

# 복수 개의 웨어러블 디바이스들의 융합지향 그룹 디스플레이를 위한 그룹결정 알고리즘

김용길<sup>1</sup>, 김용기<sup>2</sup>, 김미혜<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>충북대학교 컴퓨터공학과

## Group Decision Algorithm for Convergence Oriented Group Display of Several Wearable Devices

Yong-Gil Kim<sup>1</sup>, Yong-Ki Kim<sup>2</sup>, Mi-Hye Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup>Department of Computer Engineering, Chungbuk National University

**요약** 복수 개의 웨어러블 디바이스는 휴대성 때문에 유선으로 통신하는 것이 적합하지 않다. 복수 개의 웨어러블 디바이스가 서로 통신 할 때 우수한 통신 품질과 그룹 활동 특징 때문에 무선통신 방법을 이용한다. 본 논문에서 복수 개의 웨어러블 디바이스들의 그룹형 디스플레이를 위한 그룹결정 알고리즘을 제안하였다. 이것은 무선통신 환경에서 여러 개의 웨어러블 디바이스들이 단체동작 디스플레이를 할 때 거리측정을 통하여 그룹멤버로 인지하는 그룹결정 알고리즘을 의미한다. 실험결과 복수 개의 웨어러블 디바이스들의 그룹 디스플레이가 단일 웨어러블 디스플레이의 한계를 극복하였음을 보여주었다.

• 주제어 : 웨어러블디바이스, 그룹형디스플레이, 그룹결정알고리즘, 거리인지알고리즘, RF

**Abstract** The several wearable devices are not able to communicate through cable due to its portability. The wireless communication method is used because of its good communication quality and group action features when the several wearable devices communicate with each other. In this paper, we proposed the group decision algorithm for grouping display of the several wearable devices. It means that recognize as a group member after measuring distance in the wireless communication environment. The result of experience showed that the group-type display of several wearable devices method overcome the limit of the display of single wearable device.

• Key Words : Wearable Device, Group-type Display, Group Decision Algorithm, Distance Recognition Algorithm, RF

### 1. 서론

웨어러블 디바이스와 관련된 연구는 모바일형 디바이스 중심에서 UX(User Experience)로 확장되고, 모바일형 디바이스의 기능을 축소하여 휴대성과 간편성을 극대

화하여 다양한 분야에서 융합되는 방향으로 진행되고 있다[1,2].

그러나 마스터 디바이스의 역할을 하는 스마트 폰과 슬레이브 역할을 하는 스마트 워치와 같이 두 개의 웨어

\*Corresponding Author : 김미혜(mhkim@chungbuk.ac.kr)

Received June 2, 2017

Accepted August 20, 2017

Revised July 29, 2017

Published August 28, 2017

러블 디바이스로 구성되어 휴대성을 향상 시켰으나, 슬레이브 기기는 마스터 기기를 보조하는 정도의 기능으로 한정되어 있는 상황이다[3]. 모바일형 디바이스들의 공통 문제인 전원 공급과 충전은 오래도록 지속되어온 문제들이며 최근 들어 반도체 기술을 통해 이를 보완하려는 연구들이 진행되고 있다[4].

디스플레이 가능한 웨어러블 디바이스는 하나의 기기를 주로 사용하는 개인 사용자에게 초점이 맞추어져 있다[8]. 따라서 그룹으로 이벤트를 연출하거나 연동하는 복수 개의 웨어러블 디바이스들의 그룹형 디스플레이 수행은 불가한 단점이 있다. 반면, 다른 엔터테인먼트 융합 관련 분야에서는 이미 복수 개의 디바이스가 그룹으로 동작하는 연구가 진행되었고, 실생활에 적용 중에 있다[9].

일반적인 웨어러블 디바이스의 통신 방식은 NFC (Near Field Communication)와 WBAN (Wireless Body Area Network) 뿐만 아니라 마스터 디바이스에 해당하는 스마트 폰의 블루투스 방식이 주로 사용되고 있다 [[5,6,7,10]. 이러한 통신 방식은 주로 일대일 통신 방식에서 사용되는 형태로 개별 웨어러블 디바이스의 경우에는 적용이 가능하다. 그러나 복수 개의 웨어러블 디바이스들이 그룹으로 디스플레이를 수행해야 할 경우 일대다 또는 다대다 통신 방식에서는 통신거리의 제약, 통신 주파수의 간섭 그리고 같은 그룹의 기기로 인지하는 디바이스들에 대한 관리 측면에서 취약점이 있다[11].

