

## 3D프린팅을 이용한 사용자 맞춤형 의수 개발

문미경<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>동서대학교 컴퓨터공학부

### Development of Customized Prosthetic Hand Using 3D Printing

Mikyeong Moon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Division of Computer Engineering, Dongseo University

**요 약** 의수나 의족장치 개발은 전 세계적으로 꾸준히 이루어지고 있으며, 사람의 손과 똑같이 만들어 내거나 감각을 느끼게 하는 것은 힘들겠지만, 물건을 집거나 몇 가지 움직임을 마음먹은 대로 할 수 있다면 절단 장애인들에게는 큰 도움이 될 것이다. 3D프린팅 기술의 발달로 저렴한 의수개발이 가능해졌으며, 이러한 추세에 맞추어 개인맞춤형 의수를 비슷한 가격에 개발할 수 있다면 활용도 및 보급률이 훨씬 높아질 것이다. 본 논문에서는 3D프린팅을 이용하여 사용자 맞춤형 의수를 개발하는 방법에 대해 기술한다. 이를 위해 의수 외형 모델링의 변형수치를 가변값으로 추출하고, 의수 동작을 제어하는 기능을 소프트웨어 디자인 패턴을 이용하여 설계한다. 이를 통해 의수를 필요로 하는 사람들이 각자 원하는 자신만의 의수를 빠르고 저렴한 가격에 갖출 수 있도록 한다.

• 주제어 : 의수, 3D프린팅, 맞춤형, 아두이노

**Abstract** The development of prosthetic hand or prosthetic leg equipment is steadily taking place globally. Though it would be difficult to create or feel the same way as a human hand, it would be a great for the amputated person if they can pick things up or do some movement as they want. It has become possible to develop low-cost prosthetic hand according to development of 3D printing technology. If people can develop personalized prosthetic equipment at similar prices to meet this trend, the utilization and penetration rate will be much higher. In this study, it describes how to develop a user-customizable prosthetic hand using 3D printing. To do this, the transformational parameters of prosthetic hand shape modeling are extracted as variability values, and the functions for controlling prosthetic hand motion are designed as software design patterns. This allows people who need a prosthetic hand to have their own prosthetic hand at a fast and affordable price.

• Key Words : Prosthetic hand, 3D printing, Customized, Arduino

---

Received 08 September 2018, Revised 20 September 2018, Accepted 30 September 2018

\* Corresponding Author Mikyeong Moon, Division of Computer Engineering, Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Korea.  
E-mail: mkmoon@dongseo.ac.kr

## I. 서론

현재 우리나라에서 절단 장애용 의료 보장구를 필요로 하는 이들은 어렵잡아 19만~20만 명 선이다. 이들 중 상당수가 근로 환경에서 사고로 절단 장애를 입고 있으며, 상당수가 가구 소득이 낮아 의수 구매에 큰 부담을 느끼고 있다. 우리나라는 의족이나 의수, 전동휠체어 등에 대해서 정부 지원금을 받을 수 있지만, 지원금의 규모가 턱없이 낮아 고가의 의수를 사기에는 어려움이 따른다. 첨단 ICT 기술과 정밀가공 기술을 더한 의수가 꾸준히 개발되고 있지만 정작 절단장애인들이 구매 할 수 있는 가격대를 넘어서서 기술과 현실 간 틈은 갈수록 벌어지고 있다. 의수는 본래의 손의 모양과 흡사한 미관용 의수와 엄지와 다른 4손가락의 움직임이 가능한 전동의수 등 다양한 유형이 있다. 미관용 의수는 가격이 저렴하다는 장점이 있지만 움직임이 없고, 전동의수는 가격이 너무 비싸다는 단점이 있어 일반 절단 장애인이 갖추기는 어렵다. 최근에는 3D 프린팅의 기술이 발달하면서 인공의수의 가격도 낮아지고 있는 추세이지만, 저렴한 가격으로 절단 장애인 개인이 원하는 외형과 기능을 갖추기는 어렵다. 대부분의 절단 장애인들은 의수의 외형이 본인의 남아있는 다른 손과 유사하기를 원할 것이며, 아주 정교한 동작은 아니지만, 물건을 잡고 버튼을 누르는 것과 같은 몇 가지 자신만의 동작을 수행할 수 있기를 원할 것이며, 마지막으로 가격이 저렴하기를 원할 것이다. 그러나 이처럼 개인맞춤형 의수는 개발 기간이 길어지며 이로 인해 비용 또한 높아지게 된다.

