

## РАЗРАБОТКА СЕНСОРНОЙ СИСТЕМЫ В РАМКАХ ПРОЕКТА SYMBRION REPLICATOR

*Кривоухов Д.А., Dipl.-Ing. Eugen Meister  
Донецкий национальный технический университет  
IPVS Universitaet Stuttgart*

В настоящее время продолжает развиваться автоматизация производства. Все больший объем работы выполняется искусственными организмами, часто без постоянного человеческого контроля. Разработка новых более продуктивных и эффективных автоматизированных робототехнических систем остается актуальной.

Кооперация и конкуренция между независимыми агентами может повысить приспособленность всей системы. Интересную форму коллективной системы демонстрируют некоторые бактерии и грибки, которые могут построить симбиотический организм. Симбиотические сообщества могут развить новые функциональные способности, которые помогут всем членам продуктивнее существовать в окружающей среде [1].

Главной целью проекта Symbion Replicator (ранее двух проектов, в процессе развития слившихся в один) является исследование и разработка новаторских принципов адаптации и эволюции симбиотических робототехнических организмов, основанных на биологических принципах и современных вычислительных парадигмах. Такие организмы состоят из крупномасштабных роев роботов, которые могут соединяться друг с другом и симбиотически делиться энергией и вычислительными ресурсами в рамках одной искусственной формы жизни. Такие роботы могут динамически перестраивать свою структуру на один или несколько отдельных организмов, подбирая таким образом наиболее выгодную форму, и взаимодействовать с окружающим миром при помощи множества датчиков и исполнительных механизмов.

Биологические эволюционные парадигмы в совокупности с реализацией конструкции в виде роя роботов позволяют организмам автономно управлять своей аппаратной структурой и программным обеспечением. Таким образом искусственные робототехнические организмы становятся самостоятельно конфигурирующимися, лечащимися, оптимизирующимися и защищающимися с аппаратной и программной сторон. Это ведет не только к крайне приспособляющимся, эволюционирующим и масштабируемым робототехническим системам, но и позволяет организмам перепрограммировать себя без человеческого контроля для достижения новой, непредусмотренной заранее функциональности. Кроме того, различные симбиотические организмы могут совместно эволюционировать, сотрудничать друг с другом и с окружающей средой [2].

Главной способностью модульного робота является построение из нескольких потенциально независимых модулей с ограниченной сложностью и возможностями, которые соединяются друг с другом для формирования более функционального робота.

Одной из проблем является организация электроники из-за строгих ограничений в размере и сложности аппаратной части [1].

Для того, чтобы уменьшить объем вычислительной работы для основного процессора, для системы сенсоров применяется отдельный самостоятельный процессор, обрабатывающий информацию от датчиков и посылающий команды главному процессору. Например, при разработке системы обхода препятствий при движении, основанной на инфракрасных датчиках, дополнительный процессор

итерационно получает информацию, обрабатывает ее. И только при обнаружении препятствий передает команду главному процессору, что существенно сокращает нагрузку на основной процессор.

Ранее для обработки информации использовался процессор ARM Cortex M3, один из RISC-процессоров. **RISC** (англ. *Reduced Instruction Set Computer*) - вычислитель с сокращённым набором команд. Это концепция проектирования процессоров (ЦПУ), которая во главу ставит следующий принцип: более компактные и простые инструкции выполняются быстрее. Простая архитектура позволяет удешевить процессор, поднять тактовую частоту, а также распараллелить исполнение команд между несколькими блоками исполнения (т. н. суперскалярные архитектуры процессоров) [3].

Также одним из важным показателем при разработке электроники для данного робота является потребляемый ток. Каждый модуль робота автономен и работает от внутренних источников питания. Поэтому для обработки информации от сенсоров на замену Cortex выбран один из процессоров фирмы Texas Instruments семейства MSP430, наиболее важной особенностью которого является ультра-низкое энергопотребление (табл. 1).

