Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 23 No. 8, pp. 101-106, August 2018
www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2018.23.08.101

Implementation of Smart Gloves for the Blind and Visually Impaired

Myeong-Chul Park*, Tae-Sun Kim**

Abstract

Most people with visual impairments can not use both hands freely because they carry a cane. And unnecessary contact with people around you during walking can occur. Other guides include guide dogs, but the price and maintenance cost are expensive and difficult to manage. In this paper, we propose a smart glove, which prevents unnecessary contact when blind people use the cane, detects the obstacle ahead by using the ultrasonic sensor, and informs the presence of the obstacle by using the servo motor. In addition, the electrostatic proximity touch module on the fingers executes a specific application of the smart phone connected by Bluetooth when the finger touches each other. It is designed to allow you to use text or phone calls when you are lost or in an emergency. The results of this study will be used as a tool to provide a more convenient life for the visually impaired.

▸Keyword: Smart Gloves, White Cane, Ultrasonic Sensor, Wearable Devices

I. Introduction

4차 산업혁명시대의 웨어러블 디바이스는 사용자 편리성이나 기능의 효율성 측면에서 많은 기술이 개발되어 왔다[1]. 그리고 적용 신체 부위는 손목과 머리 부분이 가장 많고 손이 가장 낮은 활용도를 보이고 있다[2]. 이는 제품의 상용화 및 사업성을 고려하여 정상인을 위주로 기술이 발전되어 왔기 때문이다. 하지만, 웨어러블 디바이스는 정상인 보다 비정상인에게 더 큰 도움이 될 수 있다. 본 논문에서는 시각장애인이 사용하는 흰 지팡이를 대신할 수 있는 웨어러블 디바이스를 제안한다. 제안하는 디바이스는 손쉽게 착용할 수 있는 장갑형태이며 주 기능은 장애물 인식, 스마트폰 동작을 위한 터치 모듈로 구성된다. 초음파 센서를 사용하여 손등에 있는 서보모터로 장애물의 해당 방향을 알려주는 스마트장갑으로써 직접 장애물과 접촉하여 인지하는 시각장애인용 지팡이와 다르게 불필요한 접촉을 방지하고, 한손은 항상 지팡이를 쥐고 있어야 하는 불편함을 줄여준다. 시각장애인들은 스마트폰 화면을 보지 못하기 때문에 스마트폰 사용이 힘들기 때문에 정전식 근접 터치 모듈을 활용하여 엄지손가락으로 검지나 중지를 터치하였을 경우 스마트폰의 특정기능을 실행할 수 있도록 제작하였다. 자체적으로 개발한 어플리케이션을 이용하면 문자메시지가 도착하였을 경우 발신자와 내용을 음성으로 읽어주고, 검지를 터치하였을 때 보호자에게 전화를 걸거나, 중지를 터치하였을 때 스마트폰에 내장된 GPS를 이용하여 보호자에게 문자메시지로 현재 위치를 알려줄 수 있다. 시각장애인을 위한 스마트장갑은 보호자가 없는 상태에서 긴급 상황이 발생하게 됐을 때 긴급 상황임을 알리는 도우미 역할을 할 수도 있고, 장애물 탐지 정확도를 높인다면 가까운 거리는 시각장애인 혼자 외출할 수도 있다. 또한 지속적인 어플리케이션 개발을 통해 시각장애인이 스마트폰을 보다 더 편리하게 사용하는 일도 기대할 수 있다. 논문의 구성은 2장에서 스마트 장갑의 개념과 이전 개발된 기술에 대해 살펴보고 3장에서 구현을 위한 설계를 기술한다. 4장에서 실제 구현된 결과물을 소개하고 5장에서 결론을 기술한다.

