

Заключение. В результате проведенных исследований были предложены принципы построения мультиагентной платформы для имитационного моделирования бизнес-процессов. На основании вышеизложенной концепции будет написано техническое задание для программной реализации описанной мультиагентной платформы.

Открытыми все еще остаются вопросы выбора способа графической реализации процессов, а также интеллектуализации агентов, что является темой для дальнейших исследований.

1. Введение в нотацию BPMN 2.0 [Электронный ресурс]. --- Режим доступа: http://www.bpmn.de/images/BPMN2_0_Poster_RU.pdf
2. В.А. Петрухин, Е.М. Лаврищева. Курс: Методы и средства инженерии программного обеспечения. Интернет университет информационных технологий [Электронный ресурс]. --- Режим доступа: <http://www.intuit.ru/department/se/swebok/5/6.html>
3. Муцаковская Е.В. Имитационное моделирование бизнес-процессов в фармацевтике / Е.В. Муцаковская // Сборник тезисов САИТ, XI международная научно-техническая конференция УНК ИПСА НТУУ «КПИ», 2009 – с. 534.
4. Валькман Ю.Р., Муцаковская Е.В. Об одном подходе к построению системы имитационного моделирования бизнес-процессов / Ю.Р.Валькман, Е.В.Муцаковская // Моделювання та інформаційні технології. Збірник наукових праць, 2009 --- №53 --- с. 54-61.
5. Муцаковская Е.В. Использование мультиагентных технологий для имитационного моделирования розничных продаж / Е.В. Муцаковская // Конференция «Интеллектуальный анализ информации», 2010 – с. 298-303.

Поступила 24.02.2011г.

УДК 004.83

Ю.В.Добронравин, аспирант Международного Научно-Учебного Центра Информационных Технологий и Систем

С.М.Чугунова, соискатель Университета Менеджмента Образования АПН

МОДЕЛЬ КОГНИТИВНОГО ПРОСТРАНСТВА СИСТЕМЫ GUIDE BOT TOPOLOGY

Results of two experiments intended to discover implicit regularities in the way of human interpretation of spacial information are used as base to develop models for navigation in complex environment of virtual reality agents.

Введение

Способность перемещения и навигации в пространстве является ключевым условием выживания большинства живых организмов. По мере
© Ю.В.Добронравин, С.М.Чугунова

усложнения уровня организации и поведения непременно растет и качество ориентирования животных в окружающей среде. Легко предположить, что человек обладает наивысшими способностями представления и интерпретации пространства среди всех известных существ. Несмотря на тот факт, что практически все люди ежедневно сталкиваются с необходимостью поиска пути в сложном и переменчивом окружении, до сих пор не существует единого взгляда в академическом и ученом сообществе на то, как именно человек справляется с данной задачей. В тоже время строгие математические модели, описывающие данный процесс, являются крайне востребованными во многих прикладных областях, таких как робототехника и системы виртуальной реальности.

В данной статье приводятся результаты двух простых экспериментов, проведенных авторами с целью выявить закономерности человеческого поведения при принятии решений во время задач поиска пути. В первом эксперименте испытуемым предлагалось вербализовать, т.е. описать на словах дорогу между двумя объектами в городе, во втором определить кратчайший путь, используя схематическое представление местности.

Результаты этих экспериментов подтвердили тезисы, которые легли в основу системы поиска пути агентов виртуальной реальности *Guide Bot*.

Постановка проблемы. Программная система *Guide Bot*, разрабатываемая фирмой *Logicking* [1], представляет собой комплекс программных средств, предназначенных для решения следующих взаимосвязанных задач:

- построения двухмерной топологии на основе трехмерного представления пространства виртуальной реальности,
- планирования пути перемещения агента в рамках полученной топологии,
- фактического управления перемещением агента по выделенному пути.

Алгоритмы поиска пути *Guide Bot Topology*, а также принципы хранения топологических структур в памяти были разработаны с учетом когнитивных особенностей ориентирования в пространстве человеком.

Объект исследования - модели поиска пути человеком, а также принципы применения таких моделей в системах виртуальной реальности.

Предмет исследования – выявление характерных закономерностей поиска пути человеком путем проведения двух социологических экспериментов.

Цель исследования – выявление объективно существующих закономерностей при поиске пути человеком. Разработка алгоритмов навигации в пространстве, с учетом применения данных закономерностей.

Результаты исследования – программная система *Guide Bot Topology*, обеспечивающая представление двухмерной топологии трехмерного пространства виртуальной реальности и перемещения агента в рамках данной топологии.

