



Введение в многоагентные технологии ст. преподаватель кафедры Вычислительной техники Тихвинский В.И.



Введение 1.1(1)

Под мультиагентными (многоагентными) технологиями сейчас часто понимают, как технологии разработки и использования мультиагентных систем (МАС), так и мультиагентное управление (МАУ).

Задачи управления и распределенного взаимодействия в сетях динамических систем привлекают в последнее десятилетие внимание все большего числа исследователей. Во многом это объясняется широким применением мультиагентных систем в разных областях, включая автоматическую подстройку параметров нейронных сетей распознавания, управление формациями, распределенные сенсорные сети, управление перегрузкой в сетях связи, взаимодействие групп беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), относительное выравнивание групп спутников, управление движением групп мобильных роботов, синхронизации в энергосистемах и др.



Введение 1.1(2)

На практике все чаще используются распределенные системы, выполняющие определенные действия параллельно, для которых актуальна задача разделения пакета заданий между несколькими вычислительными потоками (устройствами). Подобные задачи возникают не только в вычислительных сетях, но также и в производственных сетях, сетях обслуживания, транспортных, логистических сетях и др. Оказывается, что при естественных ограничениях на связи, децентрализованные стратегии способны эффективно решать такого типа задачи.



1.2 Мультиагентный подход(1)

В основе мультиагентного подхода лежит понятие мобильного программного агента, который реализован и функционирует как самостоятельная специализированная компьютерная программа или элемент искусственного интеллекта.

Изначально, до появления соответствующих информационных технологий, «агент» был человеком, которому делегировалась часть полномочий – как в выполнении конкретных функций, так и в принятии решений. В первых (не компьютерных) мультиагентных системах агенты представляли сотрудников компаний, от имени и по поручению которых они взаимодействовали между собой при выполнении определенной задачи – например, представители покупателя и продавца в торговой сети или в других видах бизнеса. Такие системы наследовали многие черты «бюрократической» организации, включая централизацию управления, статичную структуру и узкоспециализированную агентную функциональность. В частности, базовый агент (резидент) получал задачу, декомпозировал её и распределял подзадачи между другими агентами, после чего получал результат и принимал решение – при этом, как правило, большинство агентов занимались исключительно сбором и поставкой информации.



1.2 Мультиагентный подход(2)

На смену таким системам, копирующим централизованную иерархию, быстро пришли распределенные системы, в которых знания и ресурсы распределялись между достаточно «самостоятельными» агентами, но сохранялся общий орган командного управления, принимающий решения в критических или конфликтных ситуациях. Дальнейшим шагом в этом направлении стала парадигма полностью децентрализованных систем, в которых управление происходит только за счет локальных взаимодействий между агентами. При этом узкая функциональная ориентация агента на решение какой-то одной отдельной части «общей» задачи постепенно стала уступать место универсальной целостности (автономности). Примерами таких децентрализованных организаций отчасти могут служить колонии насекомых, например, пчел или муравьев.

Суть мультиагентных технологий заключается в принципиально новом методе решения задач. В отличие от классического способа, когда проводится поиск некоторого четко определенного (детерминированного) алгоритма, позволяющего найти наилучшее решение проблемы, в мультиагентных технологиях решение получается автоматически в результате взаимодействия множества самостоятельных целенаправленных программных модулей — так называемых агентов.

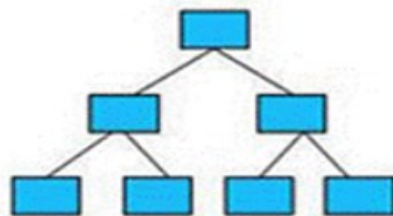
1.2 Мультиагентный подход(3)

Зачастую классические методы решения задач либо неприменимы к реальной жизни (не трудно представить себе, что значит попытаться решить задачу управления предприятием в непредсказуемой динамичной обстановке современного бизнеса, даже с помощью высшей математики), либо они требуют огромных объемов расчетов (для которых не хватит мощности всех современных компьютеров), либо они вовсе отсутствуют.

