

УДК 004.5

М.В. Прищепа, А.Л. Ронжин

Модели интерактивного взаимодействия с подвижным информационно-навигационным комплексом

Проведен анализ современных информационных систем и реализованных в них пользовательских интерфейсов. Рассмотрены модели и программно-аппаратные средства подвижного информационно-навигационного комплекса, обеспечивающие интерактивное взаимодействие с пользователем.

Ключевые слова: мобильные социальные роботы, диалоговые системы, многомодальные интерфейсы, человеко-машинное взаимодействие.

Анализ проблем интерактивного взаимодействия с системами самообслуживания. Одним из перспективных направлений развития информационно-справочных систем самообслуживания в настоящее время является разработка подвижных комплексов, предоставляющих услуги справочного характера пользователям в заданной зоне обслуживания. За счет своей мобильности такие системы способны обслуживать большее количество пользователей, чем стационарные системы [1, 2]. Сейчас стационарные системы самообслуживания и оказания услуг информационно-справочного характера населению, в том числе банкоматы, терминалы оплаты услуг, информационные киоски, оснащенные средствами обработки и вывода аудиовизуальной информации, широко распространены в торгово-развлекательных комплексах, банках, транспортных узлах и других местах одновременного нахождения большого количества людей. Основным требованием, предъявляемым к пользовательскому интерфейсу таких систем, является доступность для людей с различными навыками и возможностями [3]. То есть интерфейс человеко-машинного взаимодействия должен быть простым и удобным настолько, чтобы пользователь смог управлять устройством интуитивно, без предварительной подготовки и обучения.

Учитывая возможности современных технических и программных средств, реализующих ввод, вывод и обработку информационных каналов, доступных пользователю, интерфейсы можно разделить на два основных типа: стандартный графический и многомодальный [4–6]. При реализации систем автоматической обработки речи и других естественных модальностей перспективным считается привлечение контекстной информации [7–9]. При разработке пользовательских интерфейсов к социальным сервисным системам особое внимание уделяется психологическим аспектам человеко-машинного взаимодействия. Установление эмоционального контакта между человеком и системой за счет его дизайна является одной из основных задач при разработке стратегий поведения социальных роботов [10]. Кроме того, неоднократно поднималась проблема выбора оптимального положения робота относительно человека для более эффективного взаимодействия [2, 11].

Также следует учитывать, что стиль общения пользователя изменяется по мере знакомства с роботом, его функциями и степени полезности предоставляемых сервисов. Для персонализированной настройки стиля общения робота с пользователем следует производить начальное обучение и накапливать информацию о поведении пользователя во время взаимодействия, анализировать и учитывать его предпочтения при дальнейшей настройке пользовательского интерфейса. Таким образом, анализ методов и программно-аппаратного обеспечения, применяемых в существующих исследовательских моделях информационно-навигационных комплексов, показал, что наиболее активно изучаются вопросы анализа поведения и предпочтений пользователей, разработки сценариев поведения автоматических комплексов, а также безопасности и естественности взаимодействия.

Структурная модель подвижного информационно-навигационного комплекса. Рассмотрим формальную постановку задачи информационного обслуживания подвижными комплексами. Пусть $U = (u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_l)$ – множество пользователей; $R = (r_1, r_2, \dots, r_j, \dots, r_j)$ – множество подвижных комплексов на заданной территории обслуживания; Z – база данных обслуживаемой территории со множеством объектов $O = (o_1, o_2, \dots, o_n, \dots, o_N)$, информация о которых предоставляется в ходе функционирования комплексов. Тогда задачу обслуживания можно сформулировать следующим

образом. Учитывая особенности расположения объектов и допустимые маршруты по территории, необходимо на безопасном и комфортном для взаимодействия расстоянии обеспечить диалог пользователя u_i с комплексом r_j , а также его сопровождение до интересующего объекта o_n . На рис. 1 показана структурная модель подвижного комплекса, включающая основные блоки, реализующие взаимодействие с пользователем и передвижение по обслуживаемой территории.



Рис. 1. Структурная модель подвижного информационно-навигационного комплекса

Описание обслуживаемой территории содержит следующий набор основных компонент, необходимых для расчета маршрутов передвижения информационных комплексов: $Z = \langle M, K, H \rangle$, где M – топологическая карта территории с отмеченными статическими и динамическими препятствиями; K – координаты мест входа в объекты из множества O , H – данные о совершенных маршрутах, диалогах и пользователях.

