

СИСТЕМА СЕРВЕРНО-СЕТЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ СРЕДСТВАМИ

*Л.В. Тузов, д.т.н., проф. ГУВК;
А.Б. Шадрин, д.т.н., проф. СЗТУ*

Перспективные элементы бортовых сетевых технологий вскрыты для решения задач:

- своевременной подготовки «серверистов-транспортников» на стыке специальностей: «ДВС», «Прикладная информатика», «Сервис»;

- создания экспресс-справочников по достижениям в транспортных многосерверных сетях с целью комплексного решения задач достижения высокого уровня современного интерсервиса при эксплуатации сложного транспорта в условиях высоких темпов совершенствования и внедрения достижений в технологиях транспортной интегральной симбиотики и микроники серверного управления.

Многосерверная человеко-машинная (симбиотическая) транспортная сеть (SCANT) [1] обеспечивает процессы управления: изучение объекта управления и внешней обстановки; выработку стратегии управления; осуществление стратегии управления.

SCANT совершенствуются ведущими автотранспортными фирмами в плане системной интеграции интеллектуальных: датчиков, механизмов, сетевых технологий [2–8]. Остро встают проблемы обучения эффективности использования возможностей современных SCANT. Они выдвигают новые задачи при обучении серверному аудиту технико-экономических показателей и характеристик модулей и подсистем транспорта. Решение таких задач позволит:

- своевременно определять состояние и условия эксплуатации транспорта;
- оптимизировать режимы его работы;
- анализировать технико-экономические характеристики оборудования;
- решать задачи планирования сервиса.

В работе выделены элементы сетевого взаимодействия процессов управления на примере обобщенной современной транспортной сети (SCANT), состоящей, например, из микросерверов фирмы «Mitsubishi» типа M16C (7630, 7632, A-SP, M32R/E, DSP) и техники бортовых сетей «Bosch» (CAN class: C, B).

SCANT расширяет возможности управления через ряд сетевых (CAN) магистралей (см. рис. 1): шасси — Chassis-125Kb/s; движения — Powertrain-1Mb/s; информации/коммуникации — Infotainment/ Telecom; диагностики-K-Line Diagnostic; промахов вождения — fault tolerant динамическими процессами: сервисы салона — Comfort (подушки — Airbag, защита — HVAG, двери — Door, размещения — Seat, промахов — PreCrash, сопровождения: Satellite, Squib, OSS, Rollover, Beltpret.); вождения — Gateway современного автотранспорта.

Выделим сетевые элементы и механизмы (фреймы) в SCANT: обнаружения ошибок; самоизоляции неисправных узлов; иммунитета к электромагнитным помехам; оперативного конфигурирования и масштабирования сети; поддержки разных физических сред передачи (витая пара, оптоволокно, радиоканал).

Гибкость многосерверного управления процессами автотранспорта при скорости передачи сложных фреймов до 1 Мбит/с в SCANT определяется семантической сетевой моделью взаимодействия процессов CAN фирмы «Bosch» на основе ряда фреймов: данных; удаленный с идентификатором; ошибки в узле; перегрузки (управления потоком фреймов).

Фрейм данных состоит из полей: старта (SOF), арбитража (Arbitration Field), управления (Control Field), данных (Data Field), контрольной суммы (CRC), подтверждения (ACK Field), конца фрейма (EOF). SOF (Start of Frame) — в начале фрейма и содержит один доминирующий бит. Arbitration field — 11-битный идентификатор. RTR бит — показывает принадлежность: данные или удаленные данные. Идентификатор адресует сообщения и используется механизмом арбитража. Control Field содержит 6 битов (DLC0-DLC4 — Data Length Code и два бита зарезервированы); Data Field содержит передаваемые данные (количество передаваемых байтов указывается в Control Field и не превышает 8). CRC обеспечивает контроль по четности передаваемых данных. ACK Field содержит ACK Slot и ACK Delimiter и выполняет следующую функцию: передающий узел посылает по одному рецессивному биту на

