



OSTIS-2011

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822:514

ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С МОБИЛЬНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ РОБОТОМ

М.В. Прищепа (*prischepa@iias.spb.su*)

В.Ю. Будков (*budkov@iias.spb.su*)

А.Л. Ронжин (*ronzhin@iias.spb.su*)

*Учреждение Российской академии наук Санкт-Петербургский институт
информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН), г. Санкт-Петербург, Россия*

Проводится анализ задачи проектирования мобильного информационного робота, предназначенного для предоставления информационно-навигационных услуг посетителям торговых центров. На основе предложенной онтологической модели взаимодействия робота с пользователями построены логическая модель функционирования робота и диалоговая модель обработки голосовых запросов.

Ключевые слова: информационный робот, онтологическая модель, распознавание речи.

Введение

Основной целью исследования является разработка информационно-справочного мобильного робота с многомодальным пользовательским интерфейсом, который мог бы обеспечивать естественное взаимодействие пользователей с роботом. Наиболее актуальной и востребованной областью применения, по нашему мнению и зарубежным публикациям, считается торгово-развлекательные комплексы, поэтому последующая разработка программно-аппаратного и модельно-алгоритмического обеспечения, необходимого для создания мобильного информационного робота, будет ориентировано на его применение, в первую очередь, в торговом комплексе. Основными текущими результатами можно считать разработку концептуальной и онтологической модели управления информационным мобильным роботом, логической модели выбора режимов работы, схемы распознавания ключевых фраз пользователей.

Одним из наиболее актуальных областей применения информационных роботов считаются торговые комплексы (ТК) [Kanda et al., 2009]. Покупателям с каждым годом становится все сложнее ориентироваться в новых все более расширяющихся комплексах, а непривычная новизна робота привлекает посетителей, и поэтому его применение в рекламных целях весьма эффективно. Способность вести естественный диалог, перемещаться вместе с посетителем и учитывать его предпочтения является основным достоинством мобильного информационного робота.

1. Анализ характеристик существующих информационных роботов

Анализ последних научных публикаций показывает, что социальные роботы могут использоваться в качестве проводников в музеях, школьных учителей, для психологической помощи людям с ограниченными физическими возможностями, а также для ухода за детьми.

Несмотря на то, что концепция «робота-помощника» сформировалась уже несколько десятилетий назад, широкого распространения на рынке обслуживающие роботы пока не получили [Breazeal et al., 2004]. Основными сдерживающими причинами являются высокая стоимость, сложность интеграции, минимизации и совмещения всех компонентов в одном

мобильном комплексе. Существуют проблемы в организации самостоятельной работы таких систем и в увеличении срока их работоспособности в автономном режиме.

Также имеется ряд недостатков в способах взаимодействия между человеком и системой, системой и окружающей средой. В последнее десятилетие за рубежом активно проводятся исследования и разработки принципиально нового поколения обслуживающих информационных роботов с многомодальным пользовательским интерфейсом [Fritsch et al., 2003]. Это системы массового обслуживания, которые могут автоматически определять присутствие пользователя-клиента и общаться с ним естественным образом. Ввод информации может осуществляться как путем нажатия кнопок или сенсорного экрана, так голосом или даже жестами. Такая система, как правило, обладает знанием о своем пространственном положении, а также планировке здания, и использует эти данные при указании пользователю интересующего направления.

При разработке мобильного "робота-помощника" должен быть учтен ряд важных аспектов [Breazeal et al., 2004]. Во-первых, следует учитывать реальные потребности пользователей. Во-вторых, разработки должны вестись сразу на трёх уровнях: технологии, необходимые для базовой конфигурации системы и использующиеся во всех приложениях; контекстно-зависимые технологии, которые могут быть адаптированы к большинству потребностей пользователей; персонифицированные технологии, разработанные в соответствии с требованиями конкретных пользователей. В-третьих, предложенные решения должны отличаться гибкостью, простотой пользования, надёжностью и способностью к самовосстановлению, равно как функциональностью и адаптивностью.

