

Ш.Н. Валиев – кандидат технических наук (УрГУПС)

Р.Ш. Валиев – кандидат технических наук (НИЛ КСА)

Е.С. Ходневич – научный сотрудник (НИЛ КСА)

ТРЕБОВАНИЯ К ПОДСИСТЕМАМ АНАЛИЗА ПРОТОКОЛОВ В СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

В настоящее время на магистральном и промышленном железнодорожном транспорте Российской Федерации ведется разработка и внедрение компьютерных систем управления движением поездов.

Компьютерные системы эффективны при новом строительстве и реконструкции устройств на станциях; аппаратуру можно установить в существующих зданиях постов электрической централизации (ЭЦ). Кроме того, благодаря использованию программируемой элементной базы обеспечивается: автоматическое протоколирование действий персонала, работы системы и устройств (функция «черного ящика»); оперативное предоставление нормативно-справочной информации и данных технико-распорядительного акта станции; хранение, просмотр и статистическая обработка отказов в ЭЦ; поддержка оперативного персонала в нештатных ситуациях (исключение некорректных действий пользователя, режим подсказки); сопряжение с информационными системами вышестоящего уровня.

В современных станционных компьютерных системах управления движением поездов верхний уровень устройств – это автоматизированные рабочие места дежурных по станции, АРМ электромеханика и другого обслуживающего персонала. Ко второму уровню относится комплекс технических средств управления и контроля, который реализует алгоритмы, принятые для электрических централизации стрелок и сигналов, и позволяет взаимодействовать со всеми существующими напольными объектами и другими подсистемами. Третий – это напольные и постовые объекты управления и контроля. Информационный обмен между компонентами системы базируется на стандартных протоколах вычислительных систем и локальных сетей [1, 2, 3] (рис. 1).

Вследствие того, что компьютерные системы имеют одинаковое трехуровневое строение и оперируют с одинаковыми объектами управления и контроля, то и требования к подсистемам анализа протоколов для различных систем управления движением поездов должны быть едиными.

Протоколирование информации – это обязательное требование ко всем новым системам управления и контроля, в том числе отвечающим за безопасность перевозочного процесса. Результаты анализа протоколов компьютерных централизаций существенно упрощают работу с самой системой и сбор информации и статистики.

Подсистема протоколирования в станционных компьютерных системах управления движением поездов – это программно-аппаратные средства, которые собирают системную информацию и приводят ее в упорядоченный вид. Другими словами, протоколы в компьютерных системах управления движением поездов – это база данных (БД).

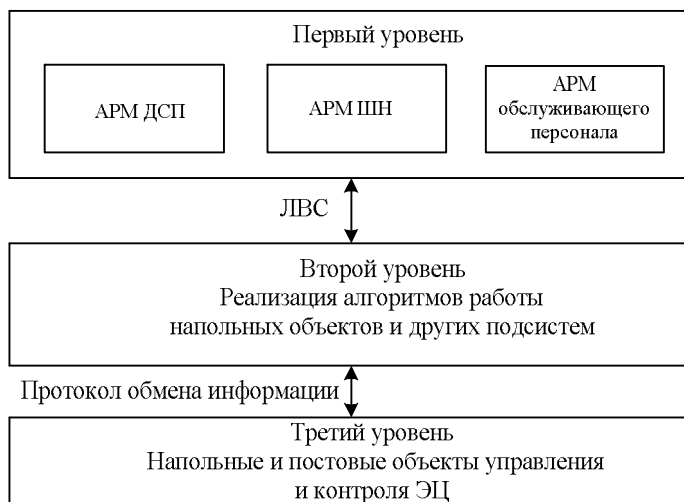


Рисунок 1. Структурная схема современных компьютерных систем управления движением поездов