본 논문에서는 그림 1의 그래프에서 가리키고 있는 수준의 의수를 개인 맞춤형으로 개발하는 방법에 초점을 둔다. 이를 위해 의수 외형을 변형시키기 위한 변형수치를 가변값으로 추출하고 소프트웨어 설계패턴을 이용하여 의수 손동작 제어 방법에 대하여 제안한다. 본 연구의 결과를 통해 사용자 맞춤형 의수를 가볍고 저렴한 비용으로 제작할 수 있게 됨으로써 의수를 필요로 하는 사람들이 좀 더 용이하게 의수를 가질 수 있게 될 것이다.

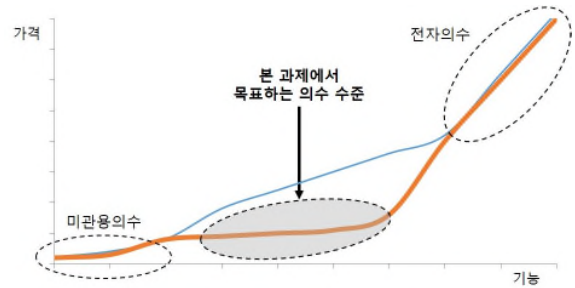


Fig. 1. Comparison of function and price by prosthetic hand type

## II. 관련연구

전박의수의 종류에는 전박부 절단으로 상실된 운동 기능을 복원하며 후크형, 반자동형, 전자의수, 철심을 강하게 넣어 만든 기능형과 실리콘형과 PVC형으로 제작하여 기능보다는 미관에 중점을 둔 미관형이 있다. 미관형은 그림 2와 같이 실리콘 형과 PVC형으로 제작하여 무게가 제일 가볍다는 장점이 있지만 미관을 목적으로 제작되었기 때문에 손동작은 할 수 없다.



Fig. 2. Aesthetic prosthetic hands

그림 3의 로봇 의수는 근전도 EMG(electromyography) 전극을 이용하여 착용자의 남은 근육의 신호를 받아들여 사용자의 의지대로 움직이는 시스템이다. 의수를 이식받은 환자는 만족도가 높고 정교한 센서를 사용하여 달걀처럼 깨지기 쉬운 물체도 안전하고 쉽게 들어 올릴 수 있다. 하지만 팔꿈치나 손목 관절을 절단한 사람들은 사용할 수 없고 전기로 동작하는 방식이다 보니 비가 오거나 먼지가 많은 환경에서는 사용이 힘들고 정교한 센서와 첨단기술을 사용하여 의수가 무겁고 가격대가 비싸다는 단점이 있다.