Таблица 1

Энергопотребление микроконтроллера MSP430FG4618

Режим	Потребляемый ток	Примечание
Активный режим	400 $\mu$ A	При 1 MHz, 2.2 V
Режим ожидания	1.3 $\mu$ A	
Режим сна (сохранение ОЗУ)	0.22 $\mu$ A	

Другой важной особенностью данного микроконтроллера является наличие встроенного аналогово-цифрового преобразователя с 12 независимыми каналами (ADC12). ADC12 – это 12-битный аналого-цифровой преобразователь со встроенной схемой сбора и сохранения. Первая часть состоит из мультиплексора, позволяющего разработчику выбирать один из восьми внешних контактов или один из четырех внутренних источников как сигнал для конвертации. Также в АЦП есть внутренний температурный сенсор, позволяющий получить примерное представление об операционной температуре [5]. Архитектура микроконтроллера в сочетании с пятью энергосберегающими режимами оптимизирована для увеличения срока работы батареи для портативных измерительных устройств [4].

Таким образом MSP430FG4618 является оптимальным микроконтроллером для сенсорной системы, которая включает в себя, микрофон, инфракрасные сенсоры, зуммер, датчики силы, температуры, влажности.

Инфракрасные сенсоры используются для организации системы избегания препятствий при движении и при коммуникации. Главной проблемой при выборе датчика является малое расстояние чувствительности, т.к. размер является строгим ограничением и использование мощных сенсоров невозможно. Инфракрасные сенсоры состоят из передатчика и приемника. Передатчиком служит инфракрасный диод. Решением проблемы с мощностью передатчика стало использование генератора импульсов для управления состоянием диода. При использовании импульсов диод включается на короткое время и согласно техническим данным при этом через него можно пропускать гораздо больший ток, чем при постоянной работе. Были проведены опыты с сенсором OMRON EE-SY110 и использование импульсов позволило увеличить дистанцию чувствительности с 5 мм до 30 см.

Микрофон и зуммер используются как альтернативный способ коммуникации между роботами. Датчики силы служат для обнаружения и фиксирования давления на корпус. Для этих датчиков были выбраны сенсоры фирмы Interlink, работающие по принципу динамического сопротивления, которое изменяется в зависимости от давления.

Каждая из четырех боковых сторон робота оснащена одинаковым набором элементов: микроконтроллер, сенсоры и др. Таким образом каждый процессор контролирует свою сторону независимо от других и наличие многоканального АЦП позволяет разместить большее количество сенсоров. Проблемой остается наличие мертвых зон для инфракрасных сенсоров. Для тестируемого датчика область обнаружения представляется в виде конуса с углом вершины в 15 градусов и даже наличие четырех сенсоров не перекрывает всю площадь, а использование большего числа датчиков недопустимо.

По плану проект Symbrion Replicator должен быть закончен к 2013 году и на данный момент находится на стадии разработки. Структура сенсорной системы определена. Работа над решением проблем продолжается.

### **Литература**

- [1] «Symbiotic Robot Organisms: REPLICATOR and SYMBRION Projects» Serge Kernbach, Eugen Meister, Florian Schlachter, Kristof Jebens, Marc Szymanski, Jens Liedke, Davide Laneri, Lutz Winkler, Thomas Schmickl, Ronald Thenius, Paolo Corradi, Leonardo Ricotti (PerMIS 08, August 19-21, 2008, Gaithersburg, MD, USA)
- [2] <http://www.symbrion.eu/tiki-index.php>
- [3] <http://ru.wikipedia.org/wiki/RISC>
- [4] “MSP430xG461x Mixed Signal Microcontroller SLAS508G -- APRIL 2006 -- REVISED OCTOBER 2007” datasheet
- [5] «Embedded Systems Design using the TI MSP430 Series» Chris Nagy ISBN: 0-7506-7623-X TK7895.E42N34 2003