



Средства речевого и многомодального человеко-машинного взаимодействия для ассистивных информационных технологий

Карнов А.А., доктор технических наук, доцент

В статье приводится аналитический обзор современных аппаратных и программных средств организации речевого и многомодального человеко-машинного взаимодействия, а также их применение в ассистивных технологиях, предназначенных для помощи людям с ограниченными возможностями здоровья. Также представлена разработка универсальной ассистивной информационной технологии на базе аудиовизуальных пользовательских интерфейсов.

- *речевые технологии* • *многомодальные интерфейсы пользователя*
- *человеко-машинное взаимодействие* • *ассистивные технологии*
- *интеллектуальные интерактивные системы*

In this paper, it is given an analytical survey of state-of-the-art hardware and software means for speech and multi-modal human-computer interaction as well as their application in assistive technologies aimed for helping people with disabilities. Development of a universal assistive information technology based on audio-visual user interfaces is described as well.

- *speech technologies* • *multi-modal user interfaces* • *human-computer interaction*
- *assistive technologies* • *intelligent interactive systems*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мировое сообщество уделяет значительное внимание проблемам инвалидов с дисфункциями отдельных органов или чувств. Существенные ограничения по здоровью могут появиться у человека в течение жизни или присутствовать с самого рождения, при этом может носить постоянный или временный характер. Категории нарушений включают, но, не ограничиваясь этим, физические, сенсорные, речевые и когнитивные нарушения. Миллионы людей страдают от нарушений в работе сенсорных систем (зрения, слуха, обоняния, осязания), голосового аппарата, верхних и нижних конечностей, когнитивных нарушений, нарушений в развитии и т.д. Необходимая опека и поддержка людей с инвалидностью и недееспособных пожилых людей будет со временем обеспечиваться интеллектуальными информационными технологиями, а не только опекающими их людьми.

В последние годы руководство нашей страны также начало обращать внимание на проблемы жизни инвалидов. В мае 2012 года Президентом РФ была ратифицирована «Конвенция о правах инвалидов» (www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml), принятая ранее Генеральной Ассамблеей ООН. Данной Конвенцией предусматривается, что ратифицировавшие ее государства-участники должны предпринимать все надлежащие меры для обеспечения достаточного жизненного уровня инвалидов и их социальной защиты: освоение инвалидами жизненных и социальных навыков; обучение в системе общего образования; установление благоприятных условий на рынке труда; создание доступной среды для инвалидов и адаптация в этих целях градостроительной, транспортной, коммуникационной и иной инфраструктуры; доступ инвалидов к информации (включая содействие использованию жестового языка, азбуки Брайля и иных способов и форматов общения); реабилитация и другие меры, включая законодательные. Также недавно был дан старт государственной программе «Доступная среда» (<http://zhit-vmeste.ru>), рассчитанной сейчас до 2020 года, в рамках которой предполагается настройка под нужды инвалидов правил работы социальных, информационных и прочих государственных служб. Кроме того, в конце 2012 года Президент РФ подписал важные поправки к закону «О социальной защите инвалидов в РФ», существенно повышающие статус русского жестового языка глухих людей у нас в стране, который теперь является официальным **языком** общения людей при наличии нарушений слуха или речи, в том числе в сферах устного использования государственного языка РФ.

Особое значение в современном информационном обществе придается равноправию людей с ограниченными возможностями с другими членами общества в их полноценном доступе к информации. А в данной области центральное место занимает компьютерная техника, благодаря которой обеспечивается доступ к мировым новостям, электронным библиотекам, образовательным ресурсам и учебникам, базам данных различных областей знаний, государственным услугам, мультимедийному контенту глобальной сети Интернет. Информационные технологии уже сделали значительный шаг навстречу людям с ограниченными возможностями здоровья. Такие системы и средства получили название «ассистивные технологии» (от англ. “assistive technologies”) [1], т.е. помогающие людям с ограниченными возможностями здоровья и индивидуальными особенностями. Англоязычный термин “assistive technology” в его нынешнем понимании впервые начал употребляться в США в конце 1980-х в документах “Technology-Related Assistance for Individuals with Disabilities Act of 1988 (The Tech Act)” (<http://nichcy.org/laws/ata>), с тех пор он активно используется в зарубежных странах, однако в России этот термин введен совсем недавно. Термин «ассистивные технологии» неоднократно употребляется в «Конвенции о правах инвалидов» ООН, «**Европейской социальной хартии**», **паспорте** российской государственной программы «Доступная среда», **документах ЮНЕСКО и иных**, учитывающих международное и российское законодательство.