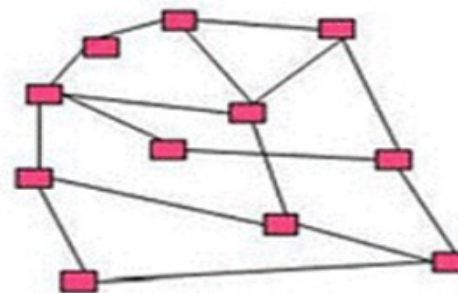
Людям в своей жизни постоянно приходится в условиях дефицита времени и средств решать задачи, не имеющие точного формального решения — и они решаются часто не самым худшим образом.

На рис.1 показаны в сравнении две схемы построения программного обеспечения: традиционная и на базе мультиагентной системы. В МАС каждой сущности ставится в соответствие программный агент, который представляет ее интересы.

Традиционная схема построения
программной системы



Мультиагентная система





1.2 Мультиагентный подход(4)

Дело в том, что человеку присущ интеллект — это его отличает от компьютера, действующего строго по заложенной в него программе. То, что позволяет ему ориентироваться в сложной обстановке, иметь дело с нечетко поставленными задачами, адаптироваться к меняющимся условиям. Неопределенность присутствует, когда существует набор альтернатив, и невозможно предсказать, какой из вариантов окажется лучшим по прошествии достаточно длительного времени.

При составлении расписаний движения грузовиков, это та ситуация, когда, к примеру, существует выбор между несколькими грузовиками, перевозящими грузы, несколькими дорогами, которые могут быть использованы для достижения разных точек назначения, и многими водителями, которые могут управлять грузовиками. Каждый из ресурсов (грузовик, дорога и водитель) имеют различные свойства.

Неопределенность возрастает в ситуациях, когда возможны непредсказуемые события, такие как изменения в условиях поставок или спроса, аварии или сбой ресурса, задержки, отмены заказов, и тому подобное .

А есть ли интеллект, скажем, у колонии муравьев?

1.2 Мультиагентный подход(5)

С одной стороны, каждый отдельно взятый муравей, очевидно, им не обладает. С другой — колония в целом проявляет удивительные образцы поведения, которое во многом может считаться интеллектуальным. Такие ситуации называются проявлением эмерджентного интеллекта, или неожиданных свойств, которыми обладает система, но не обладает ни один входящий в нее отдельный элемент. Возникающий при этом эффект «интеллектуального резонанса» часто так и называют «Интеллект роя». Действительно, интеллект и физическая сила одной пчелы не так велики, но рой пчел, согласованно действующий, может победить медведя и даже человека. Агенты очень похожи на членов команды, которые могут соревноваться друг с другом или сотрудничать в процессе принятия решения. Ключевая особенность эмерджентного интеллекта — динамика и непредсказуемость процесса принятия решений. На практике это означает, что решение достигается за счет сотен и тысяч взаимодействий, которые почти невозможно отследить. Но это и не требуется, поскольку агентам дают цели, которые они должны достигать, но не определяют сценарии исполнения задач по достижению этих целей. Эти сценарии формируются и исполняются агентами самостоятельно. На каждом шаге агенты рассматривают входы системы и реагируют на непредсказуемые события (задержки, сбои, изменения). Реакция может быть самостоятельной, или осуществляться во взаимодействии с оператором.

1.2 Мультиагентный подход(6)

Таким образом, эмерджентный интеллект — это не есть какой-либо один новый и специально сконструированный уникальный "блок", добавленный к системе. Напротив, это нечто (результат самоорганизации), что возникает как бы "из воздуха" (за счет множества скрытых или явных условий, сложившихся в ситуации), спонтанно и в заранее не предвиденный момент времени, и так же неожиданно исчезает, но в процессе своего существования определяющим образом руководит работой всей системы. Тут мы имеем дело с возникновением порядка из хаоса, с одним из тех явлений, которые изучали и описывали такие выдающиеся ученые, как Александр Богданов (теория организации), Илья Пригожий (самоорганизация в физических системах), Марвин Минский (психология и теория мышления), Артур Кестлер (биология)?

1.3 Мультиагентные системы(1)

В начале XXI в. группа ведущих мировых ученых, проработав несколько лет, составила список приоритетных задач кибернетики на ближайшие 50 лет. Среди них:

- динамически реконфигурируемое интеллектуальное управление,
- асинхронная теория управления,
- управление через Интернет,
- перепрограммирование системы управления бактериями,
- создание футбольной команды роботов, которая выиграет у победителя кубка мира среди людей.