웨어러블 디스플레이 디바이스에 적용되는 통신 방식은 스마트 폰과 같은 스마트 기기를 이용하여 웨어러블 디바이스로 제어 코드를 전송하는 수준이며 복수 개의 웨어러블 디바이스들이 그룹형 디스플레이를 수행하는 것과 같은 관련 연구는 초기단계에 있다[10,12].

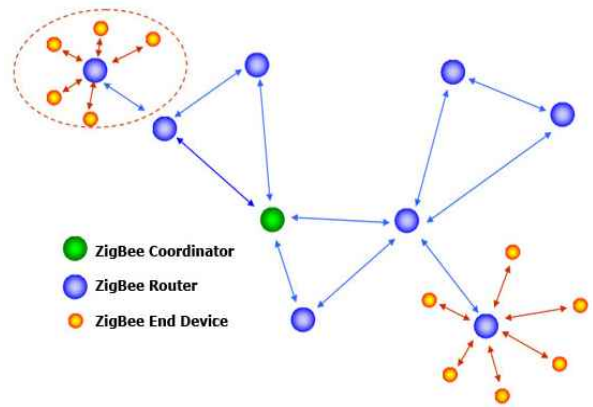
따라서 본 논문에서는 복수 개의 웨어러블 디바이스들의 그룹형 디스플레이를 수행하기 위한 통신방식에 대한 고찰과 무선통신 기반으로 다수의 웨어러블 디바이스들의 그룹형 디스플레이를 위한 그룹 결정 알고리즘을 제안하였다.

## 2. 복수 개의 웨어러블 디바이스적용 무선통신

복수 개의 웨어러블 디바이스들 간의 무선방식에 적

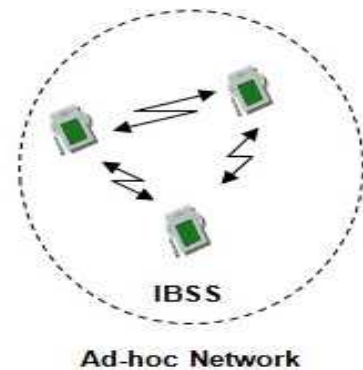
합한 통신 방식은 블루투스나 지그비, 와이파이 등이 있으며, 기술적 영역은 무선 송수신부 전체를 의미하고 신호를 증폭하고, 필터링 하는 과정을 거쳐 데이터를 송수신 하는 아날로그 회로로 구성된다.

지그비 장치는 [Fig. 1]과 같이 메시 네트워크 방식을 이용하여, 다수의 중간 노드를 거쳐 목적지까지 데이터를 전송하는 방법으로 넓은 범위의 통신이 가능하다. 이러한 방식은 애드혹 네트워크의 특성으로 중심 노드따라 존재하지 않는 분야에 적합하다[13]. 지그비는 낮은 수준의 전송 속도만 필요로 하면서 긴 배터리 수명과 보안성을 요구하는 응용 분야에서 사용될 수 있다.

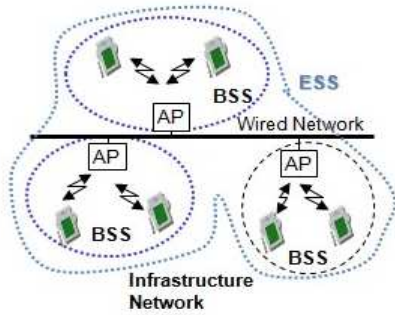


[Fig. 1] ZigBee network configuration

상용화된 무선 LAN의 응용을 총칭하는 와이파이 (Wi-Fi)의 구조 형태는 [Fig. 2]와 같이 AP(Access point)를 사용하지 않는 애드혹(Ad-hoc) 구조와 [Fig. 3]과 같이 AP를 사용하는 인프라스트럭처 네트워크 (Infrastructure Network) 구조로 구분한다.



[Fig. 2] Ad-hoc Network



[Fig. 3] Infrastructure Network

에드혹 (Ad-hoc) 구조는 독립 기본 서비스 셋 (IBSS, Independent Basic Service Set)으로 외부 통신망과는 독립적으로 무선단말기 간 통신 (Peer to Peer)을 하며 에드혹 네트워크라고 한다. 인프라스트럭처 네트워크는 외부 통신망과 연동되는 하나의 AP에 의해 제어되며, AP는 다수의 단말기에게 서비스하는 망 형태이다[14].

