

УДК 004.9

И.А. Каляев, С.Г. Капустян

НИИ многопроцессорных вычислительных систем Таганрогского государственного радиотехнического университета

А.А. Буриков, Н.А. Негиевич

Ростовский государственный педагогический университет

Биоробототехника – современное направление робототехники

Исследования и разработки в области микро- и миниробототехники ведутся в настоящее время практически во всех развитых странах мира. Наиболее интенсивный характер этих работ наблюдается в Японии, а также в США и, прежде всего, по линии Проектного агентства перспективных оборонных исследований DARPA.

Введение

В последнее время на стыке микросистемотехники и биологии возникли новые направления, которые можно объединить под названием биомикроробототехника (БМРТ) [1-3].

Одно из таких направлений нацелено на разработку так называемых «биогибридов» или биороботов и подразумевает некоторые «технологические улучшения» природных способностей и возможностей живых организмов. Суть этого подхода заключается в том, что управление осуществляется живым организмом, насекомым или мелким животным, путем воздействия электрическими сигналами на его нервную систему [1], [2]. Такие микро- или минибiorоботы могут использоваться как мобильные устройства для решения целого спектра задач, связанных с радиационной и химической разведкой, антитеррористической деятельностью, например, для поиска взрывчатых веществ с ликвидацией последствий аварий, для поиска людей под завалами. При этом можно эффективно использовать природные сенсорные и моторные свойства живых организмов. Пример такого подхода представлен на рис. 1.

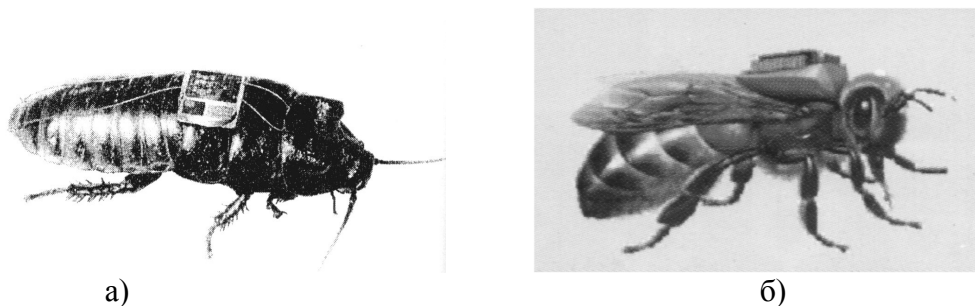


Рис. 1. Примеры биомикророботов

Авторы [2] уверены, что за этим направлением большое будущее. Использование живых организмов в качестве мобильных подсистем микророботов позволяет обходить проблемы энергопитания, микродвигателей и микродвижителей, неизбежно возникающие при традиционном подходе к построению микророботов.

Анализ состояния дел в области биоробототехники

Подтверждением активного развития биоробототехники является то, что, одной из программ, выполняемых в США по линии DARPA, является программа «Управляемые биологические системы», сроки выполнения – 1998-2002 гг., объем финансирования – 20 млн. долл.

Для создания биороботов крайне важен подбор биологического объекта. Решающим фактором здесь являются те условия среды, в которых им предстоит работать. В качестве биообъектов могут быть использованы мелкие животные и насекомые, на которых могло бы быть возложено выполнение специфических операций, которые не под силу человеку. Например, управляемых мелких существ, снабженных соответствующими микросенсорами, можно запускать в развалины зданий через небольшие отверстия и трещины для поиска людей. На первом этапе работ по указанной выше программе использовался один из видов тараканов – «black beetle» (рис. 1. а). На спины особей погрузили микропроцессоры массой примерно 3 г, вместо крылышек, которые были удалены, укрепили мельчайшие электроды. Поступающий на них сигнал заставляет подопытных двигаться вперед, поворачивать налево и направо, перемещаться в сторону предметов, излучающих тепло. Тараканы могут нести полезную нагрузку, превышающую их собственную массу в 20 раз. Время функционирования подобных биомикророботов пока ограничено несколькими месяцами работы.

Примерами разработок роботов – биогбридов в США являются также пчела-миноискатель (рис. 1.б) с прикрепленным радиоследящим пояском и радиоуправляемая бабочка-мотылек.

