

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ НА БАЗЕ МОБИЛЬНОГО РОБОТА С ЛОКАЛЬНЫМИ КОНТУРАМИ УПРАВЛЕНИЯ

И.Н. Лариошкин, Т.А. Акименко

Приведена функциональная схема робототехническим комплексом на базе мобильного робота с локальными контурами управления. Рассмотрены уровни иерархии системы управления робототехническим комплексом, а также схема реализации локальных аналоговых контуров управления.

Ключевые слова: система управления, мобильный робот, робототехническим комплекс, локальный контур управления.

Функциональная схема управления робототехническим комплексом на базе мобильного робота с локальными контурами управления представлена на рис. 1.

Робототехнический комплекс включает в себя пункт управления и мобильный робот (МР).

В пункте управления располагается ЭВМ-оператор, обеспечивающий ввод команд управления и получение информации о состоянии робота и окружающей среды. Введенные команды передаются через аппаратуру передачи данных на мобильный робот.

Мобильный робот (МР) включает:

полукомплект аппаратуры передачи данных, необходимый для связи МР с пунктом управления;

бортовую ЭВМ, осуществляющую управление бортовым оборудованием, предварительную обработку поступающих данных и связь через бортовой полукомплект аппаратуры передачи данных с центральным пунктом управления;

систему перемещения в пространстве, в состав которой входят приводы и движители;

целевое оборудование, в состав каждой единицы оборудования входят привод, исполнительный механизм, сенсоры для осуществления обратной связи и контроля состояния исполнительных механизмов и окружающей среды;

видеосенсор, в состав которого входит привод поворотного механизма, обеспечивающий заданную пространственную ориентацию линии визирования по углам курса и места, и средство наблюдения (телевизионного или тепловизионного типа), жестко зафиксированное на поворотном механизме;

бортовая ЭВМ, обеспечивающая обработку поступающих данных и связь через бортовой полукомплект аппаратуры передачи данных с центральным пунктом управления.

Энергетическая установка, обеспечивающая энергией все активные узлы и блоки бортового оборудования.