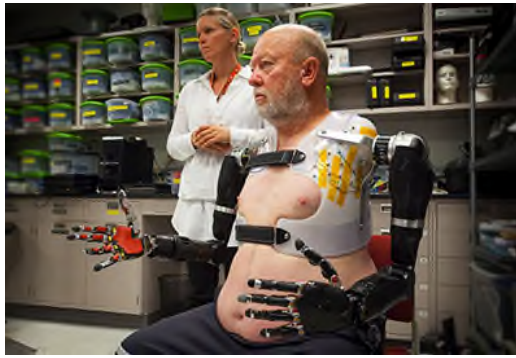


Fig. 3. Electronic prosthetic hand

의수 동작을 제어하기 위해서 많은 연구들은 근전도 EMG센서를 사용하여 남아있는 팔의 근육의 움직임을 파악하고 의수 손가락을 움직이게 하고 있다. 연구 [1-3]에서는 EMG센서와 함께 뇌전도 EEG(electroencephalogram)센서를 활용하여 사용자의 뇌파를 파악하여 의수를 제어하는 방법을 제안하고 있는데, 이는 아직까지 다른 센서의 보조지원으로 사용되고 있는 상태이다. 연구 [4]에서는 손동작 식별을 위해 광섬유 힘 근운동 센서를 사용하는 연구도 하였다. 연구[5,6]에서는 잡을 물체를 구분하기 위해 이미지 정보를 활용하는 방법을 제안하고 있다. 이는 수천 개의 이미지를 미리 카테고리화 시켜놓고, 잡으려는 물체를 카메라로 인식하여 이것이 어느 카테고리에 속하는지 판단 한 후 의수를 제어시키는 방법인데, 이미지를 인식하여 판단하는데 시간이 지연되는 문제점을 가지고 있다. 의수의 연구방향 중 또 하나는 의수의 정확한 동작을 개발하는 것에 초점을 둔 것이다 [7,8]. 이 연구들은 대부분 기계공학과 관련된 연구들로, 로봇 부품을 사용하고 있었으며, 잡고 쥐기 동작에 대해 세밀한 제어를 하고자 한다. 의수의 비용을 낮추기 위한 연구로서는 3D프린팅을 사용하는 연구들 [9,10]과 특정 부품이나 전자장치의 복잡성을 줄이기 위한 연구들 [11,12]이 진행되고 있다. 본 연구는 사용자 맞춤형으로 의수를 가변시킬 수 있는 방법에 대해 제안하는 것으로 관련 연구들과의 차별성을 가진다.

### Ⅲ. 사용자 맞춤형 의수 개발 방법

그림 4는 본 연구에서 제안하는 사용자 맞춤형 의수 개발과정을 단계별로 보여주는 그림이다. 이 단계에서 사용자 맞춤을 위한 활동이 있는 곳에 모서리형

삼각형이 표시되어 있다. 먼저 의수 외형을 모델링하고 이를 3D프린터로 출력한다. 의수 외형은 본 연구에서 제안하는 방법에 따라 사용자마다 다르게 모델링할 수 있도록 한다. 조각으로 출력된 의수 외형을 조립하고, 손가락을 움직일 수 있게 아두이노 보드와 DC 모터를 사용하여 의수 동력부를 개발한다. 마지막으로 손가락의 움직임을 제어하는 소프트웨어를 개발하여 의수를 완성한다. 이 단계에서도 소프트웨어 설계패턴을 사용하여 사용자마다 각기 다른 손가락 기능을 가진 소프트웨어가 개발될 수 있도록 한다.

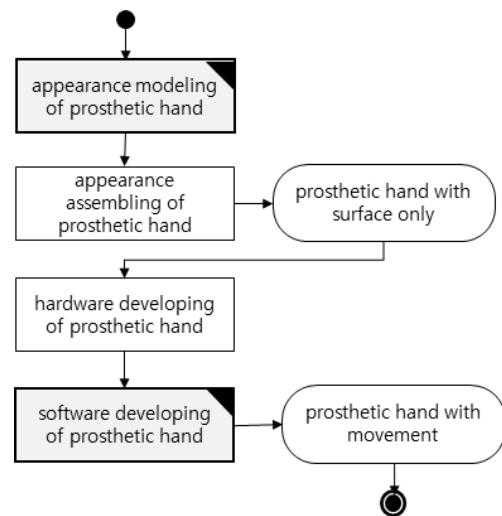


Fig. 4. Development process of a customized prosthetic hand

### 3.1 의수 외형 모델링

#### 3.1.1 3D스캐너를 이용한 의수 외형 개발

사람의 손은 평균적으로 규격이 정해져 있어도 사람마다 그 크기와 세부 길이가 다르다. 그래서 만약 의수 사용자가 한 손이 정상적이라면 이 손과 가장 유사한 모양의 의수를 만드는 것이 좋을 것이다. 이를 위해 사람 손을 3D스캐너를 이용하여 스캔 할 수 있다. 그림 5는 사람 손을 직접 스캔한 것을 보여준다. 그러나 스캔하는 과정에서 손의 미세한 움직임이 발생할 때마다 스캐너가 인식을 제대로 하지 못해 스캔된 모델이 겹치게 되는 현상이 발생한다. 그러므로 이를 바로 3D프린터로 출력할 수 없고 전문적인 3D 프로그램 3D max로 다듬는 작업을 반복하여 모델을 완성할 수 있다. 그림 6은 그림 5의 결과물을 보정하여 만든 모델링을 보여준다. 또한 3D스캐너와 3D프린터 프로그램 간의 호환문제로 3D스캐닝 결과물을 변환해야 하

며, 의수를 조각으로 나누기 위해 또 다른 차집합(difference set)용 모델링을 해야 한다.