Описание экспериментов

Как уже было сказано выше, целью экспериментов являлось выявление объективно существующих закономерностей при поиске пути человеком. Хранение в памяти топологии перемещения, построение возможного плана движения, а также вербализация этой информации - процессы весьма нетривиальные. Данное исследование ни коим образом не претендует на полноценное изучение описанной проблемы, а лишь служит подтверждением некоторых программных решений, принятых в использовании системы *Guide Bot* с психологической точки зрения.

Во время исследования было опрошено 20 человек, 8 мужчин и 12 женщин, в возрасте от 17 до 52 лет. В силу малой репрезентативности выборки полноценная статистическая обработка данных не проводилась, а упор был сделан лишь на качественную интерпретацию результатов.

Эксперимент N1. Представление пути в памяти человека

В первом эксперименте испытуемым предлагалось вспомнить и описать в письменном виде дорогу от аудитории, где проводилось исследование до места, удаленного на расстояние примерно полукилометра. Дорога, пролежавшая по территории университета, к указанному месту была хорошо известна всем испытуемым. Предложенная форма изложения подразумевала рассказ, руководство к действию человеку, который никогда раньше не совершал описываемого пути. Аудитория, в которой проводилось исследование, была расположена в большом здании, поэтому испытуемых также просили расписать дорогу от аудитории до выхода из здания. Следующим заданием было нарисовать маршрут того же пути, графически изобразив примерный план местности.

По результатам обработки анкет испытуемых были сделаны следующие наблюдения:

- Вербализация пути в письменной форме представляла определенную проблему для всех испытуемых. Практически все описания из анкет, могли быть трактованы неоднозначно, а часть анкет, содержала ошибочные указания.
- Все анкеты, кроме одной, содержали описание не кратчайшего пути, который шел через парк, а самого простого с точки зрения именно составления описания маршрута, который проходил вдоль дороги.
- Описание одного и того же маршрута было очень разным, как по форме, так и по содержанию. Самое короткое (хотя и откровенно неполное) описание оказалось в 4 раза короче самого подробного.
- Все испытуемые выразили тенденцию оперировать некими ориентирами для описания пути. Например, частыми являлись предложения: «иди прямо, пока не дойдешь до больницы», «двигайся вперед до перекрестка, потом поверни на право», «пройти мимо общежития и повернуть налево», «идти до кафе, потом свернуть».
- Наибольшие затруднения вызвало описание маршрута в здании. Выход

из корпуса был возможен несколькими путями, однако подавляющее число респондентов проигнорировало этот факт. Из аудитории можно было повернуть направо или налево, чтобы попасть на лестницы, которые вели на первый этаж. Причем правый путь был заметно длиннее. Однако примерно 2/3 испытуемых, писали просто о необходимости спуститься на первый этаж. Аналогично, было проигнорировано существование трех альтернативных выходов из здания.

- Только две анкеты содержали описание, в котором указывалась абсолютная дистанция в метрах, как-то «пройти 100 метров прямо».

Противоположной, можно назвать ситуацию составления графического плана маршрута.

- Испытуемые значительно быстрее (примерно в 3 раза, сравнительно с составлением текстового описания) и качественнее справились с задачей.
- Некорректные данные содержала лишь одна анкета: испытуемый нарисовал поворот налево вместо поворота направо.
- Ориентиры также присутствовали и были подписаны на планах, однако, кроме них планы содержали большое количество «безымянных» указателей – зданий и перекрестков. Две анкеты не содержали именованных указателей.

Ключевой особенностью задания с рисованием планов являлось то, что испытуемые не рисовали план перемещения внутри здания из-за очевидных сложностей графического представления передвижения в многоэтажном здании.

Эксперимент N2. Поиск пути на плане местности

Во втором эксперименте испытуемых просили нарисовать кратчайший путь колобка в место, помеченное крестиком (рис.1).

Ответы испытуемых распределились следующим образом: путь N1 выбрали четверо испытуемых, N2 – двое, N3 – остальные 14 человек. На самом деле пути N1 и N2 одной длины, а путь N3 на 10% короче. Таким образом, мы видим, что большинство испытуемых без труда определили правильный путь.

Выводы из экспериментов

Проанализировав результаты экспериментов, были сделаны следующие выводы:

- Информация о пространственных структурах хранится в памяти человека более в образном, а не в вербальном виде. Это подтверждает тот факт, что графически испытуемым было легче точно обозначить маршрут, чем описать его словами.
- Человек оперирует относительными ориентирами (общезитие, перекресток, больница, перекресток, поворот и т.д.), а не абсолютными величинами, чтобы описать путь.