В данной задаче сложность построения диалога связана с подвижностью обоих участников: пользователя и информационного комплекса. Причем данные о некотором пользователе u_i определяются комплексом r_j , в зоне наблюдения которого был обнаружен этот пользователь. Поэтому информационная модель пользователя характеризуется следующими параметрами: $u_{ij} = \langle X_{ij}, C_{ij}, S_{ij}, H_{ij}, B_i \rangle$, где X_{ij} – зона нахождения пользователя; C_{ij} – координаты пользователя; S_{ij} – скорость пользователя; H_{ij} – координаты центра лица пользователя; B_i – биометрические характеристики пользователя, накапливаемые в ходе взаимодействия с подвижными комплексами.

Для формирования базы справочных данных об объектах их модели должны содержать следующие параметры: $o_n = \langle K_n, P_n, A_n, E_n, G_n \rangle$, где K_n – координаты места входа в объект o_n ; P_n – описание услуг, предоставляемых данным объектом, необходимых для обучения акустико-лексических, языковых и диалоговых моделей речевого/многомодального пользовательского интерфейса; A_n – мультимедиа представление объекта, используемое комплексом в режиме рекламирования; G_n – дополнительные данные об объекте (часы работы, телефоны обслуживающего персонала), необходимые для функционирования подвижного комплекса.

Техническое оснащение комплекса можно разделить на две основные группы: 1) подвижная платформа, реализующая слежение за появлением препятствий на маршруте комплекса и его перемещение; 2) информационная стойка, на которой выводятся мультимедиа данные об интересующих посетителях объектах и на основе многомодального интерфейса реализуется естественный диалог с пользователем. Поэтому модель подвижного информационного комплекса содержит параметры, значения которых формируются посредством датчиков, расположенных на подвижной платформе, средств захвата аудиовизуальных сигналов, встроенных в информационную стойку, а также параметры, вычисляемые в ходе диалога с пользователем: $r_j = \langle C_j, S_j, f_j, V_j, U_j, D_j, W \rangle$, где C_j – координаты комплекса; S_j – скорость комплекса; f_j – режим функционирования, V_j – показания датчиков препятствий; U_j – множество пользователей, находящихся в зоне наблюдения комплекса; D_j – дополнительные параметры (состояние заряда аккумуляторов и других встроенных технических средств), необходимых для функционирования подвижного комплекса; W – данные о расположении и режиме функционирования всех обслуживающих комплексов на данной территории [12, 13].

В предложенной модели режим функционирования выбирается из следующего множества: $f = (f_D, f_E, f_A, f_P)$, где f_D – диалог с посетителем; f_E – сопровождение посетителя; f_A – движение с выводом рекламы; f_P – движение на техническую остановку. Результатом взаимодействия комплекса r_j

с пользователем u_i является предоставление услуги Q , состоящей из выдачи информации об объекте o_n и/или сопровождения до этого объекта, расположенного на территории обслуживания Z : $Q(u_i) = f(r_j, Z, o_n)$. Вопросы навигации, связанные с вычислением оптимального маршрута, в данной работе не рассматривались. В режиме сопровождения основное внимание было уделено проблеме интерактивного взаимодействия с комплексом. Выделены три зоны положения пользователя относительно комплекса: x_{search} – зона наблюдения; x_{escort} – зона сопровождения; x_{dialog} – зона взаимодействия. Наличие пользователя в одной из зон определяется на основе следующих логических правил:

$$X_{ij}(d_{ij}, \alpha_{ij}, E_n) = \begin{cases} x_{search}, d_{ij} < d_{search_max} \wedge \alpha_{ij} < \alpha_{search_max}, \\ x_{escort}, d_{ij} < d_{escort_max} \wedge \alpha_{ij} < \alpha_{escort_max}, \\ x_{dialog}, d_{ij} < d_{dialog_max} \wedge \alpha_{ij} < \alpha_{dialog_max}, \end{cases}$$

где X_{ij} – зона нахождения пользователя; d_{ij} – расстояние между пользователем и комплексом; α_{ij} – угол отклонения пользователя от центра комплекса; E_n – сообщения от системы распознавания речи, d_{search_max} – максимальное расстояние поиска пользователей; d_{dialog_max} – максимально расстояние, на котором возможен диалог с пользователем; d_{escort_max} – максимально допустимое расстояние при сопровождении пользователя; α_{search_max} – максимальный угол, на котором ведется поиск пользователя; α_{dialog_max} – максимально допустимый угол отклонения пользователя от центра комплекса в ходе диалога; α_{escort_max} – максимальный допустимый угол отклонения пользователя от центра комплекса при сопровождении. Если указанные правила не выполняются, то считается, что анализируемый объект не является пользователем. На рис. 2 пунктирной линией обозначена зона взаимодействия комплекса. Радиус взаимодействия не должен превышать d_{dialog_max} , а угол отклонения пользователя от центра платформы должен быть меньше α_{dialog_max} . В режиме информирования пользователя подвижный комплекс поддерживает расстояние и угол отклонения в заданных пределах.

