

УДК 004.896-02

*А.В. Лопота, Е.И. Юревич
Санкт-Петербург, Россия*

ЭТАПЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОДУЛЬНОГО ПРИНЦИПА ПОСТРОЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

*A.V. Lopota, E.I. Yurevich
St.-Petersburg, Russia*

STAGES AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF ROBOTIC SYSTEMS DESIGN MODULAR PRINCIPLE

Рассмотрены четыре этапа развития модульного принципа построения робототехнических систем, которые предопределили дальнейшее развитие робототехники.

МОДУЛЬНЫЙ ПРИНЦИП. ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА. РЕКОНФИГУРАЦИЯ. САМООРГАНИЗАЦИЯ.

In article four stages of development of a modular principle of creation of robotics systems which predetermined further development of a robotics are considered.

MODULAR PRINCIPLE. EXTREME ROBOTICS. RECONFIGURATION. SELF-ORGANIZING.

Модульный принцип построения и проектирования средств робототехники, разработанный еще на этапе становления промышленной робототехники, в дальнейшем стал основой последующего развития робототехники в целом вплоть до разумных роботов будущего. Этот принцип был предложен и впервые реализован в СССР в рамках первых государственных пятилетних программ по робототехнике в 80-х гг. прошлого столетия головной организацией по этим программам ЦНИИ РТК.

Создание и серийное производство унифицированных компонентов роботов – модулей позволило в кратчайшие сроки решить проблему обеспечения всех отраслей и ведомств страны быстро расширяющейся номенклатурой робототехнических систем и дальнейшего развития.

Были разработаны и освоены в производстве системы электромеханических модулей ПРЭМ, модулей управления ЕСМ и модульная система программного обеспечения СПОР. Одновременно была создана аналогичная система модулей пневматических промышленных роботов.

Эти роботы по своим характеристикам не уступали лучшим зарубежным образцам и непрерывно улучшались за счет совершенствования

соответствующими головными организациями порученных им модулей [1]. В результате наша страна далеко обогнала по парку роботов все страны Европы и США, не успев до распада СССР обойти только Японию. Надо при этом отметить, что наша роботизация принципиально отличалась от того, как она развивалась в остальном мире. В СССР она имела четкую социальную ориентацию на высвобождение рабочих от неквалифицированных, а также опасных и вредных работ. В других странах с рыночной экономикой основным направлением применения роботов стала экономически обоснованная замена наиболее квалифицированных и высокооплачиваемых рабочих. Поэтому и номенклатура отечественных роботов была на порядок шире, чем, например, в Японии. С развалом СССР, а затем и всей промышленности пропало и отечественное роботостроение.

Второй этап развития модульной робототехники начался уже в 90-е гг. также в нашей стране после аварии на Чернобыльской АЭС. Именно благодаря наличию хорошо отработанных модулей ЦНИИ РТК при помощи около 40 ведущих предприятий города смог за два с небольшим месяца разработать, изготовить и ввести в эксплуатацию на станции 15 мобильных роботов различ-

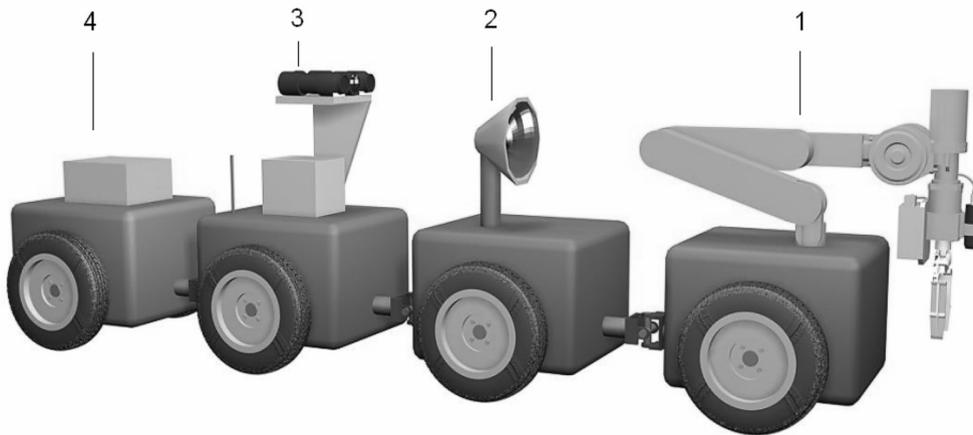


Рис. 1. Модульный мобильный робот «Робопоезд» (ЦНИИ РТК, Россия):
1, 2, 3, 4 – модули манипуляционный, сенсорики, связи, энергопитания

ного назначения, которые выполнили большой объем работ по обследованию радиационной обстановки и очистке здания и территории станции от радиационного мусора.