Следует понимать, что ассистивные средства и технологии могут быть самого разного характера (программные, электронные, механические, оптические, биологические и т.д.) и предназначения; это и инвалидные кресла-коляски, протезы, слуховые аппараты, оптические очки, телевизионные субтитры, роботы-помощники и роботы телеприсутствия, лифты-подъемники для колясок, звуковые сигналы светофоров, собаки-поводыри с соответствующим снаряжением, а также пандусы и направляющие на дорогах, и многое другое. Поэтому автором предложен дополняющий расширенный термин – «ассистивные информационные технологии», под которым понимается специальное программное и/или аппаратное

обеспечение, которое повышает доступность информации и средств коммуникации для людей с ограниченными возможностями [2].

Актуальная проблема обеспечения доступности информации и информационно-коммуникационных технологий является первоочередной для обеспечения безбарьерной среды жизнедеятельности для людей с инвалидностью. Однако практически все современные и перспективные информационно-коммуникационные средства и устройства предполагают, что пользователь обладает способностью видеть, слышать, говорить и осязать. В результате люди с различными нарушениями не могут получить доступ к компьютерам и использовать их из-за жесткости приложений, не предусматривающих альтернативных способов взаимодействия и управления. Современные работы, посвященные исследованию человеко-машинных интерфейсов и способов общения, направлены, в основном, на создание вычислительных средств, оборудованных большим количеством различных датчиков и сенсоров, а также сложных систем управления. Широко применяемые в настоящее время графические и текстовые интерфейсы ориентированы исключительно на опытных пользователей, и в исследованиях практически не затрагиваются вопросы человеко-машинной коммуникации для лиц с ограниченными возможностями. В связи с этим возникает проблемная ситуация, которая заключается в несоответствии требований различных групп потенциальных пользователей, особенно людей с разными видами нарушений, и возможностей, предоставляемых многими существующими человеко-машинными интерфейсами для доступа к информационно-коммуникационным системам, сервисам и технологиям.

КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ АССИСТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДСТВ

Существует несколько различных классификаций, описывающих нарушения функций, существующих у человека. В зависимости от типа и степени нарушений определяются соответствующие группы инвалидности, виды коррекционных школ, типы ассистивных технологий и т.д. Так, ограничения функций у человека разделяют по следующим категориям: нарушения двигательной функции (статодинамической); сенсорные нарушения (зрения, слуха, обоняния, осязания); нарушения функций кровообращения, дыхания, пищеварения, выделения, обмена веществ и энергии, внутренней секреции; психические (восприятия, внимания, памяти, мышления, речи, эмоций, воли). В данной работе рассматривается и исследуется, в основном, класс ассистивных информационных технологий, ориентированных на людей с физическими и сенсорными нарушениями. При этом ассистивные информационные технологии могут быть классифицированы по функциональному назначению в зависимости от категории нарушений у потенциальных пользователей [3-5]:

- 1) технологии для людей с сенсорными нарушениями, в том числе:
 - а) средства для лиц с нарушениями слуха (сурдоинформационные средства);
 - б) средства для лиц с нарушениями зрения (тифлоинформационные средства);
- 2) технологии для людей с нарушениями речи (голособразующие средства);
- 3) технологии для людей с физическими нарушениями в работе опорно-двигательного аппарата (моторными нарушениями, отсутствием конечностей);
- 4) технологии для людей с когнитивными нарушениями (умственными, психическими, нарушениями развития, и т.д.);
- 5) технологии для людей с ограничениями по общемедицинским показаниям (например, пожилых или людей с заболеваниями внутренних органов).