복수 개의 웨어러블 디바이스들의 그룹 디스플레이를 위해 지그비나 와이파이 등을 사용할 수 있으나 신호 간섭, 전력 소모의 문제로 웨어러블 시스템에 적용하기에는 무리가 있다. RF는 열린 공간 10m내외의 통신이 가능하며, RF모듈은 설정에 따라서 전력 소비량을 조절할 수 있다[15].

본 논문에서는 RF방식을 기반으로 하나의 마스터와 여러 슬레이브를 가지는 복수 개의 웨어러블 디바이스들의 디스플레이 시스템에 적합한 무선통신 환경을 구축하였으며, 이를 적용한 RF 통신기반의 거리 데이터 전송 부분의 수도코드는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Distance data transmission pseudocode

```

Procedure Slave Distance Data( )
  if millis() - prevReadTime > SENDING_INTERVAL then
    int i_disp_mode ← (int)(disp_mode_sum / count)
    // Display Mode and Distance Data to server
    int i_dist ← (int)(dist_sum / count)
    hcSerial.write(0x55)
    // Fixed 2 Byte for HC-11 Control(0x55 0x01)
    hcSerial.write(0x01)
    hcSerial.write(0x01)
    hcSerial.write((byte)(i_disp_mode >> 8))
    hcSerial.write((byte)i_disp_mode)
    hcSerial.write((byte)(i_dist >> 8))
    hcSerial.write((byte)i_dist)
    hcSerial.write(0xFE)
    count ← 0
    disp_mode_sum ← 0
    dist_sum ← 0
    prevReadTime ← millis()
  end if
end Procedure
    
```

### 3. 그룹형 디스플레이를 위한 그룹화 결정 알고리즘

일반적으로 개별 웨어러블 디바이스의 디스플레이는 단순 디스플레이 기능으로 구성되고, 특정 센서의 입력 시스템을 갖는 형태로 구성된다. 입력된 센서값이 임의 임계치를 초과하지 못하면 기본 디스플레이를 출력하고 임계치를 초과하면 디스플레이를 변화시킬 수 있다.

복수 개의 디바이스들이 그룹의 멤버로 인지하고 이를 반영하여 디스플레이를 공동으로 수행해야 하는 경우에는 그룹 멤버로 인지하기 위한 하드웨어와 프로그램이 반드시 필요하다. 복수 개의 웨어러블 디바이스들을 같은 그룹으로 인지하기 위하여 각각의 디바이스들은 자신만의 고유한 ID를 가지며 초음파 센서를 이용하여 거리를 측정하고 웨어러블 디바이스들이 일정 거리 이내에 들어올 경우 동시 또는 공동동작과 같은 그룹형 디스플레이가 가능해진다. 물론 특정 거리 밖에서는 개별동작 디스플레이를 수행하게 된다.

복수 개의 웨어러블 디바이스들의 그룹형 디스플레이 수행을 위한 그룹 결정 알고리즘은 다음과 같다.

**[단계 1]** 마스터 디바이스의 디스플레이 시스템에 그룹 디스플레이 모드를 설정한다.

마스터로 설정된 디바이스  $M$ 는  $S_0^*$  로 두고, 그룹으로 인정할 수 있는 거리에 대한 임계치를  $\alpha$  값으로 설정하고, 슬레이브  $S_1, S_2, \dots, S_n$  으로 구성되는 개수 만큼  $n$  을 설정한다. 임의의 두 정수  $i = 0, k = 0$  으로 설정하고, 그룹 활동하는 슬레이브들의 집합에 대한 초기값을  $G_0 = S_0^*$  라 하자

**[단계 2]** 마스터로 설정된 디바이스  $M$ 는 슬레이브1  $S_1$  과의 직선거리를 초음파센서로 측정하며, 이를 위한 거리측정 공식은 식(1)과 같다.

$$d(M, S_1) = H_M^{S_1} = \frac{t_1}{2} \times u \tag{1}$$

단,  $t_1$  은 마스터 디바이스  $M$ 의 초음파 센서에서 출력된 초음파 펄스가 슬레이브  $S_1$  에서 반사되어 마스터 디바이스  $M$ 의 초음파 센서로 되돌아올 때까지의 총 시간을 의미하고,  $u$  는 초음파의 속도를 의미한다.