При сопоставлении различных функциональных возможностей предлагаемых сегодня решений следует различать развлекательные системы, системы-помощники для людей с ограниченными возможностями и информационные системы, предназначенные для оповещения населения и предоставления различного рода услуг [Fong et al., 2003], [Green et al., 2008]. Развлекательные системы, такие как японский гуманоидный миниробот i-SOBOT, имеют минимальный набор функций и простейший интерфейс, основанный на управлении с компьютера или дистанционного пульта. Голосовое управление такими системами заключается в стандартном наборе команд, заранее включенных производителем. Системы-помощники имеют более широкий набор функций и выполняются в различных вариантах в зависимости от прикладной области. Широкое распространение получили роботы-животные, одним из наиболее популярных является японский робот Paro, предназначенный для лечения умственно и физически неполноценных пациентов. Он оснащен различными датчиками, реагирующими на прикосновения, освещенность, температуру и положение человека. Paro различает голосовые команды, узнает хозяина и выражает свои эмоции посредством движений и различных звуков. Также существуют роботы гуманоидного типа (такие как REEM-B, R100, Domo, STAIR, Twendy-One и другие), предназначенные для выполнения роли сиделки для пожилых людей, способные переносить предметы, передвигаться по помещению, следовать за хозяином, а в случае надобности, помогать хозяину подняться с кресла. Такие системы обладают достаточно развитым голосовым интерфейсом, что позволяет пользователям общаться и управлять ими вербально.

Информационно-справочные системы (такие как SuperDroid RP2W), в основном, предназначены для предоставления сведений об услугах и товарах различного вида. Подобные системы обладают минимальным набором функций, основной упор в их конструктивной части сделан на визуализацию предоставляемой информации. Они оснащены мультимедийным оборудованием и способны выполнять базовый набор команд, предусмотренных производителем. Иногда они имеют голосовой интерфейс с ограниченным словарем, могут автономно передвигаться по помещению, составляя карту местности, а также обладают стандартным набором датчиков для передвижения или обнаружения пользователей. Существующие информационные роботы различаются не только функциональными возможностями, но и уровнем коммуникации, связи с внешним миром, осведомлённости о предпочтениях посетителей и способности к самообучению. От простейших систем, оснащённых механизмами включения/выключения, делается переход к сложным комплексным системам, способным интерпретировать поведение людей и отвечать их запросам.

Аппаратная часть разрабатываемого мобильного информационного робота состоит из двух основных компонент: подвижная платформа и информационная сенсорная стойка [Будков и др., 2010]. Компонентная схема шасси платформы состоит из двух ведущих и двух флюгерных колес, что позволяет роботу двигаться в двух направлениях (вперед-назад), а также разворачиваться вокруг своей оси. Ультразвуковые и инфракрасные датчики, расположенные по внешней окружности платформы, служат для предотвращения столкновений с препятствиями при передвижении робота. Система управления приводами колес и обработки показаний датчиков установлена на бортовом компьютере информационной стойки, которая также оснащена встроенным Wi-Fi адаптером, двумя сенсорными мониторами, двумя массивами микрофонов, четырьмя веб-камерами, динамиками. Борт компьютер и остальные устройства подключены через источник бесперебойного питания к собственному аккумулятору. С помощью видеокамер робот может следить за движущимися объектами и находить лица людей. Массивы микрофонов используются для локализации источников звука, распознавания речи, а также для идентификации посетителей. Обработывая поступающие потоки данных от гетерогенных сенсоров, система управления вырабатывает команды исполнительным устройствам и приложениям, обеспечивающим информационную поддержку пользователей.

2. Онтологическая модель взаимодействия

Для формализации задачи интеллектуального управления информационным роботом была предложена онтологическая модель (рис. 1), включающая следующие основные сущности: Робот; Местоположение; Устройство; Программное обеспечение; Сервис; Пользователь; Профиль. Далее рассмотрим элементы, которые делятся на подклассы. Робот может предоставлять четыре сервиса: (1) диалог с пользователем; (2) сопровождение пользователя; (3) показ рекламы; (4) возвращение на базу. Эти сервисы используют программное обеспечение, состоящее из описания операционной системы и приложения, которое в свою очередь использует устройства, установленные в роботе. Основные группы устройств: (1) сенсор; (2) устройство ввода; (3) устройство вывода; (4) двигатель; (5) аккумулятор. В процессе разработки мобильного информационного робота были выделены два типа местоположения, в которых он может находиться, это база, где осуществляется подзарядка аккумуляторов и другое обслуживание робота, а также рабочая зона, в которой происходит взаимодействие с пользователями.