Fig. 5. Hand model utilizing 3D scanning



Fig. 6. Refined hand model through mesh processing

3D스캐너를 활용하여 의수를 만든다면 외형상으로 가장 사용자에게 맞는 형태가 나올 것이다. 그러나 3D스캐닝부터 3D프린팅하기까지 과정이 너무 복잡하여 시간과 비용이 많이 발생하게 된다.

### 3.1.2 오픈소스를 사용한 의수 외형 개발

의수의 외형모델링은 현재 오픈소스로 33개의 조각(손가락마디뼈 14개, 손등바닥 1개, 팔목 1개, 상완 2개, 모터하우징 1개, 연결뼈 14개)이 나와 있다. 그림 7은 편 무브(Fun Move)에서 무료 배포한 오픈소스 의수 모델링을 기반으로 3D프린팅한 의수 조각들이다. 3D프린터로 조각된 의수들은 손가락과 손목을 연결하는 관절부분에 유연성 있는 플라스틱을 넣어 조립하고 강선으로 손끝에서부터 손가락 마디를 이어 연결한다. 33개 조각을 조립하여 완성되었을 때 성인 남성의 손 크기 정도가 된다. 오픈소스를 사용하여 의수를 제작하게 되면 3D모델링을 하기 위한 시간/비용이 거의 들지 않는다. 그러나 3D프린팅에 사용되는 필라멘터의 종류와 색상의 변화만 가능하고 사용자 맞춤형의 외형 변화는 불가능하다.

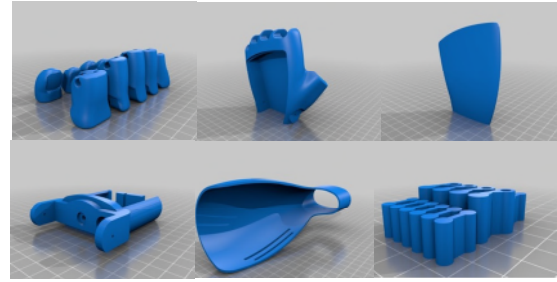


Fig. 7. Prosthetic hand blocks 3D printed using open source

### 3.1.3 사용자 맞춤형 의수 외형 개발

표 1의 2~3열에서 사용자 맞춤형 의수 외형을 개발하기 위하여 사용한 3D스캐닝 방법과 오픈소스를 활용한 방법을 비교한 것이다. 본 논문에서 목표하는 것은 이 두 가지의 중간 수준이다. 그래서 오픈소스 모델링을 사용하지만, 이를 사용자에게 맞도록 변형시키기 위해 외형모델링의 변형수치를 식별한다.

Table 1. Comparison of development methods for prosthetic hand appearance

	3D스캐닝 후 3D모델링	오픈소스 모델링	오픈소스 모델링 & 인체표준 정보 DB
사용자 맞춤형 외형	○	×	△
개발비용	비쌈	저렴	보통
개발과정	복잡 3D스캐닝 후, 보정작업, difference set 모델링	간단	오픈소스 모델링 변형하는 과정 필요

코리아사이즈(<http://sizekorea.kr>)는 한국인 인체 표준 정보가 2003년부터 올라와 있는 사이트이다. 이를 통해 성별과 나이를 지정하면 손의 길이, 너비, 두께, 둘레의 평균적이 사이즈 정보를 얻을 수 있다. 본 연구에서는 이 정보를 토대로 외형모델링의 가변값을 손 길이, 손가락의 길이, 손바닥의 길이, 너비, 두께로 정하였다. 오픈소스 모델링에 이 정보를 설정하면 비율 등을 고려해 rhino 프로그램을 이용해서 의수 조각의 길이와 크기를 조정한다. 표 1의 3열은 본 방법을 다른 방법들과 비교한 것이다.