이 때 마스터 디바이스  $M$ 과 슬레이브1  $S_1$  사이의 측정 가능한 최대 거리는 식(1)에 적용하여 식(2)과 같이 구할 수 있다.

$$\text{Max } d(M, S_1) = H_M^{S_1} \cos \frac{\pi}{12} \quad (2)$$

단, 초음파 센싱 범위각도를 30° 로 한다.

[단계 3] 식 (2)에 의하여 도출된 거리의 값이 디스플레이 수행을 위해 주어지는 임계치  $\alpha$ 보다 작거나 같으면 그룹 활동 영역으로 인지하여 마스터 디바이스와 같이 그룹 디스플레이를 실시한다. 반면에 주어진 임계치  $\alpha$ 보다 크면 마스터 디바이스의 디스플레이와 다른 개별 디스플레이 활동으로 전환한다. 이를 수식으로 표현하면 식(3)와 같다.

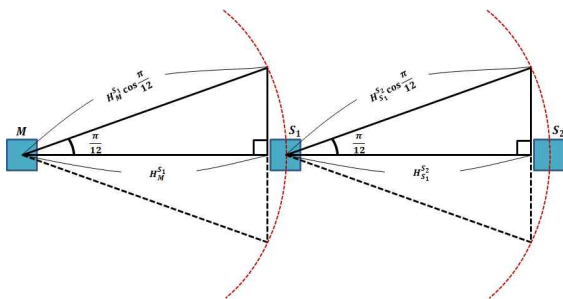
$$\begin{cases} \text{그룹동작} & \text{if } H_M^{S_1} \cos \frac{\pi}{12} \leq \alpha \\ \text{개별동작.} & \text{if } H_M^{S_1} \cos \frac{\pi}{12} > \alpha \end{cases} \quad (3)$$

[단계 4] 마스터 디바이스 M과 슬레이브 1디바이스 사이의 그룹 디스플레이 명령이 설정되면 슬레이브 1 디바이스와 슬레이브 2 디바이스 사이에서 위에서 언급한 [단계 2]와 [단계 3]의 순서가 반복된다.

다시 말해, 슬레이브1 디바이스  $S_1$ 와 슬레이브2 디바이스  $S_2$  사이의 최대 측정 거리가 임계치 이하면, 마스터 디바이스 M, 슬레이브 1 디바이스  $S_1$ , 슬레이브 2 디바이스  $S_2$  가 일렬로 정렬되어 그룹형 디스플레이 모드로 단체동작을 하게 된다.

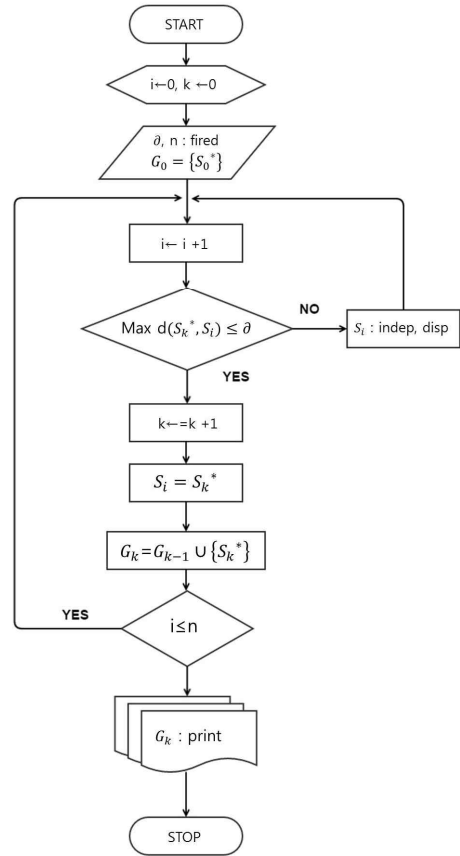
[Fig. 4]는 하나의 마스터 디바이스와 두 개의 슬레이브 디바이스가 그룹 디스플레이 동작을 위해 주어진 임계치를 기준으로 그룹 디스플레이 결정을 위한 최소거리와 최대거리를 나타내고 있다.