II. Background

스마트 장갑은 웨어러블 컴퓨터의 범주로 분류되며 스마트 웨어

• First Author: Myeong-Chul Park, Corresponding Author: Tae-Sun Kim
*Myeong-Chul Park (africa@ikw.ac.kr), Dept. of Avionics Engineering, KyungWoon University
**Tae-Sun Kim (tskim@ikw.ac.kr), Dept. of Avionics Engineering, KyungWoon University
• Received: 2018. 08. 02, Revised: 2018. 08. 05, Accepted: 2018. 08. 06.
• This paper is supported by KyungWoon University.

의 정보기술과 바이오기술의 결합된 개념으로 정의할 수 있다. 웨어러블 디바이스가 적용되는 신체부위는 머리, 얼굴, 몸통, 팔과 손 등인데 스마트 장갑은 이 중에서 손에 적용된다. 현재 스마트 장갑의 활용분야는 VR(Virtual Reality)의 동작인식 단말장치로 많이 사용되고 있다. 이는 스마트 장갑이 착용되는 손이 외부 자극에 따른 촉감과 행위를 가장 잘 표현할 수 있기 때문에 가상현실 체험용 단말에 널리 이용된다[3-6]. 샌디에고 대학교 제이콥스 공대 연구실에서 개발한 가상현실 환경에서 작동하는 스마트 장갑은 가상현실 환경에서 촉감 피드백을 느낄수 있는 특징을 가진다[3]. 햅틱스의 햅틱스 글러브는 인식용 장갑속에 다수의 공기방울을 확대하거나 축소를 통하여 사물의 질감등을 초감으로 재현할 수 있는 것이 특징이다[4]. 그리고 소니의 사물 인터페이스 글러브는 가상현실 전용 장갑 컨트롤러과 손가락 위치의 추적 및 신체 접촉을 감지하는 특징을 가진다[5]. 워싱턴 레드몬드 연구소의 오큘러스용 글러브는 손가락 추적 및 현실의 동작을 가상현실에서 구현하는 것이 특징이다[6].

Table 1. Smart Glove with VR Terminal Function

Item	Function
Smart gloves that work in a VR environment[3]	Gloves to feel tactile feedback in a virtual reality environment
Haptx Globes[4]	Realistic reproduction of texture and elasticity, size and weight of various objects in virtual reality
Glove Interface Object[5]	Track finger position, detect body contact
Gloves for Oculus[6]	Finger tracking in virtual reality, Realize the same movements in virtual reality

또한 손가락의 움직임을 통하여 청각장애인의 수화 인식용 도구로도 이용되고 있다[7-9]. 이는 손동작을 인식하여 미리 정해진 문자로 변환하는 방식이다.

Table 2. Smart Glove for the Hearing Impaired

Item	Function
Smart gloves that recognize sign language[7]	Recognition of sign language expressing English alphabet
Smart gloves for sign language[8]	Smart gloves for voice recognition using sensing technology
SignAloud[9]	Translating American Sign Language into Voice and Text, Interpreting through speakers

Fig. 1. Haptx Globes & Smart Gloves that Recognize Sign Language

위와 같이 대부분의 연구는 현실과 가상현실의 연결 도구나 청각 장애우을 위한 수화 인식용 스마트 장갑에 치중되어 있다. 가장 비중이 높은 분야는 VR 단말 기능을 수행하는 영역으로 가상현실을 인지하기 위한 인터페이스 도구들이 많다. 이에 본 논문에서는 시각장애우의 흰 지팡이를 대체할 수 있는 스마트 장갑을 제안하고자 한다.

Ⅲ. Design

Fig. 2는 제안하는 스마트 장갑의 전체적인 회로 구성을 보인 것이다. 전원부인 배터리에서 Arduino nano의 Vin핀으로 11.1V의 전원을 공급하고 Arduino nano에서 센서부와 모터부, 통신부에 각각 3.3V와 5V를 공급해준다. 전원이 공급되면 Arduino nano의 프로그램으로 인해 센서부에서는 초음파 센서를 통하여 거리를 측정해주고 구동부에서는 측정된 거리와 방향에 따라 각각 우측, 좌측 서보모터를 진동 시켜 장애물의 방향을 알려주고 세라믹 부저를 이용해 소리를 발생 시켜 주변에 있는 사람들에게 주의를 준다.