МАС кардинально отличаются от традиционных «жестко» организованных систем, и, в перспективе, способны помочь в решении этих задач.

Начало построения моделей и применения искусственных мультиагентных систем (МАС) на практике было положено в 1960-х годах. В качестве основы были взяты достижения таких областей деятельности человека, как системы искусственного интеллекта (Artificial Intelligence), параллельные вычисления (Parallel Computing), распределенное решение задач (Distributed Problem Solving). Многоагентные системы имеют реальную возможность интегрировать в себе самые передовые достижения перечисленных областей, демонстрируя принципиально новые качества. Сейчас МАС — одно из наиболее динамично развивающихся и перспективных направлений в области искусственного интеллекта.



1.3 Мультиагентные системы(2)

Открытый характер современного информационного общества и глобальной рыночной экономики приводит к ускорению научно-технического прогресса и обострению конкуренции на рынках. Это заставляет предприятия искать новые методы и средства организации и управления, направленные на более качественное и эффективное удовлетворение индивидуальных запросов потребителей. Большинство современных систем характеризуются отсутствием средств своевременной идентификации новых потребностей и возможностей в среде, позволяющих предприятию оперативно принимать эффективные решения по реконфигурации производственных, кадровых, финансовых и других ресурсов. Типичными примерами событий, вызывающих необходимость заново идентифицировать потребности и возможности, являются: появление нового выгодного заказа, для исполнения которого недостаточно собственных ресурсов предприятия, выход из строя части имеющихся ресурсов, а также изменение критериев принятия решений.

1.3 Мультиагентные системы(3)

Чем выше неопределенность, чем более распределенный характер имеют процессы принятия решения и чем чаще случаются незапланированные события, тем ниже эффективность существующих систем, не способных самостоятельно принимать решения и автоматически перестраиваться под изменения в среде. Кроме того, необходимость модификации схемы принятия решений в традиционных системах оказывается сложной и трудоемкой задачей, которая требует высокой квалификации исполнителей. Это делает разработку и эксплуатацию таких систем крайне дорогостоящими. Соответственно, еще одной актуальной проблемой современности становится рост объемов информации и степени сложности описания систем.

Для решения подобных проблем применяются мультиагентные технологии, в основе которых лежит понятие «агента», которое в последнее время было адаптировано ко многим областям как прикладного и системного программирования, так и к исследованиям в областях искусственного интеллекта и распределенных интеллектуальных систем. Причем в каждом конкретном случае понятию придается несколько разное значение.

1.4 Агенты(1)

Первоначально идея создания интеллектуального посредника (агента) возникла в связи с желанием упростить стиль общения конечного пользователя с компьютерными программами, поскольку доминирующий, в основном, и ныне стиль взаимодействия пользователя с компьютером предполагает, что пользователь запускает задачу явным образом и управляет ее решением. Но это совершенно не подходит для неискушенного пользователя. Иначе говоря, сначала идея интеллектуального посредника возникла как попытка интеллектуализации пользовательского интерфейса.

Развитие методов искусственного интеллекта позволило сделать новый шаг к изменению стиля взаимодействия пользователя с компьютером. Возникла идея создания так называемых «автономных агентов», которые породили уже новый стиль взаимодействия пользователя с программой. Вместо взаимодействия, инициируемого пользователем путем команд и прямых манипуляций, пользователь вовлекается в совместный процесс решения. При этом, как пользователь, так и компьютерный посредник, оба принимают участие в запуске задачи, управлении событиями и решении задачи. Для такого стиля используется метафора персональный ассистент, который сотрудничает с пользователем в той же рабочей среде.



1.4 Агенты(2)

Словари дают следующее толкование слова агент: «некто или нечто, прикладывающее усилия для достижения эффекта». Такое самое общее определение указывает на первый признак агента — агенты совершают действия. Часто утверждается, что агенты не просто совершают действия, но они действуют автономно и рационально. Под автономностью обычно понимают, что агент действует без прямого вмешательства человека или другой управляющей сущности. Под рациональностью понимают стремление агента оптимизировать значение некоторой оценочной функции. Мера рациональности неявно указывает на то, что агент имеет цели (желания англ. *desires*), которых агент "хочет" достичь, и представления о внешнем мире (убеждения, англ. *beliefs*), на которые агент опирается при выборе действия (реализации намерений, англ. *intentions* — множество избранных, совместимых и достижимых желаний).

