

Nazarov Victor Georgievich

29 Scientific Research Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation.

E-mail: ANBAC@mail.ru.

6, Priests Avenue, Moscow, 107014, Russia.

Phone: +74992507994.

Senior Scientist.

Frolov Roman Sergeevich

E-mail: ANBAC@mail.ru.

Laboratory Chief.

УДК 681.518.3

**В.Е. Пряничников, В.П. Андреев, К.Б. Кирсанов, С.В. Кувшинов,
Ю.С. Марзанов, Т.А. Никитина, В.Ю. Пронкин, Е.А. Прысев****ТЕХНОЛОГИИ МОДЕРНИЗАЦИИ И ОЧУВСТВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ
РОБОТОВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ***

Рассматривается задача организации управления как отдельным мобильным роботом (МР), так и их группировкой посредством объединения их информационно-измерительных систем и систем управления в локальную вычислительную сеть (ЛВС) с мобильными узлами. На примере создания управляемых многокамерных систем технического зрения для модернизации робототехнических комплексов МЧС России «BROKK-110D» и «BROKK-330» найдены пути решения проблемы передачи многопоточкового видео и команд управления по радиоканалу в условиях нестабильности и задержек сигналов в каналах связи. Реализована унифицированная структура информационно-управляющих процессов, протекающих в МР с дистанционными сенсорами. Рассмотрены пути совершенствования систем автономного и супервизорного управления колёсных и гусеничных роботов. На примере разработки адаптивного метода борьбы с геометрическим шумом многоэлементных датчиков ИК-излучения показана эффективность использования микропроцессорной обработки сигналов для коррекции искажений, вносимых датчиками информации.

Мобильный робот; информационно-измерительная система; вычислительная сеть; система технического зрения; дистанционные сенсоры; коррекция искажений.

**V.E. Pryanichnikov, V.P. Andreev, K.B. Kirsanov, S.V. Kuvshinov,
Yu.S. Marzanov, T.A. Nikitina, V.Yu. Pronkina, E.A. Prys'ov****TECHNOLOGIES OF MODERNIZATION AND SENSORICS ENHANCEMENT
FOR SPECIAL PURPOSE MOBILE ROBOTS**

In article the problem of the organisation of management both the robot separate a mobile th (MP), and their grouping by means of association of their information-measuring systems and control systems in the local computer network (LAN) with mobile knots is considered. On an example of creation of operated multichamber systems tehniche-skogo sight for modernisation робототехнических complexes of the Ministry of Emergency Measures of Russia «BROKK-110D» and «BROKK-330» многопоточкового video and management commands on a radio channel in the conditions of instability and delays of signals ways of the decision of a problem of transfer are found in communication channels. The unified structure of the information-operating processes proceeding in MP with remote sensor controls is realised. Ways sover-shenstvovaniya systems independent and супервизорного managements of wheel and caterpillar robots are consi-

* Работа частично поддержана грантом РФФИ 10-07-00612а.

dered. On an example of working out of an adaptive method of struggle against geometrical noise of multielement gauges of Ik-radiation efficiency of use of micro-processor processing of signals for correction of the distortions brought by gauges infor-matsii is shown.

Mobile robots; computer vision; remote sensors and internet-control for robots; IR-distortion correction.

Введение. В настоящее время широко ведутся разработки мобильных роботов (МР) для различных операционных сред: МР1 – роботы для бездорожья (военные применения, мобильное патрулирование, для чрезвычайных ситуаций); МР2 – автоматизированные транспортные системы для детерминированных и размеченных сред передвижения (внутрицеховые роботы, линейный привод); МР3 – гибкие транспортные системы для недетерминированной среды (движение по коридорам в офисах, больницах, при охране помещений); МР4 – учебные и домашние роботы; МР5 – подводные роботы (поисковые и исследовательские), дистанционно пилотируемые летательные аппараты.

Основной целью функционирования таких МР является перемещение по частично неизвестной местности – решение локомоционной задачи на трехмерном подпространстве (МР1, МР5), двухмерном (МР3, МР4) или одномерном (МР2). Общей особенностью этих роботов является использование дистанционных сенсоров (ДС), для которых характерны существенные задержки, помехи и искажения, вносимые средой. При попадании МР в зону задымления или запыленности, данные от систем технического зрения (СТЗ) становятся недостоверными (диапазон 0,35–0,75 мкм) и возникает необходимость перехода к использованию только ультразвуковых или ИК-устройств, остающихся работоспособными и в этих условиях.