또한, 위급상황 발생 시 정전식 근접 터치 모듈이 부착된 장갑의 손가락 끝 부분을 엄지로 터치하게 되면 블루투스 통신을 활용해 스마트 장갑과 연결되어 있는 스마트폰의 어플리케이션을 이용하여 사용자의 현재 위치를 보호자의 스마트폰으로 전송하거나 손쉽게 전화를 걸 수 있고 문자메시지 수신 시 자동으로 발신자 번호와 문자내용을 읽어준다.

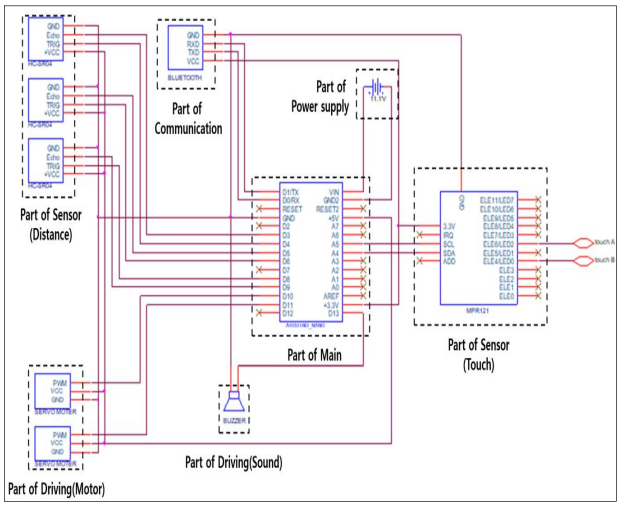

Fig. 2. Circuit Diagram of Smart Glove

회로도는 전원부, 메인부, 모터부, 통신부, 센서부, 구동부로 나누어진다. 전원부는 배터리 11.1V 통해 Arduino nano에 인가되며, 초음파 센서 작동으로 거리를 측정하여 설정 값에 의해 서보 모터와 부저로 시각장애인에게 장애물 유무를 알려주며 동작한다. Arduino nano와 연결되어 있는 블루투스 통신으로 인해 MPR121의 터치센