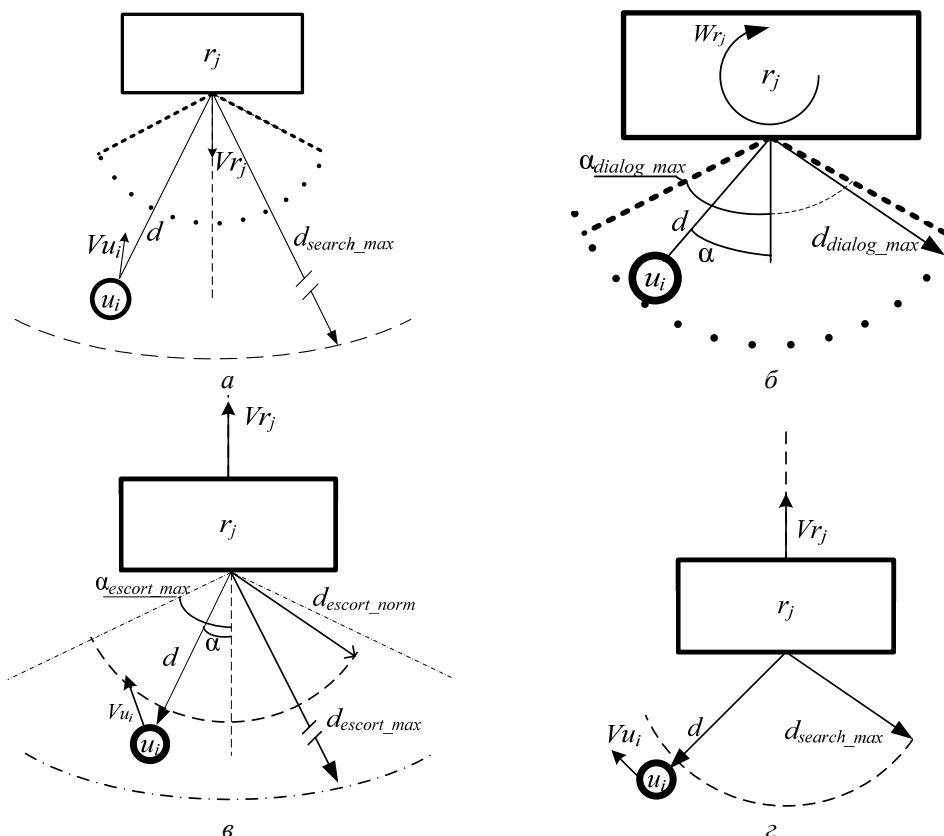


Рис. 2. Схемы движения пользователя и комплекса на основных этапах взаимодействия:
 а – пользователь входит в зону взаимодействия комплекса, движущегося в режиме рекламирования по заданному маршруту; б – информирование пользователя с подстройкой положения комплекса в сторону пользователя; в – сопровождение пользователя до интересующего объекта по заданному маршруту; г – пользователь покидает зону взаимодействия комплекса

что большинство пользователей (порядка 60%) предпочитают называть не определенное название объекта, а категорию товара или услуги и только после вывода на экран списка всех удовлетворяющих условию объектов выбирать какой-либо один. Около 40% пользователей подавали запрос без вступительных слов (например, «где находится», «как пройти»), а одним словом или названием (например, «Обувь», «Кафе», «Детская одежда»). Процент неправильно обработанных запросов пользователей составил порядка 15%.

Также при тестировании был проведен опрос пользователей с целью выявления дополнительных требований по эргономике и функционалу информационно-навигационных комплексов. Большинство опрошенных мужчин (56%) предпочитают более высокие информационные комплексы в отличие от женщин, которые отдали свое предпочтение средней высоте (150 см). Синтезируемый «механический» голос системы выбрали 47% женщин, тогда как мужчины (70%) предпочитают женский голос. Расстояние взаимодействия с комплексом как в режиме информирования, так и в режиме сопровождения не рекомендуется делать меньше 50 см. Наиболее удобным средством ввода было выбрано сенсорное меню (41% женщин и 70% мужчин), а средствами вывода информации – аватар в виде говорящей головы вместе с выводом графической информации на монитор. Полученные данные будут использованы при разработке опытного образца многомодального информационно-навигационного комплекса.