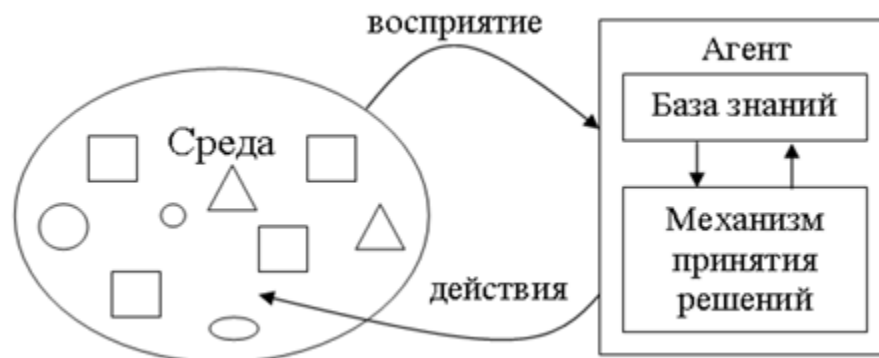
Поэтому, когда говорят о поведении агентов и характеризуют их состояние, то употребляют такие термины как:

- убеждения (*Beliefs*);
- желания (*Desires*);
- намерения (*Intention*).

Иногда к этому списку добавляют «надежды», «опасения» и другие чисто человеческие характеристики. Модель агента, построенная с использованием перечисленных понятий, называется BDI-моделью.

1.4 Агенты(3)

Еще одним важным свойством агента является то, что он помещен во внешнюю среду, с которой он способен взаимодействовать. Обычно, среда не контролируется агентом, он лишь способен влиять на нее. Разделение намерений и желаний необходимо, так как агент может иметь несовместимые желания или желания могут быть недостижимы. Поскольку агент ограничен в ресурсах и не может достичь всех желаний одновременно, естественно выбирать наиболее значимые цели — намерения. Итак, агент (рис. 2) — разумная сущность, помещенная во внешнюю среду, способная взаимодействовать с ней, совершая автономные рациональные действия для достижения целей, т. е.



1.4 Агенты(4)

Интеллектуальный агент — это агент, обладающая следующими свойствами:

- реактивность (англ. reactivity) — агент ощущает внешнюю среду и реагирует на изменения в ней, совершая действия, направленные на достижение целей;
- проактивность (англ. pro-activeness) — агент показывает управляемое целями поведение, проявляя инициативу, совершая действия направленные на достижение целей;
- социальность социальность (англ. social ability) — агент взаимодействует с другими сущностями внешней среды (другими агентами, людьми и т. д.) для достижения целей.

При разработке системы каждое из первых двух свойств достигается достаточно легко. Наибольшую сложность представляет совмещение в системе обоих свойств в нужных пропорциях. Будет не слишком эффективно, если агент жестко следует сценарию достижения цели, не реагируя на изменения во внешней среде и не обладая способностью заметить необходимости корректировки плана. Но также не эффективно будет и поведение, ограниченное лишь реакцией на поступающие из вне стимулы, без какого-либо планирования целенаправленных действий. На самом деле описанная проблема настолько сложна, что даже далеко не все люди способны эффективно ее решать.



1.4 Агенты(5)

Очень часто можно увидеть человека, который кидается на каждую подвернувшуюся возможность, но никогда не доводит ничего до конца, т. к. не концентрируется на этой возможности достаточное время, чтобы полноценно ее реализовать. Но также часто встречаются люди, которые, однажды поставив цель и сформировав план, будут пытаться принципиально ему следовать, не замечая изменений в ситуации, требующих пересмотра целей или планов.

Достичь свойства социальности тоже нелегко. Социальность — это не просто обмен данными. Помимо коммуникации, социальное поведение должно включать кооперацию с другими сущностями, заключающуюся в разделении целей между отдельными сущностями, совместном планировании и координации действий, направленных на достижение общих целей. Социальное поведение, как минимум, предполагает наличие у агента представлений о целях других сущностей и том, как они планируют этих целей достичь.