Это стало очередным подтверждением эффективности модульного принципа построения средств робототехники. Однако при этом выявилось новое важное качество данного принципа: возможность оперативного изменения состава роботов в соответствии с текущими задачами или изменениями внешних условий.

В ходе работ на ЧАЭС появилось новое направление в робототехнике – экстремальная робототехника, которая инициировала следующий этап развития модульного принципа в робототехнике – реконфигурируемых модульных роботов, т. е. роботов переменной структуры [1]. Именно в экстремальных ситуациях различных катастроф, аварий и активных противодействий имеет место предельная априорная неопределенность как условий предстоящих работ, так и самого их перечня. Что делает особо актуальной возможность компоновать состав роботов непосредственно на месте работы и корректировать его в ходе самих работ. Именно модульное построение позволяет это делать (правда, в данном случае речь идет о применении модулей, унифицированных не в государственном масштабе, с чего начиналось применение этого принципа, а в рамках только отдельных отраслей).

На рис. 1 приведен пример построения наземного реконфигурируемого робота на базе типоразмерного ряда транспортных модулей, позволяющего реализовывать практически нео-

граниченную номенклатуру наземных мобильных роботов.

Такой робот может иметь любое количество транспортных двухколесных модулей с различными сочленениями. Колеса могут охватываться гусеницами или заменяться педипуляторами (ногами) из шарнирных модулей, из которых собираются манипуляторы. Транспортные модули могут комплектоваться различными функциональными модулями. На рисунке показана одна из таких возможных компоновок.

Первоочередные области применения реконфигурируемых робототехнических систем – МЧС и космонавтика, особенно системы, удаленные от центра управления. Например, это будет актуально при освоении Луны, Марса. Возможно и для долговременных космических станций типа МКС наряду со специальными манипуляторами постоянного применения для остальных многочисленных операций вместо поставки различных специальных роботов конкретного назначения выгоднее иметь 2-3 базовых робота разной размерности, дополняемых по мере необходимости новыми функциональными модулями для расширения их возможностей.

Не менее актуален такой подход, например, в атомной энергетике, как это впервые и было реализовано на ЧАЭС. Очередной раз это показали и аварии на японских АЭС. Оказалось, что в Японии, которая считается мировым лидером в робототехнике, нет роботов, пригодных для ликвидации последствий подобных аварий. Япония даже закупила роботы в Германии и Италии. Неизвестно только, насколько они помогли. Другое

