

## **О ВАРИАНТАХ РЕАЛИЗАЦИИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ДВИЖЕНИЙ РУКИ АНТРОПОМОРФНЫМ МАНИПУЛЯТОРОМ**

В процессе разработки методов и средств замещения ручного труда автоматическим либо автоматизированным выполнением операций часто встречается задача копирования рутинных движений руки, которые совершает человек в ходе взаимодействия с различными предметами. Разработка необходимых для этого манипуляторов требует решения трех проблем: создание исполнительных механизмов, обеспечивающих антропоморфное движение манипулятора, разработка методов захвата и декодирования моторики руки человека-оператора, а также реализация системы тактильной обратной связи. В зависимости от конкретной задачи могут быть задействованы все три либо какие-то две из перечисленных функций [1, 2]. Ниже мы рассмотрим конструкции, задействованные в существующих реализациях данных функций.

Характерным примером реализации является роботизированная конечность Shadow Dextrous Hand, изображённая на рисунке 1-а, была представлена на робототехнической выставке International Robot Exhibition 2009 в паре с оригинальной сенсорной перчаткой [3]. Оператор надевает эту перчатку для удаленного управления механизмом. Оснащенная набором сенсоров, она захватывает каждое движение человека, а манипулятор его в точности повторяет.



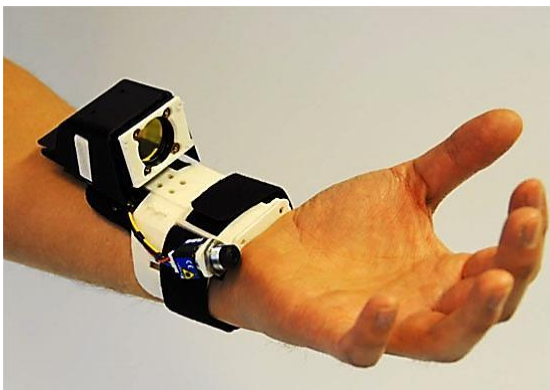
**Рисунок 1** – Манипуляторы *Shadow Dexterous Hand* (а), и *ExoHand* (б), выполняющие удержание объекта, а также Перчатка для захвата движений *Essential Reality Glove* (в)

Система не только воспроизводит движения человеческой руки, но также обеспечивает силу и чувствительность, сравнимую с человеческой. Для каждого пальца используется 2 «сухожилия». Эта рука выполняет 24 различных движения, что позволяет с зеркальной точностью повторять движения живой конечности. Роботизированный механизм захватывает хрупкие предметы, не повреждая их, может выполнять элементарную работу, а также писать. Имеются две основные модификации: на сервоприводах и пневматических мышцах. Вес устройства – до 4 кг, а стоимость около 100 000 €.

В отличие от данной конструкции, система EхоHand, разработанная компанией Festo [4], представляет собой экзоскелет в виде перчатки, которую можно одевать на руку (рис. 1-б). Все движения рук оператора регистрируются и передаются к автоматической руке робота в режиме реального времени. При этом датчики и исполнительные механизмы обеспечивают функционирование обратной связи, что позволяет оператору чувствовать то, что «чувствуют» пальцы робота, касаясь или захватывая различные предметы. Это позволит людям дистанционно оперировать предметами, представляющими опасность или находящимися в потенциально опасной среде, не касаясь этих предметов и не подвергая риску свою жизнь. Конструкция EхоHand рассчитана таким образом, что он поддерживает все степени свободы, которыми обладает кисть человека и ее пальцы. Датчики давления, угловых перемещений и положения позволяют с помощью головок пневматических приводов полностью и с высокой точностью скопировать движения руки оператора. Сейчас система позиционируется как более удобный вариант удалённых манипуляторов для лабораторий и залов атомных электростанций. Пока Festo не планирует устройство к широкой продаже, рассчитывая сперва несколько упростить технологию его изготовления.

В качестве примера систем управления рассмотрим перчатку Essential Reality Glove, которая разрабатывалась и создавалась, в первую очередь, для домашнего использования и сферы развлечений (рис. 1-в).