Сложность формулирования содержательных практически значимых задач и невозможность априорного точного задания всех условий функционирования выдвигают адаптивные постановки проблем, отдельно выделяя такую особенность агентов, как адаптивность — способность автоматически приспособливаться к неопределенным и изменяющимся условиям в динамической среде.



1.4 Агенты(6)

Таким образом, предшественниками программных агентов можно считать сложные адаптивные системы, которые умеют подстраиваться под ситуацию или обстоятельства и принципиальным образом менять свое поведение или характеристики, чтобы обеспечить решение стоящих перед ними задач. Однако в случаях, когда агент функционирует в сложной, постоянно изменяющейся среде, взаимодействуя при этом с другими агентами, такая мультиагентная система значительно сложнее просто адаптивной системы, так как она быстрее обучается и может действовать эффективнее за счет перераспределения функций или задач между агентами.

1.4 Агенты(7)

Сложные системы часто рассматривают как среду действия агентов. С понятием сложных систем связаны следующие фундаментальные идеи, которые непосредственно влияют на функционирование МАС.

- в сложных системах существуют автономные объекты, которые взаимодействуют друг с другом при выполнении своих определенных задач;
- агенты должны иметь возможность реагировать на изменяющиеся условия среды, в которой они функционируют и, возможно, изменять свое поведение на основе полученной информации;
- сложные системы характеризуются возникающими структурами – логически связанными схемами, которые формируются в результате взаимодействия между агентами;
- сложные системы с возникающими структурами часто существуют на грани порядка и хаоса;
- при создании сложных систем на базе агентов имеет смысл рассматривать биологические аналогии, такие как: паразитизм, симбиоз, репродукцию, генетику и естественный отбор (например, компания British Telecom при формировании сети направления звонков использует модель деятельности колонии муравьев).



1.4 Агенты(8)

В настоящее время не существует устоявшегося определения агента. Ниже перечислены некоторые из них:

«Агент – это аппаратная или программная сущность, способная действовать в интересах достижения целей, поставленных пользователем».

"Под агентом можно понимать самостоятельную программную систему, состоящую из программ-объектов, имеющую возможность принимать воздействие из внешнего мира, определять свою реакцию на это воздействие и в соответствии с этим формировать ответное действие. Такие агенты способны действовать, «рассуждать» и обмениваться данными друг с другом в сети для формирования индивидуальных или коллективных решений".

По определению Кристиана Доннегара (директор по технологии компании Living Systems, занимающейся созданием систем совместной коммерции на основе технологии агентов): «агенты – программные объекты, которые выполняют определенные упреждающие и корректирующие действия в соответствии с заданиями, делегированными человеком».



1.4 Агенты(10)

Алан Кэй, который начал первым развивать теорию агентов, определил агент как «программу, которая после получения задания способна поставить себя на место пользователя и действовать по адаптивному сценарию. Если же агент попадает в тупик, он может задать пользователю вопрос, чтобы определить, каким образом ему необходимо действовать дальше».

Простая компьютерная программа отличается от агента тем, что «не утруждает» себя целевым поведением и анализом достигнутых результатов. Напротив, агент, представляющий интересы пользователя, «заинтересован» в том, чтобы задание было выполнено. В случае неудачи или какого-то сбоя он должен повторить попытку позднее или иметь про запас альтернативный вариант решения проблемы. Агенты в процессе отработки заданий всегда формирует список выполненных действий, результаты тестирования и верификации и отсылают его в управляющую систему.

1.4 Агенты(11)

Отметим, однако, что вопрос по определению того, что такое агент не закрыт до сих пор, и обсуждение этого вопроса периодически выносятся на конференции самого высокого уровня. На рис. 3 показаны области знания и технологии, с помощью которых формируются механизмы искусственного интеллекта и применения мультиагентных систем.



1.4 Агенты(12а)

На основании изложенного можно скомпилировать следующее определение: агент – это самостоятельная программная система:

- имеющая возможность принимать воздействие из внешнего мира;
- определяющая свою реакцию на это воздействие и формирующая ответное действие;
- изменяющая свое поведение с течением времени в зависимости от накопленной информации и извлеченных из нее знаний,
- обладающая мотивацией и способная после делегирования полномочий пользователем поставить себя на его место и принять решение, соответствующее ситуации".