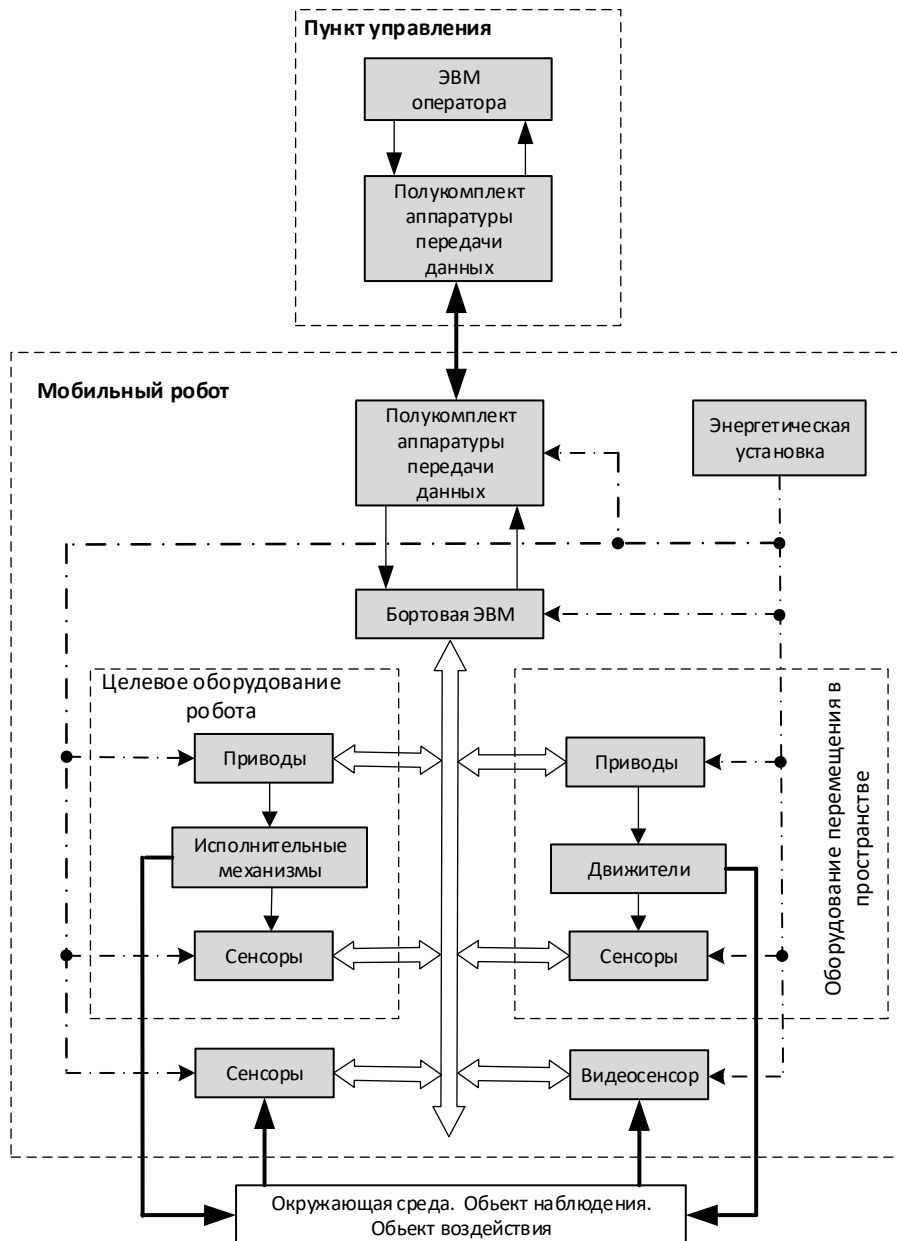


Рис. 1. Функциональная схема робототехнического комплекса на базе мобильного робота с локальными контурами управления

Оператор МР во взаимодействии с ЭВМ генерирует серию команд, обеспечивающих функционирование робота. При этом связь с центральным пультом осуществляется по кабелю или по радиосвязи. Оператор, в зависимости от решаемой тактической задачи, текущего состояния МР, вводит в ЭВМ, на пункте управления, очередную команду. Введенная команда кодируется с помощью ЭВМ и передается через систему связи.

Принятое сообщение поступает на бортовую ЭВМ и декодируется. При необходимости передача/прием команды производится повторно для повышения надежности управления роботом. В соответствии с поступившей командой бортовая ЭВМ по заданному алгоритму выбирает узел, блок или механизм, который является текущим объектом управления, необходимым для обеспечения решения поставленной задачи. Для текущего объ-

екта управления определяется его текущее состояние и выбирается команда, которая переводит заданный узел в следующее состояние. Команда кодируется, и код через контроллер вводится в исполнительный блок и/или механизм. Исполнение команды контролируется сенсором, данные с которого через интерфейс вводятся в ЭВМ, кодируются и через систему связи передаются на пункт управления. На пункте управления данные, поступившие с роботизированной платформы, декодируются, формируется сообщение оператору и через интерфейс отображаются на экране монитора. Таким образом, замыкается обратная связь, контролирующая исполнение очередной команды.

В качестве контура передачи изображений с видеосенсора используется камера, работающая в видимом или в инфракрасном спектре.

Подобный принцип управления предполагает разделение системы управления на иерархические уровни, на каждом из которых решается свой определенный круг задач.