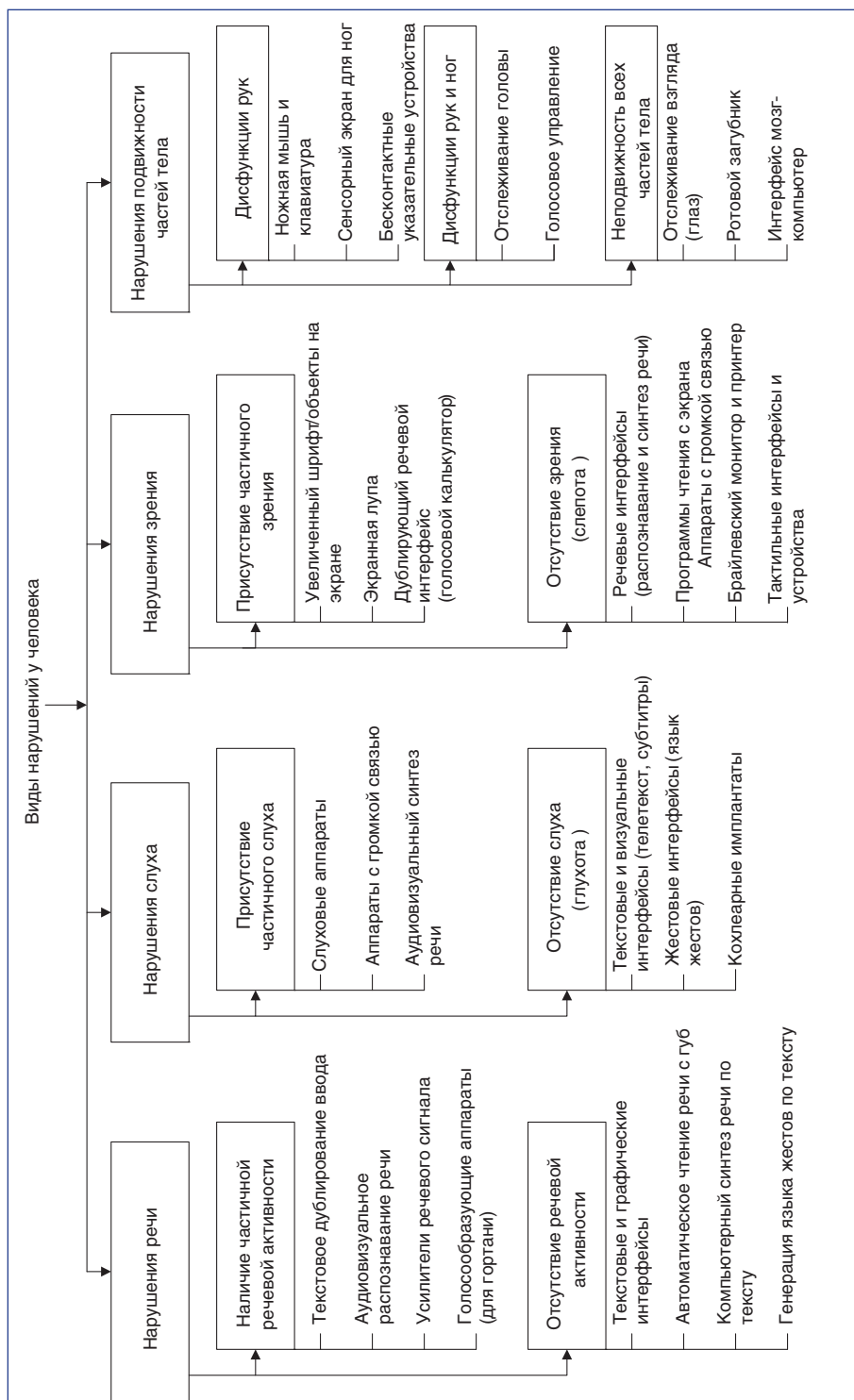


Рис. 1. Классификация видов ассистивных информационных технологий

На рисунке 1 показан предложенный автором вариант классификации видов ассистивных информационных технологий в зависимости от типов нарушений у человека [6]. В Таблице 1 приведены примеры уже существующих в мире ассистивных информационно-коммуникационных технологий (автоматизированных программных и аппаратных средств) с разделением по типам нарушений у человека. Могут применяться также универсальные ассистивные технологии, которые призваны компенсировать комплексные нарушения.