Конструкция перчатки представляет собой пластиковый корпус, закрепляющийся на запястье, с пятью резиновыми полосками. Каждая из этих полосок с помощью пластиковых колец закрепляется на пальце. Каждая полоска, надеваемая на палец, представляет собой датчик изгиба и передаёт компьютеру информацию об относительном положении пальца [5]. На корпусе установлены 8 инфракрасных светодиодов, которые передают сигнал приёмнику. Такое относительно большое количество позволяет точно определять положение в пространстве сложного объекта (в данном случае – ладони человека). Перчатка подсоединяется двухметровым кабелем к базовой станции, от которой и питается.



**Рисунок 2** – Устройство Microsoft Digits, установленное на запястье руки

Другой подход в отслеживании движений пальцев был представлен на симпозиуме Symposium on User Interface Software and Technology компанией Microsoft изобретением которое получило название Digits [6]. Устройство отслеживает движения рук и пальцев человека с помощью небольшого прибора, закрепленного на запястье. При этом не требуется использования никаких перчаток. Устройство может определить положение, движения рук и пальцев чело-

века в трехмерном пространстве и перевести их в команды управления работой программного обеспечения различных цифровых устройств.

Опытный образец Microsoft Digits, который был продемонстрирован на симпозиуме, имеет в своем составе инфракрасную камеру, лазерный инфракрасный указатель, инфракрасный светильник, освещающий рассеянным светом руку человека, и блок, измеряющий движения инерционным методом. На рисунке 2 изображено устройство, закреплённое на запястье руки.

Разработкой Microsoft является также бесконтактный сенсорный контроллер Kinect, выпускаемый серийно и предназначенный, как и Essential Reality Glove, преимущественно для индустрии развлечений. Набор датчиков Kinect включает два сенсора глубины, цветную видеочкамеру и микрофонную решетку. Само устройство монтируется стационарно и с помощью специализированного программного обеспечения распознает движения оператора, находящегося в зоне сканирования. При удачном расположении оператора устройство в состоянии с умеренной точностью регистрировать движения пальцев руки.

Несколько устройств Microsoft Digits могут быть надеты на различные части тела человека, что позволит получить полный аналог Microsoft Kinect, только отслеживающий движения с большей точностью. Другой особенностью устройства Microsoft Digits является отсутствие необходимости физического подключения к управляемому устройству (смартфону). Это означает, что человек может свободно перемещаться.

Таким образом, можно выявить следующие схемы передачи движений:

— перчатка, оснащенная датчиками изгиба, регистрирует движения руки и передает их на сервоприводы либо пневматику манипулятора; в данной схеме возможна реализация обратной связи, выполняемая через встроенные в манипулятор датчики (на основе пьезоэффекта, изгиба и др.) исполнительные механизмы, встроенные в перчатку;

— оптическая система (с большей свободой движений, но без возможности обратной связи), монтируемая стационарно или надеваемая на руку, регистрирующая движения с помощью системы инфракрасных и/или оптических датчиков и, возможно, призм, обеспечивающих нужную зону обзора.

#### **Список цитированных источников**

1. Попов, Е.П. Манипуляционные роботы: динамика и алгоритмы / Е.П. Попов, А.Ф. Верещагин, С.Л. Зенкевич. — М.: Наука, 1978. — 400 с.

2. Медведев, В. С. Системы управления манипуляционных роботов / В.С. Медведев, А.Г. Лесков, А.С. Ющенко. — М.: Наука, 1978. — 416 с.

3. Механическая рука Shadow Dextrous Hand / dailytechinfo.org [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <http://www.dailytechinfo.org/robots/794-mexanicheskaya-ruka-shadow-dextrous-hand-odin-iz.html>. — Дата доступа: 28.03.2016.

4. ExoHand. Экзоскелет кисти человека / na-komp.ru [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <http://www.na-komp.ru/nastrojka-i-remont/exohand-ekzoskelet-kisti-cheloveka.html>. — Дата доступа: 28.03.2016.

5. Essential Reality P5 Glove / morpheus.in.ua [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <http://morpheus.in.ua/a188043-essential-reality-glove.html>. — Дата доступа: 28.03.2016.

6. Прототип нового контроллера от Microsoft / gametech.ru [Электронный ресурс]. — 2016. — Режим доступа: <http://www.gametech.ru/news/30754>. — Дата доступа: 27.04.2016.