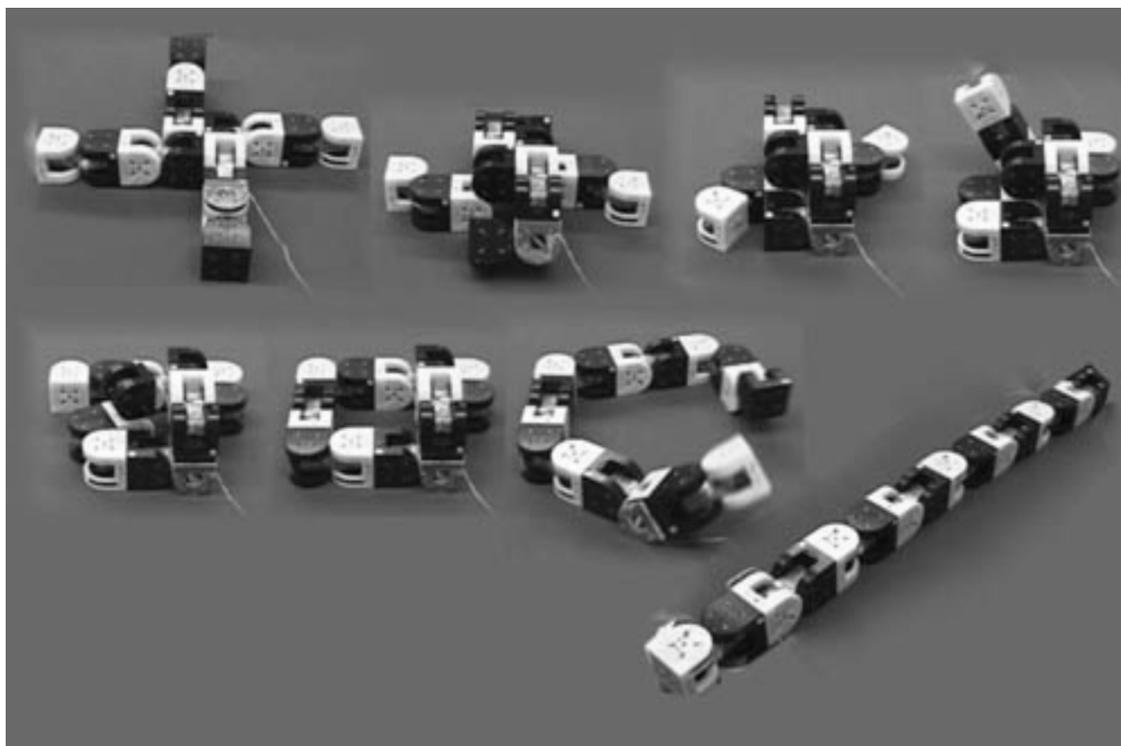


Рис. 2. Варианты компоновок робототехнической системы M-TRAN III (Япония)

дело, если бы Япония располагала реконфигурируемыми роботами, которые можно оптимально структурировать в соответствии с конкретной ситуацией.

Этап развития реконфигурируемых робототехнических систем находится еще в начальной стадии, но он определяет одно из перспективных направлений научно-технического развития современной робототехники. В частности, разработанная ЦНИИ РТК концепция развития космической робототехники в качестве нового перспективного принципа построения таких робототехнических систем предусматривает именно реконфигурируемость.

В настоящее время робототехнические системы переменной структуры наиболее интенсивно исследуются и развиваются в мини- и микро-робототехнике. Там возник новый тип модулей – многофункциональные модули. По своим функциональным возможностям они соответствуют полноценному мобильному роботу, но предназначены для совместного применения в единой конструкции типа цепочки, двух- или трехмерных конструкций. Одним из первоочередных применений таких систем стали транспортные операции со структурной адаптацией к меняющимся

условиям внешней среды с использованием различных способов передвижения. Затем последовали исследования манипуляционных возможностей таких систем.

Созданы и нашли практическое применение первые реконфигурируемые мини-робототехнические системы для различных силовых структур, для медицины и т. д. На рис. 2 приведен пример компоновок робототехнической системы, собираемой из подвижных многофункциональных модулей с управлением от микропроцессоров, которые при соединении таких модулей в единую структуру объединяются в локальную сеть.

Следующим, третьим очевидным этапом дальнейшего развития модульных реконфигурируемых систем являются самоорганизующиеся робототехнические системы. Конечно, такие системы также окажутся особенно востребованными для удаленных робототехнических систем, в т. ч. космических. Очень быстро эта идея вышла за рамки робототехники, образовав новое научно-техническое направление самоорганизующихся технических систем самого широкого назначения. Наиболее интенсивно исследования в этой новой области, по-прежнему, ведутся в рамках мини-робототехники, и она остается основной