### 3.2 의수 동력부 개발

손동작은 기본적으로 손가락을 접게 하거나 펴게 하는 동작으로 구성된다. 사람의 팔에서 손가락을 접게 하는 부분이 노뼈이고, 손가락을 펴게 하는 부분이 자뼈이다. 본 논문에서 각 손가락의 움직임은 DC모터를 이용하여 강선을 당기는 것으로 인간의 근육 움직임을 재현하도록 한다. 의수의 동력부 개발 방법은 다음과 같다.

- ① 와이어를 DC모터에 연결하여 손가락을 제어한다. 그림과 같이 DC모터가 정방향으로 회전하면 손가락이 접히게 되고, 역방향으로 회전하면 손가락이 펴지게 된다.
- ② DC모터에 연결된 와이어의 다른 한쪽을 손가락에 연결하여 손가락 동작을 제어한다.
- ③ DC모터 2개씩 하나의 모터 드라이버에 연결하여 DC모터의 방향을 제어한다.
- ④ 모터드라이버를 아두이노 메가보드에 연결하여 각각의 손가락 동작을 제어하는 전체적인 동력부를 제작한다. 일반 DC모터로 손가락을 제어하게 되면, 손가락이 빨리 동작하지 않기 때문에 DC모터의 동작 속도를 최대로 하고 전원을 9V로 교체한다.

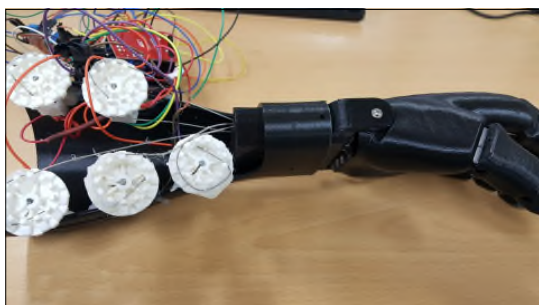
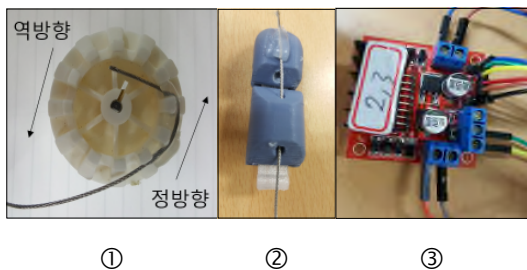


Fig. 8. H/W development process of prosthetic hand

### 3.3 의수 동작제어 소프트웨어 개발

각 손가락 모터를 제어하여 원하는 손가락 동작을 하나씩 만들어 낼 수 있다. 이를 위해 아두이노 코딩

을 해야 한다. 그림 9는 손가락 하나를 제어하기 위해 강선을 당기고 펴는 마이크로한 동작을 보여준다. 아두이노 코딩은 연결된 모터들의 핀번호를 모두 설정하고 값을 초기화해야 하며 손가락 하나의 움직임을 제어하기 위한 코딩을 해야 한다. 이러한 손가락 하나하나를 제어하는 마이크로동작이 모여서 주먹을 쥐고 펴는 하나의 매크로동작을 만들어 낼 수 있다.

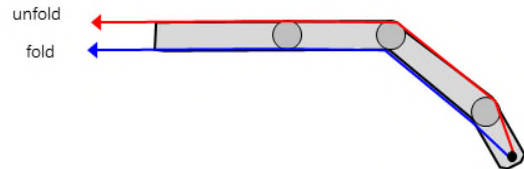


Fig. 9. Folding and unfolding of a finger

그러나 모든 손동작을 구현할 수는 없기 때문에 몇몇 대표 동작들로 의수의 기능을 다하고 있다. 만약 사용자가 자신만의 의수 기능을 더하기 위해서는 의수 개발자는 아두이노 코딩을 다시 해야 하며, 이는 시간과 노력을 많이 필요로 할 것이다.