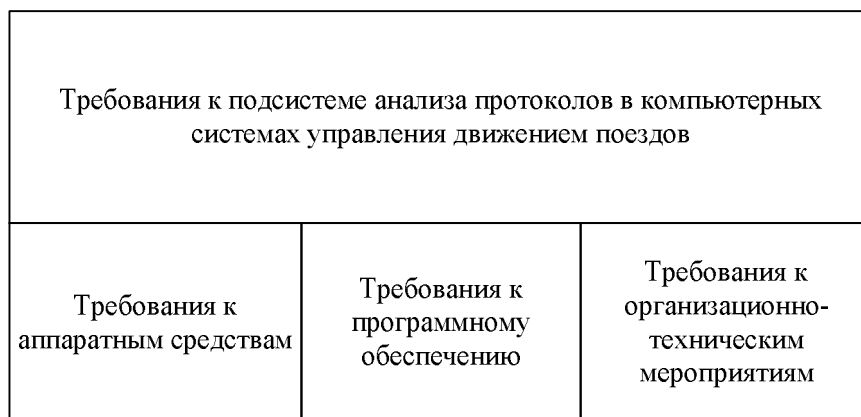


Рисунок 2. Подсистема анализа протоколов

Для обработки информации БД протоколов применяется труд людей и/или средства вычислительной техники. В некоторых системах станционной автоматики вид БД протоколов неудобен для восприятия человеком. Кроме того, объем информации постоянно возрастает, поэтому без средств вычислительной техники и специализированного программного обеспечения не обойтись.

Требования к подсистеме анализа протоколов можно разделить: к аппаратным, программным (для анализа протоколов) и к организационно-техническим мероприятиям (рис. 2).

Информация хранится на жестких дисках компьютеров (аппаратные средства), чьи показатели надежности далеко не достаточны для использования в системах управления движением поездов.

Существует несколько вариантов увеличения надежности хранения информации, которые можно применять в таких системах.

Для повышения достоверности хранимых данных используют избыточное кодирование: дублирование и четность.

Дублирование, или зеркализация, – это наиболее распространенные способы повышения надежности сохранения данных. Простые зеркальные системы используют

две копии данных, каждая из которых размещается на отдельных физических дисках. Эта схема достаточно проста, но имеет один существенный недостаток: 50 % дискового пространства занимает дубликат информации.

Второй способ контроля достоверности хранимых данных – вычисление четности. Четность может быть получена выполнением операции *XOR* всех символов в слове данных. Использование четности в избыточных дисковых массивах уменьшает накладные расходы до величины, исчисляемой формулой:

$$HPhdd = 1/Nhdd,$$

где *HPhdd* – накладные расходы; *Nhdd* – количество дисков в массиве.

Кодирование информации позволяет повысить достоверность массива данных, но не защищает данные от потери, то есть отказоустойчивость не обеспечивается.

Одним из самых простых и эффективных решений проблемы было бы использование жестких дисков, основанных на флэш-памяти (так называемые Solid-State Disks). К достоинствам флэш-памяти можно отнести следующее: высокая надежность и ударопрочность (результат отсутствия движущихся компонентов и простоты механической конструкции носителей и накопителей), малое энергопотребление, компактность, высокая скорость считывания-записи информации. К сожалению, такой вид носителей сегодня имеет высокую стоимость. Хотя в последнее время цены на жесткие диски, основанные на флэш-памяти, снижаются.

Другое решение – использование систем RAID-массива независимых дисковых накопителей с избыточностью (Redundant Array of Independent Disks). В этом случае применяется не один, а объединяются несколько жестких дисков (дисковый массив). В RAID-массивах можно использовать жесткие диски с интерфейсами SCSI или SATA. Более популярны RAID-массивы, использующие недорогие SATA диски.

Существует несколько разновидностей RAID-массивов, обладающих определенными достоинствами и недостатками.

Массивы RAID-0 не предназначены для длительного и надежного хранения данных, так как никакой избыточности они не предоставляют. RAID-1 определен как зеркальный дисковый массив.

RAID-2 работает на коде Хемминга. Уровни RAID-3, -4, -5 используют четность для защиты данных от одиночных неисправностей. Существуют и другие уровни RAID.