Рисунок 1 – Онтологическая модель взаимодействия информационным мобильным роботом

Основная информация, необходимая роботу о зоне обслуживания ТК, содержит карту допустимых маршрутов, место парковки, часы работы и список объектов: магазины, кинотеатры, кафе и другие точки интереса POI (points-of-interest), в описании которых задаются их названия, расположение в комплексе, список предлагаемых услуг или товаров, рекламные ролики, параметры соединения с представителем объекта.

Далее представлен пример сценария и показаны результаты логического вывода по онтологии. Для начала работы сценария задается запланированный график работы POI торгового центра. При наступлении времени открытия торгового центра робот перемещается из базы в рабочую зону и автоматически запускается сервис «Реклама». При обнаружении пользователя в зоне взаимодействия и по истечении определенного времени, если пользователь не начал диалог первым, запускается сервис «Диалог с пользователем». Если пользователь был идентифицирован, его профиль анализируется и, исходя из этого, пользователю предоставляется возможность узнать информацию о новых предложениях в POI, которые указаны в его предпочтениях и ожидаются дальнейшие запросы. В случае если пользователя не удалось идентифицировать, ожидается запрос пользователя, после получения которого, выполняется поиск необходимой информации. Как только необходимая информация найдена, и пользователь подтвердил необходимость его сопровождения, запускается сервис «Сопровождение пользователя». Также во время работы платформы осуществляется опрос состояния аккумуляторов, в случае если они разряжены, запускается сервис «Возвращение на базу».

Для создания такого сценария необходимо составить набор правил, осуществляющих анализ контекста данных онтологии. Сначала выполняется правило сравнения текущей даты и времени с графиком работы торгового центра, т.е. в какой промежуток времени робот должен находиться в рабочей зоне (правило 1); далее при обнаружении пользователя необходимо найти, выбрать и проанализировать его профиль, если он существует, иначе создать (правило 2), также в процессе работы производится опрос состояния аккумуляторов исходя из анализа этих данных производится выбор сервиса (правило 3).

WorkZone(?w) \wedge hasDate(?w, ?d) \wedge sqwrl:equal(?d, ?dc) \wedge hasTime(?w, ?t) \wedge sqwrl:equal(?t, ?tc) \rightarrow StartService(MovingToWorkZone) (1)

User(?x) \wedge hasProfile(?x, ?p) \rightarrow Analysis(?pr) or CreateProfile(?x, ?pr) (2)

Accumulator(?u) \wedge hasStatus(?u, ?t) \wedge swrlb:lessThan(?t, 20) \rightarrow StartService(MovingToBase) (3)

Первое правило обеспечивает выбор определённого времени для начала работы робота: рабочая зона (?a) имеет дату (?d) и время открытия (?t), которые сравниваются с текущей датой (?dc) и временем (?tc) с помощью функции sqwrl:equal. Во втором правиле описывается пользователь (?x) у которого возможно есть профиль (?p), если это так, то оно анализируется Analysis(?pr) иначе создаётся профиль для этого пользователя CreateProfile(?x, ?pr). С помощью третьего правила осуществляется анализ состояния аккумулятора с помощью функции sqwrl:lessThan, в зависимости от которого запускается сервис (StartService()).

Множество режимов работы информационного робота включает: диалог с посетителем; сопровождение посетителя; движение с выводом рекламы; движение на парковку (рис. 2). В каждом из режимов рассчитывается свой маршрут передвижения и способ взаимодействия с посетителями.

