

УДК 621.391; 519.21

А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, А. Ю. Тычков

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ДЕКОМПОЗИЦИИ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

A. K. Alimuradov, P. P. Churakov, A. Yu. Tychkov

HARDWARE AND SOFTWARE SYSTEM MANAGEMENT USING THE DECOMPOSITION OF THE ACOUSTIC SIGNALS

А н н о т а ц и я. Статья посвящена разработке программно-аппаратного комплекса управления средствами технического назначения для инвалидов с помощью звуковых команд. Подчеркнута актуальность задачи исследования и разработки системы для обеспечения людей с ограниченными возможностями средствами социально-бытовой адаптации. Предложен алгоритм работы системы управления, основанный на использовании адаптивного математического аппарата преобразования Гильберта–Хуанга.

A b s t r a c t. The article is hard-ware-software complex of technical means for the disabled through acoustic signals. Emphasizes the urgency of the task of research and development system for people with disabilities by means of social adaptation. We propose an algorithm of the control system based on the use of adaptive mathematical apparatus Hilbert–Huang transform.

К л ю ч е в ы е с л о в а: акустический сигнал, управление техническими средствами, преобразование Гильберта–Хуанга.

К е у w o r d s: acoustic signal, control of technical means, Hilbert-Huang transform.

По данным Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации за 2012 г., количество инвалидов в России составляет свыше 13 млн человек (9,2 % от общего числа населения), и ежегодно их численность в стране увеличивается на 1 млн человек.

Социальная политика в России направлена на восстановление нарушенных связей инвалидов с обществом. Согласно государственной программе «Доступная среда» в России существует необходимость создания систем социально-бытовой адаптации, т.е. обеспечения инвалидов специализированными техническими средствами, помогающими им в сферах здравоохранения, быта и образования.

Разрабатываемая интеллектуальная система (рис. 1) представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для дистанционного управления средствами технического назначения с помощью любых индивидуальных акустических сигналов (шаблонов звуков) [1].

Управление в разрабатываемой системе будет осуществляться средствами первой необходимости:

- система вызова помощи медперсонала;
- управление навигацией инвалидных кресел;
- организация доступа в помещение с помощью «звукового ключа»;
- контроль и управление освещением;
- управление домашней бытовой техникой.

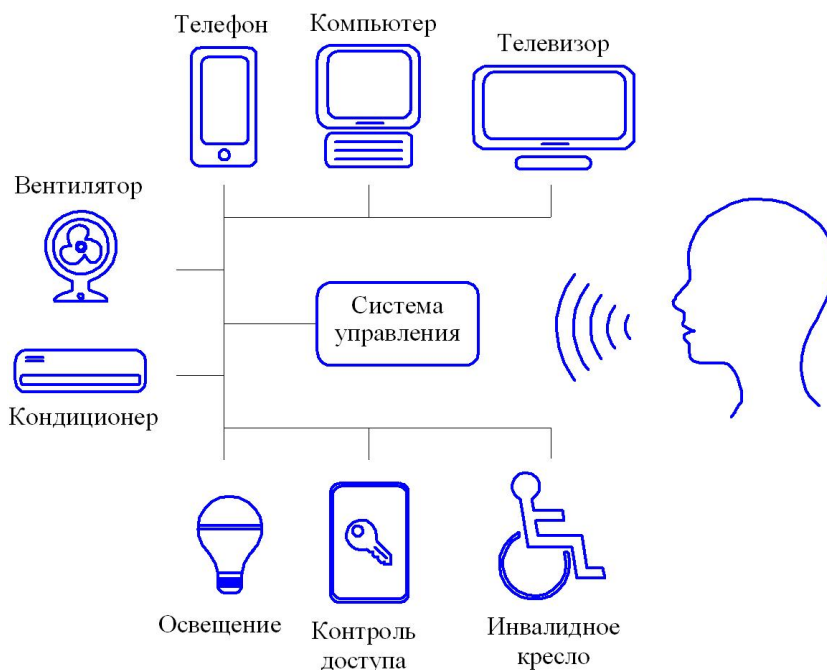


Рис. 1. Разрабатываемая интеллектуальная система

Суть разработки – технология адаптивной обработки акустических сигналов с использованием новейших математических новаций – преобразования Гильберта–Хуанга [2], цель – внедрение данной технологии в качестве разработки интеллектуальной системы управления средствами технического назначения посредством акустических сигналов.