В последнее время среди разработчиков мобильных роботов сформировалось понимание того, что, оставаясь в рамках приемлемой стоимости таких МР, создание полностью автономных систем теряет целесообразность. Поэтому большое внимание уделяется супервизорному управлению МР, при котором часть функций выполняется автономно с помощью бортовых систем, а конечный анализ обстановки, принятие решений и выдача отдельных команд на включение тех или иных программ управления возлагается на оператора.

В связи с отмеченным, актуальным является решение проблем, связанных с конструированием информационно-измерительных и управляющих систем (ИИУС) МР, с формированием более полных и адекватных моделей этих систем. Для повышения эффективности идентификации окружающей обстановки требуется использование комбинированных систем, построенных на рациональном сочетании СТЗ, тепловизоров, ультразвуковых сенсоров, программных и аппаратных решений. Вынужденный отказ от СТЗ в условиях задымления и переключение на ультразвуковые устройства и тепловизоры часто сопровождается работой при недопустимо большом уровне искажений и помех в измерительных каналах, до 60–85 % недостоверных данных. Возникает необходимость в разработке методов и средств компенсации искажений, логической фильтрации помех, вносимых датчиками информации.

Новая структура ИИУС. При решении перечисленных задач следует учитывать особенности ДС – существенное изменение структуры ИИУС по сравнению с другими робототехническими устройствами [1]. Управление с обратными связями представим в виде цикла: опрос датчиков – сравнение с программной траекторией для выработки управления – исполнение команд – опрос датчиков. Для МР с ДС в этот цикл вклиниваются программно-аппаратные средства, реализующие свой цикл опроса датчиков и интерпретацию шлейфов их показаний, а также еще один цикл постоянного пересмотра программной траектории на основе нави-

гационной оценки положения МР и данных от супервизора. Такая структура ИИУС напоминает логическую сеть асинхронных автоматов. Практическая реализация процессов – преимущественно программная (в том числе, основанная на экспертных правилах). Взаимосвязь процессов и передаваемых данных представляется в виде достаточно простой сети, которую назовем "унифицированной структурой информационно-управляющих процессов, протекающих в МР с дистанционными сенсорами" (сокращенно УСП). Таким образом, возникает актуальная задача анализа этого нового типа ИИУС, прежде всего, в части построения способов работы, алгоритмов и моделей всех ее компонент и создания необходимого интеграционного программного обеспечения для синхронизации информационно-управляющих процессов на распределенной микропроцессорной среде. Со стороны ИИУС исполнительные компоненты МР представляются драйверами устройств, их моделями и структурами данных (наборами параметров), а также входящими в ИИУС имитационными моделями робота, сенсоров и внешней среды для замены реальности при отладке систем.

В рамках данного подхода в настоящей работе рассматривается решение задачи создания комплекса методов и программ для реализации унифицированной структуры процессов управления специальных мобильных технологических роботов на основе рационального разграничения программных и аппаратных функций дистанционных сенсоров и обеспечения работы в реальном масштабе времени в распределенной ИИУС.

СТЗ для МР с дистанционным и супервизорным управлением. Для МР с дистанционным и супервизорным управлением обязательно наличие коммуникационной среды, которая, как правило, вносит существенные задержки, помехи и искажения. Отсюда вытекает задача формирования всех сенсорных показаний в виде шлейфа данных на борту МР и обеспечения его достоверной передачи по коммуникационному каналу в реальном масштабе времени. Возможность полного обзора места действия обеспечивается использованием телекамер, снабженных поворототно-наклонным устройством, установкой на борт нескольких телекамер. Однако в этом случае применения многокамерных СТЗ возникает проблема передачи по радиоканалу многопоточкового видео. В качестве примера подобных систем можно привести СТЗ для специальных мобильных роботов, разрабатываемых и модернизируемых по заказам МЧС в Международной лаборатории «Сенсорика».