이와 같이 슬레이브 디바이스의 개수만큼 그룹 디스플레이가 가능하며, 특정 슬레이브 디바이스가 임계치 값을 벗어나면 각 디바이스별로 개별 디스플레이를 하게 된다.



[Fig. 4] Measuring the distance between slave 1 and slave 2

복수개의 웨어러블 디바이스들의 그룹형 디스플레이를 수행하기 위해 위에서 설명한 단계1부터 단계4까지의 그룹 결정 알고리즘을 순서도는 [Fig. 5]와 같다.



[Fig. 5] Group Decision Algorithm Flow Chart

### 4. 실험환경 및 결과고찰

본 연구에서 복수 개의 웨어러블 디바이스들이 그룹형 디스플레이를 위한 거리인지 알고리즘을 개발하고 제안한 실험을 위하여 아두이노 기반의 하드웨어 플랫폼을 제작하였고, 각각의 아두이노에 ID를 부여하여 펌웨어를 만들었다. HC-SR04 모델로 2mA 미만으로 동작하며 감지 가능범위는 2cm ~ 450cm 이고, 3mm의 정밀도를 갖는 초음파 센서를 사용하였다. 또한, RF 통신을 위한 모듈은 HC-11 모델을 사용하였다.

각각의 디바이스에서 2개 이상의 초음파 센서를 사용할 수 있으나 본 연구를 위한 실험에서는 초음파 센서를 마스터에서 1개, 슬레이브 1에서 2개 그리고 슬레이브 2에서 1개로 구성하였다.

각각의 슬레이브 디스플레이 모듈들은 모듈 간 거리에 따라 그룹 디스플레이 모드와 단일 디스플레이 모드로 구분하며 이를 마스터 디스플레이 모듈에게 전달하고 이에 따라 디스플레이 조건을 발생시킬 수 있다.

각 모드의 동작 판단 기준은 거리 임계치  $\alpha$ 로 임의 설정이 가능하여 본 논문의 실험에서 거리 임계치  $\alpha$ 는 50cm으로 설정으로 하였다. <Table 2>는 본 연구에서 제안한 복수개의 웨어러블 디스플레이 그룹 결정에 대한 실험결과이다.

<Table 2> Display Group Decision Result

단위 : cm

$M, S_1$ Distance	$S_1, S_2$ Distance	Result
47	49	Group Mode
53	58	$S_1, S_2$ Individual Mode
50	52	$S_2$ Individual Mode
44	58	$S_2$ Individual Mode
43	49	Group Mode
40	45	Group Mode
52	42	$S_1$ Individual Mode
47	43	Group Mode
47	49	Group Mode
40	52	$S_2$ Individual Mode
43	49	Group Mode
49	57	$S_2$ Individual Mode
40	53	$S_2$ Individual Mode

### 5. 결론

본 논문에서는 웨어러블 디바이스들의 그룹형 디스플레이 수행을 위한 거리인지를 통한 그룹결정 알고리즘을 제안하였다. 그룹 웨어러블 디바이스들의 모바일 특성상 여러 무선 통신 방식 중 RF 방식을 선정하였다.

그룹형 디스플레이 수행을 위하여 복수의 웨어러블 디바이스들 중에서 마스터 디바이스와 슬레이브 디바이스는 모두 아두이노 플랫폼을 사용하여 펌웨어를 작성하였고, 복수의 웨어러블 디바이스들 각각은 고유 ID를 가지도록 설계하였다. 웨어러블 디바이스들 간의 같은 그룹이라는 인지는 초음파 센서를 배치하여 거리를 측정하였다. 그룹으로 인지 할 수 있는 특정 거리 밖에서는 웨어러블 디바이스들이 개별로 독립적인 디스플레이 수행을 위한 동작을 하다가 웨어러블 디바이스들이 특정거리

이내로 들어오면 이를 그룹으로 인지하여 그룹형 디스플레이 수행 모드로 전환되는 알고리즘을 개발하였다.

본 논문에서 제안한 무선통신 기반으로 복수의 웨어러블 디바이스들이 그룹형 디스플레이를 수행하기 위한 그룹결정 알고리즘을 이용하여 안전성 확보를 위한 화재 알람, 가스 누출 알람 시스템과 같은 실생활은 물론 무대 공연 등 다양한 엔터테인먼트 분야와 같이 다양한 분야에 융합될 수 있을 것으로 판단된다.

