

УДК 681.51

АРХИТЕКТУРА БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ РОБОТИЗИРОВАННЫХ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ МАГИСТРАЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.З. Асанов, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

*Московский технологический университет (Институт кибернетики), Москва 119454, Россия
@Автор для переписки, e-mail: asanov@mirea.ru*

Объемы информации, перерабатываемой на борту современных большегрузных автомобилей, постоянно растут, алгоритмы функционирования бортовых систем и агрегатов – усложняются. Все чаще ставятся задачи передачи выполняемых водителем функций автоматическим и/или автоматизированным системам. Поэтому необходимы новые решения в области системной архитектуры бортовых информационно-управляющих систем большегрузных автомобилей. В представленной работе обсуждается проблематика построения информационно-управляющих систем роботизированных большегрузных автомобилей. Рассматривается концепция иерархий функций и подсистем управления в сложных эргатических системах, каковыми являются системы управления современных большегрузных автомобилей, особенности уровней управления. Предлагаются концепции организации информационно-измерительной и исполнительных систем в виде мехатронных модулей, а также механизмы адаптивной коррекции управления движением.

Ключевые слова: управление подвижными объектами, роботизированный автомобиль, мехатронный модуль, система управления, интеллектуальная система управления, интеграция систем управления.

MODERN ARCHITECTURE BOARD INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS OF HEAVY VEHICLES

A.Z. Asanov

*Moscow Technological University (Institute of Cybernetics), Moscow, 119454 Russia
@Corresponding author e-mail: asanov@mirea.ru*

The continuous increase in amounts of data processed on board of modern heavy trucks and complication of onboard systems and units functioning algorithms have led to the need to transfer the functions performed by a motorist to automatic robotized systems. Therefore, new solutions in the field of system architecture for on-board heavy truck information and control systems are required. The paper deals with the problems of information and control systems design for robotic heavy trucks control.

In the paper the concept of hierarchies, functions and subsystems of control in complex ergatic systems like the control systems of modern heavy trucks as well as the control

levels characteristic features have been considered. The concept for both the organization of information-measuring and executive systems in the form of mechatronic modules and adaptive correction mechanisms for vehicle movement control have been proposed.

Keywords: mobile objects management, a robotic vehicle, mechatronic module, control system, intelligent control system, control systems integration.

Введение

Тенденции развития наземных транспортных комплексов и, прежде всего, автомобильных конструкций, опыт разработки новой техники ведущими зарубежными фирмами (Volvo, Scania, Мерседес-Бенц, Renault, DAF и др.) показывают, что одну из главных ролей в обеспечении конкурентных преимуществ играют бортовые информационно-управляющие системы¹ (БИУС) грузовых автомобилей. Современные БИУС способны оптимизировать функционирование агрегатов и узлов в едином комплексе автомобиля, обеспечить максимальную эффективность использования автотранспорта как элемента логистической системы. Они могут существенно облегчить человеку-водителю осуществление его функций. Это тем более актуально, когда речь идет о сложных транспортных комплексах – автопоездах, караванах большегрузных автомобилей (БГА), автотранспорте специального назначения и т.д.

Стремительное развитие автомобильных электронных систем, совершенствование БИУС современного наземного транспорта делает реальной идею создания автономных (роботизированных, «беспилотных», автомобилей-роботов) транспортных комплексов различного назначения, в которых основные и/или все функции вождения выполняются автоматически, без участия водителя (оператора). Отметим здесь, что с появлением первых прототипов автомобилей-роботов – мобильных роботов, домашних ассистентов, беспилотных летательных аппаратов, подводных роботов и т.п. эволюционирует и само понятие «робот». Его смысловое содержание в противовес сложившейся ассоциации с промышленными станками-автоматами, роботами-манипуляторами во все большей степени соотносится с искусственным интеллектом, способным анализировать поступающую информацию, делать основополагающие выводы, реализовывать стратегии поведения, принимать в реальном времени решения в условиях неопределенности в слабо-структурированных средах.

Объемы информации, перерабатываемой на борту современных большегрузных автомобилей, постоянно растут, алгоритмы функционирования бортовых систем и агрегатов – усложняются. Все чаще ставятся задачи передачи функций, выполняемых водителем, автоматическим и/или автоматизированным системам. Одним из наиболее перспективных направлений применения современных БИУС является подкласс современных транспортных комплексов – роботизированные магистральные большегрузные автомобили (БГА). Перспективность автоматизации и интеллектуализации в данном подклассе транспортных комплексов определяется массовостью и интенсивностью использования таких автомобилей,

¹Бортовая информационно-управляющая система (БИУС) – цифровая система контроля и управления агрегатами и системами автомобиля (и автомобилем в целом), обеспечивающая принятие решений на борту автомобиля в реальном времени.

