

Отчет об использовании профессионального комплекта QNX Momentics PE в Таганрогском Радиотехническом Университете в академическом исследовательском проекте «Разработка системы автоматического управления автономным мобильным роботом».

Профессиональный комплект разработчика QNX Momentics PE был получен студенческой лабораторией НИР «Робототехника и интеллектуальные системы» кафедры Электротехники и мехатроники Таганрогского радиотехнического университета в начале 2006 года в рамках некоммерческой образовательной программы «QNX для ВУЗов» для разработки программы управления мобильным роботом «СКИФ-2» (академический исследовательский проект).

Студенческая лаборатория НИР «Робототехника и интеллектуальные системы» (<http://www.riis.tsure.ru/>) работает в ТРТУ с апреля 2002 года. Сотрудниками лаборатории являются студенты выпускающих кафедр университета и консультанты из числа сотрудников университета.

Основная цель лаборатории заключается в способствовании развитию студенческой науки в ТРТУ и стимулировании внедрения научных достижений в учебный процесс. Сотрудники лаборатории представляют университет на конференциях, соревнованиях и конкурсах по робототехнике и смежным наукам, принимают участие в разработке, изготовлении, наладке и внедрению средств робототехники и интеллектуальных систем.

За 4 года работы СКБ добилось больших успехов в достижении этих целей, которые подтверждены многочисленными наградами.

В настоящее время СКБ работает над проектами:

- автономный мобильный робот на базе мини-дирижабля (АМР МД) "СТЕРХ",
- автономный мобильный робот (АМР) "СКИФ-3",
- РТК на базе манипуляционного робота PUMA-560,
- автоматическая система управления уличным освещением (АСУ УО),

- футбол роботов,
- автономный подводный робот «СКАТ».

Предоставленное ПО использовалось для разработки и портирования программного обеспечения автономного мобильного робота «СКИФ-2»

АМР «СКИФ» предназначен для решения позиционно-контурных задач движения во внешней (рабочей) среде.

АМР «СКИФ» являлся стартовым проектом СКБ и традиционно стал областью для апробирования новых идей и накопления опыта для реализации более сложных и комплексных задач, стоящих перед лабораторией. В системе управления роботом использованы принципиально новые позиционно-контурные алгоритмы и аппаратные решения, позволяющие, совместно с новым подходом к планированию траекторий движения, значительно расширить функциональные возможности робота и повысить точность отработки заданий.

До участия СКБ в программе «QNX» для ВУЗов АМР «СКИФ» работал под управлением ОС Microsoft Windows. Целью работы являлось создание системы управления на основе более предназначенной для этих целей ОСРВ «QNX», практическая реализация процедур планирования траекторий движения и алгоритмов управления.

Участие в образовательной программе позволило сотрудникам лаборатории получить практические навыки работы с ОСРВ QNX 6.3, разработать программу управления мобильным роботом «СКИФ-2». Предоставленное ПО использовалось четырьмя студентами и одним преподавателем.

Аппаратная реализация АМР «Скиф-2»

Структура аппаратной части АМР «СКИФ-2» [1] представлена на рисунке 1. Основу бортовой аппаратной части составляет ЭВМ на базе микропроцессорного набора Intel 815E с процессором Intel Celeron 1000 МГц. В качестве сенсорной подсистемы используется система стереоскопического технического зрения (ССТЗ) на основе двух цветных телевизионных камер

TK1 и TK2 ИТМ-С-ВР фирмы Intertec с ПЗС-матрицей на 628x582 точки, система восприятия полосы на базе телекамеры TK3 ИТМ С1-DS, а также вращающийся инфракрасный датчик (ИКД). Формируемый видеокамерами аналоговый видеосигнал в формате PAL поступает на выполненные в виде PCI-плат устройства захвата видео (фреймгрейберы FlyVideo EZ II), где оцифровывается и передается в память ЭВМ.