Таблица 1
Примеры существующих в мире ассистивных информационных технологий

Тип нарушений у человека				Вид ассистивной информационной технологии	Примеры ассистивных программно-аппаратных средств
Зрение	Слух	Речь	Подвижность		
+				Сканирование текста с речевым выводом	ScannaR, Scan N Talk Ultra
+				Экранные лупы (увеличители)	ZoomText, Desktop SenseView, kReader Mobile
+				Программы озвучивания информации с экрана	JAWS (Job access with speech), Window-Eyes, Virgo
+				Голосовые калькуляторы	Sci-Plus 300 Large Display Talking Calculator
	+	+		Средства синтеза жестового языка по тексту	iCommunicator, ViSiCAST
+		+		Синтезатор речи по тексту	Festival, VitalVoice, RealSpeak
			+	Отслеживание головы (трекеры)	SmartNav, InterTrax
			+	Отслеживание направления взгляда/глаз	SMI BeGaze, Eyegaze System, iScan
			+	Ножные манипуляторы-мыши	Footime™ Foot Mouse
	+			Слуховые аппараты	PHONAK, Motiva Personal FM System
		+		Голосообразующие аппараты для гортани	Servox Digital, АГМ-95
	+			Кохлеарные импланты	Pulsar, Sonata
	+	+		Телетайпные устройства	Compact/C, FSTTY
			+	Устройства для перелистывания книг	Page-Turner
+				Брайлевские дисплеи	Focus, Pronto, SuperVario
+				Брайлевские принтеры	Basic-S, Everest 4X4 PRO, Tiger ViewPlus
+				Тифлокомпьютеры для незрячих	Pac Mate Omni
			+	Виртуальные клавиатуры	ScreenDoors, SofType
+				Говорящие аудиокниги	DAISY (Digital Accessibility Information System)
+				Тактильные устройства	PHANTOM Desktop/Omni haptic device 3D
+			+	Распознавание/диктовка речи	Dragon Naturally Speaking, Google Voice Search, SIRIUS

На рисунке 2 представлены некоторые примеры ассистивных устройств для лиц с нарушениями зрения, в частности, показаны сканер текста с голосовым воспроизведением ScannaR; дисплей Брайля Pronto с речевыми функциями; тактильный интерфейс 3D PHANTOM Desktop). Рисунок 3 иллюстрирует примеры ассистивных устройств для лиц с нарушениями слуха: слуховой аппарат PHONAK; противозумный усилитель Pocketalker Ultra; кохлеарный имплант MAESTRO с процессорным блоком.

На рисунке 4 приведены примеры ассистивных устройств для лиц с нарушениями речи, в частности: голосообразующий аппарат для гортани Servox Digital; телетайпное устройство для телефона Compact/C; синтезатор аудиовизуальной речи SitePal. Рисунок 5 показывает примеры ассистивных устройств для лиц с физическими нарушениями опорно-двигательного аппарата (дисфункций рук), в частности: устройство для автоматического

Карнов А.А.

Средства речевого и мультимодального человеко-машинного взаимодействия для ассистивных информационных технологий



Рис. 2. Ассистивные устройства для лиц с нарушениями зрения (сканер текста с голосовым воспроизведением ScannaR; дисплей Брайля Pronto с речевыми функциями; тактильный интерфейс 3D PHANTOM Desktop)



Рис. 3. Ассистивные устройства для лиц с нарушениями слуха (слуховой аппарат PHONAK; противошумный усилитель Rocketalker Ultra; кохлеарный имплант MAESTRO с процессорным блоком)



Рис. 4. Ассистивные устройства для лиц с нарушениями речи (голосовозражающий аппарат для гортани Servox Digital; телетайпное устройство для телефона Compact/C; синтезатор аудиовизуальной речи SitePal).

перелистывания страниц Page Turner; ножная мышь Footmouse; устройство для трекинга глаз iScan EC501. Следует отметить, что альтернативой голособразующим средствам для лиц с нарушениями речеобразования (например, при хирургических резекциях гортани) являются также программно-аппаратные средства, способствующие развитию навыков формирования пищеводной речи [7].



Рис. 5. Ассистивные устройства для лиц с нарушениями двигательного аппарата (средства для перелистывания страниц Page Turner; ножная мышь Footmouse; устройство для трекинга глаз iScan EC501).

Для людей с серьезными когнитивными нарушениями (например, с задержкой развития) возможности применения ассистивных средств на базе персональных компьютеров и ноутбуков весьма ограничены [8], так как для них проблематично оперировать клавиатурой, мышью и иными устройствами ввода информации для управления виртуальными графическими объектами на экране. Однако для таких людей зачастую могут применяться сенсорные экраны и планшеты. Все функции управления компьютером осуществляются пользователем прикосновениями пальцами к графическим объектам на рабочем экране (подобные устройства также очень быстро осваивают малолетние дети, которые даже не умеют читать). Другой класс составляют средства, предназначенные для использования лицами с тяжелыми нарушениями кратковременной памяти, трудностями планирования выполняемых действий, дезориентации в окружающем пространстве и т.п. Задача таких ассистивных устройств – обеспечить максимально возможную в этих случаях независимость человека в обычной жизни от других лиц и в самостоятельном выполнении повседневных действий. Такие устройства помогают не только самим инвалидами, но и тем людям, кто ухаживает за ними. Устройства предоставляют пользователю многочисленные визуальные и голосовые подсказки, представляющие собой пошаговые индивидуальные задания, заранее введенные педагогом, наставником или лицом, присматривающим за инвалидом, и последовательное выполнение этих заданий приводит человека к искомому результату. Это могут быть подсказки или указания последовательности действий для выполнения некоторой работы по дому, или действий, которые напоминают о необходимости приема лекарств или выполнении физических упражнений.