значительностью доли современных грузоперевозок, осуществляемых ими, и значительной экономической отдачей от применения продвинутых электронных систем. Поэтому необходимы новые решения в области системной архитектуры бортовых информационно-управляющих систем большегрузных автомобилей.

Основные задачи и подсистемы БИУС роботизированного большегрузного автомобиля

Современные магистральные большегрузные автомобили требуют функционирования целого комплекса систем управления, обеспечивающих, в первую очередь, эффективность эксплуатации и безопасность движения. Использование большого числа датчиков и исполнительных механизмов, распределенных по автомобилю, в совокупности с бортовыми микропроцессорами и контроллерами, объединенными в многоуровневую систему управления, дает возможность решить многие проблемы автоматизации, оптимизации и адаптации режимов функционирования важнейших агрегатов автомобиля и самого автомобиля в целом [1]. При этом под автономностью БГА понимается способность БИУС БГА принимать решения и осуществлять либо организовывать их реализацию без участия водителя. При этом элементы автономности в современных БГА уже присутствуют в различных аспектах: система круиз-контроля, антиблокировочная система как примеры существующих и широко используемых систем с автономизацией поведения БГА. В настоящее время становятся актуальными разработки других элементов автономных систем. К числу таких следует отнести:

- систему обеспечения оптимальных по различным критериям режимов работы двигателя;
- систему оптимизации параметров работы основных агрегатов БГА в зависимости от условий движения и окружающей среды;
- систему адаптивного (интеллектуального) круиз-контроля;
- систему соблюдения или изменения полосы (рядности) движения;
- систему предупреждения или предотвращения столкновений;
- систему автоматического (экстренного) торможения;
- систему спутникового позиционирования;
- инерциальную навигационную систему;
- систему предотвращения опрокидывания;
- систему активной подвески;
- систему распознавания дорожных знаков;
- систему поддержания безопасного расстояния до впереди едущего автомобиля;
- систему распознавания препятствий и дорожных условий;
- систему обеспечения движения в караване и др.

Наличие перечисленных систем на борту БГА при должной организации способно обеспечить движение такого роботизированного транспортного комплекса по заданной траектории или по заданному маршруту, движение с достаточно высокой скоростью из одной заданной точки пространства в другую с выбором траектории движения и минимальном расходе топлива, объезд препятствий на дороге и т.д. без непосредственного участия человека (оператора) в процессах управления БГА. Так, одним из весьма привлекательных режимом движения магистральных БГА (экономия топли-

ва ~7–10%) является движение в караване (колонне), которое сулит значительные преимущества в организации транспортной логистики.

Основными подсистемами БИУС являются измерительно-информационная подсистема – датчики, исполнительная подсистема – актуаторы, подсистема телекоммуникации и программно-алгоритмическая подсистема [2].

Структура и логическая организация БИУС роботизированного БГА

Измерительно-информационная подсистема является одним из ключевых элементов БИУС роботизированного БГА. Очевидно, что необходимо оценить состояние БГА, скорость и направление движения, параметры окружающей среды. Тогда БИУС сможет выработать адекватные, правильные стратегию и тактику перемещения в пространстве. Анализ возможных схем построения систем датчиков, преобразователей, вычислителей БИУС позволяет сделать вывод о целесообразности построения и использования мехатронных модулей (ММ). Каждый ММ выполняется в виде законченного модуля, содержащего непосредственно первичный преобразователь (датчик), устройство преобразования сигнала и вычислитель. Для управления исполнительными устройствами также создается модуль, в состав которого входит вычислитель, усилитель-преобразователь и исполнительный механизм.

Структурные схемы модулей показаны на рис. 1. Каждый модуль выполняется в виде специализированного контроллера, содержащего вычислительное устройство и преобразователь.