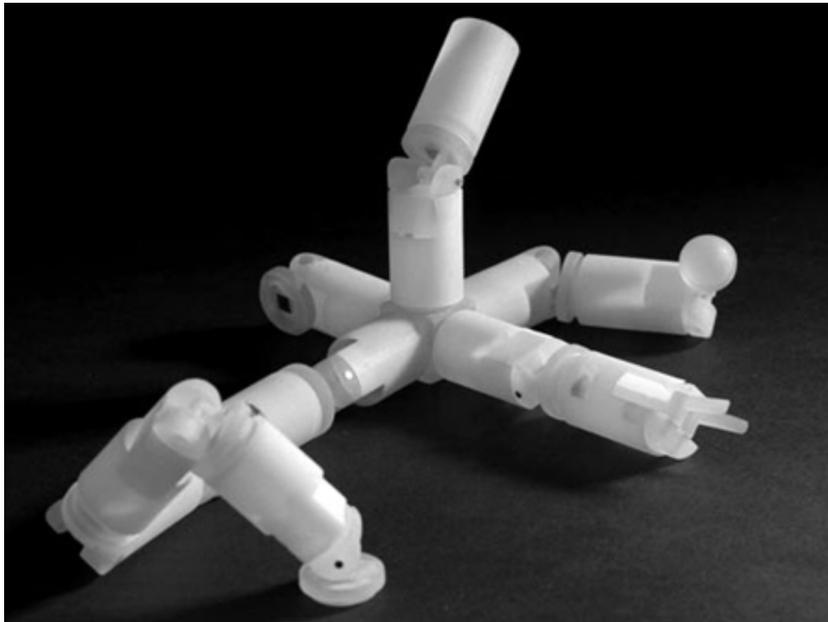


Рис. 3. Самособирающийся хирургический робот ARES (Италия)

экспериментальной базой нового направления.

Речь идет о разработке теории и методов проектирования принципиально нового типа технических систем, способных самостоятельно собираться из элементарных стандартных «кирпичиков» – модулей, подобно тому, как живые организмы формируются из клеток. Затем такие системы могут перестраиваться в другие изделия.

Развиваются и прикладные разработки подобных систем, например, для медицины, для исследования космических объектов. Для этих систем предложены и новые термины: «программируемая материя», «синтетическая реальность» и т. п. [2].

На рис. 3 показан один из первых примеров практического применения такого типа роботов: медицинский робот для проведения операций без разреза кожных покровов. Пациент проглатывает отдельные модули робота. Затем они собираются внутри организма в робота-хирурга, с помощью которого в режиме дистанционного управления выполняются операции. Эти модули содержат разные сенсорные системы, включая видеокамеру, связь, микропроцессоры, источники энергопитания и специальные хирургические инструменты.

Сформировались два типа реконфигурируемых структур: гомогенные, из одинаковых модулей, и гетерогенные, в которых используются функционально различные модули. Из приведен-

ных выше примеров к гомогенным относится система M-TRAN III, а к гетерогенным – система ARES.

Гомогенные структуры наиболее удобны для формирования одно-, двух- и трехмерных структур, для быстрого перехода от одной структуры к другой и для выполнения операций саморемонта. Они наиболее близки клеточному строению живых структур. Модули гетерогенных систем специализированы и поэтому в совокупности обеспечивают существенно большие функциональные возможности всей системе, особенно в отношении уровня управления и адаптивности. Поэтому в настоящее время развитие идет в основном в направлении гетерогенных структур.

Наконец, последний, еще предстоящий, четвертый этап развития модульных роботов – это роботы, самосовершенствующиеся на основе самоорганизации в ходе самообучения.

В рамках робототехники идея самоорганизации с целью самосовершенствования имеет особое стратегическое значение как способ создания роботов следующего поколения после интеллектуальных роботов – по настоящему разумных роботов, сочетающих интеллект с креативностью (творческими неформализуемыми способностями), т. е. сочетающих вербальный и образный способы принятия решений подобно мышлению человека. По существу, речь идет о моделировании работы новой коры головного мозга. Мозг