В мире существует несколько тысяч фирм, которые производят специальные устройства, позволяющие людям с инвалидностью компенсировать нарушения за счет достижений информационных технологий. Информация о возможностях, которые они предоставляют пользователям, широко представлена в Интернете, в частности, на веб-сайте американского альянса ассистивных технологий (www.ATAccess.org). Активно ведется работа в этом направлении в Швеции, где функционирует Шведский институт ассистивных технологий SIAT (www.hi.se/en), который регулярно издает

каталог доступных ассистивных устройств, выпускаемых различными производителями. Разрабатывают различные ассистивные информационные технологии и встраивают их в свои коммерческие продукты также и крупные зарубежные компании, такие как Microsoft, Apple, Intel, LG, Samsung, Philips и др. Сейчас ассистивные технологии разрабатываются и внедряются, в основном, в высокоразвитых странах, переживающих V период эволюции отношения к инвалидам (по периодизации Малофеева [9]). В менее развитых странах, переживающих III или IV периоды, нет необходимых ресурсов и возможностей в самостоятельной разработке и исследовании подобных устройств. Вместе с тем, переход из IV в V период эволюции сопровождается заимствованием этих технологий у других стран. В нашей стране вопросу развития ассистивных устройств и технологий, а также специального программного обеспечения для адаптации компьютерного оборудования под ограничения людей с инвалидностью, уделяется значительно меньшее внимание, чем в наиболее технологически высокоразвитых странах (Японии, США, Израиле, странах Европы, особенно в скандинавских странах). Лишь для немногих категорий людей с инвалидностью в России ведутся собственные разработки ассистивных информационных технологий, так, например, у нас есть производители слуховых аппаратов для инвалидов по слуху, клавиатур Брайля и экранов для людей с нарушением зрения, программ синтеза русской речи по тексту.

АССИТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НА БАЗЕ МНОГОМОДАЛЬНЫХ ЧЕЛОВЕКО-МАШИНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ

Ключевым вопросом при разработке ассистивных информационных технологий является проблема организации способа информационного взаимодействия (интерфейса) между компьютером и человеком с ограниченными возможностями, так как такому пользователю зачастую недоступны традиционные для рядового оператора методы и способы ввода и вывода информации. В области ассистивных информационных технологий многомодальные пользовательские интерфейсы [10–11], которые могут одновременно обрабатывать несколько параллельных потоков разнотипной информации, представляются наиболее эффективным способом организации человеко-машинного взаимодействия. Достоинством многомодальных интерфейсов является то, что они предоставляют одновременно несколько способов человеко-машинного взаимодействия, а пользователь уже сам может выбирать каким образом он хочет (или может) общаться с информационными системами, и отсутствующие у пользователя возможности по взаимодействию могут быть компенсированы альтернативными модальностями без ограничения функциональности приложений. Это особенно важно при разработке приложений, создаваемых для помощи людям с ограниченными возможностями, которые испытывают трудности при взаимодействии с компьютерной техникой посредством командных и графических интерфейсов и управляющих устройств.

В ходе многолетних исследований в СПИИРАН была разработана универсальная ассистивная информационная технология с многомодальными пользовательскими интерфейсами. Общая архитектура данной технологии (программно-аппаратного комплекса) представлена на рисунке 6, она использует разработанные средства автоматического распознавания аудиовизуальной русской речи, компьютерного синтеза аудиовизуальной русской речи, синтеза элементов русского жестового языка по тексту и бесконтактного человеко-машинного взаимодействия. Универсальная ассистивная технология интегрирует методы, интерфейсы и программные

средства цифровой обработки аудио- и видеосигналов (как анализа, так и синтеза): автоматического распознавания звучащей речи, автоматического чтения речи по губам говорящего, аудиосинтеза речи по тексту, видеосинтеза мимики виртуальной модели головы человека, видеосинтеза жестов рук виртуальной модели человека, отслеживания движений головы пользователя. В центре представленной архитектуры находится вычислительный блок, который может слышать и видеть пользователей при помощи микрофонов и видеокамер, а также выводить мультимедийную информацию посредством монитора и динамика. Далее от центра в архитектуре расположен слой методов и функций модели, а затем слой интерфейсов и программных средств, непосредственно с которыми взаимодействуют пользователи.