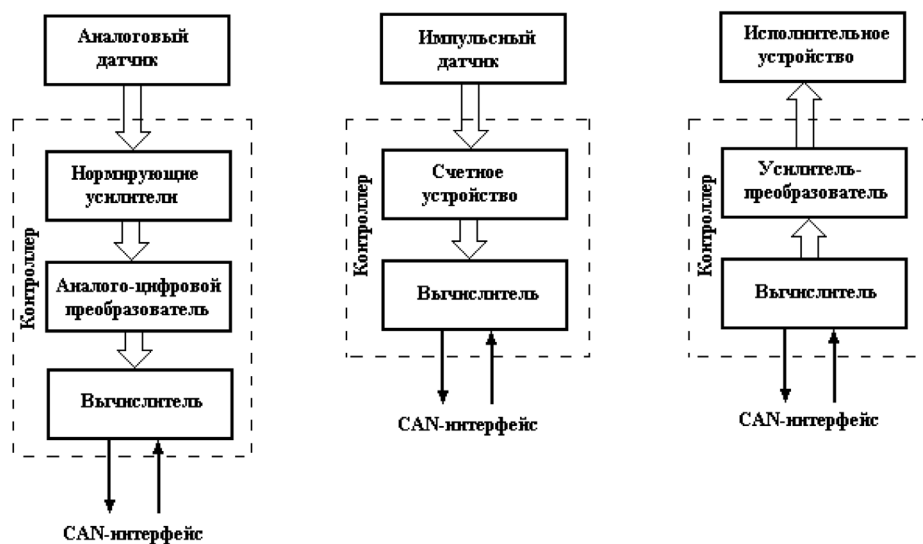


Рис. 1. Мехатронные модули.

При использовании дискретных датчиков не требуется сложных преобразований, и потому рационально подключить их к ММ, который физически расположен ближе к дискретному датчику. Это потребует использования контроллера с несколькими входами.

Основу исполнительной подсистемы составляют вычислительная система (бортовые микропроцессоры и контроллеры) и различного рода приводы.

Подсистема телекоммуникации призвана обеспечить передачу данных между модулями и агрегатами БГА.

Архитектура² сетевого интерфейса бортовой информационно-управляющей системы автономного БГА, реализующей многоуровневое управление, приведена на рис. 2.

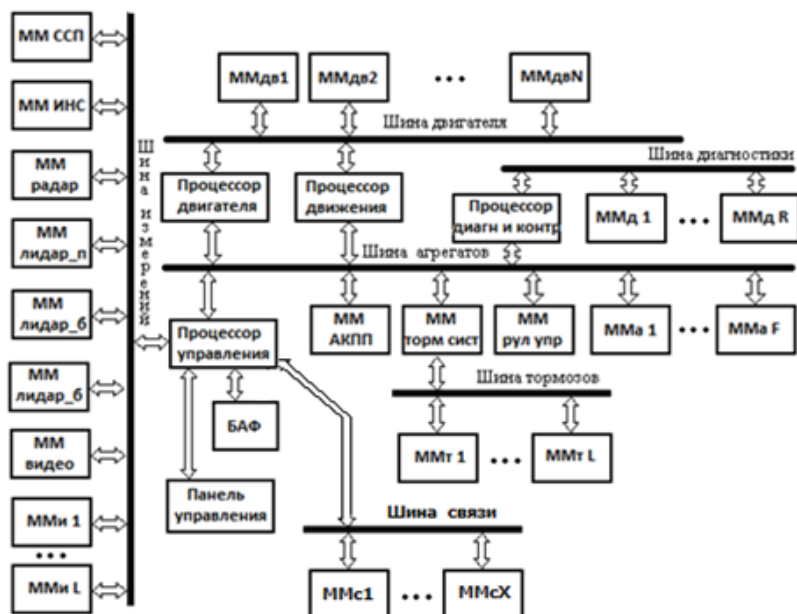


Рис. 2. Архитектура сетевого интерфейса БИУС автономного транспортного комплекса (ТК):

- ММ ССП – мехатронный модуль системы спутникового позиционирования;
- ММ ИНС – мехатронный модуль инерциальной навигационной системы;
- ММ радар – радиолокационный модуль для обнаружения объектов вокруг ТК, определения расстояния до объекта, установления скорости объекта, оценки положения объекта;
- ММ лидар – лазерный модуль определения расстояния до объекта, установления скорости объекта;
- ММ видео – модуль видеокамеры для получения видеоизображений окружающей среды;
- БАФ – блок (библиотека) автомобильных функций;
- ММи i ($i = 1 \dots K$) – мехатронные модули измерительной /диагностирующей системы;
- ММдв j ($j = 1 \dots N$) – мехатронные модули двигателя;
- ММд r ($r = 1 \dots R$) – мехатронные модули системы диагностики и контроля;
- ММа f ($f = 1 \dots F$) – мехатронные модули агрегатов автомобиля;
- ММи l ($l = 1 \dots L$) – мехатронные модули измерителей и датчиков;
- ММ АКПП – мехатронный модуль автоматической коробки переключения передач;
- ММ торм. сист. – головной мехатронный модуль тормозной системы;
- ММт s ($s = 1 \dots L$) – мехатронные модули тормозных систем;
- ММ рул. упр. – мехатронный модуль рулевого управления;
- ММс ($c = 1 \dots X$) – мехатронный модуль связи (GPRS, ближняя связь и пр.).

