

BLE 기반의 모바일 기기간 다중 순차 접속 방법 연구

홍석민, 고민석, 최장한, 김영진*
아주대학교 전자공학과

A study on multiple sequential access methods between mobile devices based on BLE

Seok-Min Hong, Min-Seok Go, Jang-Han Choi, Young-Jin Kim*
Department of Electrical and Computer Engineering, Ajou University

요약 수년간에 세계 각국에서는 미래 병사 기술을 연구했으며 미래 병사는 각종 기기를 이용하여 군사 작전에 도움을 줄 수 있는 서비스를 제공하는 기기들을 이용한 병사가 될 수 있다. 이런 미래 병사 서비스를 제작하기 위해 병사 몸에 장착한 웨어러블 기기 간의 정확한 연결 및 통신이 매우 중요하다. 군사 작전에는 고글형 기기, 밴드형 기기 등 각종 기기들이 사용될 수 있다. 이렇게 사용할 수 있는 기기들은 다른 기기와의 연결을 위해 무선 통신 방법을 지원하며, 특히 블루투스 방식을 많이 이용하는 경향을 보인다. 하지만 이때 사용하는 블루투스는 한 번에 한 쌍의 기기 사이의 데이터 송수신만을 지원하는 문제점이 존재한다. 따라서 군사 작전을 지원하기 위해 여러 가지가 사용될 수 있는 많은 웨어러블 기기가 한 번에 연결할 수 없는 한계가 존재한다. 해당 한계를 극복하기 위해 블루투스를 이용한 다중 기기를 연결하는 기술의 필요성이 존재함을 깨닫고 해당 기술을 본 논문에서 블루투스로 두 개 이상의 기기를 동시에 연결하는 두 가지 방법을 제시하고 구현하여 검증하였다.

Abstract Over the years, countries around the world have been studying future soldier technology, and future soldiers may be using wearable devices that help in military operations. Hence, accurate connection and communication between wearable devices mounted on soldiers are very important for future soldier services of the devices. Generally, various wearable devices such as goggles and band-type devices can be used for military operations. These devices support wireless communication to connect with each other and, in particular, tend to use Bluetooth communication a lot. However, the Bluetooth being used currently has a problem of supporting only data transmission and reception between a pair of devices at a time. So, realizing that there is a need for a technology to connect multiple wearable devices using Bluetooth, this paper presents, implements, and verifies two methods of connecting two or more wearable devices simultaneously using Bluetooth.

Keywords : Bluetooth, Bluetooth Low Energy, Future Warrior Technology, Wearable Devices, Multi-Bluetooth Connection

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 미래전투체계 네트워크 기술 특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다. (UD190033ED)

*Corresponding Author : Young-Jin Kim(Ajou Univ.)
email: youngkim@ajou.ac.kr

Received May 23, 2022
Accepted August 3, 2022

Revised June 22, 2022
Published August 31, 2022

1. 서론

각종 기술이 발전함에 따라 전쟁 및 전술 상황에 사용할 기술이 늘어가고 있다. 특히 작전 지원 서비스가 늘어나고 있는데 여러 국가에서 해당 기술을 개발하는데 힘쓰고 있는 모습을 보인다. 이러한 미래 병사 서비스는 Land Warrior[1], Future Warrior[2], IdZ[3] 등이 존재한다. 이런 미래 병사 지원 서비스는 작전 상황에서 사용 가능한 웨어러블 기기를 사용하는 특징이 있다.

또한 시증에는 각종 웨어러블 기기가 나오고 있다[4]. 각종 웨어러블 기기는 다양한 통신 방법을 지원하고 있으며 특히 위에서 언급한 작전 중에 사용할 만한 기기인 HMD 기기 팔찌 등이 있고 각각의 기술은 점점 발전하고 있다. Kodam이 제시한 WSN(Wireless Sensor Network)을 이용한 스마트 웨어러블 서비스는 Zigbee를 이용한 스마트 헬멧 스마트 vest 스마트 스트랩의 연동을 구현하고 증명하였다[5]. 또한 Teja가 제시한 BSN(Body Sensor Network)를 볼 수 있다[6].