Таблица 1

Уровни иерархии системы управления МР

Уровень иерархии	Решаемые задачи
Стратегический	1. Формирование модели поведения МР. 2. Контроль общего состояния МР, его ориентации в пространстве, а также окружающей обстановки. 3. Генерация совокупности /последовательности команд для реализации модели поведения с учетом текущего состояния МР и окружающей среды. 4. Контроль за исполнением команд, внесение корректив в модель поведения
Тактический	1. Получение команд со стратегического уровня. 2. Генерация генетического алгоритма реализации команд с разделением их на команды тактического уровня, реализуемые узлами и блоками, расположенными на борту МР. 3. Согласование и синхронизация функционирования бортового оборудования. 4. Сбор информации от сенсоров о состоянии бортового оборудования, окружающей среды и пространственной ориентации МР и подготовка сообщений, передаваемых по каналу связи человеку-оператору.
Функционально-логический	1. Реализация алгоритмов управления узлами и агрегатами с замыканием обратных связей. 2. Реализация алгоритмов сжатия/распаковки данных для передачи информации о состоянии на пункт управления и получения команд с пункта управления. 3. Контроль энергетической установки.

Таким образом, на верхнем, *стратегическом* уровне, иерархии МР получает самую общую внешнюю команду от оператора. В соответствии с ней генерируется последовательность решаемых задач. При этом осуществляется контроль исполнения команды и могут быть внесены коррективы в составе и последовательности задач в соответствии с обстановкой.

На следующем, *тактическом* уровне, бортовая ЭВМ МР получает команды на решение задач. Определяется генетический алгоритм, соответствующий данной команде. Алгоритм модифицируется

в соответствии с текущей обстановкой и состояниями узлов и агрегатов МР и передается в систему управления узлами и агрегатами для ее реализации.

На функционально-логическом уровне происходит реализация алгоритмов управления узлами и агрегатами. При этом замыкаются обратные связи, осуществляется синхронизация работы бортового оборудования по времени, энергетике и другим ресурсам, осуществляется обработка данных с сенсоров и т.п.

Система управления включает ряд локальных контуров, каждый из которых состоит из контроллера, привода, исполнительной (механической) части и сенсора. Вход привода и выход сенсора, включенного в локальный контур, подключены контроллеру.

Таким образом, внутренняя шина МР частично разгружается за счет того, что пара контроллеров, осуществляющих соответственно ввод данных от сенсора и вывод управляющего воздействия данных на привод заменяется одним контроллером, осуществляющим ввод/вывод данных. Кроме того, частично разгружается процессор бортовой ЭВМ за счет того, что величина управляющего воздействия рассчитывается непосредственно для данного контура управления, минуя центральную ЭВМ.

Сжатие данных также осуществляется с помощью микроконтроллера. При этом в микроконтроллер поступает информация как от сенсоров контроля окружающей обстановки, так и от видеосенсоров. Сжатые данные через шину передаются на бортовую ЭВМ, и затем через аппаратуру передачи данных – на пункт управления человеку-оператору.

Схема реализации локальных аналоговых контуров управления приведена на рис. 2.