В настоящее время общепринятым стандартом сетевого интерфейса является так называемая CAN-шина (CAN – Controller Area Network), ориентированная на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков, которая может одновременно принимать и передавать аналоговую и цифровую информацию. Вместе с тем для решения нетрадиционных задач, например, для обмена данными между роботизированными БГА при их совместном использовании в группе или караване, могут использоваться специальные стандарты интерфейса.

²Архитектура бортовой информационно-управляющей системы – концепция, определяющая модель, структуру, выполняемые функции и взаимосвязь компонентов информационно-управляющей системы.

Существует и начинает внедряться новый беспроводной стандарт DSRC (Dedicated Short Range Communication) [3] – разновидность Wi-Fi для автомобилей, который предоставляет высокоскоростное соединение на расстоянии до километра между автомобилями. Такой обмен данными способен заменить/дополнить данные от датчиков. Это по существу означает создание мобильной сети vehicle-to-vehicle (V2V) [4].

Программно-алгоритмическая составляющая БИУС реализует правила и процедуры управления БГА, соответствующие поведению опытного водителя за рулем. При этом задачи и функции, исполняемые алгоритмами и программами, могут быть отнесены к трем уровням иерархии управления: сценарный, ситуационный, локальный [1].

Логическая организация вычислительных средств БИУС БГА, в принципе, может быть различной. В то же время показано [2], что наиболее перспективным представляются децентрализованные распределенные системы компьютерного управления [5], представляющие собой множество полностью равноправных процессоров, объединенных в единую систему управления с помощью сетевого канала связи.

Распределение функций управления по уровням – сценарный, ситуационный, локальный уровни – возможно осуществить программно (рис. 3).

Сценарное планирование (на сценарном уровне управления) [6] заключается в разработке возможных сценариев будущего и создании на их основе гибких долгосрочных планов действий.

Все возможные сценарии формируются на основе исследования окружающей среды на наличие predetermined элементов (заданные цели и режимы, характеристики автомобиля, условия внешней среды и т.д.), ключевых неопределенностей и комбини-

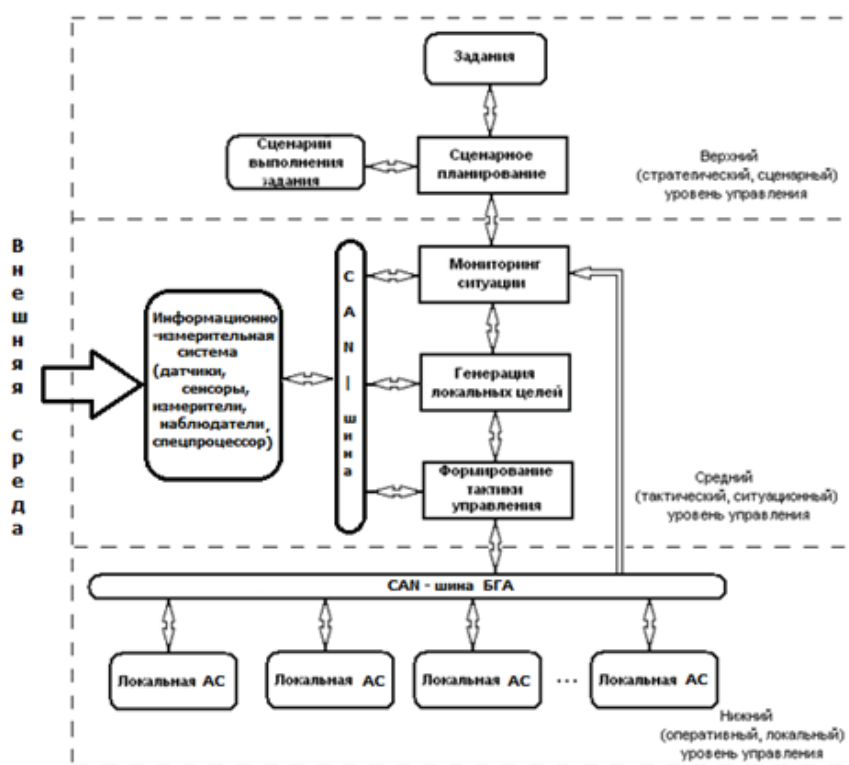


Рис. 3. Обобщенная схема иерархической БИУС роботизированного БГА.