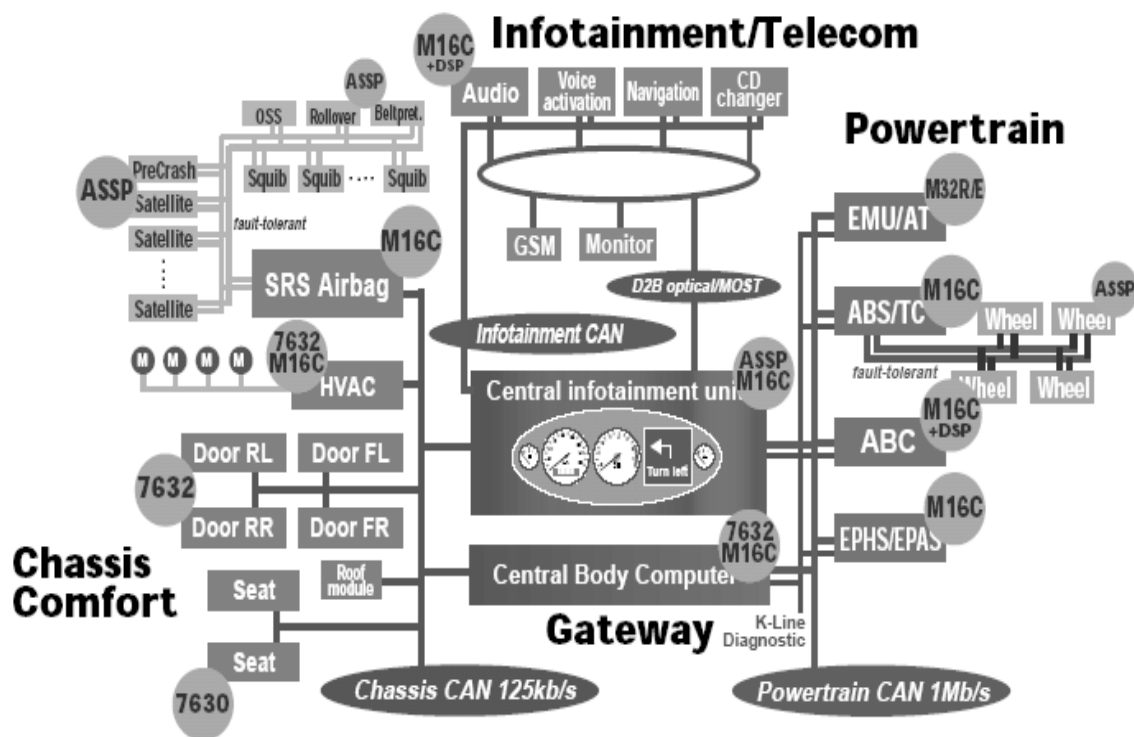


Рис. Обобщенная схема серверного сетевого управления автотранспортом (SCANT)

каждом из участков, а приемник, если он принял сообщение без сбоев, устанавливает на линии доминирующий бит в поле ACK Slot. При наложении рецессивного и доминирующего уровней в магистрали устанавливается доминирующий, и это событие сигнализирует передающему узлу о том, что передача прошла нормально и повтор не требуется. EOF содержится в фрейме данных и удаленном фрейме и состоит из семи рецессивных битов. Удаленный фрейм аналогичен по структуре фрейму данных, но не имеет поля данных, а фрейм ошибок и фрейм перегрузки содержат по 2 поля: в первом располагаются флажки ошибок и служебная информация, во втором — разграничитель (Delimiter — содержит восемь рецессивных битов). Передающий узел слышит все узлы CAN и подтверждают это. Когда магистраль свободна от передачи, узел может начинать передавать. Передача должна быть завершена прежде, чем другой узел может попытаться передавать. Конфликт решается при помощи неразрушающего (non-destructive) поразрядного арбитража.

Поле арбитража включено во все фреймы и содержит: 11-битовый идентификатор и RTR-бит. 11-битовое поле идентификатора передается от старшего к младшему значащему биту. Доминирующий уровень — логический 0. Одновременная передача бита с доминирующим уровнем (логический 0) и бита с рецессивным уровнем (логическая 1) дает в результате уровень ло-

гического 0. В течение передачи поля арбитража каждый передатчик контролирует текущий уровень в магистрали и сравнивает с битом, который он должен передавать. Если значения равны, узел продолжает передачу. Если бит с пассивным уровнем (логическая 1) был передан, а активный бит (логический 0) обнаружен в магистрали, то узел теряет право передачи и должен прекратить передачу последующих данных. Узел, потерявший доступ к магистрали может сделать попытку передачи снова, когда текущая передача завершена.

Идентификатор с самым низким значением выигрывает арбитраж. Приоритетным является не передающий или приемный узел, а фрейм, имеющий меньшее значение идентификатора. Сервер должен иметь наименьший идентификатор из задействованных.

В DeviceNet количество узлов ограничено 64 (для адресации отведены младшие разряды идентификатора). Фрейм, имеющий 0 в старшем бите, захватывает магистраль первым, независимо от адреса узла приемника. Это обеспечивает передачу фреймов первого вида, например об аварии, по магистрали первыми, независимо от адресов приемных и передающих узлов. Различные фреймы имеют идентификатор, и каждый узел решает, основываясь на идентификаторе, получать или нет этот фрейм. Адрес приемника устанавливается путем настройки входных фильтров (идентификационные экраны).