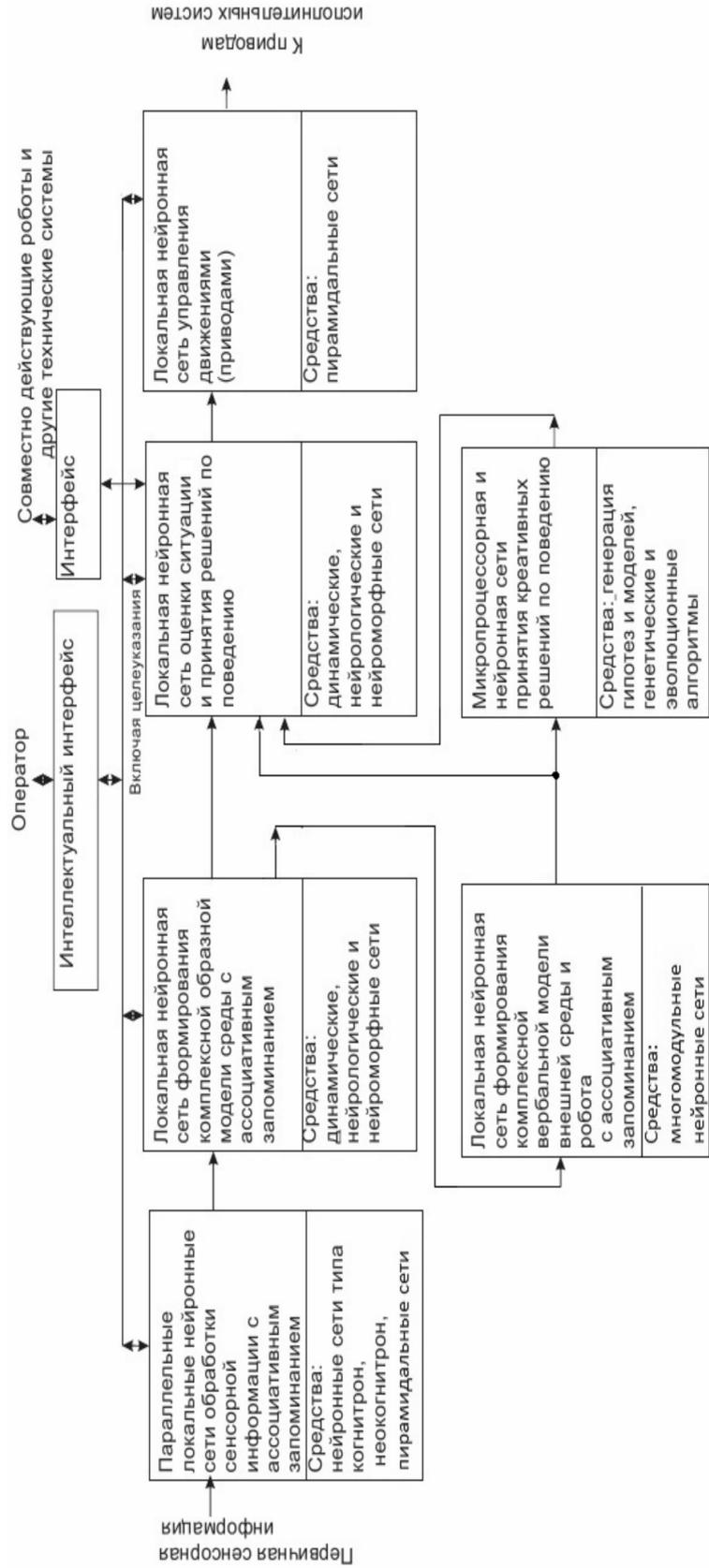


Рис. 4. Система управления разумного робота



является большой системой, знание структуры которой совершенно недостаточно для того, чтобы раскрыть качественный эмергентный эффект зарождения и развития мышления и тем более воспроизвести его технически. Одним из способов решения последней проблемы может быть использование самоорганизующихся роботов, снабженных алгоритмом самоусовершенствования. Иными словами, на базе таких роботов представляется возможным смоделировать процесс эволюционного развития разума человека, пределом которого, очевидно, не будет и сам этот разум. Обоснованием этого является сама идея робота как аналога человека. Робот является уникальной технической системой, которая имеет двустороннее информационное и силовое взаимодействие с внешней средой и на этой основе как все живые организмы способен вступить в процесс эволюционного совершенствования, если в него будут вложены соответствующие стимулы и мотивация. На рис. 4 приведена система управления такого разумного робота, которая может быть

реализована на основе указанных на рисунке выполненных исследований и разработок отдельных ее функциональных компонентов [3].

И, конечно, завершением этого этапа создания искусственного разума будет распределенный коллективный разум групп совместно функционирующих роботов, что тоже найдет свои важные области применения.

По сравнению с роботами предыдущего, третьего этапа развития модульного принципа, здесь основное значение переходит от совершенствования материальной структуры к эволюционному развитию модульного алгоритмического и программного обеспечения.

Итак, разработанный для решения важной общегосударственной задачи обеспечения растущей номенклатуры промышленных роботов модульный принцип построения средств робототехники в своем развитии стал одним из определяющих системных принципов дальнейшего развития современной робототехники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Юревич, Е.И.** Роботы ЦНИИ РТК на Чернобыльской АЭС и развитие экстремальной робототехники [Текст] / Е.И. Юревич. –СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2004.

2. **Иванов, А.В.** Мини- и микроробототехника [Текст] / А.В.Иванов, Е.И. Юревич. –СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2011.

3. **Станкевич, Л.А.** Искусственный интеллект и искусственный разум в робототехнике [Текст] / Л.А. Станкевич, Е.И. Юревич. –СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2012.