이렇게 수많은 기기가 군사 작전 중에 사용될 수 있다는 것은 곧 하나의 기기로 각종 기기를 연결해야 한다는 점을 시사한다. 이와 동시에 군사 작전의 특성상 한정적인 자원을 사용한다는 문제가 발생한다. 이는 그 자원을 효율적으로 사용해야 군사 작전에 직접 사용할 수 있다는 점이다. 따라서 해당 문제를 해결하기 위해 무선으로 연결되는 디바이스들에 대해서 가장 적합한 통신 방법을 선정해야 한다. 무선으로 디바이스를 연결하는데 있어서 방법은 Bluetooth, Zigbee, RFID 등이 존재한다[7]. 여러 무선 통신 방법 중 웨어러블 기기에서는 블루투스를 가장 널리 사용하고 있다[4]. 해당 통신 방법을 이용한 서비스를 개발하고자 한다.

우선 임베디드 보드를 메인보드로 하여 중심으로 각각의 웨어러블 기기 역할을 하는 두 가지 기기가 서로 통신하는 것을 증명하는 실험을 진행하여 정보가 전달됨을 확인하였다. 이후 메인으로 사용되는 기기를 변경하여 같은 정보가 잘 전달됨을 확인하는 실험 또한 진행하여 증명을 진행하였다. 이후 해당 서비스에서 동작하는 예로 군인을 탐지하는 프로그램과 연동되는 것을 보였다.

논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2장에서는 블루투스에 대한 기반 지식에 대한 조사를 진행하였다. 3장에서는 다른 미래 병사 시스템이 어떻게 동작하는지 미래 병사 시스템에 사용하는 실제 어플리케이션의 동작을 서술하였다. 4장에서는 제안하는 방법의 설계 방식을 설명하며, 5장에서는 실험 결과를 기술한다. 6장에

서는 본 연구에서 제안하는 BLE 기반의 모바일 기기간 다중 순차 접속 방법을 병사 웨어러블 서비스에 구현하여 적용하는 예를 보인다. 마지막으로 7장에서는 이 논문을 마무리한다.

2. 배경 및 연구 동기

2.1 미래 병사 서비스

블루투스를 이용하여 여러 디바이스를 연동하는 응용 중에서 미래 병사 서비스와 같이 실제 군사 작전에 사용하기 위한 서비스가 대표적으로 사용된다. Xiao는 미국의 미래 병사 시스템인 Tactical Assault Light Operator Suit에 적용할 수 있도록 각종 센서로부터 얻은 값을 바탕으로 병사의 건강 상태를 확인할 수 있는 시스템을 개발하였다[8]. 특히 이 시스템은 작전 중에 실시간으로 색상으로 간단하게 병사의 상태를 파악할 수 있도록 모델을 구현하였다. Lim은 군사 작전 중에서 사용되는 웨어러블 기기로 구성된 Body Sensor Network를 통해 군사 개인의 건강 정보를 실시간으로 얻을 수 있는 시스템 구상을 하여 넓은 지역에서 수행되는 군사 작전 시 군사 개개인의 정보의 출처를 특정하기 위한 통신 기술의 초기 모델을 제안하였다[9]. Shi는 효율적이고 직관적인 위사 결정 능력이나 정보의 정확도를 높이기 위한 행동 패턴이나 감정, 피로, 환경, 위치를 포함한 하나의 군사의 Body Sensor Network 노드로부터 얻을 수 있는 다양한 종류의 정보를 한번에 다룰 수 있는 통신 framework를 제안하였다[10].

Teja는 Smart Soldier Health Monitoring 시스템을 구현하여 증명하였다[6]. 작전 상황에서 군인의 건강 상태를 실시간으로 임베디드 보드 및 무선 통신을 이용하여 wireless body area network를 생성하고 해당 시스템을 방탄복이나 옷에 장착할 수 있도록 만든 것이 존재한다. 센서들을 임베디드 보드를 이용하여 시스템을 구성하고 있고 마지막으로 LoRa 통신 방법으로 전체 시스템을 관리하는 것이 특징이다.

미국 Future Force Warrior는 Future Combat Systems 프로젝트의 일부로서 가볍고 완전히 통합된 보병 전투시스템을 구축하려는 프로젝트이다. 나노기술, 동력 외골격, 자기 유변 유체 기반 방탄복 등 최첨단 기술을 통하여 미래 병사들의 전투시스템을 지원한다[11]. Future Force Warrior에 Headgear Subsystem은 시

스택의 상황 인식 허브이며 180 ° 방출 바이저 디스플레이, 고대역폭 무선 통신, 360 ° 상황 인식을 제공하는 마이크로 전자/광학 전투 센서, 통합 소형무기 보호 장치에서 제공하는 데이터를 이용하여 통합된 전술 정보를 제공하도록 설계되었다.