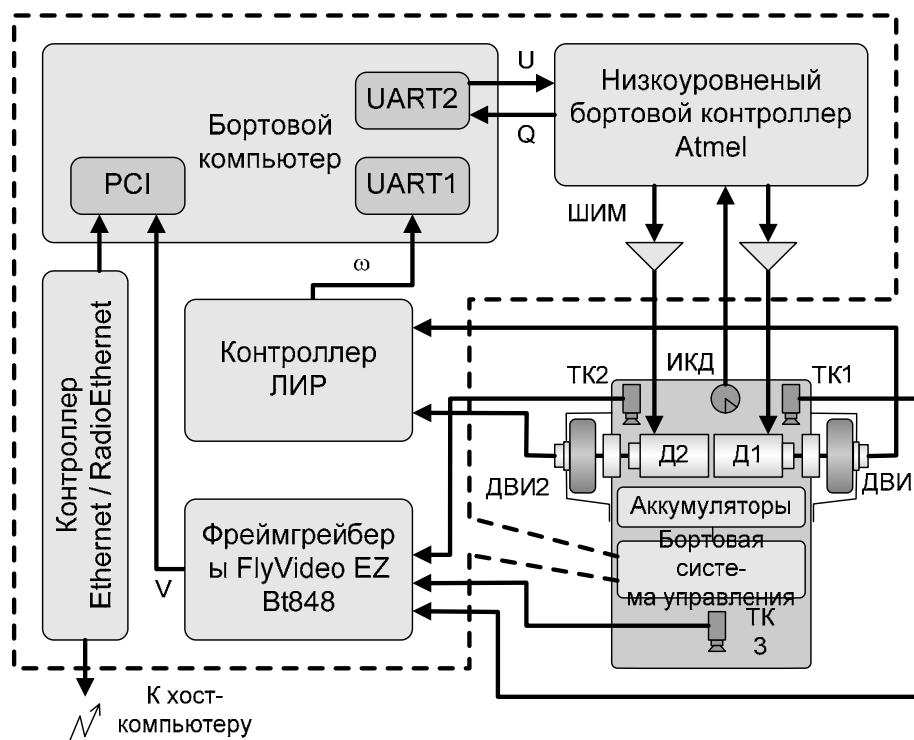


Рис. 1 Структура аппаратной части АМР «Скиф»

Датчики внутренней информации ДВИ1 и ДВИ2 снимают информацию о положении ведущих колес и передают ее на промышленный блок преобразования сигналов ЛИР. ЛИР вычисляет путем дифференцирования этой информации скорости вращения колес $\omega = \begin{vmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{vmatrix}$ и пересылает их через

асинхронный последовательный порт UART1 в ЭВМ. Через второй последовательный порт ЭВМ передает значения управляющих напряжений

$U = \begin{vmatrix} u_1 \\ u_2 \end{vmatrix}$ в контроллер управления приводами на базе микроконтроллера AVR

фирмы Atmel. По ним контроллер формирует сигнал широтно-импульсной модуляции, который через блок усилителей поступает на двигатели Д1, Д2.

Также контроллер реализует восприятие информации от ИКД и выдачу в ЭВМ результатов кругового сканирования. Настройка, управление и контроль над функционированием бортовой ЭВМ происходит через локальную сеть (с использованием беспроводной сетевой карты Radio Ethernet).

Структура программной части АМР «Скиф-2»

Структура программной части, выполняющейся на бортовой ЭВМ, синтезирована в соответствии с иерархическим принципом и включает в себя стратегический уровень планирования и тактический исполнительный уровень.

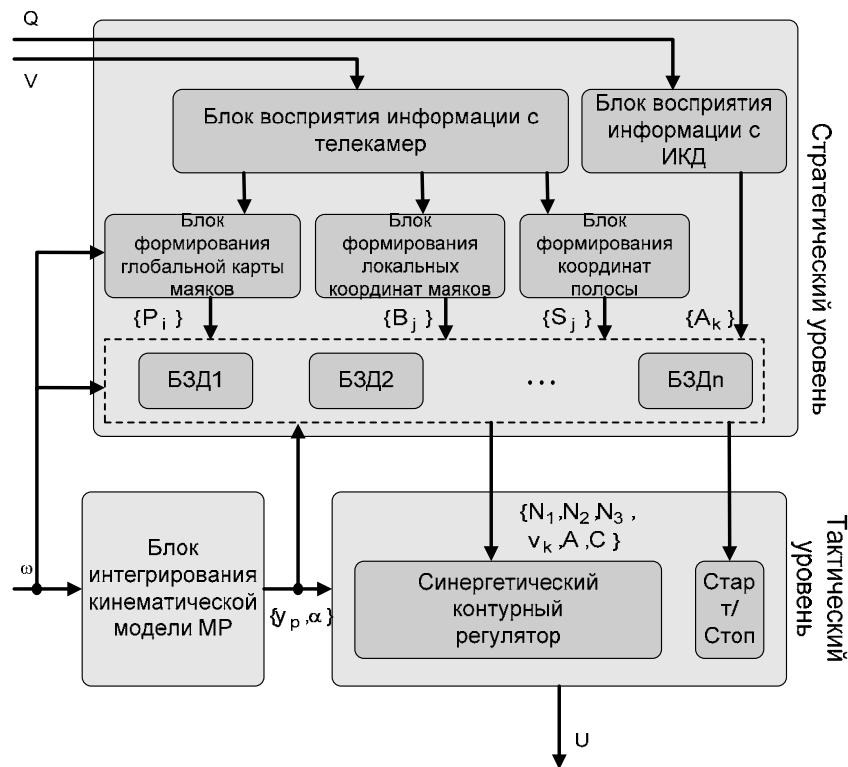


Рис. 2 Структура программной части АМР «Скиф»