Под обработкой подразумеваются фильтрация и выделение информативных параметров акустических сигналов, в качестве которых могут выступать любые индивидуальные акустические сигналы, способные воспроизводить люди с ограниченными возможностями: искаженная речь, мычание, хрип, крик, хлопки и т.п.

Приведенные виды акустических сигналов по своей природе являются нелинейными и нестационарными, что серьезно усложняет их обработку и анализ. На сегодняшний день для обработки акустических сигналов, как правило, используются два основных метода: временной и спектральный.

Суть временного метода заключается в определении характерных точек сигнала с последующим использованием их для вычисления информативных параметров. С точки зрения технической реализации в качестве характерных точек могут быть выбраны явные максимумы (минимумы) и моменты пересечения нулевой оси времени функцией сигнала. Главный недостаток временных методов заключается в неоднозначности выделения характерных точек, вызванной шумами и смещениями нулевого уровня.

Особенностью спектрального метода является использование всех отсчетов данных, зарегистрированных в сигнале. Многие акустические сигналы имеют специфический спектральный состав и занимают характерные спектральные области. Использование спектрального анализа позволяет выделять информативные параметры с достаточной точностью. К недостаткам классического спектрального метода относятся низкая адаптивность к локальным свойствам сигналов, недостаточно высокое спектральное разрешение и сравнительно большие вычислительные затраты.

Как правило, оба метода обработки проводятся по выборке данных достаточно большой длительности, и короткие локальные изменения не вносят значительного вклада в результирующий анализ сигнала. Для решения этой проблемы предложено использовать новый метод обработки акустических сигналов, основанный на преобразовании Гильберта–Хуанга. Основным преимуществом данного метода является высокая адаптивность, проявляющаяся в том, что базисные функции, используемые при разложении звука, извлекаются непосредственно из самого исходного сигнала и позволяют учитывать только ему свойственные особенности [3].

Составляющие, полученные в результате разложения, позволяют выполнять эффективное для дальнейшего анализа преобразование Гильберта–Хуанга. В результате акустический сигнал

представляется в частотно-энергетически-временной области, что позволяет выявить скрытые модуляции и области концентрации энергии, которые позволяют анализировать как глобальные, так и локальные свойства сигналов и требуют меньших вычислительных затрат [4, 5].

Преобразование Гильберта–Хуанга включает два основных этапа:

1. Разложение сигнала на компоненты – декомпозиция на эмпирические моды (ДЭМ).
2. Формирование по полученным эмпирическим модам спектра Гильберта.

На рис. 2 приведен алгоритм ДЭМ, который является классическим, базовым. Он достаточно прост в реализации и требует сравнительно небольшого объема вычислений.

На сегодняшний день для людей с ограниченными возможностями существует достаточное количество систем голосового управления, в том числе и на русском языке. 97 % этих систем представляют собой программные продукты для управления персональным компьютером или телефоном: «Dragon Naturally Speaking», «MagniTalk», «Сакрамент», «Горыныч» и др. И всего лишь 3 % – это системы, представляющие собой устройства голосового управления техническими средствами. В основном эти устройства встроены в высокоинтеллектуальные системы контроля и управления типа «Smart Home» («Умный дом»). В мире можно отметить несколько производителей таких систем: «Voice activated Software in Home control systems for elderly and disabled», «Voice Activated Appliances for Severely Disabled Persons», «Voice control system for smart home based Zigbee».