Уровни RAID-3, -4, -5 достаточно популярны, имеют хороший коэффициент использования дискового пространства, но они устойчивы только к одиночным неисправностям. Особенно это актуально при использовании большого количества дисков, когда вероятность одновременного простоя более чем одного устройства увеличивается. Кроме того, для них характерно длительное восстановление, что ограничивает их использование.

Характеристики стандартных уровней представлено в таблице 1.

Компьютерные системы управления движением поездов с функциями протоколирования информации можно отнести к малым файл-серверам баз данных, поэтому целесообразно применение RAID-1.

Рассмотрим три основных варианта RAID-систем: программная (software-based); аппаратная – шинно-ориентированная (bus-based); аппаратная – автономная подсистема (subsystem-based). Каждый из которых удовлетворяет тем или иным потребностям (в зависимости от финансовых возможностей, количества пользователей и используемых приложений).

Каждая разновидность RAID-систем базируется на программном коде. Код может исполняться в центральном процессоре компьютера (программная реализация) или в специализированном процессоре на RAID-контроллере (аппаратная реализация).

Таблица 1

RAID	Минимальное количество дисков	Отказоустойчивость	Скорость передачи данных	Интенсивность передачи данных	Практическое использование
0	2	Менее одного диска	Меньше RAID-3	<i>R, W</i> – очень высокая	Графика, видео
1	2	Меньше RAID-6	<i>R</i> – больше, чем с одного диска; <i>W</i> – как на один диск	<i>R</i> – до двух раз больше, чем на один диск; <i>W</i> – как на один диск	Малые файл-серверы
2	7	Меньше RAID-1	<i>R, W</i> – как у RAID-3	<i>R, W</i> – низкая	Майн-фреймы
3	3	Меньше RAID-1	<i>R, W</i> меньше, чем у RAID 7	<i>R, W</i> – низкая	Графика, видео
4	3	Меньше RAID-1	<i>R</i> – больше, чем с одного диска <i>W</i> – как на один диск	<i>R</i> – как у RAID-0; <i>W</i> – меньше, чем на один диск	Файл-серверы
5	3	Меньше RAID-1	<i>R</i> – больше, чем с одного диска <i>W</i> – как на один диск	<i>R</i> – как у RAID-0; <i>W</i> – меньше, чем на один диск	Серверы баз данных
6	4	Самая высокая	<i>R, W</i> – низкая	<i>R</i> – больше, чем с одного диска; <i>W</i> – меньше, чем у RAID-4	Используется крайне редко
7	12	Меньше RAID-1	<i>R, W</i> – самая высокая	<i>R, W</i> – самая высокая	Разные типы приложений

Примечание: *R* – чтение; *W* – запись.

Главное преимущество программной реализации – низкая стоимость. Но у нее много недостатков: малая производительность, загрузка центрального процессора дополнительной работой, увеличение шинного трафика. Программно обычно реализуют простые уровни RAID-0 и RAID-1, так как они не требуют значительных вычислений. Поэтому RAID-системы с программной реализацией используются в серверах начального уровня.

Компьютерные системы управления движением поездов работают в режиме реального времени, поэтому программная реализация RAID не подходит по параметру «быстродействие системы».

Аппаратное исполнение RAID дороже программного, так как нужны дополнительные устройства для выполнения операций ввода-вывода, но они разгружают центральный процессор и системную шину и позволяют увеличить быстродействие.

Шинно-ориентированные RAID-контроллеры используют скоростную шину компьютера. Они делятся на низко- и высокоуровневые. Первые обычно имеют порты на материнской плате со встроенным контроллером. Функции обработки кода RAID и операций ввода-вывода распределяются между процессором на RAID-контроллере и чипами на материнской плате. Поэтому центральный процессор освобожден от обработки дополнительного кода, шинный трафик уменьшается по сравнению с программным вариантом. Стоимость таких плат обычно невысока, особенно в случае ориентации

на системы RAID-0 или RAID-1. Благодаря этому они понемногу вытесняют программные реализации с рынка серверов начального уровня.