서 값들을 받아 스마트폰에서 해당 데이터에 맞는 음성 메시지를 출력하거나 전화걸기, 현재위치 전송 등의 어플리케이션 기능이 작동하게 하도록 구성하였다. 메인부는 Arduino nano를 사용하며 시스템 클럭 16MHz 사용하며 ATmega328 마이크로 컨트롤러와 시스템 초기화를 위한 Reset 버턴이 장착되어 있다. 본 연구에서 Arduino nano는 장애물 거리측정을 위한 초음파센서의 제어와 장애물인식을 여부를 알려주기 위한 서보 모터 제어, 실시간 시각장애인의 위치와 비상시에 전화를 걸기 위한 신호를 감지 터치센서 제어와 센서 값의 통신을 통해 어플리케이션을 연동하기 위한 블루투스 통신 제어를 하게 된다. 전원부는 배터리의 11.1V를 Arduino nano와 센서부, 구동부와 통신부에 전원을 인가하게 한다. HC SR-04를 사용한 센서부는 5V 전원에서 동작하고 15도 각도 내에서 유효각도가 측정가능하며 2cm~400cm의 사정거리를 가지며 Trig, Echo Pin을 통하여 송수신 한다. 주요 기능은 거리를 측정하여 서보 모터와 연동하여 시각장애인이 진동을 느낌으로서 장애물 인식을 하는데 사용된다. MPR121을 사용한 센서부는 정전식 터치 패드를 구현하는데 사용하는 컨트롤러이다. MPR121 breakout 보드는 12개의 터치 패드를 감지해서 마이크로 컨트롤러에게 I2C 통신으로 알려주도록 제작된 모듈이다. 1:N 연결이 가능한 I2C 통신을 사용하기 때문에 Arduino nano를 사용하여 여러 개의 모듈을 연결해 감지 가능한 터치패드 개수를 늘릴 수 있게 된다. 시각장애인이 블루투스와 연결하여 지정된 터치로 인해 어플리케이션 연동으로 전화를 걸거나 자신의 위치를 문자로 보내는 데 사용된다. SG-09 서보모터를 사용한 모터부는 PWM(Pulse With Modulation)신호에 의한 제어를 0도에서 180도까지의 회전각을 제어할 수 있다. Arduino nano의 PWM신호의 주파수는 50Hz, 주기는 20ms 이며 이 주기 신호동안 제어신호를 보내주어야 한다. 서보모터의 Pulse Width는 1ms ~ 2ms 의 범위를 가지며 1ms일 때 0도, 2ms 일 때는 180도의 위치를 갖게 된다. 시각장애인이 손등에 위치된 서보모터의 압력에 의해 장애물을 인식하는 데 사용하게 된다. 소리를 담당하는 세라믹 부저를 사용한 구동부는 주파수 2만Hz 이상의 초음파를 발생시킬 수 있고 세라믹 같은 결정체의 성질을 이용하는 것으로 압력을 주게 되면 변형이 일어나면서 표면에 전압이 발생하고, 반대로 전압을 걸어주면 응축, 신장을 하는 압전효과가 나타나며 2개의 전극단자로 구성되어 있다. 시각장애인이 전방장애물이 있을 경우 부저의 소리를 통해 장애물을 인식하고, 주변 사람들이 주의를 할 수 있게 된다. HC-06 블루투스 모듈을 사용한 통신부는 무선으로 시리얼 통신을 할 수 있게 하며 마이크로컨트롤러와 RX, TX으로 연결이 가능하며 최대 10M 까지 통신이 가능하며 데이터 송수신 핀의 전압에 따라 3.3V, 5V 타입으로 나누며 모듈상의 LED로 블루투스의 연결 상태를 확인할 수 있게 된다.

Ⅲ. Implementation

Fig. 3은 구현을 위한 프로그램의 순서도를 보인 것이다. 시스템을 시작하면 블루투스 모듈과 초음파센서, 서보모터가 초기화 된다. 이후 어플리케이션을 통하여 블루투스를 연결한 후 초음파센서로 좌측, 우측, 중앙에 있는 장애물을 감지하며 정전식 근접 터치모듈에서 터치 유·무를 계속해서 확인한다. 장애물의 여부를 확인하여 장애물이 없을 시 서보모터는 정지 상태를 유지하고 장애물이 100~600mm내에 있으면 해당 방향의 서모모터가 움직여서 해당방향의 손등을 두드려 착용 자에게 방향을 알려주고 블루투스 통신을 통해 스마트폰으로 해당방향에 장애물이 있다는 데이터를 전송한다. 이때 중앙에 장애물이 있을 경우에는 주변 사람들에게 주의를 줄 수 있는 세라믹부저 경고음을 출력하고 블루투스 통신을 통해 중앙에 장애물이 있다는 데이터를 전송한다. 어플리케이션에서 블루투스 데이터를 수신하여 해당 데이터에 맞는 동작을 한다. 좌, 우, 중앙에 장애물이 있다는 데이터를 받으면 해당방향에 맞게 “좌측 전방에 장애물이 있습니다.” 라는 안내음성을 출력한다. 만약 정전식 근접 터치 모듈에서 검지 또는 중지의 터치 여부가 있을 경우 마찬가지로 해당 데이터를 스마트폰으로 전송하여 데이터를 처리한다. 검지를 터치했을 경우 지정된 번호로 전화가 걸리게 되고, 중지를 터치했을 경우 지정된 번호로 현재 GPS위치정보를 문자메시지로 전송하게 된다. 또한 문자 내용을 확인하지 못하는 시각장애인을 위해 문자메시지를 수신하였을 경우 어플리케이션에서 발신자와 문자내용을 읽어주는 역할도 한다. 그 후 어플리케이션에서 역할이 끝나게 되면 다음 신호를 받을 때 까지 대기한다.