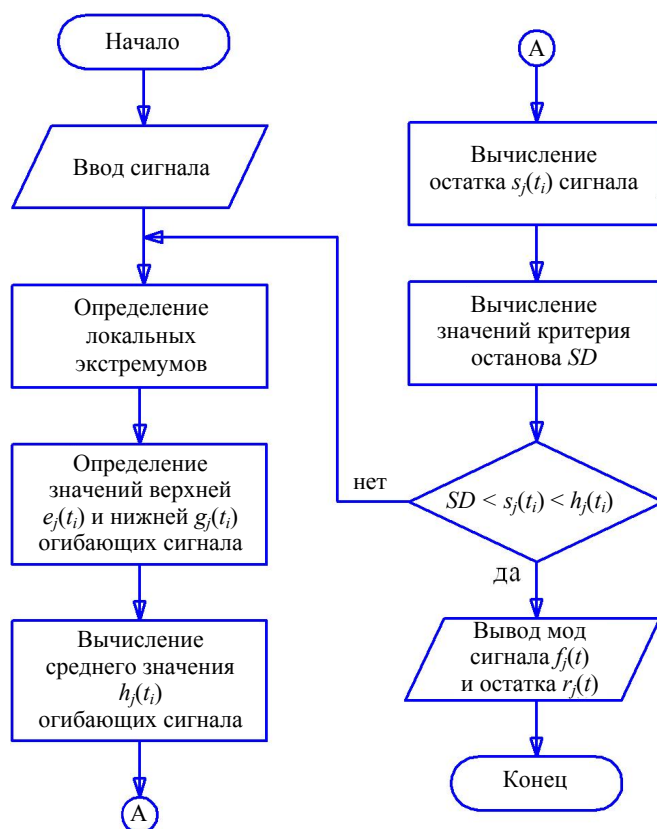


Рис. 2. Алгоритм ДЭМ

Анализ приведенных систем выявил некоторые недостатки:

- интеграция в высокоинтеллектуальные системы «Умный дом» обладает избыточной функциональностью и соответственно высокой и неприемлемой для инвалидов ценой;
- управление осуществляется только голосовыми командами, в ситуации, когда у инвалида серьезные нарушения с артикуляционным аппаратом и он не способен воспроизводить внятную речь, данные системы неприменимы.

Для устранения приведенных недостатков в качестве преимуществ над аналогами предложены следующие решения:

- разработка автономного программно-аппаратного комплекса управления средствами первой необходимости для людей с ограниченными возможностями;

– применение высокоэффективных адаптивных алгоритмов обработки на основе преобразования Гильберта–Хуанга, позволяющих использовать в качестве команд управления любые акустические сигналы.

Список литературы

1. Фролов, А. В. Синтез и распознавание речи. Современные решения / А. В. Фролов. – М.: Связь, 2003. – 216 с.
2. Huang, N. E. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis / N. E. Huang, Z. Shen, S. R. Long // Proc. R.: Soc. Lond. A. – 1998. – V. 454. – P. 903–995.
3. Алимуратов, А. К. Фильтрация речевых сигналов с использованием метода множественной декомпозиции и оценки энергии эмпирических мод / А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, А. Ю. Тычков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 4. – С. 50–61.
4. Алимуратов, А. К. Определение частоты основного тона речевого сигнала с использованием метода множественной декомпозиции на эмпирические моды / А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, А. Ю. Тычков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе : сб. тр. III Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых. – Пенза, 2012. – С. 121–126.
5. Алимуратов, А. К. Алгоритм обработки речевых сигналов в системе биометрической идентификации / А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, А. Ю. Тычков // Датчики и системы: методы, средства и технологии получения и обработки измерительной информации : сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. с элементами науч. школы для молодых ученых. – Пенза, 2012. – С. 302–307.

Алимуратов Алан Казанферович

кандидат технических наук,
кафедра информационно-измерительной техники,
Пензенский государственный университет
E-mail: iit@pnzgu.ru

Alimuradov Alan Kazanferovich

candidate of technical sciences,
sub-department of information
and measuring technique,
Penza State University

Чураков Петр Павлович

доктор технических наук, профессор,
кафедра информационно-измерительной техники,
Пензенский государственный университет
E-mail: iit@pnzgu.ru

Churakov Petr Pavlovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of information
and measuring technique,
Penza State University

Тычков Александр Юрьевич

кандидат технических наук,
директор студенческого научно-
производственного бизнес-инкубатора,
Пензенский государственный университет
E-mail: tychkov-a@pnzgu.ru

Tychkov Aleksandr Yur'evich

candidate of technical sciences,
director of student research
and production business incubator,
Penza State University

УДК 621.391; 519.21

Алимуратов, А. К.

Программно-аппаратный комплекс управления с использованием метода декомпозиции акустических сигналов / А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, А. Ю. Тычков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2012. – № 2. – С. 68–71.