Высокоуровневые контроллеры с шинной реализацией имеют несколько другую структуру, чем их младшие братья. Они берут на себя все функции, связанные с вводом-выводом и исполнением RAID-кода. Кроме того, они не так зависимы от реализации материнской платы и, как правило, имеют больше возможностей (например, подключение модуля для хранения информации в кэш в случае отказа материнской платы или исчезновения питания). Оборудование подключается прямо к внутренней PCI-шине компьютера. Эти контроллеры наиболее производительные среди рассматриваемых систем (при организации однохостовых систем). Максимальное быстродействие таких систем – 132 Мбайт/с (32 bit PCI) или же 264 Мбайт/с (64 bit PCI) при частоте шины 33MHz.

Но шинно-ориентированная архитектура имеет недостатки: зависимость от операционной системы и платформы; ограниченная масштабируемость; ограниченные возможности по организации отказоустойчивых систем.

При использовании автономных подсистем этих недостатков можно избежать.

Рассмотрим жесткие диски с интерфейсом SATA более подробно. Serial ATA – высокоскоростной последовательный интерфейс, предназначенный для устройств хранения информации. Характеристики интерфейса: уровень сигналов составляет 250 мВ, способ передачи – двухполярный с более высокой помехоустойчивостью, чем у однополярного. При раздельной передаче по двум проводам передается один и тот же сигнал (с разной полярностью). Шумы, наводимые в проводах, симметричны, и при сложении обоих полученных разнополярных сигналов можно получить шум, а при вычитании – чистый переданный сигнал. Использование разнополярной передачи и дало возможность снизить уровни используемого сигнала. Для кодирования передаваемой информации используется потенциальный код без возвращения к нулю (Non Return to Zero, NRZ). Он является одним из самых простых в реализации, благодаря двум резко различающимся потенциалам обладает хорошей распознаваемостью ошибок, но у него нет свойства самосинхронизации. С этим недостатком в SATA успешно борются.

Физическая среда – шина с последовательной передачей информации, состоящая из двух пар проводов (одной для передачи и одной для приема) и несколько нулевых. Всего семь жил. Длина кабелей может достигать 1 метра (рис. 3).

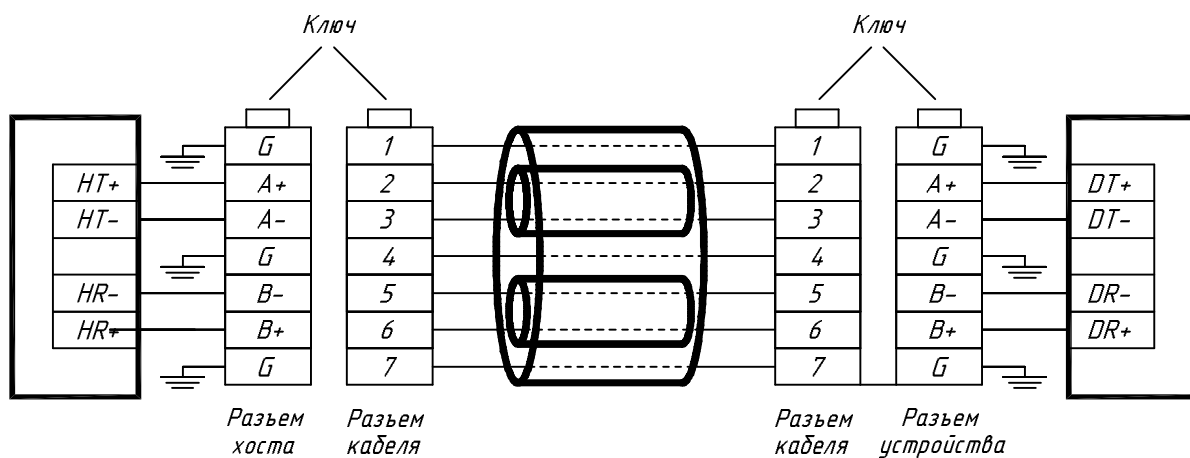


Рисунок 3. Устройства соединительного кабеля SATA

Физический уровень конвертирует поступивший кадр в последовательность, кодирует, выдает в кабель – физическую шину и то же самое в обратном порядке на приемной стороне. Взаимодействие физического уровня с вышележащим происходит по параллельной шине шириной 8, 16, 32 bit или другой, на усмотрение разработчика.