Тактический уровень формирует значения управляющих напряжений

$$U = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix}, \text{ реализую один из режимов работы:}$$

- выполнение позиционно-траекторных задач с использованием синергетического контурного регулятора, синтезированного с учетом моделей МР;

- выполнение торможения и разгона путем подачи $U = \begin{vmatrix} 0 \\ 0 \end{vmatrix}$ и $U = \begin{vmatrix} u_c \\ u_c \end{vmatrix}$, где

u_c – некоторое постоянное напряжение.

Переключение режимов работы и задание параметров осуществляет стратегический уровень планирования. Счисление координат $y_p = \begin{vmatrix} y_{p1} \\ y_{p2} \end{vmatrix}$ и ориентации α МР, необходимых как для стратегического, так для тактического уровня, происходит путем интегрирования кинематической модели по значениям $\omega = \begin{vmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \end{vmatrix}$, получаемых от ЛИР.

В зависимости от решаемых задач, стратегический уровень реализует различные способы обработки сенсорной информации и методы планирования.

Программную часть системы управления АМР «Скиф» реализована в виде многопоточного консольного приложения с применением объектно-ориентированного подхода на языке C++ в операционной системе QNX Neutrino 6.3.2.

В программе работают следующие потоки:

- *поток ЛИР*: получает информацию от датчиков внутренней информации и интегрирует кинематическую модель робота;

- *поток обработки видеoinформации* (в процессе разработки) – на основе информации от системы технического зрения (две телекамеры) вычисляет трехмерные координаты маяков, либо (в зависимости от задания) на основе информации от камеры отслеживания полосы с использованием нейросети формирует коэффициенты квадратичной формы, описывающей эту полосу [2];

- *поток регулятора* синтезирует управляющие воздействия на основе модели робота и заданной траектории движения и отправляет их бортовому контроллеру;

- *поток планировщика* на основе сенсорной информации от инфракрасных датчиков дальней зоны и телекамер, положения робота и вида выполняемого задания задает траекторию движения (которую обрабатывает регулятор);

- *поток-сервер* реализует взаимодействие с программой дистанционного управления с помощью технологии *socket*, изменяет по команде пользователя тип задания, реализует возможность ручного управления с помощью джойстика, передает информацию о внутренних переменных программы, видеоинформацию (в процессе разработки). Программа дистанционного управления, обеспечивающая интерфейс пользователя, разработана с использованием платформы .NET и компонентов визуализации данных для неё в ОС Microsoft Windows XP.

На данном этапе программа управления реализована за исключением алгоритмов обработки видео, над реализацией которых ведется работа (см. рис. 3). Для стереоскопического зрения использованы два вращающихся инфракрасных датчика дальней зоны.

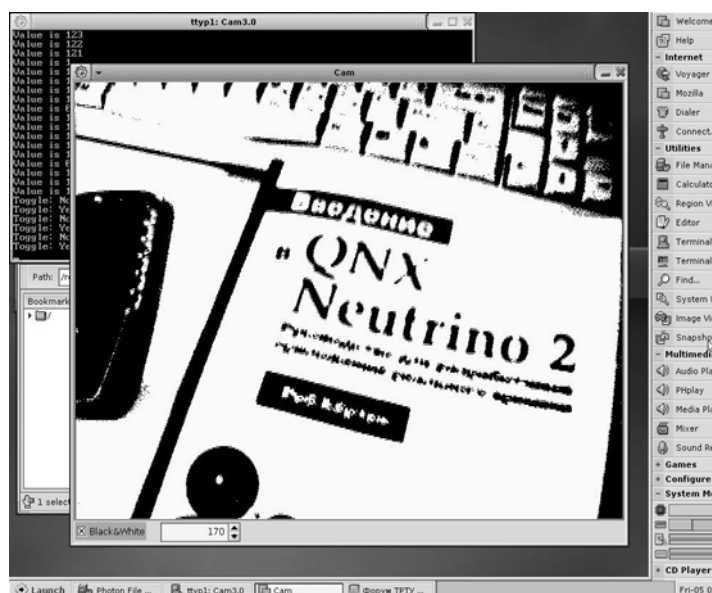


Рис. 3 Бинаризация

На рисунке 3 представлена тестовая программа обработки видеоинформации, разработанная с помощью Photon Application Builder. В