Любой фрейм, который проходит через входные фильтры, обрабатывается процессором в контроллере. Существуют следующие два типа входных фильтров: фиксированные (требующие, чтобы биты соответствовали точно один к одному — one for one); маскируемые (Mask and Match — применяют маску к полю идентификатора, прежде чем он сравнивается с приемным регистром кода).

CAN обнаруживает ошибки: разрядные (появляется, когда передатчик сравнивает уровень в магистрали с уровнем, который должен передаваться, и обнаруживает их неравенство. При этом обнаружение активного бита, когда передается пассивный бит, не выдает ошибку в течение передачи поля арбитража, поля ACK Slot или флажка пассивной ошибки); подтверждения (передатчик определяет, что фрейм не был подтвержден. Slot подтверждения существует внутри фреймов данных и удаленных фреймов. Внутри этого слота все приемные узлы, независимо от того, являются они пунктом назначения или нет, должны подтвердить получение фрейма); заполнения (узел обнаруживает шесть последовательных битов одного и того же значения). В процессе нормальной работы, когда передатчик обнаруживает, что он послал пять последовательных битов одного и того же значения, он заполняет следующий бит противоположным значением. Все приемники удаляют заполненные биты до вычисления CRC (контрольного кода). Таким образом, когда узел обнаруживает шесть последовательных битов того же значения, возникает ошибка заполнения. CRC ошибка появляется, когда CRC значение (контрольный код) не соответствует значению, сгенерированному передатчиком. Каждый фрейм содержит поле контрольного кода, которое инициализировано передатчиком. Приемники вычисляют CRC и сравнивают его со значением, сгенерированным передатчиком. Если эти два значения не тождественны, то имеет место CRC ошибка. Ошибка формы возникает, когда недопустимое разрядное значение обнаружено в области, в которую должно быть передано предопределенное значение. В CAN существуют предопределенные разрядные значения, которые должны быть переданы в определенных местах. Если недопустимое разрядное значение обнаружено в одной из этих областей, имеет место ошибка формы. CAN позволяет минимизировать негативные последствия наличия дефектного узла в сети при помощи механизма определения состояния узла. Узел может быть в одном из трех состояний ошибки. Ошибка активная фиксируется, когда активный узел обнаруживает одну из упомянутых ошибок. Он передает активный

фрейм ошибки, который состоит из шести последовательных доминирующих битов. Эта передача отменит любую другую передачу, проходящую в то же самое время, и заставит все другие узлы обнаружить ошибку заполнения, которая, в свою очередь, заставляет их отбрасывать текущий фрейм. Когда узел в состоянии активной ошибки обнаруживает проблему с передачей, он предотвращает получение всех других данных из пакета сообщений, передавая фрейм активной ошибки. Этот процесс выполняется независимо от того, был ли узел, обнаруживающий ошибку, получателем данных или нет. Ошибка пассивная фиксируется, когда пассивный узел обнаруживает одну из упомянутых ошибок — передает фрейм пассивной ошибки, который состоит из шести последовательных пассивных битов. Этот фрейм может быть наложен на передачу, которая ведется в то же самое время, при этом данные из передачи не теряются, если другие узлы не обнаруживают ошибку. Магистраль выключена — узел в выключенном состоянии и не откликается на любое воздействие. Это логическое отключение от сети. Процедуры минимизации неисправностей упрощены. Узлы следят, передают и получают значения счетчиков ошибок. Узел начинает передачу в состоянии активной ошибки со счетчиками ошибок, равными нулю. Узел в этом состоянии «понимает», что любая обнаруженная ошибка — не неисправность. Типы ошибок и узлы, в которых они были обнаружены, имеют различный код, который добавляется к текущему общему количеству в зависимости от того, является ли ошибка передаваемой или принимаемой. Значимые величины получения и передачи вызывают декремент этих счетчиков, при этом ноль является минимальным значением. Когда любой из данных счетчиков проходит соответствующий порог, определенный в CAN протоколе, узел фиксирует пассивное состояние ошибки. В таком состоянии узел полагает, что это — причина ошибки. Когда переданное состояние счетчика ошибки в другом узле проходит определенный порог, узел вводит магистраль в отключенное состояние. Эта спецификация определяет механизмы перехода из состояния отключения шины к состоянию активной ошибки. Когда и передающий, и приемный счетчики пассивной ошибки узла декрементируются ниже определенного порога, узел еще раз подтверждает состояние активной ошибки. CAN микросхемы поддерживают стандартный (11-битовое поле идентификатора) и расширенный (29-битовое поле идентификатора). Фрейм данных короткий — до 8 байт, и поэтому скорость прерываний через магистраль может быть высокой.

