



УДК 615.478

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА

Г.А. Столбовой, М.Г. Попов, М.В. Козырева, А.И. Киллер

Южно-Российский Государственный Политехнический Университет (НПИ) имени М.И. Платова,
г. Новочеркасск

Динамично развивающиеся технологии в современном мире предъявляют свои требования к цифровым и аналоговым приборам и устройствам, использующимся в различных отраслях промышленности таких как авиационная, космическая, медицинская и др. Преимущество главным образом отдаётся устройствам, с высокой степенью автоматизации и не требующих операций контроля, выполняемых человеком в процессе их работы.

Бионические протезы сегодня являются авангардом медицинской инженерии. Человеческий организм несовершенен, потеря конечности и органа, к сожалению, не является редкостью и составляет огромную социальную проблему. Печальная статистика демонстрирует, что около 15% населения Земли имеют те или иные функциональные нарушения, мешающие нормальной жизнедеятельности, примерно 50 миллионов человек ежегодно становятся инвалидами. Вызванные этим финансовые потери составляют свыше 4 триллионов долларов – это огромная нагрузка на мировую экономику. Поэтому создание протезов, хотя бы частично возвращающих человеку утраченную функцию, является крайне актуальной темой для современной медицины.

Разрабатываемое устройство относится к области медицинской техники, а именно к протезированию, в частности к способам и системам для управления интеллектуальной бионической конечностью, и предназначено для протезирования людей с потерей конечности, а также для использования частей изделия независимо в различных задачах улучшения качества жизни.

SOFTWARE BIOMECHANICAL PROSTHESIS

G.A. Stolbovoy, M.G. Popov, M.V. Kozyreva, A.I. Killer

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

Dynamically developing technologies in the modern world impose their requirements on digital and analog devices and devices used in various industries such as aviation, space, medical, etc. The advantage is mainly given to devices with a high degree of automation and not requiring human control operations in the process of their work.

Bionic prostheses today are the forefront of medical engineering. The human body is imperfect, the loss of limb and organ, unfortunately, is not uncommon and is a huge social problem. Sad statistics show that about 15% of the world's population have some kind of functional impairment that interferes with normal life, about 50 million people become disabled every year. The financial losses caused by this amount to over 4 trillion dollars - this is a huge burden on the global economy. Therefore, the creation of prostheses, at least partially returning a lost function to a person, is an extremely urgent topic for modern medicine.

The device under development relates to the field of medical technology, namely to prosthetics, in particular to methods and systems for controlling an intellectual bionic limb, and is intended for prosthetics of people with loss of limb, as well as for using parts of the product independently in various tasks of improving the quality of life.

В настоящее время существует постоянная потребность в улучшении протезов верхней конечности, которые были бы способны восстановить полные двигательные функции и сенсорные способности ампутированной конечности. Техническая проблема, решаемая в данном техническом решении, состоит в осуществлении автономного полнофункционального управления для выполнения низкоуровневых задач манипуляции интеллектуальным бионическим протезом



конечности, которое позволило бы воспринимать указанный протез как естественную конечность.

Понижение когнитивной нагрузки на человека и повышение эффективности управления протезом достигается за счет использования гибридной системы управления, которая сочетает в себе способы декодирования электронейромиосигналов с элементами автономных роботизированных манипуляций по захвату предмета при достижении порогового значения расстояния до него посредством принятия решения, не требующего участия пользователя, о начале или прекращении выполнения схвата с помощью информации от дополнительных датчиков (температуры и расстояния), и о силе сжатия предмета с помощью информации от датчиков.

Точность классификации и предотвращения ложного срабатывания протеза достигаются за счет одновременного формирования максимального значения и средней длительности превышения порогового значения нейромиосигнала в окне данных в режиме реального времени, затем после центрирования и нормализации принимается решение о возникновении управляющего сигнала.

Расположение микроконтроллера, выполненного с возможностью модульной сборки в протезе, позволяет приблизить искусственную конечность по весу и размеру к естественной.

Использование обратной связи, реализуемой с помощью датчиков температуры, расстояния, момента и позиции, расположенных в протезе, позволяет обезопасить использование протеза и предоставить максимальные возможности по управлению.

Использование беспроводной передачи данных между протезом и системой считывания обеспечивает удобство использования системы и взаимозаменяемость компонентов, кроме того, возможность их использования независимо друг от друга.