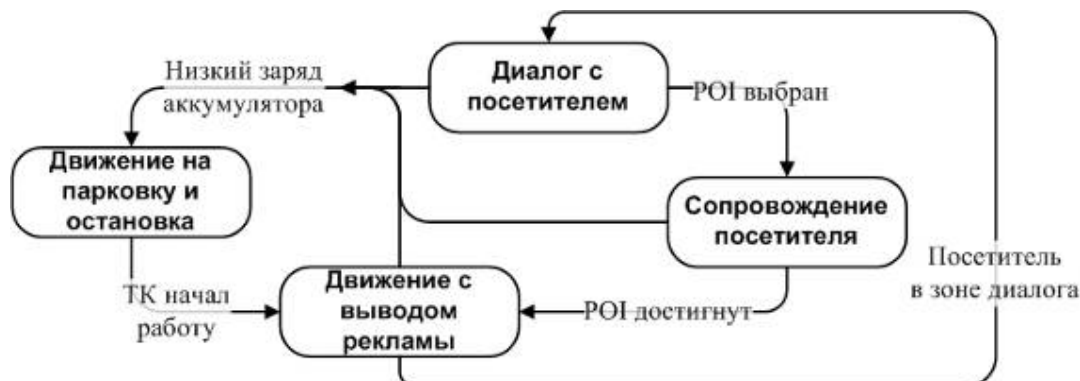


Рисунок 2 – Логическая модель выбора режимов работы информационного робота

Также на выбор режима и изменение маршрута влияет возникновение динамических препятствий и состояние аккумуляторных батарей робота. При появлении посетителя в зоне речевого диалога производится аудиовизуальный синтез приветствия и запрашивается название интересующего POI, после чего робот сопровождает посетителя до нужного места и вновь переходит в режим рекламирования.

3. Диалоговая модель обработки голосовых запросов

Рассмотрим разработанную диалоговую модель взаимодействия информационного робота с посетителем. Необходимо отметить, что модель взаимодействия должна отвечать таким условиям, как: (1) информативность: предоставленная информация должна быть актуальной; (2) естественность: диалог системы с пользователем должен происходить на естественном для пользователя языке и не требовать от него каких-либо специальных знаний и навыков; (3) лаконичность: количество предоставляемой информации должно быть строго таким, какое нужно пользователю в данный момент, и не должно содержать лишние или ненужные данные. Разработанная модель взаимодействия основывается на использовании речи в качестве главного способа коммуникации, а также использовании жестов в качестве вспомогательного [Hruz et al., 2009]. Модель предназначена для взаимодействия пользователей с информационным роботом в таких сложных условиях, как торговые центры. Робот, находясь в помещении торгового центра, предоставляет информационные услуги по нахождению нужных магазинов, категорий товаров или служебных помещений.

На первом этапе происходит знакомство пользователя с системой. Информационный робот представляется и предлагает перечень услуг, которые он может оказать посетителю: указание местоположения магазинов (по названиям), указание магазинов по категориям товаров (например, обувь – названия всех обувных магазинов в данном торговом центре), новости и информация о скидках и акциях, проводимых в магазинах торгового центра, возможность проводить пользователя в нужную ему точку торгового центра. Далее пользователю предлагается выбрать категорию услуг и дать задание информационному роботу. После получения задания робот приступает к их выполнению. По запросу пользователя он может озвучить запрашиваемую информацию, с помощью аудиовизуального синтеза речи [Карпов и др., 2008]. Если посетитель предпочитает визуальное предоставление информации, то информационный робот выведет ее на экран в виде фотографии магазина, названия и каталога его продукции. Аудиовизуальная модель человека может указать требуемое направление жестами. Также робот способен проводить посетителя до места назначения по его просьбе. После того, как задание выполнено, робот прощается с посетителем и переходит в ждущий режим.

В ходе взаимодействия с посетителем формируется его профиль, включающий основные внешние данные и предпочтения в выборе товаров и магазинов. В разработанной модели диалога с посетителем основной целью является определение наименования POI или названия товара, поэтому структура допустимых фраз была составлена в виде грамматики, представленной на рисунке 4. Фраза может содержать только название POI (элементы множеств \$shop_list, \$safe_list, \$service_list), название товара (элементы множества \$goods_list) или название с дополнительными словами «магазин», «кафе», а также вступительными оборотами с глаголами «купить», «приобрести», «найти» и другими (элементы множеств \$where_buy, \$where_find).

Если пользователь во фразе указал название POI, то производится определение его местоположения, расчет маршрута и последующее движение робота к месту входа в интересующую POI. Если пользователь указал некоторый товар/услугу, то происходит поиск объектов, в которых продается данный товар, после чего список всех удовлетворяющих поиску объектов выводится на экран, где посетителю предлагается выбрать один.