При использовании МР для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, техногенных катастроф часто возникает необходимость управления группой роботов. Необходим механизм, посредством которого можно разрешить проблему взаимодействия группы оснащенных СТЗ роботов, управляемых несколькими операторами одновременно [2]. Решение задачи группового управления МР непосредственно связано с возможностью удаленного управления организацией работ группировки МР, что невозможно без соответствующего программного обеспечения. Так возникает задача передачи видеoinформации с СТЗ мобильных роботов в единый командный центр, который может располагаться за много километров от зоны работ [3]. Предлагаемое нами решение отмеченных задач лежит в использовании сетевых технологий [4]. При данном подходе существенным является то, что МР в группировке оказываются мобильными узлами локальной вычислительной сети (ЛВС). Были проведены исследования по определению оптимальной структуры такой ЛВС и определению параметров устройств её формирующих [5]. В результате был решен целый комплекс задач [6], связанных с созданием СТЗ кругового обзора и разработкой соответствующего программного обеспечения для бортового модуля и вычислителя в пульте управления, выполняющего в масштабе реального времени анализ видеоданных и автоматическое формирование цели управления.

Особенности применения МР таковы, что часто возникают существенные ограничения в использовании телекамер; в этом случае необходимо перейти к использованию ультразвуковых или тепловизионных устройств, остающихся работоспособными и в этих условиях. Несовершенство технических решений извлечения информации из сенсорных данных может приводить к потерям существенных данных и, следовательно, ошибкам управления. В тепловизионных устройствах, обладающих (в отличие от ультразвуковых устройств) высокой чувствительностью и большой разрешающей способностью, для получения видеосигнала используются многоэлементные приемники ИК-излучения. Такие сенсоры имеют значительный разброс параметров используемых в них датчиков, что приводит к существенным искажениям тепловых изображений. В работе предложены методы процессорной предобработки сенсорных данных с целью компенсации искажений, вызванных этими дефектами [7].

Заключение. Отработаны технологии модернизации и ремонта роботов для МЧС, в том числе, в рамках данного подхода [1–8], решены следующие задачи:

1. Разработана и опробована концепция построения многокамерных СТЗ для мобильных роботов с дистанционным и супервизорным управлением, а также алгоритмы обеспечения безопасности супервизорного управления мобильных роботов в условиях нестабильной связи с оператором.

2. Исследованы способы объединения в единую вычислительную сеть управляемых многокамерных СТЗ, передающих на большие расстояния с мобильных систем многопоточное видео по радиоканалу в стандарте Wi-Fi. Реализованы интерфейсы, обеспечивающие отображение со стандартной кадровой частотой полноформатных изображений одновременно с нескольких телекамер.

3. Исследованы и реализованы возможности построения учебно-тренировочных классов электронных тренажеров, а также создание на их базе системы удаленного группового управления МР и формирование общей сцены при взаимодействии группы роботов, управляемых несколькими операторами одновременно.



Рис. Мобильные роботы с дистанционным и супервизорным управлением, созданные и модернизированные в МЛ «Сенсорика»

4. Исследовано удаленное управление мобильными роботами, оснащенными СТЗ, посредством объединения через Internet робототехнического оборудования, физически расположенного в разных городах.