Указанный технический результат достигается благодаря способу управления интеллектуальной бионической конечностью, в котором получают по меньшей мере один ЭМГ-сигнал пациента посредством миоэлектрического устройства считывания; осуществляют обработку по меньшей мере одного ЭМГ-сигнала пациента посредством неперекрывающейся сегментации ЭМГ-сигнала; для каждого сегмента, полученного на предыдущем шаге, формируют набор признаков ЭМГ-сигнала на основе амплитуды ЭМГ-сигнала для классификации жестов; передают набор признаков ЭМГ-сигнала каждого сегмента по каналу передачи данных в систему управления интеллектуальной бионической конечностью; определяют тип жеста на основании набора признаков ЭМГ сигнала посредством использования искусственной нейронной сети; формируют управляющий сигнал на основании определенного типа жеста; передают сформированный управляющий сигнал на двигатели, приводящие в движение пальцы бионической конечности; получают обратную связь от системы управления интеллектуальной бионической конечностью посредством получения информации от внешних датчиков.

Рис. 1 описывает общую структуру прототипа.



Рис.1 – Общая структура прототипа

Рис. 2 описывает общую структуру технического решения.

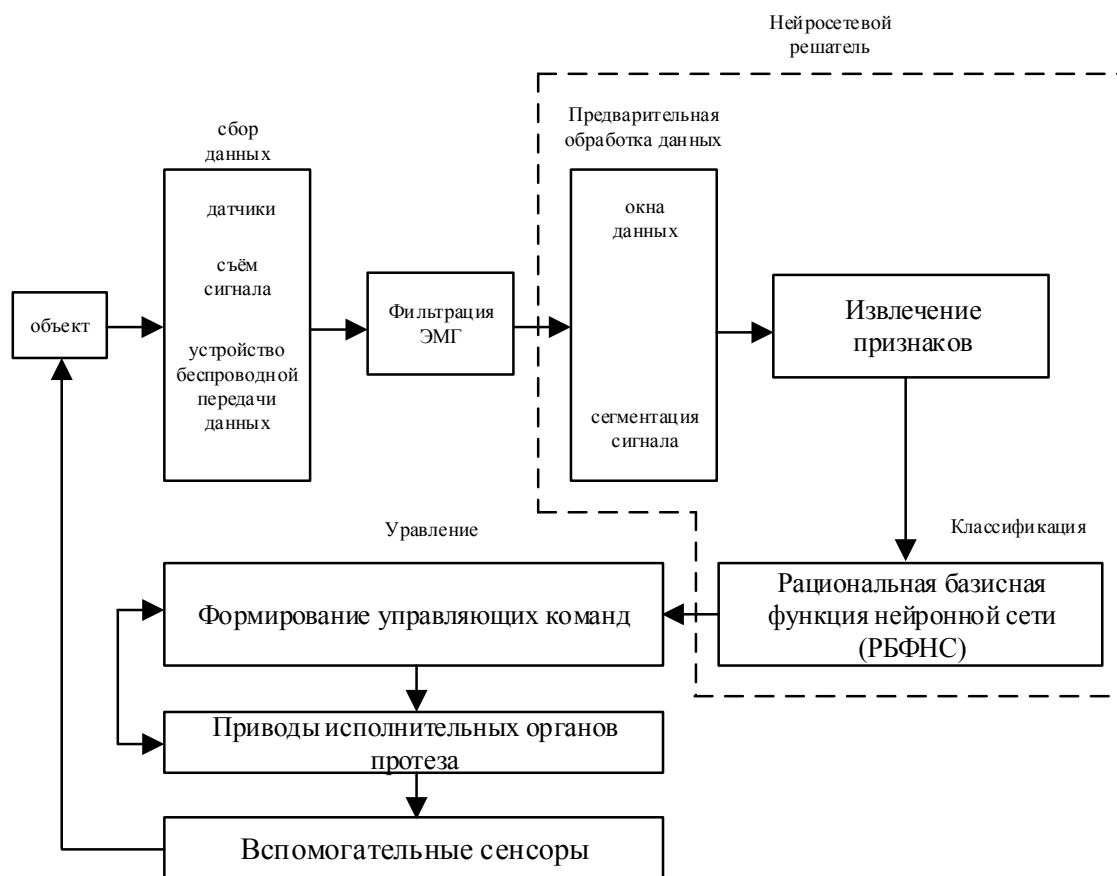


Рис.2 - Общая структура технического решения

Рис. 3 представляет блок-схему реализации системы управления интеллектуальной бионической конечностью.



Рис.3 - Блок-схема реализации системы управления интеллектуальной бионической конечностью

На Рис. 3 показана блок-схема системы управления интеллектуальной бионической конечностью, которая включает в себя контроллер протеза 301, шину 302, и по меньшей мере одну шину пальцев 303 (на Рис. 3 показана только одна из них).

Шина 302 и шина пальца 303 подключены к контроллеру протеза 301 с помощью интерфейса ввода-вывода 304.

