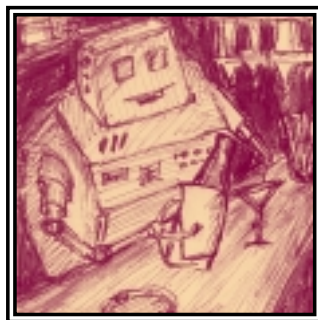




МНОГОПРОЦЕССОРНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

Игорь Каляев, Сергей Капустян, Валентин Клименко, Леонид Усачев,
Сергей Стоянов, Олег Луконин

Статья посвящена проблемам создания интеллектуальных мобильных роботов (ИМР), способных автономно функционировать в опасных для жизни человека условиях.

Необходимость создания интеллектуальных мобильных роботов (ИМР), способных автономно функционировать в условиях, опасных для жизни человека, назрела во многих областях науки и техники, например, при проведении космических и подводных исследований, при работе в зоне радиоактивного или химического загрязнения, при создании безэкипажных боевых машин и т. д. Однако до сих пор интеллектуальные роботы не выходят из стен лабораторий. Это связано с большими трудностями как алгоритмического, так и аппаратного характера, возникающими при создании систем управления подобных роботов.

Постановка задачи

С точки зрения алгоритмического обеспечения, на систему управления ИМР возлагается сложный комплекс задач, структура которого показана на рис. 1. В него входят такие задачи, как:

- обработка комплексной сенсорной информации (телевизионной, дальнометрической, тепловизионной и т.

д.) и формирование на ее основе модели видимой зоны среды движения;

- накопление и корректировка базы знаний робота о среде на основе моделей, формируемых с помощью сенсорных устройств;
- планирование оптимального движения робота к цели на основе накопленной в базе знаний информации о среде и принятие решения о текущем движении робота с учетом его динамических свойств;
- формирование управляющих воздействий на исполнительные устройства робота для отработки выбранного движения;
- обработка навигационной информации и определение координат текущего положения робота в среде, а также текущих значений его курса, крена и дифферента;
- определение целевого положения робота и обеспечение безопасности его движения в ближней зоне препятствий.

С точки зрения аппаратной реализации, система управления ИМР должна отвечать двум основным требованиям: с одной стороны, она должна обладать

быстродействием, достаточным для решения возлагаемого на нее комплекса задач движения ИМР в реальном времени, а с другой стороны, должна отвечать типичным требованиям к бортовым системам, то есть быть компактной, надежной и потреблять мало энергии.

Исследования в области разработки и создания систем управления интеллектуальных мобильных роботов ведутся в НИИ многопроцессорных вычислительных систем и Научно-исследовательском центре супер-ЭВМ и нейрокомпьютеров (г. Таганрог) уже более 15 лет. Исследования проводились в двух основных направлениях. Первое направление посвящено разработке и отладке алгоритмического обеспечения систем управления ИМР. В частности, в рамках этих работ совместно с НПП «Квинт» (г. Таганрог) была разработана и создана программная модель системы «ИМР-среда», включающая в себя модель виртуальной среды движения ИМР, модель сенсорных систем, в частности, сканирующего дальнометра, модель шасси ИМР, учитывающая его динамические свойства, и собственно модель системы управления ИМР. Путем моде-



Второе направление исследований посвящено проблемам разработки аппаратных средств систем управления ИМР, обеспечивающих возможности

Таким образом, к системе управления ИМР предъявляются следующие противоречивые требования: с одной стороны, она должна обладать высоким быстродействием, обеспечивающим возможность решения задач обработки информации и принятия решения в реальном времени, с другой стороны, она должна отвечать жестким требованиям, предъявляемым к бортовым устройствам. Решение данной проблемы лежит, по-видимому, на пути построения системы управления ИМР в виде многопроцессорной распределенной системы, в которой каждый из процессорных узлов решает определенную часть комплекса задач, возлагаемых на систему.

В результате многолетних теоретических и практических исследований был разработан и создан целый ряд образцов многопроцессорных распределенных систем управления ИМП различного назначения. Данные разработки, в частности, проводились совместно с такими организациями, как ВНИИ транспортного машиностроения (г. Санкт-Петербург).