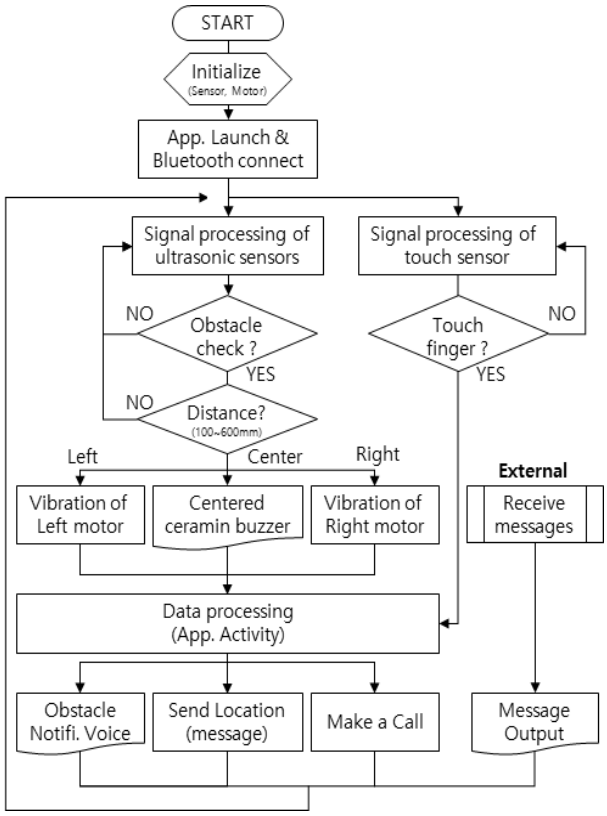

Fig. 3. Flow Chart of Smart Glove

초음파의 속도는 약 340m/s이므로 식 (1)에 대입하면 약 58.824μs로서 초음파가 1cm를 이동하는데 걸리는 시간은 약 29μs가 된다.

$$t = \frac{2 \times L}{V_s} \quad (1)$$

L : 물체와의 거리(m), Vs : 음속(m/s)

식 (1)을 이용하여 초음파 센서를 이용한 거리 계산 공식은 식 (2)와 같다.

$$Distance = duration/29/2 \quad (2)$$

식 (2)에서 duration 은 왕복에 걸린 시간이고 상수 29는 1cm을 이동하는 시간, 상수 2는 왕복을 의미한다. 이를 이용한 초음파 센서의 동작코드는 Fig. 4와 같다.

```
void Center_ultra(){
  digitalWrite(ctrigPin,LOW);
  digitalWrite(cechoPin,LOW);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(ctrigPin,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(ctrigPin,LOW);
  unsigned long cduration = pulseIn(cechoPin,HIGH);
  float distancec = cduration / 29 / 2;
  if( distancec > 5 && distancec <= 60){
    c = 1;
  }
  else if ( distancec > 60 ){
    c = 2;
   }
}
```

Fig. 4. Function for distance measurement using ultrasonic sensor

정전식 근접 터치 모듈의 동작은 검지를 터치했을 경우 지정된 번호로 전화가 걸리게 되고, 중지를 터치했을 경우 지정된 번호로 현재 GPS 위치정보를 문자메시지로 전송하게 된다. 터치 모듈의 동작코드에서는 터치 패널 번호만 블루투스를 통해 전송하고 검지 및 중지의 인식을 스마트폰 앱에서 식별하여 동작시킨다.

```
void mpr(){
  currtouched = cap.touched();
  for (uint8_t i=0; i<12; i++) {
    if ((currtouched & _BV(i)) &&
                  !(lasttouched & _BV(i)) ) {
      sendChar = '0' + i;
      BTSerial.write(sendChar);
      Serial.println(sendChar);
    }
  }
  lasttouched = currtouched;
}
```

Fig. 5. Functions for Touch Modules

전체적인 주요 동작을 위한 시나리오는 다음과 같다.