Основные преимущества последовательных шин следующие. Надежные последовательные протоколы используют двунаправленную связь. Дополнительные линии используются для передачи служебной информации (запросы, подтверждения), но могут быть использованы и для организации двунаправленного потока данных или и для того и для другого одновременно. Стоимость реализации полного дуплекса для последовательных шин много ниже, чем для параллельных.

Применение дисков Serial ATA как нельзя лучше подходит для решения задач, связанных с сохранением файлов протоколов и результатов анализа протоколов в системах управления движением поездов.

Таким образом, для хранения информации в компьютерных системах управления движением поездов и диагностики устройств железнодорожной автоматики и телемеханики целесообразно применять RAID-массивы уровня 1 с аппаратной реализацией. Для этого достаточно двух дисков с интерфейсом Serial ATA (сто процентный «горячий резерв»), на которые записывается одинаковая информация, и контроллеры, которые используют скоростную шину компьютера. В случае отказа одного из жестких дисков остается его дубликат, продолжающий работать в прежнем режиме. Массив данных в случае отказа можно восстановить путем копирования со второго диска.

Для просмотра и анализа протоколов работы компьютерных систем управления движением поездов необходимы те же технические средства или АРМы, что и для работы с системой. Например, АРМ электромеханика, который максимально соответствует требованиям к аппаратным средствам подсистемы хранения информации. Этот АРМ не занят процессом управления и его вычислительной мощности хватит для работы с базой данных протокола.

Для подсистемы анализа протоколирования необходимо универсальное и специализированное программное обеспечение (ПО), основными функциями, которого должны быть просмотр и анализ протоколов компьютерных систем управления движением поездов. Требования к протоколам должны быть установлены стандартом отрасли.

Универсальность специализированного ПО достигается за счет единообразия файлов протоколов различных систем. Для этого разработчики должны преобразовывать свои внутренние протоколы систем в единый вид, который отвечает единым требованиям.

ПО просмотра и анализа протоколов не должно зависеть от программно-аппаратной среды, в которой функционирует система.

ПО просмотра и анализа протоколов должно восстанавливать графическое представление путевого развития станции со всеми объектами управления и контроля. Изменения (в реальном времени) графических элементов путевого развития и других объектов управления и контроля (режим мультфильма) фиксируются. Временной «шаг» просмотра – изменяющийся параметр, но минимальный отсчет времени должен быть не менее одной секунды.

Анализ результата поездной ситуации включает в себя:

- количество пар поездов по станции за различные периоды;
- количество пар поездов по станции (с нарушением и без нарушения графика движения);
- временные характеристики задержек и простоев поездов на станции;
- объем маневровой работы, выполняемой на станции;
- определение наиболее загруженных участков и узких мест на станции.

Анализ работы дежурного по станции содержит следующее:

- объем работы, выполняемой дежурным по станции;
- действия дежурного по станции в штатном режиме;
- действия дежурного по станции в нештатных ситуациях;
- рекомендации, направленные на повышение производительности и культуры труда.

Анализ результата работы технических средств системы включает в себя:

- результаты самодиагностики;
- время перевода стрелки из одного положения в другое, замедления перекрытия светофора с разрешающего показания на запрещающее, размыкания секций после следования поезда и другое.
- наработку на отказ, интенсивность отказов, другие статистические параметры как самой компьютерной системы управления движением поездов, так и отдельных ее узлов и элементов;
- наработку на отказ, интенсивность отказов, другие статистические параметры напольных устройств и других станционных релейных систем;
- прогнозирование работы и состояний компьютерной системы управления движением поездов и ее отдельных узлов и элементов.