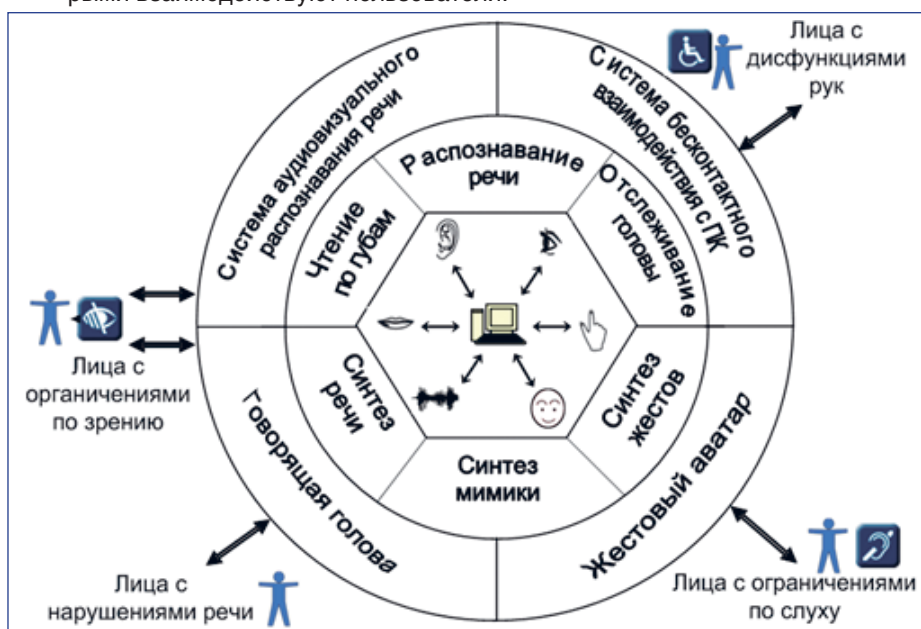


Рис. 6. Архитектура универсальной ассистивной информационной технологии на основе многомодальных человеко-машинных интерфейсов

Представленная в универсальной ассистивной технологии автоматическая система аудиовизуального распознавания русской речи объединяет в себе математические модели, методы и программные средства автоматического распознавания звучащей речи и автоматического чтения речи по губам говорящего [12]. Система аудиовизуального распознавания русской речи реализована с применением математического аппарата сведенных скрытых марковских моделей (ССММ) первого порядка, и позволяет производить объединение потоков векторов признаков от звуковой и визуальной модальностей речи на уровне состояний объединенной вероятностной модели. Система позволяет учитывать временное рассогласование (асинхронность) потоков соответствующих элементов звучащей речи (фоном) и визуальной речи (визем), характерное для разговорной речи, и объединять информацию о двух речевых модальностях с учетом весовых коэффициентов их информативности в зависимости от акустических условий. Автоматическая система аудиовизуального распознавания речи предназначена для повышения точности и робастности распознавания слитной русской речи в акустически-зашумленных условиях эксплуатации, а также в речевых интерфейсах для организации человеко-машинного взаимодействия с людьми с ограниченными возможностями, в том числе

имеющими нарушения зрения (полностью незрячие и слабовидящие люди) и нарушения речеобразования (например, при невозможности голосовой вокализации в результате хирургических операциях на гортани).