ровании исходов последних. Сценарный подход призван придать гибкость стратегиям управления, помочь сократить время реагирования на изменение ситуаций. Сценарий разворачивается в процессе функционирования системы.

Задачи ситуационного управления (на ситуационном уровне БИУС) [7] вытекают из логики отработки сценария. Здесь предполагается последовательное решение таких задач, как мониторинг текущих ситуаций; генерация локальных целей; формирование тактики управления; координация и согласование функционирования локальных автоматических систем. Алгоритмы ситуационного управления могут быть построены на основе нечеткой когнитивной карты, под которой понимается модель ситуации, представленная в виде ориентированного взвешенного графа. Такая модель способна описать субъективное восприятие некоторой ситуации человеком (экспертом) и выявлять структуры причинных связей между элементами (составляющими, существенными факторами) ситуации, оценивать последствия развития ситуаций, происходящих под влиянием воздействий. Ситуационная модель (когнитивная модель) дает формальное описание окружающей среды в форме ситуаций, в которых предстоит действовать БИУС роботизированного БГА. В модели учитываются те факторы, которые действительно влияют на развитие ситуаций. Сюда относятся существенные характеристики объекта и внешнего мира: пространственное положение, режим и условия движения автомобиля, его техническое и динамическое состояния.

На локальном уровне реализуется согласованное управление всеми основными узлами, агрегатами и системами транспортного комплекса. Для повышения эффективности управления процессами и отдельными подсистемами необходима глубокая интеграция локальных автоматических систем (АС) роботизированного БГА. Интеграция локальных АС БГА может быть реализована различными способами и средствами. Так, при решении задач адаптации возможно частичное решение и проблемы интеграции локальных АС (мехатронных систем) автомобиля за счет получения и использования дополнительной информации из других систем.

Алгоритмическая сложность задач БИУС, значительные параметрические неопределенности при решении подобных задач обуславливают необходимость функционирования бортовой информационно-управляющей системы роботизированного БГА в целом как интеллектуальной управляющей системы. Основные признаки (принципы) интеллектуальной управляющей структуры, по классификации [8], присутствуют: наличие тесного информационного взаимодействия управляющих систем с реальным внешним миром и использование специально организованных информационных каналов связи; открытость систем для повышения интеллектуальности; наличие механизмов прогноза изменений внешнего мира и собственного поведения системы; многоуровневая иерархическая структура.

Заключение

Автономизация управления транспортными комплексами требует создания и согласованного функционирования целого комплекса систем управления. Алгоритмическая сложность большого комплекса задач, стоящих перед бортовой информационно-управляющей системой большегрузного автомобиля, обуславливает существенные

неопределенности в параметрах и внешних воздействиях при решении этих задач. Отсюда следует вывод, что бортовая информационно-управляющая система роботизированного БГА в целом должна реализовываться как многоуровневая иерархическая интеллектуальная управляющая конструкция. Наиболее перспективной архитектурой вычислительных средств бортовых информационно-управляющих систем БГА видится сетевая архитектура.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 17-08-00516).

Литература:

1. Асанов А.З., Валеев Д.Х., Савинков А.С. Интеграция и интеллектуализация бортовых систем управления большегрузными автомобилями // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: труды XIV Междунар. конф. Самара: СНЦ РАН, 2012. С. 524–531.
2. Асанов А.З., Валеев Д.Х., Савинков А.С. Современная архитектура бортовых информационно-управляющих систем высококомобильных транспортных комплексов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: труды XV Междунар. конф. Самара: СНЦ РАН, 2013. С. 483–488.
3. Власов В.М. [и др.] DSRC-радиосвязь ближнего действия в интеллектуальной транспортной среде // Вестник ГЛОНАСС. 2013. № 4 (15). <http://vestnik-glonass.ru/~F2Gag>
4. Каляев И.А., Мельник Э.В. Децентрализованные системы компьютерного управления. Ростов н/Д: Изд. ЮНЦ РАН, 2011. 196 с.
5. Ozguner U., Acarman N., Redmill K. Autonomous Ground Vehicles. Norwood: Artech House, 2011. 280 p.
6. Рингланд Дж. Сценарное планирование для разработки стратегии. М.: ИД «Вильяме», 2008. 560 с.
7. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика. М.: Наука, 1986. 288 с.
8. Лохин В.М., Захаров В.Н. Интеллектуальные системы управления: понятия, определения, принципы построения / В кн.: Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. М.: Физматлит, 2001. 576 с.