국내에서는 위리어 플랫폼이라는 이름으로 사업을 진행하고 있다[12]. 이는 육군의 기본 전투 요소인 각개 전투원이 전투력 발휘를 위해 착용하는 피복 장구 장비로 구성된 기반 체계를 의미하며 총 3단계로 이뤄져 있다. 2024년까지 1단계로 전력지원체계 및 무기 체계를 독립적으로 개발하고, 2025년 이후 2단계를 통해 통합형으로 발전시키며, 2030년 이후 3단계를 통해 일체형으로 완성하는 것을 목표로 사업을 추진하고 있다.

실제 위에 언급한 헬스 케어 서비스 및 군인의 건강 상태를 모니터링하기 위한 서비스 등의 경우 각자 개발한 보드에 맞는 통신 방법을 선정하고 서비스를 만들었다. 본 논문에서는 BLE 기반으로 국내 미래 병사용 작전 지원이 가능한 웨어러블 서비스 제공을 위해 다중 기기 간의 순차 접속 방법을 연구하고 구현한다.

2.2 Bluetooth and Bluetooth Low Energy

Mostafa는 실제 헬스 케어 웨어러블 기기들이 모션 트래킹, 생체 신호 측정 등이 진행 가능한 웨어러블 기기들이 블루투스 연결이 가능하다고 주장하였다[4]. 또한 Suranga이 진행한 웨어러블 기기에 대한 조사를 확인하면 웨어러블 기기에 대한 관심이 많아짐을 확인할 수 있으며 각종 웨어러블 기기들의 통신 방법 중 블루투스를 사용하고 있음을 확인 가능하다[13]. 다양한 무선 통신 방식 중에서 미래 병사 서비스를 구축하기 위한 통신 방법에는 전력을 적게 사용해야 하며 개인 장비 간의 통신이 이뤄지는 것이므로 장거리 통신을 지원하지 않아도 된다. 이 상황에 맞는 특징을 갖는 블루투스를 채택하였다.

블루투스란 짧은 거리에서 통신하기 위해 만들어진 무선 통신 방법 중 하나이다[14]. 디지털 통신 기기를 위한 개인 근거리 무선 통신을 목적으로 개발되었으며 2.4GHz의 단파 전파를 이용하여 간단한 정보를 교환하는데 사용된다. Bluetooth Special Interest Group에 의해 규격이 정의되어 있다.

이 블루투스가 추후 발전이 되어 BLE(Bluetooth Low Energy)라는 서비스로 전이된다[15]. BLE란 블루투스 3.0 버전에서 늘어난 데이터 송수신량을 증가시키는 방향의 발전에서 방향을 틀어 전력 소모 측면에서 저전력으로 기능을 수행할 수 있도록 발전이 된 모습을 확

인할 수 있다. BLE는 세계 공동의 규격, 저비용, 통신의 강인성, 저전력성, 근거리 통신의 특징을 갖고 있다.

2.3 관련 연구

각각의 기기가 연결되는 방법에 대한 내용의 경우 각자가 개발한 방식이거나 보드를 새로 제작하여 진행하는 경우가 많았다. 이런 경우 통신 방법의 일반화가 어려워지며 웨어러블 기기가 사용하는 통신 방법인 BLE를 이용한 다중 통신 방법을 조사하였다.

Huang은 여러 센서를 이용한 발에 전해지는 압력을 전달받는 프로그램[16]을 개발하였고, Tang은 다중 센서를 이용하여 사용자의 건강을 관리하는 서비스를 개발하는 연구를 진행했다[17]. 하지만 이는 모두 스마트폰을 기반으로 동작하는 프로그램으로 상시로 스마트폰을 사용할 수 없는 군사 작전 특성상 사용하기 힘들다는 문제가 있다.

또한 Arroyo가 제안한 다중 블루투스 연결을 주파수를 나눠 구현한 연구가 존재한다[18]. BLE의 특성상 연결 인터벌 동안 모든 시간을 사용하지 않는 특징을 이용하여 빈 시간 동안 다른 BLE 서비스와 연결이 가능하도록 구현을 한 내용이다. Park이 제안한 BLEX에서 정확히 어떻게 해당 시간을 스케줄링이 되는 것인지 확인이 가능하다[19].