Компьютерная система аудиовизуального синтеза русской речи [13], также представленная в архитектуре, объединяет в себе виртуальные модели, методы и программные средства аудиосинтеза звучащей речи по входному тексту и видеосинтеза мимики виртуальной трехмерной модели головы человека. Система аудиовизуального синтеза (“говорящая голова”) характеризуется обработкой подаваемых на вход русскоязычных текстов с компьютерной генерацией слитной русской речи и применением оригинального метода синхронизации и объединения аудио- и видеомодальностей синтезируемой русской речи. **Видеосинтез мимики и движений видимых органов артикуляции модели головы совмещается с синтезированным аудиосигналом, при этом предложенный метод синхронизации** позволяет учесть асинхронность речевых модальностей естественную для речеобразования. Система “говорящая голова” предназначена для повышения разборчивости синтезируемой русской речи в акустически-зашумленных условиях эксплуатации, а также создания человекоподобных коммуникативных агентов и аватаров как для обычных пользователей, так и для людей с ограниченными возможностями (люди, испытывающие затруднения в речи могут использовать “говорящую голову” для замены собственной речи, а слепые люди могут ориентироваться на звуковую составляющую синтезируемой речи при получении информации).

Другая компьютерная система синтеза элементов русского жестового языка и аудиовизуальной русской речи по тексту [14], составляющая предложенную технологию, характеризуется синхронизацией и объединением в себе моделей, методов и программных средств аудиосинтеза звучащей русской речи и генерации визуальной артикуляции губ (составляющие системы “говорящая голова”), а также видеосинтеза элементов русского жестового языка, который используется для общения глухими людьми. Основными компонентами данной системы (“жестовый аватар”) являются: подсистема анализа входного произвольного русскоязычного текста для последующего аудиосинтеза звучащей речи (по словам) и видеосинтеза дактильной жестовой речи (по буквам); имитационная модель головы человека; подсистема аудиосинтеза разговорной русской речи, осуществляющая преобразование текст-речь по входному русскоязычному тексту; “говорящая голова” на основе виртуальной объемной модели головы человека и компьютерного синтеза речи; компьютерная модель верхней части тела и рук человека, в которой настраиваются параметры движений рук для синтеза элементов русского жестового языка на основе управляющих символов нотации жестов HamNoSys; мультимодальный пользовательский интерфейс, интегрирующий компоненты генерации звучащей, визуальной и жестовой речи по входному русскоязычному тексту. Система “жестовый аватар” предназначена для организации универсальных аудиовизуальных интерфейсов для коммуникации со слабослышащими и глухими людьми посредством элементов русского языка жестов (калькирующей и дактильной речи, воспроизводимой жестами рук) и визуальной речи (артикуляции губ, обязательно сопутствующей жестовой речи), а также вербальной коммуникации со слепыми и слабовидящими людьми и мультимодальной коммуникации с обычными пользователями.

Наконец, мультимодальная система бесконтактного взаимодействия с компьютером [15, 16] объединяет в себе разработанные методы, алгоритмы, программные средства для автоматического распознавания



русскоязычных голосовых команд/речи и отслеживания движений головы пользователя для управления пользователем графическим интерфейсом компьютера без использования рук. В этой мультимодальной системе вместо традиционных контактных устройств ввода (клавиатура, мышь, сенсорный экран и т.д.) для управления компьютером используются речевые команды и движения головы пользователя (жесты головой). Предложенная система ("ICANDO – Intellectual Computer AssistaNt for Disabled Operators" []) предназначена для организации мультимодальных пользовательских интерфейсов с целью бесконтактного (полностью без использования рук) взаимодействия с компьютерными системами как обычных пользователей (например, в обучающих и игровых приложениях или же когда руки заняты управлением), так и для людей с дисфункциями рук (например, в случае парализации верхних конечностей или нарушениях сенсомоторной системы) или же не имеющих (кистей) рук вовсе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлен анализ современных ассистивных технологий на базе аппаратно-программных средств речевого и мультимодального человеко-машинного взаимодействия, предназначенных для помощи и информационной поддержки людей с ограниченными возможностями. Также представлена разработка универсальной ассистивной информационной технологии, объединяющей программно-аппаратные средства для автоматического распознавания звучащей речи, автоматического чтения речи по губам говорящего, аудиосинтеза речи по тексту, видеосинтеза мимики виртуальной модели головы человека, видеосинтеза жестов рук виртуальной модели человека, отслеживания движений головы пользователя. Предложенная технология предназначена для организации новых способов человеко-машинного взаимодействия и типов пользовательских интерфейсов, ориентированных на сопровождение, информационную поддержку и реабилитацию людей с ограниченными возможностями, с целью обеспечения их социально-экономической интеграции в информационное общество и повышения независимости от других лиц. Объединение современных средств вычислительной техники с речевыми и мультимодальными интерфейсами, предназначенными для интуитивно-понятного человеку общения с компьютером, позволяет создавать новые информационно-коммуникационные технологии, в которых при человеко-машинном взаимодействии на первое место ставится пользователь с максимальным использованием его возможностей.