1. 장갑을 착용하고 전원을 인가한 후 블루투스 모듈과 초음파센서, 서보모터가 정상적으로 동작하는 확인
2. 어플리케이션의 Connect 버튼을 클릭하여 스마트장갑과 블루투스를 연결
3. 스마트폰에서 “블루투스가 연결되었습니다. “ 라는 안내 음성이 나오는지 확인
4. 문자 메시지를 받았을 경우 스마트폰에서 문자 메시지를 읽어주는지 확인
5. 검지를 눌러서 지정된 번호로 전화가 걸리는지 확인
6. 중지를 눌러서 지정된 번호로 보낸 문자 메시지에 GPS위치 정보가 입력될 때까지 대기
7. GPS신호가 정상적으로 잡히면 문자 전송

프로토타입 형태로 구현된 결과는 Fig. 4와 같다.

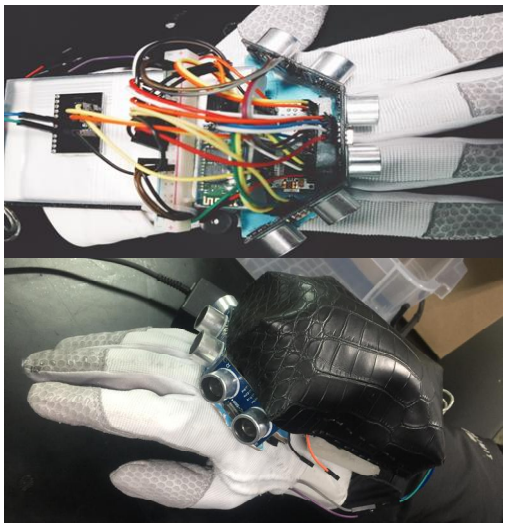

Fig. 6. Smart Gloves for the Visually Impaired

Ⅳ. Conclusions

설계 및 구현된 결과를 검증하기 위하여 동작 실험을 한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Result of operation experiment

Function	Try	Hit	Rate
Connection	50	44	88.0%
Object detection (Normal / Incline)	120	115	95.3%
	120	101	84.2%
Touch module	50	46	92.0%
GPS module	50	42	84.0%

Connection 기능 테스트는 블루투스, 초음파센서, 서보모터의 동작과 스마트폰과 연결이 정상적인지를 테스트하였다. 정상동작을 전원인가 후 5초 이내에 성공하는 경우만 측정하였다. 전체 50회의 시도 중에 44회가 성공하였으며 성공하지 못한 6회 중 4회가 서보모터의 동작 때문으로 전원인가의 지연시간인 발생하는 것으로 분석되었다. 이는 서보모처 동작을 위한 독립 모듈을 장착하는 것을 고려해야 할 것으로 사료된다. 장애물 탐지 기능 테스트는 좌/우/전방에 무작위로 120회의 장애물을 노출하여 측정하였다. 정상적인 도로면에서는 95.3%의 성공률을 보였으나 계단이나 경사면의 좌/우 장애물은 80회 중 18회를 탐지하지 못한 결과를 보였다. 이는 초음파 센서의 부착 부위 각도가 고정되어 있어 빠르게 이동하는 사각지대의 경우 탐지하지 못하는 결과를 보였다. 또한 경사면이나 굴곡진 도로에서 장애물 인식의 문제를 보였다. 향후 Lidar 센서를 통한 보다 세밀한 장애물 인식이 요구된다. 터치 모듈 동작 테스트는 92%의 성공률을 보였으며 GPS수신 기능 테스트는 84%의 성공률을 보였다.