5. Разработаны адаптивные (без использования эталонных источников излучения) методы борьбы с «геометрическим» шумом, который вызван неодинаковостью параметров многоэлементных (как линейных, так и матричных) приемников излучения, применяемых при построении специальных СТЗ ИК-диапазона. Предложены варианты построения спецпроцессоров, работающих в реальном масштабе времени.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Пряничников В.Е.* Информационное обеспечение и навигация робототехнических систем с дистанционными ультразвуковыми и оптическими сенсорами: Монография. – М.: Инт. прикл. математики им. М.В. Келдыша РАН. 1993. – 261 с.
2. *Андреев В.П., Кирсанов К.Б., Левинский Б.М., Пряничников В.Е., Травушкин А.С.* Создание класса электронных тренажеров на основе быстродействующей локальной вычислительной сети // Информационно-измерительные и управляющие системы. – М.: Радиотехника, 2009. – Т.7, № 6. – С. 82-92.
3. *Андреев В.П., Кирсанов К.Б., Левинский Б.М., Пряничников В.Е. и др.* Проблемы построения сети интернет-лабораторий с использованием автономных мобильных учебных роботов "АМУР" // Информационно-измерительные и управляющие системы. – М.: Радиотехника, 2009. – Т. 7, № 6. – С. 124-131.
4. *Andreev V., Pryanichnikov V., Prysev E.* Multi-access control of distributed mobile robotic systems on the base of networking technologies. Annals of DAAAM for 2010&Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Interdisciplinary Solutions" 20-23rd October 2010 Zadar, Croatia, ISSN 1726-9679 ISBN 978-3-901509-73-5, pp.15-16.
5. *Pryanichnikov V., Andreev V., Prysev E.* Computer vision and control for special mobile robots. Annals of DAAAM for 2009&Proceedings of the 20th International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Theory, Practice and Education" 25-28th November 2009 Vienna, Austria, ISSN 1726-9679. – P.1857-1858.
6. *Андреев В.П., Кирсанов К.Б., Прысев Е.А., Пронкин В.Ю., Пряничников В.Е.* Построение системы технического зрения мобильного робота с использованием беспроводной технологии Wi-Fi // Информационно-измерительные и управляющие системы. – М.: Радиотехника, 2009. – Т. 7, № 6. – С. 49-63.
7. *Andreev V.* Video Signal Correction for Scanning Photocell Array in the IR-Computer Vision Systems. Annals of DAAAM for 2010&Proceedings of the 21st International DAAAM Symposium "Intelligent Manufacturing & Automation: Focus on Interdisciplinary Solutions" 20-23rd October 2010 Zadar, Croatia, ISSN 1726-9679. – P. 17-18.
8. *Katalinic, B., Kordic, V.* Concept of Design and Scheduling of Self-Organising Complex Flexible Assembly System, Proceedings of the 4th International Workshop on Emergent Synthesis - IWES 02. March 12-13, 2002, Kobe, Japan. – P. 89-96.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор В.Д. Ивченко.

Пряничников Валентин Евгеньевич

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша.

E-mail: val-rover@gambler.ru.

125047, г. Москва, Миусская пл., 4.

Тел.: +79037697288.

Старший научный сотрудник; д.т.н.; профессор.

Андреев Виктор Павлович

Международная лаборатория «Сенсорика».

E-mail: andreev@npptema.ru.

125047, г. Москва, Миусская пл., 4.

Тел.: +79652107951.

Заместитель директора; к.ф.-м.н.

Кирсанов Кирилл Борисович

E-mail: kkirsanov@gmail.com.

Научный сотрудник.

Пронкин Виталий Юрьевич

E-mail: pronvit@gmail.com.

Научный сотрудник.

Прысев Евгений Александрович

E-mail: evgenij.prysev@gmail.com.

Научный сотрудник.

Кувшинов Сергей Викторович

Институт новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета.

E-mail: kuvshinovs58@mail.ru.

125993, г. Москва, Миусская пл., 6.

Тел.: +74992506974.

Директор института новых образовательных технологий Российского государственного гуманитарного университета.

Никитина Татьяна Алексеевна

Российский государственный гуманитарный университет.

E-mail: nitka00@list.ru.

125993, г. Москва, Миусская пл., 6.

Тел.: +74992506246.

Ведущий программист.

Pryanichnikov Valentin Evgen'evich

Keldysh Institute of Applied Mathematics.

E-mail: val-rover@rambler.ru.

4, Miusskaya Pl., Moscow, 125047, Russia.

Phone: +79037697288.

Senior Scientist; Dr. of Eng. Sc., Professor.

Andreev Victor Pavlovich

International "Sensorika" Laboratory.

E-mail: andreev@npptema.ru.

4, Miusskaya pl., Moscow, 125047 Russia.

Phone: +79652107951.

The Deputy Director; Cand. of Phis.-Math. Sc.

Kirsanov Kiril Borisovich

E-mail: kkirsanov@gmail.com.

Researcher.

Pronkin Vitaly Yur'evich

E-mail: pronvit@gmail.com.

Researcher.

Prysev Evgeni Aleksandrovich

E-mail: pronvit@gmail.com.

Researcher.

Kuvshinov Sergey Viktorovich

Russian State University for the Humanities.

E-mail: kuvshinovs58@mail.ru.

6, Miusskaya Sq., Moscow, 125993, Russia.

Phone: +74992506974.

Director of the INOT RSUH.

Nikitina Tatiana Alexeevna

E-mail: nitka00@list.ru.

Leading Programmer.