### REFERENCES

- [1] D. M. Lee, H. I. Kim, "A Study on the GUI Direction of New Wearable Device as User Experience -With Bangle Type of Wearable Device as the center", Journal of Korea Design Knowledge, Vol. 27, pp. 293-301, 2013.
- [2] S. H. Lee, D. W. Lee, "Actual Cases for Smart Fusion Industry based on Internet of Thing", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 7 No. 2, pp. 1-6, 2016.
- [3] J. S. Yang, J. Y. Kim, "A Case Study on the Wearable Device in the New Media Age", THE JOURNAL OF KOREAN SOCIETY OF DESIGN CULTURE, Vol. 20, No. 2, pp. 354-364, 2014.
- [4] R. Meng, J. Qin, S. Nelakuditi "Can smartphone sensors enhance kinect experience?", In Proceedings of the thirteenth ACM international symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing, pp. 265-266, 2012.
- [5] Y. H. Oh, J. S. Lee, S. J. Kang, "Protocol Design for Opportunistic Direct M2M Communication in Wearable Computing Environment", Journal of Communications and Networks, Vol. 39, No. 2, pp. 151-163, 2014.
- [6] D. K. Lee, S. H. Lee, "Development Status of Wearable Computer", Journal of Advanced Information Technology and Convergence, Vol. 11, No. 2, pp. 65-68, 2013.
- [7] G. S. Chae, "Anti-lost Device Design using Bluetooth41," Journal of IT Convergence Society for

SMB, Vol. 6, No. 4, pp. 25-30, 2016.

[8] M. S. Shin, Y. J. Lee, "A Study on the Influential Factors of Purchase Intention of Wrist Wearable Device", The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 15, No. 5, pp. 498-506, 2015.

[9] H. R. Kang, "A Study on Kinetic Light-Emitting Object Control Systems Using Convergence Wireless Communication and the Methodologies of Research", Journal of digital Convergence , Vol. 13, No. 6, pp. 247-256, 2015.

[10] H. S. Lee, S. Y. Lee, "Real-time Activity and Posture Recognition with Combined Acceleration Sensor Data from Smartphone and Wearable Device", Journal of KIISE : Software and Application, Vol. 41, No. 8, pp. 586-597, 2014.

[11] K. A. Ko, H. E. Seo, Y. Y. Nam, "A NFC-based Business Card Management System for Secure Many-to-many Communication", KSII Transactions on Internet and Information Systems, Vol. 16, No. 3, pp. 13-20, 2015.

[12] A. Kari, O. Musumeci, "Start detection circuit, stop detection circuit and circuit for the detection of data transmitted according to the IIC protocol.", U.S. Patent No. 7, pp. 174, 2007

[13] H. S. Kang, S. B. Lim, Y. H. Oh, "A Study on ZigBee-Based Routing Algorithm", Journal of The Korea Society of Computer and Information, No. 17, No. 12, pp. 137-148, 2012

[14] G. H. Hwang, "A new MAC protocol to improve a performance in IEEE802.11 wireless LANs", Journal of Communications and Networks, No. 13, No. 4, pp. 759-764, 2009

[15] B. D. Zho, S. O. Kwon, S. E. Cheon, "Indoor Positioning System Using Ultrasonic and RF", Journal of The Korea Society of Computer and Information, No. 17, No. 12, pp. 137-148, 2012

저자소개

김 용 길(Yong-Gil Kim)

[정회원]



- 2004년 2월 : 서울산업대학교 전기공학과(공학사)
- 2016년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
- 2010년 4월 ~ 현재 : (주) 건일엠이씨 재직

<관심분야> : 사물인터넷(IoT)을 활용한 건축물 방재 기술

김 용 기(Yong-Ki Kim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 청주대학교 관광경영학과 (경영사)
- 2014년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 박사 재학

<관심분야> : Image Processing, AVSR, Lip Reading, Machine Learning

김 미 혜(Mi-Hye Kim)

[정회원]



- 1992년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학사)
- 1994년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학석사)
- 2001년 2월 : 충북대학교 수학과 (이학박사)

• 2004년 9월 ~ 현재 : 충북대학교 컴퓨터공학과 교수  
<관심분야> : 기능성 게임, 유비쿼터스 게임, 플랫폼, 퍼지측도 및 퍼지 적분, 제스처 인식