Возможности SCANT поясним, обобщая современные способы управления в части «Движения» (Powertrain). В сети энергоустановки EMU/AT датчики расхода воздуха (ДРВ), угла поворота коленчатого вала (ДУПКВ), температуры охлаждающей жидкости (ДТОЖ), потенциометрический датчик положения дроссельной заслонки (ПДПДЗ) измеряют и передают данные в сервер (EMU/AT) о состоянии и работе двигателя (о параметрах загрузки двигателя, скорости вращения коленчатого вала, температуры, угла поворота дроссельной заслонки). Сервер M32R/E вычисляет и формирует команды для управления исполнительными устройствами (ИУ): топливными форсунками, клапаном управления холостым ходом (КУХХ), клапаном продувки угольного фильтра (КПУФ), реле. Применение в EMU/AT современных способов формирования многомерных таблиц — карт («избыточные массивы параметров» для оптимизируемых и допустимых режимов, скоростей и нагрузок (с шагом от 5 об/мин для сжатия) обеспечивает гибкость серверного управления энергоустановкой. Основным коэффициентом для приведения таблиц измерений к стандартным условиям является показание датчика температуры охлаждающей жидкости. Незначительная корректировка угла опережения и состава рабочей смеси вносится на основании измерения напряжения аккумулятора, а также сигналов датчиков температуры воздуха и положения дроссельной заслонки. В моделях с клапаном управления холостым ходом сервер содержит отдельную таблицу для холостого хода, из которой подбираются необходимые значения при работе двигателя в этом режиме.

EMU/AT способна адаптироваться к изменению эксплуатационных показателей автотранспорта и оперативно контролирует процессы всех серверов. По мере износа компонентов двигателя EMU/AT реагирует на эти изменения, корректируя карты уставок параметров. По сигналам датчика кислорода EMU/AT управляет составом выхлопных газов. В EMU/AT базовое количество впрыскиваемого топлива определяется по карте в зависимости от оборотов двигателя и нагрузки (пределы регулирования *коэффициента λ* (далее λ): 0,97–1,03 — свидетельствует о чрезмерном обогащении или обеднении рабочей смеси). Сервер запоминает скорректированное количество впрыскиваемого топлива в качестве базового и добавляет его в карту. Серверное управление режимами двигателя не приводит к выходу λ за пределы регулирования. Процесс адаптации и корректировка карт происходит при работе следующих систем EMU/AT: работа клапана продувки угольного фильтра; работа

клапана управления холостым ходом; регулировка оборотов холостого хода и состава рабочей смеси; регулировка состава рабочей смеси при частичной нагрузке. При работе клапана продувки угольного фильтра происходит изменение состава рабочей смеси за счет дополнительного впрыскивания паров топлива. Состав рабочей смеси корректируется сервером путем уменьшения длительности впрыска топлива. В режиме холостого хода EMU/AT запоминает длительность впрыска и опережение зажигания применительно к данному конкретному двигателю. Прежние EMU/AT были не способны сохранять изменения карт уставок и настроек при отключении аккумулятора. После подключения аккумулятора и пуска двигателя EMU/AT производила корректировку всех карт. Обычно этот процесс происходил достаточно быстро, хотя обороты холостого хода некоторое время были неустойчивыми. Современная EMU/AT способна к увеличению энергии искры для всех частот вращения двигателя.

EMU/AT [4–7] совершенствовались в части систем впрыска топлива: центрального впрыска топлива (ЦВТ), одновременного распределенного впрыска топлива (ОРВТ), последовательного распределенного впрыска топлива (ПРВТ), непосредственного впрыска топлива под высоким давлением (НВТВД). В системе непосредственного впрыска топлива (НВТВД) в бензиновых двигателях устанавливают топливный насос высокого давления для бензина (ТНВДБ) и электромагнитные форсунки (ЭМФБ) для впрыска бензина под высоким давлением. Кроме этого, применяется датчик давления топлива (ДДТБ), подкачивающий электробензонасос погружного типа (ПКБНБ), клапан рециркуляции отработавших газов (ОГ) (КРЦОГ) новой конструкции. Система дозирования топлива управляет скоростными и нагрузочными режимами работы двигателя. При этом состав топливовоздушной смеси (ТВС), как правило, изменяется от гомогенного (при λ , близкой к 1) до предельно расслоенного (от 1,3 до 2,2). Преимущество двигателей с НВТВД проявляется при работе на обедненных ТВС и при средних нагрузках. Устойчивая работа двигателя достигается расслоением ТВС с образованием зоны богатой ТВС вблизи свечи зажигания, после воспламенения которой начинается процесс горения всего заряда ТВС в цилиндре. Для более надежного воспламенения ТВС используется зажигание с повышенной энергией искрового разряда. Момент впрыска и давление топлива в EMU/AT изменяются в зависимости от режима работы двигателя для обеспечения требуемых условий смесеобразования в цилиндре при данном