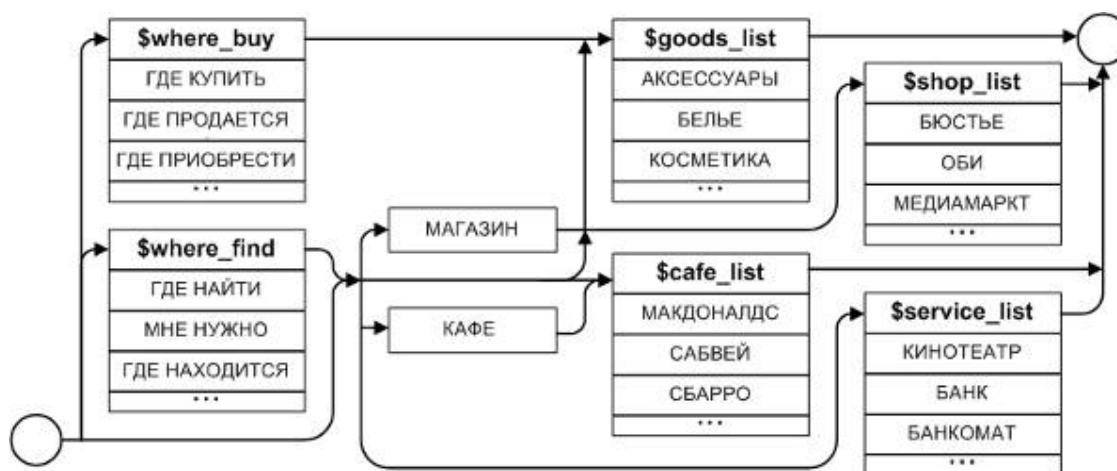


Рисунок 4 – Схема распознавания ключевых фраз пользователей информационного робота

Заключение

Проектирование мобильных систем-помощников является новой научной парадигмой в области информационных технологий и актуальной научно-практической задачей. Разрабатываемый информационно-справочный робот представляет собой мобильную подвижную систему, которая содержит сеть интеллектуальных аппаратно-программных модулей, активационных устройств, мультимедийных средств и аудиовизуальных сенсоров. Основная задача робота — обеспечение пользователей необходимой справочной информацией и сервисами на основе автоматического анализа окружающей обстановки. Осведомленность системы о предпочтениях пользователя помогает более точно предсказать намерения и потребности человека. Наличие пользовательского многомодального интерфейса позволяет перевести взаимодействие человека с машиной на новый уровень и обеспечить понятный и доступный интерфейс любой категории пользователей.

Анализ реальных диалогов, способов взаимодействия с роботом и учет персонифицированных данных позволят выявить шаблоны поведения и предпочтений основных групп пользователей, сценариев человеко-машинных взаимодействий и наиболее актуальные команды, которые следует генерировать и выполнять автоматически, способствуя повышению эффективности взаимодействия человека с мобильным роботом.

Библиографический список

- [Kanda, 2009] Kanda T., Shiomi M., Miyashita Z., Ishiguro H., Hagita N. An Affective Guide Robot in a Shopping Mall // Proc. of Conference on Human-Robot Interaction 2009. 2009. P. 173–180.
- [Breazeal, 2004] Breazeal C., Brooks A., Gray J., Hoffman G., Kidd C., Lee H., Lieberman J., Lockerd A., Mulanda D. Humanoid robots as cooperative partners for people // International Journal of Humanoid Robots. Vol. 1. N 2. 2004. P. 1–34.
- [Fritsch, 2003] Fritsch J., Kleinhagenbrock M., Lang S., Plotz T., Fink G., Sagerer G. Multi-modal anchoring for human-robot-interaction // Robotics and Autonomous Systems. Vol. 43. 2003. P. 133–147.
- [Fong, 2003] Fong T., Nourbakhsh I., Dautenhahn K. A survey of socially interactive robots // Robotics and Autonomous Systems. Vol. 42. 2003. P. 143–166.
- [Green, 2008] Green S., Billingham X., Chen M., Chase G. Human-robot collaboration: A literature review and augmented reality approach in design // International Journal of Advanced Robotic Systems. Vol. 5. N 1. 2008. P. 1–18.
- [Будков, 2010] Будков В.Ю., Прищепа М.В. Диалоговая модель управления мобильным информационным роботом // Искусственный интеллект, Донецк: ГУИИИ, № 4, 2010, С. 78-81.
- [Hruz, 2009] Hruz M., Campr P., Karpov A., Santemiz P., Aran O., Zelezny M. Input and Output Modalities Used in a Sign-Language-Enabled Information Kiosk. In Proc. of the 13-th International Conference SPECOM'2009, St. Petersburg, 2009, pp. 113-116.
- [Карпов, 2008] Карпов А., Ронжин А., Лобанов Б., Цирульник Л., Железны М. Разработка бимодальной системы аудиовизуального распознавания русской речи // Информационно-измерительные и управляющие системы, Москва, № 10, Т. 6, 2008, С. 58-62.