Разработка биоробота на базе черепахи

Удачным объектом для работы на суше и в воде может стать черепаха. Это неприхотливое животное, способное длительное время обходиться без пищи и воды и перемещаться с грузом, сравнимым с ее собственной массой. Важно, что различные виды черепах, приспособленных к различным средам обитания, имеют схожее строение мозга. Коллективами НИИ многопроцессорных вычислительных систем Таганрогского государственного радиотехнического университета (НИИ МВС ТРТУ) и лаборатории нейробиологии поведения кафедры общей биологии Ростовского государственного педагогического университета (РГПУ) проводились исследования по созданию биоробота, в которых в качестве биологического объекта как раз и была выбрана черепаха (рис. 2).

Известно, что черепахи способны решать экстраполяционные задачи, связанные с оценкой положения и движения конкретного раздражителя, а также с оценкой его внешних параметров (объем, форма). Кроме того, у черепах хорошо развиты навигационные способности. Исследования показали возможность обучения черепах тонкому различению разных сигналов и осуществлению необходимых реакций на тот или иной сигнал. Поэтому можно говорить о перспективах использования черепах к осуществлению определенных действий при появлении тех или иных сигналов, а также о перспективах управления моторного поведения черепах на природных ландшафтах.

В настоящее время имеются обширные сведения о конкретных нервных механизмах, определяющих организацию текущего функционального состояния и конкретного двигательного поведения. В соответствии с теорией многоуровневой иерархической системы управления движениями она состоит из следующих уровней: А – уровень палеокинетических регуляций, он же рубро-спинальный уровень центральной нервной системы; В – уровень синергий, он же таламо-паллидарный уровень; С – уровень пространственного поля, он же пирамидно-стриарный уровень; D - уровень действий (предметных действий, смысловых цепей и т.п.), он же теменно-премоторный уровень.



Рис. 2. Исследование возможности управления черепахой

Функциональное состояние определяется взаимодействием многих подсистем, в частности, ретикулярной системой продолговатого мозга и голубоватого пятна, структурами таламуса и гипоталамуса.

Были использованы животные, относящиеся к трем видам черепах – среднеазиатская степная (*Testudo horsfieldi*), краснощекая (*Pseudemus scripta*), болотная (*Emis orbicularis*). На первом этапе для управления двигательным поведением была выбрана многоканальная электрическая стимуляция, параметры которой задавались по проводам или радиоканалу от ЭВМ на основе биологической обратной связи. Многоканальный «интеллектуальный стимулятор», в принципе, может крепиться к панцирю животного. Электроды вживлялись в отделы, отвечающие за те или иные локомоторные функции: 1) мозжечок; 2) ретикулярная формация продолговатого мозга; 3) стриатум;

4) средний мозг; 5) структуры спинного мозга. Электроды толщиной 0,05 мм были изготовлены из нихрома и по всей длине, кроме конечного отрезка, покрыты стеклом или лаком.

Исследования проводились в лабораторных условиях на горизонтальном полигоне 1,5x1,5 м без препятствий или на тредбане. Спонтанное и вызванное поведение животного контролировалось с помощью двух видеокамер, обрабатывалось ЭВМ. На ЭВМ формировались паттерны стимулов для реализации конкретной программы движений.

Были отработаны следующие режимы движений: старт с положения неподвижного бодрствования; движение по прямой; повороты вправо, влево; манежные движения.

Разработанный в НИИ МВС ТРТУ малогабаритный восьмиканальный настраиваемый нейростимулятор использовался для стимуляции определенных областей мозга черепахи при отработке движений по прямой, поворотов, манежного движения. Разработан макет системы управления движением биоробота на базе однокристалльной микро-ЭВМ. С помощью системы управления и нейростимулятора была показана возможность управления движением биообъекта по заданной траектории.

Структура и внешний вид макета системы управления с нейростимулятором представлены на рис. 3.