составе смеси (на холостом ходу давление топлива поддерживается на уровне 3 МПа, на полной нагрузке и номинальной частоте вращения — 10–12 МПа. ЕМУ/АТ позволяет достигать эффективного сгорания экстремально обедненных смесей ($\lambda > 2,0$). Это обеспечивает повышение экономии бензина в двигателях с НВТВД примерно на 20 % по сравнению с применением распределенного впрыска топлива (РВТ). Внедрение НВТВД повышает показатели двигателя, но требует использования высоких степеней сжатия и увеличения наполнения. При этом снижается суммарная токсичность ОГ на 20 % по сравнению с другими компьютерными системами впрыска бензина. В двигателях с НВТВД используется рециркуляция ОГ (до 40 %) и применяют трехкомпонентный нейтрализатор с иридиевым катализатором. Этот нейтрализатор отличается повышенной эффективностью по снижению NO_2 , чувствителен к незначительному содержанию серы в топливе и к превышению температуры выше рабочей. Системы НВТВД требуют хорошее топливо.

Перспективные элементы бортовых сетевых технологий вскрыты для решения задач своевременной подготовки «серверистов-транспортников» на стыке специальностей: ДВС, «Прикладная информатика», «Сервис»; создания экспресс-справочников по достижениям в транспортных многосерверных сетях в целях комплексного

решения задач достижения высокого уровня современного интерсервиса при эксплуатации сложного транспорта в условиях высоких темпов совершенствования и внедрения достижений в технологиях транспортной интегральной симбиотики и микроники серверного управления.

Литература

1. Смирнов Г.В., Шадрин А.Б. Измерительно-вычислительные комплексы для океанологических экспериментальных исследований. Владивосток: Дальнаука, 1993. — 453 с.
2. Development of Toyota's Direct Injection Gasoline Engine / Hidetaka Nohira, Sumlo Ito // Conference «Engine and Environment» 97. — Graz: AVL List. — P. 239–254.
3. Kriesel W., Heimbold N., Telschow D. Bus Technologien für die Automation. — Heidelberg: Huthing, — 2000.
4. Gasoline Direct Injection Engines // AVL Information PA 0481. — 1997. — 3 p.
5. Gasoline Direct Injection and Engine Management-Challenge and Implementation / H.Stoker // Conference «Engine and Environment» 97. — Graz: AVL List. P. 111–133.
6. Системы управления двигателя. Диагностика и проверка узлов автомобилей, выпущенных 92–96 гг. Autodata t.6, Limited, England, 1997.
7. Схемы электрооборудования. Вып. 93–95 гг. Autodata t 3, Limited, England, 1997.
8. Антиблокировочные системы тормозов. Описание систем, самодиагностика, проверка и регулировка. Autodata t.3, Limited, England, 1998.



16 марта 2006 года ушел из жизни выдающийся ученый, крупный специалист в области дизелестроения, кандидат технических наук, доцент Нижегородского института водного транспорта, главный конструктор завода «Двигатель Революции»
Осадин Владимир Алексеевич

Владимир Алексеевич родился 7 ноября 1931 года в Сталинграде. После окончания Речного училища и Горьковского института инженеров водного транспорта всю свою трудовую жизнь посвятил отечественному дизелестроению.

С 1959 года работал на заводе «Двигатель революции» конструктором, а с 1967 по 1990 год — главным конструктором. Кандидат технических наук, автор большого количества публикаций и изобретений в области дизелестроения,

Владимир Алексеевич совмещал производственную деятельность с преподавательской работой в институте инженеров водного транспорта.

Под его непосредственным руководством создана серия судовых и стационарных дизелей и газовых двигателей типа ЧН36/45.

Творческая и самоотверженная деятельность Владимира Алексеевича Осадина была отмечена многими правительственными наградами.

Светлую память о Владимире Алексеевиче на долгие годы сохранят его ученики и коллеги.

Коллектив ОАО РУМО