Контроллер 301 протеза может являться одним из компонентов протеза (не показанного на данной схеме). Контроллер 301 протеза является центральным звеном управления протезом. Таким образом, контроллер 301 протеза, который может быть конструктивно размещен внутри протеза (и, в одном из вариантов, может быть полностью размещен в ладонной части руки), несет ответственность за высокий уровень координированного управления рукой и крупными моторными суставами, а также разнообразные функции, связанные с внутренними нюансами работы протеза.

Также, в случае необходимости, в некоторых вариантах осуществления контроллер 301 протеза может быть размещен вне протеза. Одна из функций контроллера 301 протеза - это управление движением протеза. Соответственно, команды о намерении пользователя передаются блоком 305 ЭНМ интерфейса (электронейромиоинтерфейса), который взаимодействует с контроллером 301 конечности посредством шины 302 и интерфейса ввода-вывода 304, как показано на



Рис. 3. Команды из блока 305 ЭНМ интерфейса, а также информация от контроллера 306 крупноманипуляционного привода и по меньшей мере одного контроллера 307 мелкоманипуляционного привода (на Рис. 3 показан один из них), которые поступают через шину 302 и шины 303 пальцев, позволяют способу управления интеллектуальной бионической конечностью, описанному выше, в контроллере 301 генерировать новые команды для управления крупноманипуляционными приводами и мелкоманипуляционными приводами. Контроллер 301 протеза также обеспечивает передачу сенсорных данных от датчиков в протезе с помощью вибродатчика, либо с помощью слабого электрического импульса.

Эта обратная тактильная связь позволяет пациенту ощущать внешние условия, не будучи ограниченным только визуальной или звуковой обратной связью.

Контроллер 301 протеза также получает и обрабатывает сенсорную информацию, такую как температура предмета, положение протеза, крутящий момент и вибрация. Для этого на поверхности протеза размещены датчик 308 температуры, позиционный датчик 309, датчик 310 контакта и датчик 311 крутящего момента соответственно.

Как показано на Рис. 3, контроллер 307 мелкоманипуляционного привода получает информацию от датчиков 308 температуры, позиционного датчика 309, датчика 310 контакта и датчика 311 крутящего момента.

В некоторых вариантах осуществления, два позиционных датчика 309 (или более) могут быть подключены к контроллеру 306. Кроме того, контроллер 306 крупноманипуляционного привода может иметь подключенные датчики, например один или более температурный датчик 308 или датчик 311 крутящего момента, как показано на Рис. 3.

Как показано на Рис. 3, система управления интеллектуальной бионической конечностью в соответствии с вариантом осуществления включает в себя, по меньшей мере, один узел 312 датчиков кончика пальца протеза, соединенный с контроллером 301 протеза с помощью шины 303 пальца, а также контроллер 313 сокета, подключенный к разъему контроллера 301 протеза через шину 302.

Узел 312 датчиков кончика пальца имеет набор датчиков (не показаны на рисунке), в том числе, но не ограничиваясь ими: позиционные датчики (например, потенциометр или датчики Холла), контактные датчики (например, поливинилиден дифторидный контактный датчик), и датчики температуры, каждый из которых обеспечивает информацию о различном положении, крутящем моменте и/или входах тактильной обратной связи контроллеру 301 протеза. Эти датчики, распределенные по всей конечности, обеспечивают входы для усовершенствованных способов управления, выполняющихся на контроллер 301 протеза, а также для тактильной обратной связи с пользователем.

В дополнительных вариантах осуществления изобретения контроллер 301 протеза использует шину 302 для взаимодействия с дополнительными устройствами и/или аксессуарами, такими как устройства радиочастотной идентификации (RFID датчики), смартфоны и персональные цифровые помощники, хотя дополнительные или альтернативные варианты осуществления изобретения не ограничиваются этими примерами.



Функционирование системы происходит следующим образом. Миоэлектрическое устройство считывания в виде браслета надевается на уцелевшую часть предплечья и подключается к компьютеру, на компьютере происходит настройка, калибровка браслета и бионического протеза следующим образом. Обучающая выборка формируется следующим образом. С помощью программы калибровки на экран последовательно выводятся типы жестов, например «кулак», «щепоть тремя пальцами», «захват «ключ»», «цилиндрический схват», и другие, которые предлагается повторить пользователю несколько раз в течение определенного времени, например 5 раз по одной секунде, после чего полученные данные используются для обучения алгоритма распознавания на основе нейронной сети, как было описано выше. Создается профиль пользователя с новыми весовыми коэффициентами, который записывается в микроконтроллер браслета. Далее протез и браслет могут работать автономно, на основе беспроводной связи, например, посредством Bluetooth 4.0.

© Г.А. Столбовой, М.Г. Попов, М.В. Козырева, А.И. Киллер, 2019