ней протестирована возможность получения информации от телекамер. Для демонстрации реализована простая процедура бинаризации. В программе открывается путевое имя менеджера устройства оцифровки (`/dev/bttvx`), создается объект типа *pimage*, по событию таймера с необходимой частотой читаются данные, которые затем загружаются в этот объект. Далее к изображению можно обращаться как к двумерной матрице пикселей. Преобразование к градациям серого осуществляется приравниванием красного, зеленого и синего цвета в RGB-представлении к некоторому значению, определяющему получающуюся яркость. Это значение вычисляется по формуле $gray = 0.30 * Red + 0.59 * Green + 0.11 * Blue$. Полученное значение может быть бинаризовано относительно некоторого порога.

Разработку программного обеспечения планируется продолжить для следующей (уменьшенной) версии робота «СКИФ-3».

Мобильный робот «СКИФ-2» был представлен на фестивале «Мобильные роботы 2006» и первом фестивале наук МГУ им. М.В. Ломоносова (см. фото), выставках научно-технического творчества в Ростовском государственном университете и Новочеркасском политехническом университетах.



Команда «СКИФ-2» на фестивале мобильных роботов МГУ

По данной тематике подготовлены доклады на университетской конференции и семинарах, защищена бакалаврская работа.

Работники СКБ «Робототехники и интеллектуальных систем» и кафедры электротехники и мехатроники приняли участие в конференции «QNX-Россия-2006» (см. фото), прошли учебный курс компании SWD для преподавателей.



Конференция QNX-Россия-2006, на фотографии: Дэн Додж (учредитель и генеральный директор QNX Software Systems), Федоренко Роман (студент ТРТУ, работник СКБ "РиИС"), Кузнецова Екатерина (студентка КГТА), Чарльз Иган (вице президент по исследованиям и разработке QNX Software Systems)

Дальнейшие работы СКБ «РиИС» и кафедры электротехники и мехатроники в этом направлении планируется посвятить доработке созданного программного обеспечения (в частности реализации видеообработки в ОСРВ QNX) в рамках проекта «СКИФ-3», создания лабораторного стенда на основе мобильного робота «СКИФ-2», составления лабораторного практикума и организации курса операционных систем реального времени. Планируется разработка аналогичного программного обеспечения для управления роботизированным дирижаблем (проект «Стерх»).

Благодаря образовательной программе «QNX для ВУЗов» студенты ТРТУ, работники студенческой лаборатории НИР «Робототехника и интеллектуальные системы» получили полезный опыт по работе с ОСРВ QNX и средствами разработки для неё, приобрели знания по теории операционных систем, имели интересную возможность участия в

конференциях и выставках. Мы благодарим компании SWD Software и QNX Software Systems за поддержку и надеемся на продолжение сотрудничества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабанец В. А. Шемаев П. К. Кавешников Н. А. "Аппаратная реализация колесного мобильного робота "СКИФ". Всероссийский фестиваль молодежи "Мобильные роботы 2002". Материалы научной школы-конференции. Москва 5-6 декабря 2002г. "Мобильные роботы и мехатронные системы". Москва 2002 г.
2. В.Х. Пшихопов, М.Ю. Сиротенко. Нейросетевое планирование 2D-траекторий движения для автономных мобильных роботов с синергетическим позиционно-траекторным регулятором. Адаптивные роботы 2004: Труды Международной научной школы-семинара (Санкт-Петербург, июнь 2004). - М.:, 2004. с. 61-64
3. Пшихопов В.Х. Аналитический синтез синергетических регуляторов для позиционно-траекторных систем управления мобильными роботами // Сб. трудов научно-техн. конф. «Экстремальная робототехника»; Под научной ред. проф. Е.И. Юревича. СПб. 2001. С.59-68.
4. <http://www.qnx.com>
5. <http://www.swd.ru>
6. Алексеев Д., Вендревич Е., Волков А. и др. Практика работы с QNX // М.: Издательский дом «КомБук», 2004.
7. Кёртен Р. Введение в QNX Neutrino 2. Руководство для разработчиков приложений реального времени // СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
8. Зыль С.Н. QNX Momentics: основы применения // СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
9. Встроенная справочная система QNX Momentics 6.3.2.
10. <http://www.qnx.org.ru/>