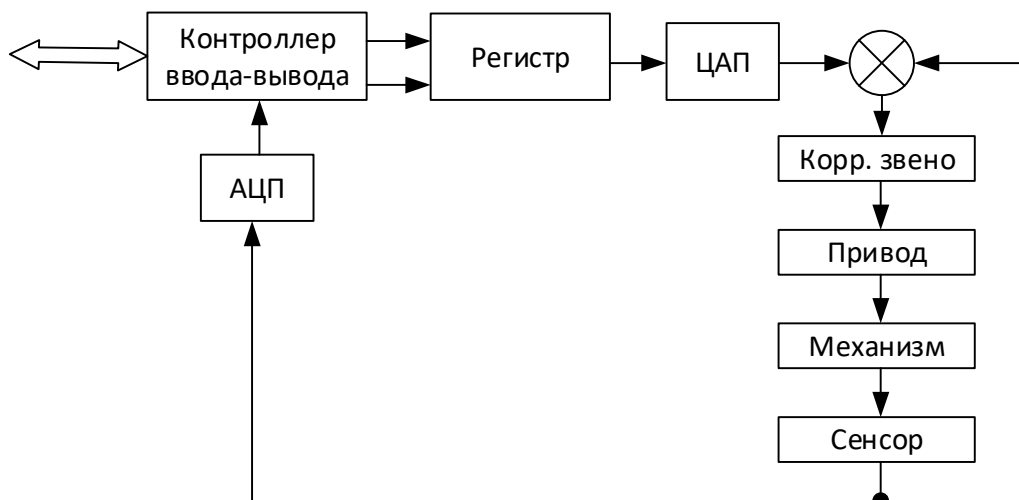


Рис. 2. Схема локального аналогового контура управления

Таким образом, с одной стороны, осуществляется управление состоянием механизма без бортовой управляющей ЭВМ, а с другой стороны, осуществляется информационный обмен между контуром управления и бортовым компьютером, что необходимо для определения текущего состояния МР.

Рациональное разделение системы управления на иерархические уровни, выбор способа реализации управления на нижнем, функционально-логическом и тактическом уровнях является инженерной задачей, к настоящему времени нерешенной. Методология создания надежных иерархически, разделенных систем управления должна опираться на фундаментальный математический аппарат, отражающий физические явления и процессы, протекающие в системах управления МП и в самом мобильном роботе как объекте управления.

Список литературы

1. Бобырь М.В. Адаптация системы управления мобильным роботом на основе нечеткой логики // Мехатроника, автоматизация, управление. 2015. Т. 16. № 7. С. 449 – 455. DOI: 10.17587/mau.16.449-455.
2. Давыдов О.И., Пряничников В.Е. Управление движением мобильного робота по данным ультразвуковых сенсоров // Информационно-измерительные и управляющие системы. 2015. Т. 13. № 7. С. 57 – 67.
3. Акименко Т.А., Аршакян А.А., Ларкин Е.В. Управление информационными процессами в робототехнических комплексах специального назначения. Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. 150 с.
4. Карпов В.Э. К вопросу об управлении мобильным роботом в условиях общей постановки задачи // Вестник компьютерных и информационных технологий, 2008. № 1. С. 2 – 9.
5. Ларкин Е.В., Акименко Т.А., Аршакян А.А., Будков А.Н. Промышленный робот с информационной системой управления // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. Вып. 4. С. 133 – 138.
6. Хрущ А.В., Михайлов Б.Б. Управление мобильным роботом с бортовой системой объемного зрения // Механика, управление и информатика. 2012. № 8. С. 62 – 67.
7. Akimenko T.A., Larkin E.V. The Method of Successive Simplifications of the Semi-Markov Process // 2019 8th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2019. Номер статьи 87601658th. Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2019. Budva. Montenegro. DOI: 10.1109/MECO.2019.8760165.

8. Akimenko T.A., Larkin E.V., The temporal characteristics of a wandering along parallel Semi–Markov chains // Communications in Computer and Information Science, 2019. Vol. 1071. P. 80–894. DOI: 10.1007/978–981–32–9563–6_9.

Лариошкин Иван Николаевич, аспирант, Ivan.dragon47@yandex.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Акименко Татьяна Алексеевна, канд. техн. наук, доцент, tantan72@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

**CONTROL SYSTEM FOR A ROBOTIC COMPLEX BASED
ON A MOBILE ROBOT WITH LOCAL CONTROL LOOPS**

I.N. Larioshkin, T.A. Akimenko

This article provides and describes a functional diagram of a robotic complex based on a mobile robot with local control loops. The hierarchy levels of the robotic complex control system are given. The scheme of implementation of local analog control loops is given.

Key words: control system, mobile robot, robotic complex, local control loop.

Larioshkin Ivan Nikolaevich, postgraduate, Ivan.dragon47@yandex.ru, Russia, Tula, Tula State University,

Akimenko Tatiana Alekseevna, candidate of technical science, docent, tantan72@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University