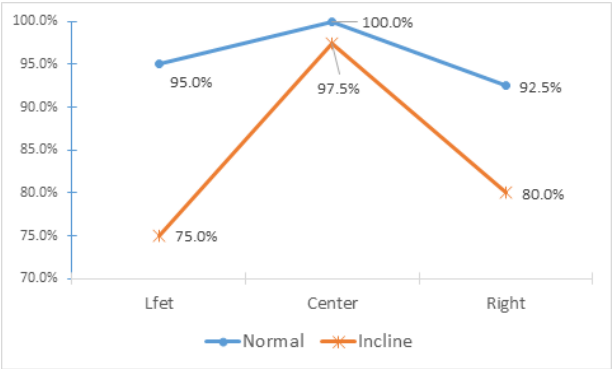

Fig. 7. Result of Object detection

본 논문은 시각장애인이 사용하는 기존의 흰 지팡이의 기능을 대신할 수 있는 스마트 장갑을 제안하였다. 주변사람들과의 불필요한 접촉을 줄이며 장애물 인식과 위급상황 발생 시 블루투스 통신으로 연결된 스마트폰을 통한 보호자 호출 등의 기능을 통하여 시각장애인들이 보다 쉽게 보행할 수 있도록 설계하였다. 동작 실험의 결과, 각 기능에 대한 성공률이 다소 낮게 측정되었지만 향후, 회로설계 및 센서의 성능 향상을 통하여 해결할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

[1] Suh, S. E., & Roh, J. S., “A study on smart fashion product development trends,” The Research Journal of the Costume Culture, Vol. 23, No. 6, pp. 1097-1115, 2015.

[2] Jeon, J. H., Lee, W. S., Lee, J. C., Cha, H. K., & Lee, S. Y. “Trends on standardization for smart wearable technology,” Electronics and Telecommunications Tren ds, Vol. 31, No. 2, pp. 73-83, 2017.

[3] Jadhav, Saurabh et al., “Soft robotic glove for kinesthetic haptic feedback in virtual reality environments,” Electronic Imaging, The Engineering Reality of Virtual Reality 2017, pp. 19-24, 2017.

[4] HaptX Gloves, Https://haptx.com/#glove

[5] Konstantin Mikhaylov et al., “Wireless Sensor Glove Interface and its Application in Digital Holography,” 4th IEEE International Conference on Cognitive Infocomm unications, pp. 325-330, 2013.

[6] Gloves for Oculus, https://www.oculus.com/

[7] Seulah Lee, Taeyoon Lee et al., “Ag Nanowire Reinforced Highly Stretchable Conductive Fibers for Wearable Electronics,” Advanced Functional Materials, Vol. 25, pp. 3114-3121, 2015

[8] A. Das et al., "Smart glove for Sign Language communications," 2016 International Conference on Accessibility to Digital World (ICADW), Guwahati, pp. 27-31, 2016.

[9] O’Connor TF, Fach ME, Miller R, Root SE, Mercier PP, Lipomi DJ, “The Language of Glove: Wireless gesture decoder with low-power and stretchable hybrid electronics,” PLoS ONE, Vol. 12, No. 7, 2017.

Authors

Myeong-Chul Park received a B.S. degree in Computer Science from Korea National Open University in 1999, a M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from GyeongSang National University in 2002, 2007. He is currently a Professor in the Department of Avionics Engineering, KyungWoon University. He is interested in Visualization, Simulation, Education of Software, Virtual Reality, and Parallel Programming.

Tae-Sun Kim, he is a professor of department of avionics engineering at Kyungwoon University. He holds a doctorate degree in Electronic Engineering from Yeungnam University. From 1991 to 1995, he was a researcher in the TV Research Institute at LG Electronics. His research interests include image analysis, image system and signal processing.