본 논문에서는 사용자의 매크로동작을 쉽게 개발할 수 있도록 디자인 설계패턴을 사용하도록 한다. 디자인패턴은 자주 사용하는 설계 형태를 정형화해서 이를 유형별로 설계 템플릿을 만들어둔 것을 말한다. 디자인패턴을 사용하면 효율성과 재사용성을 높일 수 있다. 디자인패턴은 알고리즘처럼 프로그램 코드로 변환하여 바로 사용할 수 있는 것은 아니지만 유사한 상황에서 구조적인 문제를 해결할 수 있는 방안을 제시해준다. 본 논문에서는 매크로동작과 마이크로동작의 구조적 설계를 위해 복합 패턴(composite pattern)을 활용한다. 복합 패턴은 사용자가 단일 객체와 복합 객체 모두 동일하게 다루도록 한 것이다. 이런 형태는 재귀적인 구조로서, 마치 파일 구조에서 디렉토리 안에 파일이 존재할 수도 있고, 또 다른 디렉토리(서브 디렉토리)가 존재할 수 있는 것과 같다. 이 패턴은 객체들을 트리 구조로 구성하여 부분과 전체를 나타내는 계층구조로 만들 수 있게 해준다.

의수의 매크로 손동작은 마이크로 손동작의 조합으로 만들어 낼 수 있기 때문에 이 패턴을 적용할 수 있다. 손동작은 손가락의 움직임과 멈춤으로 구체화될 수 있다. 손가락의 움직임은 현재 몇 번째 손가락을 펴는지, 접는지, 그리고 그 상태를 몇 초간 유지하고 있는지 제어한다. 매크로동작은 손동작 여러 개를 연

속으로 실행해서 하나의 동작처럼 설정하는 것으로, 사용자가 원하는 동작 여러 개를 선택하여 설정할 수 있다. 그림 10은 의수 손동작에 해당하는 복합 패턴을 UML로 표현한 것이다.

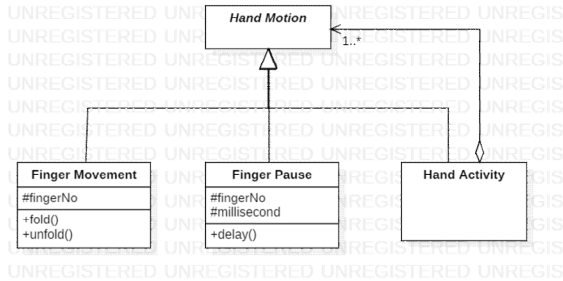


Fig. 10. Composite pattern for prosthetic hand function

단일 객체(leaf node)에 해당하는 것은 손가락 움직임(Finger Movement)과 손가락 멈춤(Finger Pause)이 있다. 손가락 움직임의 속성은 손가락번호(fingerNo)를 가지고, 오퍼레이션은 ‘펼치다(unfold)’와 ‘접다(fold)’를 가진다. 손가락 멈춤의 속성은 손가락번호(fingerNo)와 초(millisecond)를, 오퍼레이션은 ‘지연시키다(delay)’를 가진다. 공통적으로 사용하고자 하는 기능을 담은 interface ‘Component’에 해당하는 것은 손동작(Hand Motion)으로 정의하며 이는 추상클래스에 해당한다. 단일 객체들을 담을 수 있는 복합 객체, interface를 구현한 ‘Composite’에 해당하는 것은 손활동(Hand Activity)으로 정의한다. 손활동은 여러 가지 손가락 움직임과 손동작들을 추가, 삭제할 수 있는 오퍼레이션을 가진다.

#### IV. 결과 및 평가

##### 4.1 개발 결과

본 연구에서는 성인 남자용 의수 두개와 성인 여자용 의수 하나를 개발하였다. 각각 적용된 의수 외형 가변값은 다음 표 2와 같다. 남성 성인 30대와 50대의 손 사이즈는 크게 차이가 없었으며, 오픈소스 모델의 수치와도 유사하였다. 그러나 여자 손 사이즈는 많이 차이가 나타났으며, 연령대가 높아질수록 손 너비와 두께가 좀 더 두꺼워지는 수치를 보였다.

Table 2. Variability values for prosthetic hand appearance applied to case studies

	손길 이	손가 락길 이	손바 닥길 이	너비 (엄지 제외)	손바 닥두 께
남성1 (30대)	184	79	105	85	26
남성2 (50대)	184	79	105	86	28
여성1 (50대)	172	73	98	79	25

그림 11은 오픈소스용 모델과 여성 의수로 수치가 변형된 모델을 보여준다. 그림 12는 이러한 모델을 통해 3D프린팅 된 후, 조립된 외형 결과물을 보여준다. 의수의 사이즈가 확연히 차이 나는 것을 볼 수 있다.