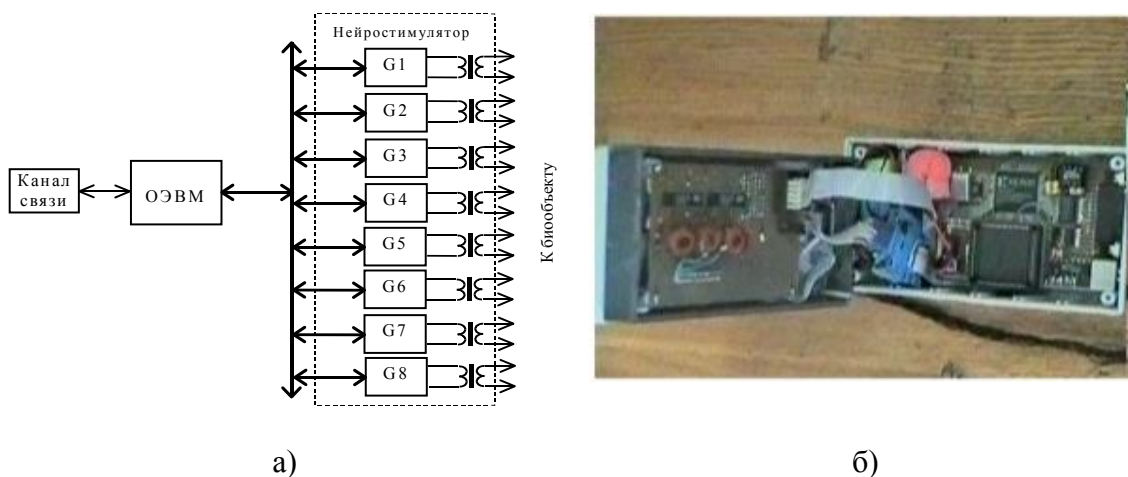


Рис. 3. Структура системы управления биороботом (а) и внешний вид макета (б)

Команды на движение поступают по проводному или беспроводному каналу связи, например, от ПЭВМ, в виде соответствующих кодов. Эти коды дешифрируются программно в однокристалльной ОЭВМ, которая в определенной последовательности запускает генераторы в соответствующих каналах. Количество каналов и последовательность запуска генераторов определяются командой. Сигналы в виде электрических импульсов с заданными временными и амплитудными характеристиками через схемы гальваноразвязки воздействуют на соответствующие области мозга через вживленные в них электроды. Амплитуда сигналов, частота следования импульсов, скважность и количество импульсов в одном сигнале определяется, во-первых, областями мозга, стимулируемыми этими сигналами, а во-вторых, индивидуальными особенностями биообъектов.

На первом этапе исследований настройка каналов нейростимулятора осуществлялась опытным путем через ОЭВМ в процессе работы с биообъектом, для чего была предусмотрена возможность передачи настроечной информации по каналу связи с оператором в систему управления биоробота.

В дальнейшем предполагается разработка и создание средств адаптивной настройки нейростимулятора по ответной реакции мозга биообъекта путем автоматического измерения уровня ответных электрических сигналов, возникающих при возбуждении соответствующих областей мозга. Подбор параметров стимулирующих сигналов будет осуществляться программно ОЭВМ системы управления по соответствующему алгоритму. Оптимальному набору параметров сигналов стимуляции соответствует самый высокий уровень ответных сигналов.

Выводы

Результаты проведенных исследований подтверждают перспективность работ в направлении создания биоробототехнических систем.

Вместе с тем, необходимо решить еще целый комплекс задач в этой области. В частности, нужно разработать методологические основы подбора биологических объектов для биороботов различного назначения, методологию сопряжения биообъектов с техническими средствами систем управления биороботов, провести исследования двигательной активности биообъектов. Кроме того, необходимо осуществить создание малогабаритных унифицированных систем управления биороботами различного назначения, а также разработать адаптивный многоканальный нейростимулятор, который является интерфейсом между системой управления и биологическим объектом, способный автоматически осуществлять оптимальную настройку параметров стимулирующих сигналов по ответной реакции биообъекта.

Литература

1. Mohseni P., Nagarajan K., Ziaie B., Crary S.B. Robotics at the Interface of Microsystems Technology and Biology: Biobotics // IARP Int. Workshop on Micro Robots, Micro Mashines and Systems. Moscow, Russia, nov. 24-25, – 1999. – P. 78 – 82.
2. Ayers J., Crisman J.D. Massa D. Biologically-based Controller for an Underwater Ambulatory Robot // Proc. Int. Symp. Unmanned Submersible Technology. Autonomous Undersea Systems Institute, Portsmouth, NH. – P. 60-68.
3. Рубцов И.В., Нестеров В.Е., Рубцов В.И. Современная зарубежная военная микро- и мини-робототехника //Микросистемная техника.– 2000. – №3. – С. 36-42.

Материал поступил в редакцию 08.06.01.