이와 비슷한 방법으로 다중 mesh 네트워크를 구축한 연구 또한 존재한다[20,21]. BLE의 경우 통신이 이뤄지기 위해서는 적어도 마스터(master) 역할을 하는 기기 하나와 슬레이브(slave) 역할을 하는 기기가 각각 존재하여 네트워크를 구성하게 된다. 타이밍 스케줄링을 통해서 한 번에 하나의 마스터에서 여러 슬레이브의 통신이 가능하게 하는 하나의 네트워크뿐 아니라 각 네트워크를 연동하는 연구를 진행하였다.

위의 방법처럼 타이밍 스케줄링과 같이 통신 방법을 조작하는 방법을 통해서 다중 연결을 구현하는 것은 많은 부담이 따른다. 따라서 본 논문에서는 각 웨어러블 기기의 통신 방법을 조작하지 않은 상태에서 다중으로 웨어러블 기기를 연결하는 목표로 각종 웨어러블 기기에서 사용하고 있는 BLE 통신 방법을 이용하여 별다른 조작 없이 다중으로 연결하기 위한 새로운 방법을 제시한다.

3. 연구 동기

앞서 살펴본 것처럼, 국내 위리어 플랫폼 기술에서 병

사용 작전 지원을 가능하게 하는 BLE 기반의 웨어러블 서비스에 대한 연구는 전무한 실정이다. 본 논문에서는 BLE를 통신 방법으로 하여 적군을 탐지하여 병사 작전 지원이 가능한 웨어러블 서비스에 대한 방법을 설계하고자 한다.

전체적인 서비스를 구현하기에 앞서 선행 연구로서 실제 BLE를 이용하여 기기를 다중 연결하는 서비스를 제작하였다[22]. Fig. 1에서 확인 가능한 세 개의 보드는 서로 BLE 통신이 가능하고 마스터 역할을 하는 메인보드에는 스마트폰을 연결할 수 있도록 하였다.

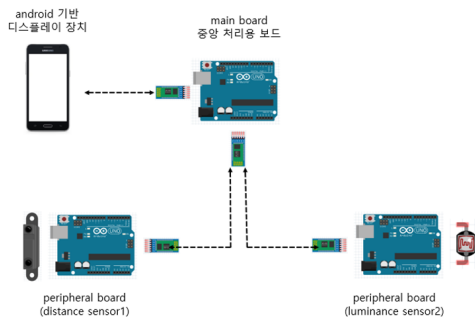


Fig. 1. Prior multi-connection method between mobile devices[22]

스마트폰은 메인보드를 조작하고 결과를 확인할 수 있도록 하였다. 슬레이브 역할을 하는 노드에는 적외선 센서와 조도 센서를 장착하였고 각 슬레이브는 각자 자신의 정보를 전달하면 disable하여 연결을 끊는 방법으로 다중 연결이 됨을 확인하였다.

해당 방법으로 제작한 서비스의 경우 마스터 동작을 하는 기기가 슬레이브 역할을 하는 기기와 무작위로 연결되는 문제가 있어 한 기기가 중복해서 연결되는 문제가 있다. Fig. 2와 같이 조도 센서가 연결된 보드와 연결이 중복하여 이뤄짐을 확인할 수 있었다.

또, 원하는 기기와 원하는 시간에 연결이 되지 않는 문제가 있다. 이런 시스템으로는 작전 상황에서 사용하게 될 미래 병사 서비스의 기반 통신 시스템에 사용하기에는 문제가 있다. 해당 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 BLE를 이용한 자동 및 순차적으로 두 개 이상의 기기를 다중 연결하는 서비스를 설계하고 검증하고자 한다.

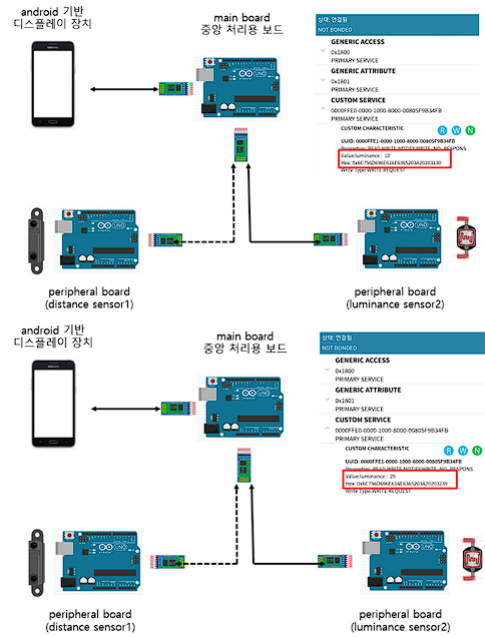


Fig. 2. Problem of prior multi-connection method between mobile devices

4. 제안하는 다중 접속 방법

앞서 이야기했듯 이전 연구는 BLE 통신에서 1대1로만 데이터 송수신이 되는 문제를 해결하고자 다중 연결 방법을 제시하였고 이 방법의 경우 원하는 기기에 연결하지 못하는 문제가 있었다. 이를 해결하기 위해 새로운 방법을 제시한다. 원하는 기기에 연결하기 위해 기기마다 다른 프로파일(profile)을 설정하여 기기 간 차별을 두었고 한 기기만 연결될 수 있는 문제를 해결하였다.