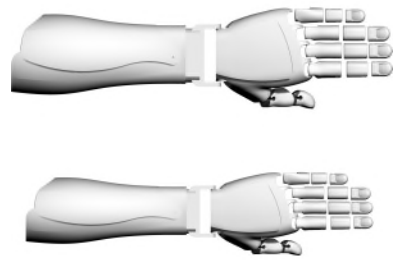


Fig. 11. Modeled male and female prosthetic hand



Fig. 12. 3D printed male and female prosthetic hand

남성용 의수에서는 그림 13에서 보이는 바와 같이 손가락 모두 펴기, 주먹 쥐기(손가락 모두 접기), 검지 손가락으로 집기, 검지손가락으로 누르기를 할 수 있도록 기능 구현을 하였다.

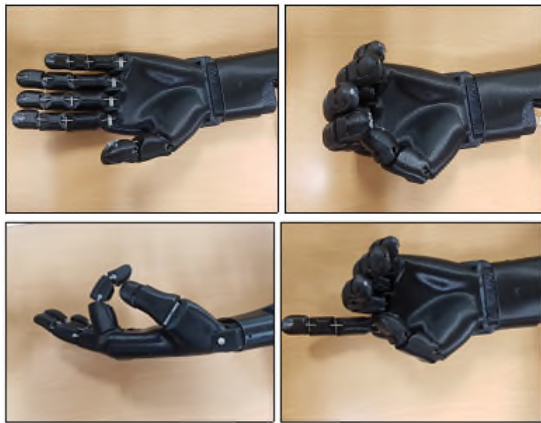


Fig. 13. Various prosthetic hand activities

여성용 의수에서는 손가락 모두 펴기, 주먹 쥐기, 엄지와 검지손가락으로 물건 잡기 기능을 할 수 있도록 하였다. 엄지와 검지손가락으로 물건을 2초 잡고 있길 원한다면 손가락 구부리고 2초 동작 유지 후 손가락 펴기 등 이 세 가지 마이크로동작을 하나의 매크로동작으로 묶어서 사용할 수 있다. 이에 대한 복합 설계패턴의 인스턴스 모델은 다음과 같다.

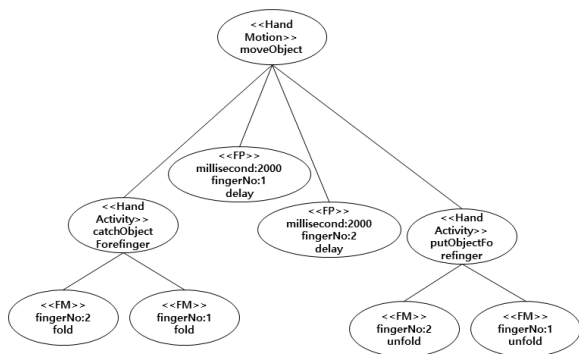


Fig. 14. Instance model of composite pattern for a prosthetic hand function (move object)

#### 4.2 평가

본 연구에 대한 평가를 하기 위해 손가락 펴기와 접기의 기본 두 동작을 가진 의수를 개발 3팀에게 나눠주고 두 가지 동작을 차례대로 추가하도록 하였다. 한 동작은 사진 포즈를 위해 V를 하는 기능을 추가하는 것이었고 그 다음 기능은 훨씬 복잡한 기능인 분무기를 다룰 수 있도록 검지손가락을 폼다 오므리는 동작을 구현하도록 하였다. 한 팀은 직접 아두이노 코드를 작성하여 기능을 추가하였으며, 다른 두 팀은 복합 설계패턴을 이용하여 기능을 추가하도록 하였다. 그

결과 직접 아두이노 코딩을 한 팀은 각각 1일, 1.5일이 걸렸으며, 설계패턴을 이용한 팀은 모두 1일 이내에 구현하였다.