Интеллектуальный агент должен обладать следующими свойствами:

- автономность – способность функционировать без вмешательства со стороны своего владельца и осуществлять контроль внутреннего состояния и своих действий;
- адаптивность – агент обладает способностью обучаться;
- коллаборативность – агент может взаимодействовать с другими агентами несколькими способами, играя разные роли;
- способность к рассуждениям – агенты могут обладать частичными знаниями или механизмами вывода, а также специализироваться на конкретной предметной области;



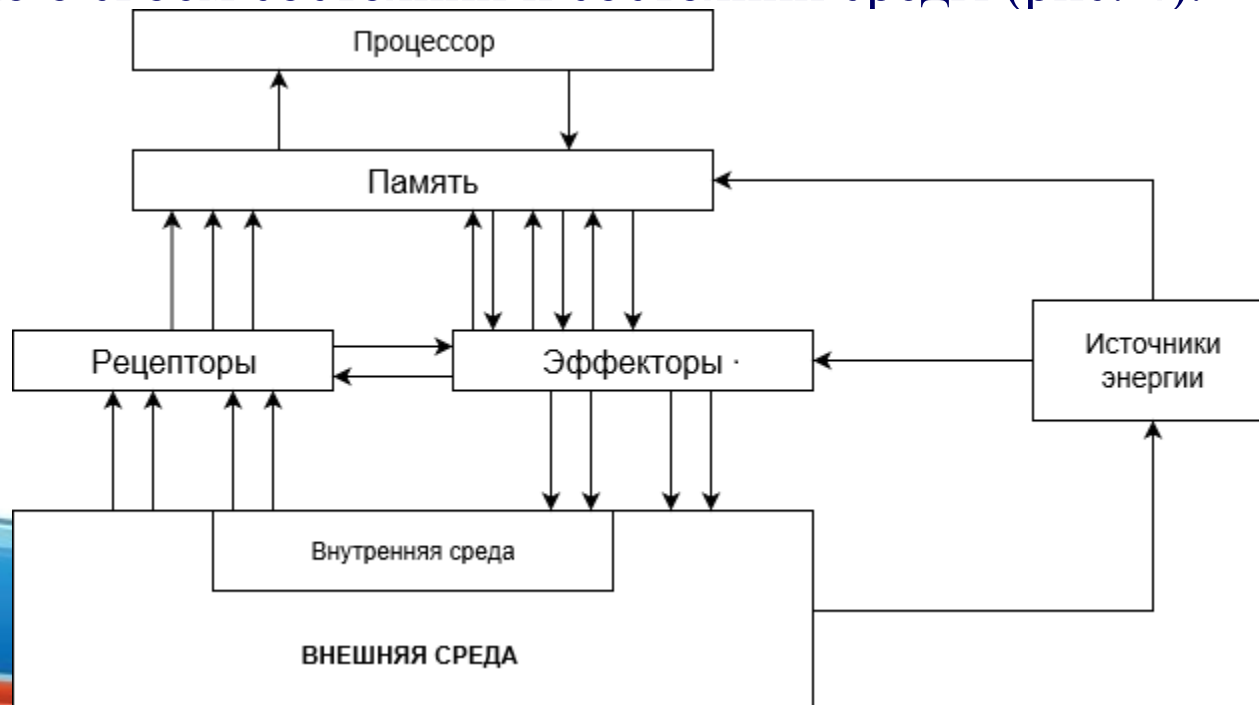
1.4 Агенты(12б)

- коммуникативность – агенты могут общаться с другими агентами;
- мобильность – способность передачи кода агента с одного сервера на другой;
- социальное поведение – возможность взаимодействия с другими агентами;
- реактивность – адекватное восприятие среды и соответствующие реакции на ее изменения;
- активность – способность генерировать цели и действовать рациональным образом для их достижения;
- наличие базовых знаний – знания агента о себе, окружающей среде, включая других агентов, которые не меняются в рамках жизненного цикла агента;
- наличие убеждений – переменная часть базовых знаний, которые могут меняться во времени;
- наличие цели – совокупность состояний, на достижение которых направлено текущее поведение агента;
- наличие желаний – состояния и/или ситуации, достижение которых для агента важно;
- наличие обязательств – задачи, которые берет на себя агент по просьбе и/или поручению других агентов;
- наличие намерений – то, что агент должен делать в силу своих обязательств и/или желаний.