Данное исследование проводится при частичной финансовой поддержке фонда РФФИ (проект № 15-07-04415-а) и Совета по грантам Президента РФ (проект № МД-3035.2015.8).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *M. Scherer, F. Stefano.* Assistive Technology Assessment Handbook. CRC Press. 2012, 425 p.
2. *А.А. Карпов.* Ассистивные информационные технологии на основе аудиовизуальных речевых интерфейсов // Труды СПИИРАН. **Вып. 27**, 2013, **С. 114**-128.
3. *З.М. Кордун.* Некоторые примеры современных ассистирующих технологий // Дефектология. № 6. 2004.– С. 61-66.
4. *Л.А. Набокова.* Зарубежные «ассистивные технологии», облегчающие социальную адаптацию лиц с нарушениями развития // Дефектология. № 2, 2009, С. 84-92.

Карпов А.А.

Средства речевого и мультимодального человеко-машинного взаимодействия для ассистивных информационных технологий

5. *В.В. Соколов.* Краткий обзор современных компьютерных тифлоинформационных средств, которые могут быть использованы в процессе обучения детей с глубоким нарушением зрения // Вестник тифлологии. № 2, 2010, С. 84-87.
6. *А.А. Карпов.* Аудиовизуальные речевые интерфейсы в ассистивных информационных технологиях. Диссертация на соискание уч. степени д-ра техн. наук по спец. 05.13.11 – СПб.: СПИИРАН, 2013, 314 с.
7. *Л.Н. Балацкая, Е.Л. Чойнзонов, Е.А. Красавина, С.Ю. Чижевская, Р.В. Мещеряков.* Способ восстановления голосовой функции у больных раком гортани после органосохраняющих операций. Патент на изобретение № 2367485 от 20.09.2009.
8. *Л.А. Набокова.* Современные ассистивные устройства для лиц с когнитивными нарушениями // Дефектология. № 3, 2009, С. 84-91.
9. *Н.Н. Малофеев.* Специальное образование в меняющемся мире. Европа: учеб. пособие для студентов пед. вузов – М.: Просвещение, 2009, 319 с.
10. *S. Oviatt.* Multimodal Interfaces. In: The human-computer interaction handbook: Fundamentals, evolving technologies and emerging applications – 3rd Edition. Lawrence Erlbaum Assoc., Mahwah, NJ, USA, 2012, pp. 405-430.
11. *А.Л. Ронжин, А.А. Карпов, И.В. Ли.* Речевой и мультимодальный интерфейсы. – М.: Наука, 2006, 173 с.
12. *А.А. Карпов.* Реализация автоматической системы мультимодального распознавания речи по аудио- и видеoinформации // Автоматика и телемеханика. Т. 75, № 12, 2014, С. 125-138.
13. *А.А. Карпов, Л.И. Цирульник, М. Железны.* Разработка компьютерной системы “говорящая голова” для аудиовизуального синтеза русской речи по тексту // Информационные технологии. № 8, т. 9, 2010, С. 13-18.
14. *А.А. Карпов, М. Железны.* Двухязычная мультимодальная система для аудиовизуального синтеза речи и жестового языка по тексту // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. № 5, 2014, С. 92-98.
15. *A. Karpov, A. Ronzhin.* ICANDO: Low Cost Multimodal Interface for Hand Disabled People // Journal on Multimodal User Interfaces. Springer, Vol. 1, No. 2, 2007, pp. 21-29.
16. *А.А. Карпов.* Когнитивные исследования ассистивного мультимодального интерфейса для бесконтактного человеко-машинного взаимодействия // Информатика и её применения. Т. 6, № 2, 2012, С. 77-86.

Сведения об авторе

Карпов Алексей Анатольевич,

доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории речевых и мультимодальных интерфейсов, ФГБУН Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН), г. Санкт-Петербург. Автор более 200 научных публикаций в журналах и трудах международных конференций, 3 монографий. Основные научные интересы связаны с компьютерным распознаванием и синтезом русской речи (в том числе аудиовизуальной речи) и жестов, средствами речевых и мультимодальных человеко-машинных интерфейсов, диалоговыми системами и ассистивными технологиями. Член международных научных ассоциаций ISCA, IAPR, EURASIP (ответственный по связям с Россией) и др.