CTA 4/97

бург), в рамках работ по созданию интеллектуального робота-планетохода, предназначенного для исследования поверхности других планет, в частности, Марса, а также НИИ спецмашиностроения МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках работ по созданию роботов специального назначения.

На рис. 3 показана обобщенная структурная схема многопроцессорной распределенной системы управления ИМП. В ее состав входят четыре основные подсистемы, а именно:

- подсистема восприятия информации,
- подсистема планирования движения,
- навигационная подсистема и
- исполнительная подсистема.

Каждая из этих подсистем представляет собой самостоятельное вычислительное устройство, координация работы которых осуществляется с помощью центрального процессора.

Рассмотрим более подробно один из реализованных вариантов многопроцессорной системы управления ИМП. В качестве базовых были использованы вычислительные блоки, выпускаемые фирмой Advantech. Этот выбор объясняется компактностью и высокой надежностью аппаратных узлов, произво-

димых данной фирмой, что позволило обеспечить компактность и надежность системы управления ИМП в целом.

В качестве центрального процессора в системе используется процессорный модуль на базе процессора 486DX2-66. На него возлагаются функции координации работы отдельных подсистем, а также функции накопления и корректировки базы знаний робота о среде. Функции обработки сенсорной информации (дальнометрической и телевизионной) возлагаются в системе на два процессорных модуля, каждый из которых включает в себя плату сопряжения с соответствующим источником информации (телевизионной камерой или сканирующим лазерным дальномером) и плату обработки на базе сигнального процессора TMS320.

Особенность системы заключается в том, что задача планирования движения ИМП к цели решается в ней с помощью однородной нейроразнообразной структуры (ОНС), построенной на базе оригинальных СБИС фрагмента ОНС (разработчик – НИИ многопроцессорных вычислительных систем при ТРТУ, г. Таганрог; изготовитель – НИИ точных технологий, г. Зеленоград). Необходимость использования ОНС с параллельным прин-

ципом обработки информации вызвана тем обстоятельством, что процессоры последовательного типа не справляются с решением задачи планирования движения в реальном времени. Так, например, время решения данной задачи на процессоре типа 486DX2-66 составляет до 5 с, в то время как время ее решения при скорости движения ИМП в 15 км/ч должно составлять не более 0,24 с.

Плата ОНС содержит 4096 элементарных нейропроцессоров, объединенных в одно решающее поле и реализованных с помощью 32 СБИС фрагмента ОНС. С помощью ОНС параллельно анализируются всевозможные варианты движения ИМП к цели и выбирается оптимальный, исходя из имеющейся в текущий момент времени в базе знаний информации о среде движения.

Все устройства, входящие в состав системы, связаны с центральным процессором по шине ISA, для чего используется пассивная объединительная плата фирмы Advantech, рассчитанная на 12 посадочных мест. Питание системы осуществляется с помощью блока питания PS-150/DC24, преобразующего бортовое напряжение 24 В в напряжения, необходимые для работы отдельных обрабатывающих узлов.

В целом система работает следующим образом. На основе информации, поступающей в текущий момент времени от сенсорного датчика (сканирующего лазерного дальномера или TV-камеры), соответствующий процессорный модуль строит модель проходящей области среды, каждому участку которой ставится в соответствие интегральный признак, определяющий трудность его прохождения для робота. После того как данная модель сформирована, процессорный модуль формирует запрос в центральный процессор, по которому последний переходит на подпрограмму считывания построенной модели. С помощью специального алгоритма центральный процессор «накладывает» модель осмотренного участка на созданную ранее иерархическую модель среды движения ИМП, привязанную к координатам текущего положения ИМП и составляющую его базу знаний о среде.