- Информация о топологии пространства хранится в памяти человека именно в двухмерном виде. Для представления трехмерного перемещения (например, вниз по лестнице) возникают трудности.

Человек достаточно легко и точно определяет кратчайшее расстояние, используя двухмерную схему.



Рис. 1. Схема, на которой предлагалось начертить путь самый короткий путь

Ключевые особенности системы Guide Bot

Система *Guide Bot* реализует инновационный подход к навигации агентов в виртуальной реальности. **Ключевой идеей** в основе дизайна *Guide Bot* является имитация поведения человека при планировании перемещения в повседневной жизни.

В качестве основополагающих были приняты следующие тезисы, выведенные из экспериментов описанных выше:

- Человеку свойственно осуществлять иерархическое планирование пути. Другими словами человек составляет отдельные планы для перемещения внутри комнаты, внутри дома, от дома к дому по улице и т.д.
- Спланированный человеком путь в общем случае является не всегда оптимальным, а иногда и недостижимым. С другой стороны можно сказать, что человек выбирает наиболее очевидное из доступных решений.
- При возникновении препятствия на пути человек будет пытаться его обогнуть, используя правило левой или правой руки. Конкретное направление обхода будет выбрано эвристически, из соображений здравого смысла.
- При построении пути и описании когнитивной карты проходимости человек мыслит определенными и конкретными понятиями: комната, путь, дом, препятствие, обход, угол. Приведенные в этой статье методы, кроме Steering, оперировали абстракциями вроде проходимых выпуклых

многоугольников и точек видимости, не свойственных бытовому человеческому мышлению.

Хотя данные тезисы являются всего лишь очевидными наблюдениями и не претендуют на научность, с их помощью были разработаны алгоритмы, по своей эффективности и быстрдействию способные конкурировать с классическими методами, а во многих случаях и превосходить их.

Рассмотрим ключевые понятия системы *Guide Bot*:

- Стена – непроходимый для агента отрезок двумерного пространства.
- Проход – отрезок, проходимый для агента. Связывает две комнаты.
- Комната – область пространства, ограниченная стенами. Все пространство поделено на комнаты. Комнаты соединены друг с другом проходами. В системе определен граф связности между комнатами через проходы: комнаты – узлы, проходы – ребра. Геометрически комната представляет собой произвольный многоугольник, сторонами которого являются стены и проходы.

- Препятствие – любая преграда на пути агента. Препятствие состоит из стен.
- Динамическое препятствие может быть аппроксимировано окружностью. Динамические препятствия могут перемещаться в пространстве. С точки зрения агента другие агенты воспринимаются как динамические препятствия.

На рис. 2 показана двухмерная проекция 3D сцены, в которой агент, управляемый *Guide Bot*, прокладывает путь через пространство разбитое на комнаты.

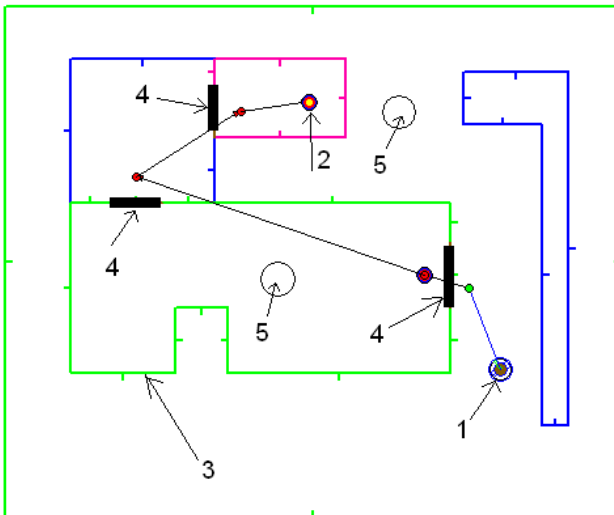


Рис. 2. Визуализация топологии *Guide Bot*, состоящего из нескольких связанных комнат.
1 – агент, 2 – точка назначения, 3 – одна из стен, 4 – проходы в комнаты,
5 – динамические препятствия.

Алгоритм перемещения агента *Guide Bot*

На общем уровне алгоритм планирования перемещения агента *Guide Bot* можно описать следующим образом:

- Определить комнату, в которой находится агент.
- Определить комнату, в которой находится точка назначения агента.
- По графу связности комнат, определить через какие проходы агенту следует двигаться к точке назначения.