### V. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 3D프린팅을 이용하여 사용자 맞춤형 의수를 개발하는 방법에 대해 기술하였다. 의수 외형 모델링은 코리아사이즈에서 제공하는 남녀노소 연령별 표준 손사이즈를 기반으로 손길이, 손가락 길이, 손바닥 길이, 두께, 너비를 가변값으로 추출하여 모델을 변경시킬 수 있도록 하였다. 의수 동작을 제어하는 기능의 다양성을 위해서는 복합 설계패턴을 제안하였다. 이 패턴을 이용하여 사용자 맞춤형의 매크로동작을 마이크로동작들의 조합으로 만들 수 있도록 하였다. 이를 통해 의수를 필요로 하는 사람들이 각자 원하는 자신만의 의수를 빠르고 저렴한 가격에 갖출 수 있도록 하였다.

향후 연구에서는 의수 개발자가 용이하게 가변값을 설정하고 마우스의 드래그앤드롭(drag&drop)만으로 손 동작 기능을 설계할 수 있도록 해주는 개발환경을 구축하고자 한다.

### ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by Dongseo University, "Dongseo Frontier Project" Research Fund of 2016.

### REFERENCES

- [1] M. Chandra Mohan, M. Purushothaman, "Design and fabrication of prosthetic human hand using eeg and force sensor with arduino micro controller", in *Proc. ICONSTEM*, 2017, pp. 1083-1085.
- [2] E. Saint-Elme, L. Larrier, C. Kracinovich, D. Renshaw, K. Troy, M. Popovic, "Design of a Biologically Accurate Prosthetic Hand" in *Proc. WeRob*, 2017, pp. 1-2.
- [3] P. PonPiya, E. Priya, "Design and control of prosthetic hand using myoelectric signal", in *Proc. ICCCY*, 2017, pp. 383-387.
- [4] E. Fujiwara, Y.T. Wu, C.K. Suzuki, "Optical fiber force

myography sensor for applications in prosthetic hand control", in *Proc. AMC*, 2018, pp. 342-347.

- [5] N. Bu, Y. Bandou, O. Fukuda, "A semi-automatic control method for myoelectric prosthetic hand based on image information of objects", in *Proc. ICIBMS*, 2017, pp. 23-28.
- [6] Y. Bandou, O. Fukuda, N. Bu, "Development of a prosthetic hand control system Based on general object recognition", in *Proc. ICIBMS*, 2017, pp. 110-114.
- [7] P. Wattanasin, P. Tangpornprasert, C. Virulsri, Design of Multi-Grip Patterns Prosthetic Hand With Single Actuator, *IEEE Trans. on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(6), 2018. pp. 1188-1198.
- [8] H. M. C. M. Herath, R. A. R. C. Gopura, Thilina D. Lalitharatne, "Prosthetic hand with a linkage finger mechanism for power grasping applications", in *Proc. LSC*, 2017, pp. 304-307.
- [9] H. Hwang, J.H. Bae, B. Min, "Design Guidelines for Sensor Locations on 3D Printed Prosthetic Hands", in *Proc. ICRC*, 2017, pp. 412-417.
- [10] R. Mio, B. Villegas, L. Ccorimanya, K.M. Flores, G. Salazar, D. Elias, "Development and assessment of a powered 3D-printed prosthetic hand for transmetacarpal amputees", in *Proc. ICCAR*, 2017, pp. 85-90.
- [11] G.K. Jones, A. Rosendo, R. Stopforth, "Prosthetic design directives: Low-cost hands within reach", in *Proc. ICORR*, 2017, pp. 1524-1530.
- [12] M. Ariyanto, Munadi, G.D. Haryadi, R. Ismail, J.A. Pakpahan, K.A. Mustaqim, "A low cost anthropomorphic prosthetic hand using DC micro metal gear motor", in *Proc. ICITACEE*, 2016, pp. 42-46.

---

## 저자 소개

---

문 미 경 (Mikyeong Moon)



이화여자대학교

전자계산학과(이학사)

이화여자대학교

전자계산학과(이학석사)

부산대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

2006년~2008년 부산대학교

정보컴퓨터공학부 연구교수

2008년~현재 동서대학교 컴퓨터공학부 부교수

관심분야 : IoT응용개발 방법, 소프트웨어 품질평가,

소프트웨어 프로덕트라인 개발방법 등