Заключение. При реализации предложенных режимов функционирования подвижного комплекса были разработаны: структурная модель программно-аппаратного оснащения комплекса; логическая модель выбора текущего режима комплекса, учитывающая расположение пользователей и статус встроенных компонентов; диалоговая модель, построенная на основе данных о рекламируемых объектах и учитывающая текущее положение комплекса и пользователя на обслуживаемой территории. Предложенные модели были реализованы в программно-аппаратном подвижном комплексе – многомодальном подвижном автомате информационного самообслуживания.

Работа выполнена в рамках грантов РФФИ (№ 12-08-01261-а, 12-07-31201-МОЛ_а, 12-06-31203-МОЛ_а) и НИР СПбГУ № 31.37.103.2011.

Литература

1. Stuckler J. Improving People Awareness Of Service Robots by Semantic Scene Knowledge / J. Stuckler, S. Behnke // RoboCup 2010. – Springer Verlag Berlin Heidelberg., 2011. – P. 157–168.
2. Прищепа М.В. Особенности разработки пользовательского интерфейса мобильного информационного робота / М.В. Прищепа, К.Ю. Баранов // Изв. вузов. Приборостроение. – 2012. – Т. 55, № 11. – С. 46–51.
3. Карпов А.А. Многомодальные ассистивные системы для интеллектуального жилого пространства / А.А. Карпов, Л. Акарун, Ал.Л. Ронжин // Труды СПИИРАН. – 2011. – Вып. 19. – С. 48–64.
4. Ронжин А.Л. Проектирование интерактивных приложений с многомодальным интерфейсом / А.Л. Ронжин, А.А. Карпов // Доклады ТУСУРа. – 2010. – № 1 (21), ч. 1. – С. 124–127.
5. Мещеряков Р.В. Специализированная информационная система поддержки деятельности медицинского учреждения / Р.В. Мещеряков, Л.Н. Балацкая, Е.Л. Чойнзонов // Информационно-управляющие системы. – 2012. – № 5. – С. 51–56.
6. Haddadin S. Requirements for Safe Robots: Measurements, Analysis & New Insights / S. Haddadin, A. Albu-Schäffer, G. Hirzinger // Robotics Research. – 2009. – Vol. 28, № 11–12. – P. 1507–1527.
7. Мещеряков Р.В. Сегментация и параметрическое описание речевого сигнала / Р.В. Мещеряков, В.П. Бондаренко, А.А. Конев // Изв. вузов. Приборостроение. – 2007. – Т. 50, № 10. – С. 3–7.
8. Глазков С.В. Методы анализа контекста приложений в мобильных гетерогенных устройствах / С.В. Глазков, А.Л. Ронжин // Доклады ТУСУРа. – № 1 (25). – часть 2. – 2012. – С. 236–240.
9. Ронжин Ал.Л. Система аудиовизуального мониторинга участников совещания в интеллектуальном зале / Ал.Л. Ронжин, Ан.Л. Ронжин // Доклады ТУСУРа. – 2011. – № 1 (22), ч. 1. – С. 153–157.
10. Lee J.K. Human Social Response Toward Humanoid Robot's Head and Facial Features / J.K. Lee, C. Breazeal // CHI'2010. – 2010. – P. 4237–4242.
11. Mead R. Proxemic feature recognition for interactive robots: automating metrics from social sciences / R. Mead, A. Atrash, M.J. Mataric // ICSR 2011. – Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2011. – P. 52–61.
12. Ронжин А.Л. Особенности дистанционной записи и обработки речи в автоматах самообслуживания / А.Л. Ронжин, А.А. Карпов, И.А. Кагиров // Информационно-управляющие системы. – 2009. – Вып. 42, т. 5. – С. 32–38.

13. Прищепа М.В. Разработка профиля пользователя с учетом психологических аспектов взаимодействия человека с информационным мобильным роботом // Труды СПИИРАН. – 2012. – Вып. 21. – С. 56–70.

Прищепа Мария Викторовна

Мл. науч. сотр. лаб. речевых и мультимодальных интерфейсов
Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН)
Тел.: +7 (812) 328-70-81
Эл. почта: prischepa@iias.spb.su

Ронжин Андрей Леонидович

Д-р техн. наук, доцент, зав. лаб. речевых и мультимодальных интерфейсов, СПИИРАН.
гл. науч. сотр. лаб. экспериментальной фонетики Санкт-Петербургского государственного университета
Тел.: +7-911-253-24-32
Эл. почта: ronzhin@iias.spb.su

Prischepa M.V., Ronzhin A.L.

Models of interaction with mobile information-navigation complex

We analyse modern information systems and user interfaces implemented in them. In the paper there are considered the models and firmware of the mobile information-navigation complex providing interactivity with the user.

Keywords: mobile social robots, interactive systems, multimodal interfaces, human-computer interaction.