Анализ причин крушений, аварий и случаев брака, в том числе брака особого учета:

- восстановление поездной ситуации до происшествий;
- восстановление состояния всех контролируемых объектов до происшествий;
- действия дежурного по станции в нештатных ситуациях;
- выявление причин крушений, аварий и случаев брака, в том числе брака особого учета;
- выявление места аварии (если это возможно).

ПО просмотра и анализа протоколов должно давать возможность осуществлять простую выборку по различным параметрам: дата, время, объект, источник информации или воздействия, отказы, аварии, другие параметры. Выборка или фильтрация протоколов должна осуществляться как по одному, так и по совокупности параметров. Для удобства пользования параметры выборки необходимо сохранять.

ПО просмотра и анализа протоколов должно проводить полный цикл проверок по оценке корректности прикладных алгоритмов системы и безопасности их работы. Обнаруженные ошибки и несоответствия должны сопровождаться комментариями и подсказками, необходимыми для их устранения.

Интерфейс ПО анализа протоколов не должен требовать от оператора специальных знаний в области программирования.

Данное специализированное ПО должно свести к минимуму влияние человека на процесс анализа протоколов.

Результаты анализа протоколов должны представляться в виде форм отчетности с возможностью распечатки на бумажный носитель, сохранения в электронном виде и передаваться в системы контроля и мониторинга более высокого уровня.

Организационно-технические мероприятия – это в первую очередь запрет доступа посторонних лиц в помещения, где находятся АРМы компьютерных систем управления движением поездов, периодическая проверка «целостности» ПО АРМов компьютерных систем.

Подсистема анализа протоколов, отвечающая требованиям, указанным выше, позволит максимально эффективно использовать информацию, которая хранится в протоколах компьютерных систем управления движением поездов. Использование результатов анализа протоколов существенно упрощает расследование причин крушений, аварий и случаев брака, в том числе брака особого учета. Кроме того, имея информацию о

надежности как самой системы, так и отдельных узлов и компонентов, поездной ситуации можно осуществлять сбор различного рода статистики. Анализ количественных и качественных показателей, статистических данных помогает планировать регламентные работы, тем самым снижать вероятность возникновения аварийных ситуаций. Проводя анализ протоколов можно сделать вывод об эффективности действий оператора в различных ситуациях и дать рекомендации, направленные на увеличение эффективности его деятельности.

Рассмотренные требования к ПО просмотра и анализа протоколов должны использоваться разработчиками всех новых систем управления и контроля, в том числе отвечающих за безопасность перевозочного процесса, так как в настоящее время протоколирование информации – обязательный атрибут.

Материалы настоящей статьи могут быть взяты за основу к официальному нормативному документу отрасли, содержащему требования к подсистемам протоколирования в современных системах железнодорожной автоматики и телемеханики.

Литература

1. Кононов В.А., Лыков А.А., Никитин А.Б. Основы проектирования электрической централизации промежуточных станций: Учеб. пособие для вузов ж.-д. трансп./ Под ред. В.А.Кононова –М.: УМК МПС России, 2002. – 316 с.
2. Алешин В.Н. Микропроцессорная централизация стрелок и сигналов Ebilock-950 // Автоматика, связь, информатика. – 2003. – № 1. – С. 13–17.
3. Гавзов Д.В., Дрейман О.К., Кононов В.А., Никитин А.Б. Системы диспетчерской централизации: Уч. для вузов ж.-д. трансп. – М.: Изд. «Маршрут», 2002. – 407 с.

Статья опубликована

Валиев Ш.К., Валиев Р.Ш., Ходневич Е.С. Требования к подсистемам анализа протоколов в современных системах железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика и телемеханика: Сб. науч. трудов кафедры. - Екатеринбург: УрГУПС, 2006. – Вып. 44 (127). С. 122 – 131.