Иногда в этот же перечень добавляются и такие человеческие свойства, как рациональность, правдивость, благожелательность.

1.5 Агенты-роботы(1)

Необходимыми условиями реализации искусственным агентом (роботом) некоторого поведения выступают специальные устройства, непосредственно воспринимающие воздействия внешней среды (рецепторы) и исполнительные органы, воздействующие на среду (эффекторы), а также процессор — блок переработки информации и память. Под памятью здесь понимается способность агента хранить информацию о своем состоянии и состоянии среды (рис. 4).



1.5 Агенты-роботы(2)

Рецепторы образуют систему восприятия агента, обеспечивая прием и первичную обработку информации, которая поступает к нему из среды (как внешней, так и внутренней), а затем отправляется в память. Система восприятия может контролировать действия путем определения различий между текущими и ожидаемыми состояниями. В памяти агента должны иметься сведения о типовых реакциях на информационные сигналы от рецепторов, а также информация о состоянии эффекторов и о располагаемых ресурсах. Кроме того, в памяти должны храниться программы переработки входной информации в управляющие сигналы, подаваемые на эффекторы, и обязательно результаты реакций на ту или иную внешнюю ситуацию.

Блок памяти обычно включает три основных компонента: систему фильтров, обеспечивающих выделение наиболее значимой для агента информации, а также внутреннюю модель внешнего мира и модель самого агента. В конечном счете, именно объем памяти, количество и разнообразие хранимых в ней знаний и программ, степень развития внутренней модели внешнего мира и возможности рефлексии определяют сложность и характер поведения агента, уровень его автономности и интеллектуальности.



1.5 Агенты-роботы(3)

Процессор (система процессоров) обеспечивает объединение и переработку разнородных данных, выработку соответствующих реакций на информацию о состоянии среды, принятие решений о выполнении тех или иных действий. Выбор соответствующих действий при заданных ограничениях — одна из ключевых способностей любых агентов.

Функция **эффекторов** состоит в воздействиях на среду, например в перемещении объектов внешней среды, выдаче информации в символьной форме, поддержании равновесия внутренней среды (т. е. желаемого состояния самого агента) и т.д.

Источники ресурсов, например энергопитания, обеспечивают все необходимые условия для поддержания (и, при необходимости, воспроизведения) жизненного цикла агента.

1.5 Агенты-роботы(4)

Хорошим примером искусственных агентов служат интегральные и интеллектуальные роботы. В первую очередь, подобные роботы имеют широкий ассортимент искусственных органов чувств (сенсорные датчики) и искусственных эффекторов (манипуляторы). Их мобильность достигается благодаря колесным, гусеничным, шагающим и прочим системам перемещения. Активность и автономность роботов тесно связаны с наличием средств целеполагания и планирования действий, систем поддержки решения задач, а интеллектуализация, помимо обладания системой обработки знаний, предполагает развитые средства коммуникации различных уровней, вплоть до средств естественного языкового общения.

Неотъемлемым атрибутом интеллектуальных роботов является наличие специальной подсистемы планирования, составляющей программу действий робота в реальных условиях окружающей среды, которые определяются рецепторами робота. Для планирования деятельности роботов должны быть знания о свойствах окружающей среды и путях достижения целей в этой среде.



1.5 Агенты-роботы(5)

Среди основных требований к функциональным возможностям интеллектуальных роботов отмечаются:

- Планирование поведения при наличии нескольких целей, определяющих возможные направления деятельности.
- Способность к накоплению знаний и обобщению опыта деятельности, переноса его в новые условия функционирования.
- Использование знаний для достижения различных целей различными способами.
- Выбор форм поведения, наиболее соответствующих характеру проблемной области (внешней среды).
- Активное воздействие на внешнюю среду и перемещение в ней на значительные расстояния.

Центральной проблемой робототехники остается задача интеллектуального анализа данных и интеграции данных, снимаемых с различных датчиков, построения системы целостного восприятия информации и формирования знаний об окружающей среде и самом роботе.



Спасибо за внимание!