой для взаимодействия между компьютерами SIMIS, и использовать стандартный интерфейс X.25. Первая система ILTIS была внедрена в Австрии в марте 2005 г. в диспетчерском центре Инсбрук и сначала управляла пятью системами МПЦ на северном подходе к Бреннерскому тоннелю. В дальнейшем в зону ее действия была включена МПЦ на станции Инсбрук-Главный.

#### Новые компоненты для управления напольными устройствами

Прежняя концепция подключения напольных устройств предусматривала применение релейных схем управления, подсоединяемых к компьютерам SIMIS через параллельные интерфейсы. Исполнение напольных устройств, включая кабельную сеть, ориентировалось при этом на системы релейной централизации типа VGS 80 (упрощенная маршрутно-релейная централизация).

Новый стандартный компьютер SIMIS ECC дает возможность использовать интегрированные электронные модули управления напольными устройствами (рис. 3), имеющие следующие преимущества:

- полная интеграция в компоновочный каркас компьютера;



Рис. 3. Пример компоновки компьютера SIMIS ECC с электронными исполнительными модулями

- значительно меньшие габариты и расходы на монтаж;
- детальная диагностика при нарушениях;
- расширенные возможности распознавания коротких замыканий между жилами кабеля и замыканий на землю, позволяющие отказаться от периодических проверок кабеля;
- высокая электромагнитная совместимость;
- сокращение расхода кабеля при подключении светофоров за счет применения децентрализованных модулей управления (подключение светофора при помощи линии ISDN);
- гибкое применение светофорных ламп мощностью 20 или 35 Вт.

Переход к компьютерам SIMIS ECC с электронными исполнительными модулями облегчается тем, что уже в исходной концепции МПЦ был предусмотрен специальный уровень в вычислительной системе для управления напольными устройствами и контроля за ними (уровень EAR). Подключение через унифицированные интерфейсы к системе шин допускает совместную работу прежних компьютеров EAR и новых, построенных на базе SIMIS ECC.

Первая МПЦ на базе компьютеров SIMIS ECC была внедрена в июне 2004 г. на станции Лоифарн.

#### Перспективы

В связи с включением компьютерных систем SIMIS ECC и ILTIS в концепцию микропроцессорной централизации для ÖBB название текущего поколения МПЦ было изменено на SIMIS-AT.

Если на уровнях управления и индикации, а также управления напольными устройствами и контроля за ними переход к новым компонентам осуществлялся поэтапно, то для уровня логики централизации необходимы новые технические решения. Уже разработаны и проверены на практике новые базовые технологии, применение которых предусмотрено в рамках дальнейшего развития системы. Кроме того, прорабатывается возможность обмена информацией между компьютерами через общедоступные сети.

До настоящего времени исходная концепция системы оправдала себя с точки зрения поэтапного перехода к новым технологиям. Накопленный при этом опыт будет полезен при реализации в будущем инновационных технических решений.

Как было показано на примерах, системы МПЦ способны удовлетворять требованиям в отношении длительности жизненного цикла и срока службы. Для этого необходимо вовремя распознавать потенциал и возможности совмещения новых технологий с существующими техническими решениями, чтобы своевременно приступить к необходимым разработкам. Способ внедрения на практике этих разработок необходимо выбирать индивидуально в зависимости от конкретных обстоятельств.