Внутри комнат агент использует существенно модифицированную и дополненную версию *Steering* [1]. При обнаружении препятствия на пути, агент огибает его и действует по следующим правилам:

- Определить ближайшую к агенту стену препятствия.
- Определить кратчайшую сторону обхода препятствия, просчитав расстояние обхода в обе стороны от ближайшей к агенту стены. Под кратчайшей стороной обхода подразумевается такой способ огибания препятствия, используя который, агент за минимальное время выйдет в позицию, когда препятствие больше не будет преграждать путь.
- Оптимизировать полученный путь обхода препятствия.

Говоря простым языком, агент пытается огибать препятствия, для чего он как бы скользит вдоль стен. Следует также отметить что, перемещаясь внутри комнаты, препятствиями могут оказаться стены самой комнаты. В таком случае никаких изменений к алгоритму не требуется.

Заключение

Тема дальнейшего изучения когнитивных способностей человека в области представления пространственной информации была лишь поверхностно затронута в данной статье. С другой стороны, даже такие поверхностные знания позволили создать алгоритмы поиска пути *Guide Bot*, вычислительная эффективность которых превосходит другие методы решения данной проблемы, такие как *POV* (points of view) и *NavMesh* [3, 4, 5]. Действительно, в каждый момент времени агент находится лишь в одной из комнат. Соответственно производить расчеты перемещения следует только относительно стен и динамических препятствий только заданной комнаты. Поиск пути в графе комнат, в общем случае также будет выполняться быстрее, чем в алгоритмах *POV* и *NavMesh*. Так как очевидно, что количество комнат в *Guide Bot* в подавляющем большинстве случаев будет существенно меньше количества выпуклых полигонов *NavMesh* и точек видимости *POV*. С другой стороны *Guide Bot*, легко справляется с динамическими препятствиями, путем стандартных методов *Steering* [2].

Такой выигрыш в эффективности объясняется двумя факторами. Во-первых, в отличие от *NavMesh* и *POV*, *Guide Bot* не гарантирует оптимальности построенного пути. С другой стороны такое ограничение является несущественным для большинства разработчиков виртуальной реальности, так как подразумевается, что моделируемое поведение агентов должно быть максимально реалистичным, т.е. человеческим, а вовсе не оптимальным.

Во-вторых, построение топологии вложенных комнат *Guide Bot* является задачей существенно более сложной, чем создание графа связности выпуклых полигонов NavMesh и на порядок более сложную, чем определение точек видимости для метода POV.

1. www.logicking.com - Middleware solution for virtual reality and computer games
2. *Стюарт Рассел, Питер Норвиг* Искусственный интеллект: современный подход (AIMA). - М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.-1424 стр. с ил
3. www.pathengine.com – Intelligent agent movement
4. www.navpower.com – AI motion planning middleware Mat Buckland. Programming Game AI By Example. Wordware Publishing, 2004
5. *Добронравин Ю.В.* Интеллектуальные агенты, базирующиеся на принципе психической доминанты. // VII-я международная конференция "Интеллектуальный анализ информации ИАИ-2007", 14-18 мая 2007 года, Киев

Поступила 27.01.2011г.

УДК 621.039:504.064

Ю.Л. Забулонов, В.М. Буртняк, И.О. Золкин
Институт геохимии окружающей среды НАН и МЧС Украины, Киев.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ГАЗОАЭРОЗОЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ АЭС

An attempt is made in this article to analyze the methods of control of the gaseous and aerosol emissions from NPP. It has been shown that liquid scintillation counting is the most preferable method for low-level activities measuring.

Введение.

Повышение уровня безопасности атомных станций является приоритетным направлением развития атомной энергетики. В процессе эксплуатации АЭС, даже в штатном режиме, выбрасывает в окружающую среду радиоактивные вещества в виде жидких и газоаэрозольных сбросов. Рассеянные в воздухе радионуклиды оказывают негативное влияние на окружающую среду и население [1]. В радиоактивном загрязнении окружающей среды АЭС особое место занимают тритий (^3H) и радиоуглерод (^{14}C). Атомы этих веществ путем изотопного обмена могут замещать стабильные водород и углерод в молекулах живых организмов (в ДНК, РНК и др.). Радионуклиды, которые накапливаются в органах и тканях, становятся источником длительного внутреннего облучения и представляют особую опасность для генетического аппарата человека [2,3]. Биологическое воздействие трития усиливается тем, что при его распаде образуется

104 © Ю.Л. Забулонов, В.М. Буртняк, И.О. Золкин