После этого ЦП переходит к основной программе обработки, суть которой заключается в следующем. Модель среды движения, хранящаяся в базе знаний, отображается в ОНС, где параллельно разыгрываются всевозможные варианты траекторий движения ИМП к цели и выбирается оптимальный, информация о котором передается обратно в ЦП. Последний, на основании хра-

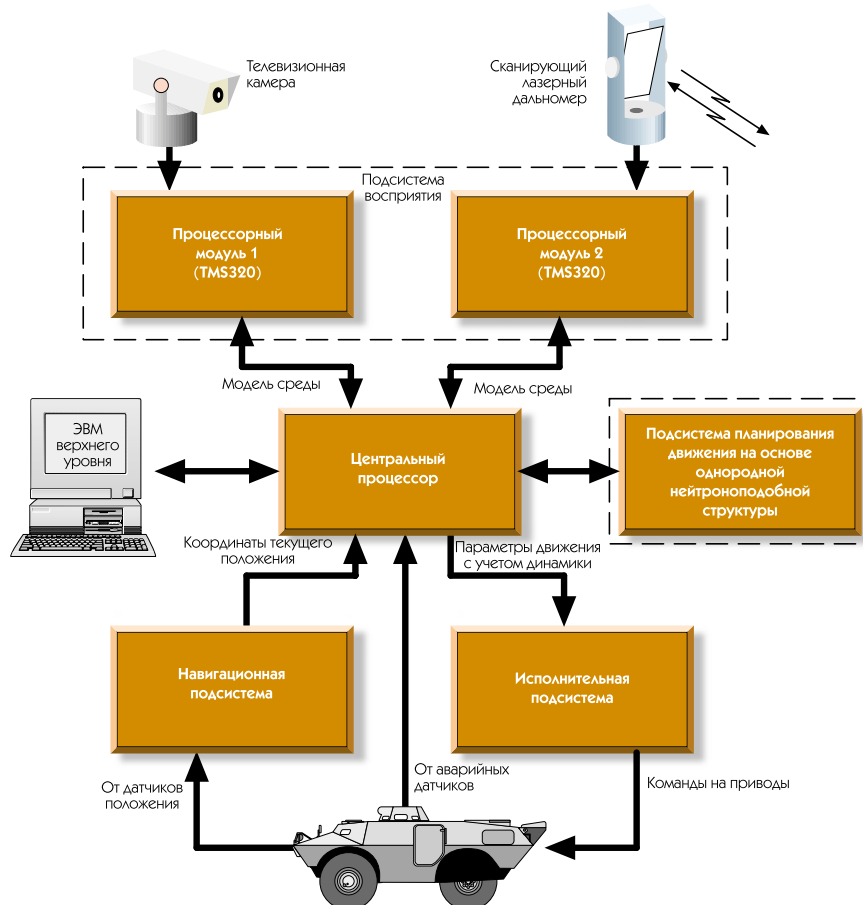


Рис. 3. Обобщенная структурная схема многопроцессорной распределенной системы управления ИМП

нимой динамической модели шасси ИМР, рассчитывает параметры текущего движения ИМР (радиус поворота и скорость) для движения по оптимальной траектории. Эти параметры передаются далее на исполнительные приводы ИМР с помощью специального блока сопряжения с приводами. Выработка управляющих воздействий на приводы осуществляется через каждые 0,2 с, что обеспечивает предельную скорость движения ИМР в 10-15 км/ч.

Разработанные в рамках проведенных исследований многопроцессорные системы управления ИМР прошли успешные испытания в условиях, приближенных к реальным, что подтвердило эффективность заложенных в них принципов. В частности, на рис. 4 показан процесс испытаний прототипа интеллектуального мобильного робота-планетохода, оснащенного подобной системой, на реальном полигоне на Камчатке.

Заключение

В результате проведенных исследований разработаны алгоритмическое обеспечение, теоретические и практические основы построения многопроцессорных систем управления интеллектуальными мобильными роботами, которые могут быть использованы при



Рис. 4. Процесс испытаний прототипа интеллектуального мобильного робота-планетохода на Камчатке

создании ИМР различного назначения, например, научных роботов-исследователей, предназначенных для работы в космосе и под водой; роботов-инспекторов, предназначенных для исследования опасных для человека зон, например, зон радиоактивного или химического загрязнения; роботов-транспортёров, предназначенных для транспортировки грузов на производствах;

роботов бытового назначения, в частности, роботов-уборщиков производственных и бытовых помещений и т. п. ●