고안한 방법을 검증하기 위해 각각의 기기를 선정하였다. 우선, 군사 작전 중에 사용해야 하는 미래 병사 웨어러블 서비스용 메인보드는 자체 전원으로 동작할 뿐 아니라 다른 기기와의 연결성 또한 좋아야 한다. 본 논문에서 사용하게 될 통신 방법인 BLE를 추가적인 장치 없이 사용할 수 있는 보드인 ESP 32 Uno Board를 메인보드용 임베디드 보드로 선정하였다. 또, HMD의 경우 시중에 나와 있는 기기들의 경우 스마트폰 기반의 연결만 지원하는 한계가 있어 임베디드 보드와 연결을 위해 Vuzix사의 Blade를 사용하였다. 미래 병사용 서비스 구현을 증명하기 위해 HMD와 별도로 사용할 웨어러블 기기로는 Band형 웨어러블 기기로 사용할 수 있는 Nano 33

BLE Sense을 사용하였다.

특히 본 논문에서는 두 가지 방법을 제시하여 구현하고 검증하였다. 첫 번째 방법은 하나의 메인보드에서 두 가지 프로파일을 advertising하는 방식으로 각 웨어러블 기기에 맞는 프로파일을 각각 제공하여 모든 웨어러블 기기 간 통신을 구현하였다. 두 번째 방법의 경우에는 메인보드와 Band형 웨어러블 기기용 보드에서 각각 다른 프로파일을 advertising하여 HMD에서 선택하여 연결할 수 있도록 하여 각 기기 간의 통신이 가능하게 한 방법이다. 각 방법에 대한 자세한 내용은 아래 서술되어 있다.

4.1 1 server - 2 slaves 방법

첫 방법은 임베디드 보드인 ESP 32 보드를 메인으로 하여 HMD와 Band용 보드인 Nano 33 BLE Sense와의 연결을 진행하였다. 전체적인 서비스는 세 가지 부분으로 제작을 진행하였다.

4.1.1 서비스 설계

본 논문에서 사용한 메인보드인 ESP 32 UNO Board는 Arduino 기반의 프로그래밍이 가능한 보드이다. 해당 방식을 이용하여 BLE의 서버(server)로 동작하게 하여 주변 기기, 웨어러블 기기들을 클라이언트(client) 기기로 동작하게 하여 연결을 진행하도록 설계하였다. ESP 보드는 각각의 클라이언트 기기에 맞는 프로파일을 순차적으로 제공하여 다중 연결이 가능한 것과 같은 동작을 할 수 있도록 하였다.

HMD로 사용한 Vuzix Blade는 Android studio를 통해 프로그래밍이 가능한 기기이다. 메인보드에서 HMD에 전달하려는 프로파일을 검색하고 연결하는 프로그램을 제작하였다. 해당 프로파일을 통해 메인보드와의 통신이 가능한 프로그램을 사용하였다.

Band로 사용하고자 하는 Nano 33 BLE Sense 또한 Arduino 기반의 프로그래밍 작업을 통해 프로그램을 제작하였다. 해당 프로그램은 메인보드에서 advertising하는 Band용 프로파일을 검색, 내부에 있는 신호를 확인하고 연결을 끊는 신호를 보내는 방식으로 구현되어 있다.

4.1.2 시스템 구성도

시험 시나리오는 다음과 같이 세 개의 장치가 서로 통신하는 구조로 되어 있다. Fig. 3과 같이 메인보드인 ESP 32 UNO Board가 HMD 인 Vuzix Blade와 Band형 웨어러블 기기 역할을 하는 Nano 33 BLE Sense를

변갈아 가면서 BLE로 연결을 하는 구조이다. ESP 32 Board는 슬레이브로 Vuzix Blade와 Nano 33 BLE Sense는 마스터로 동작한다.

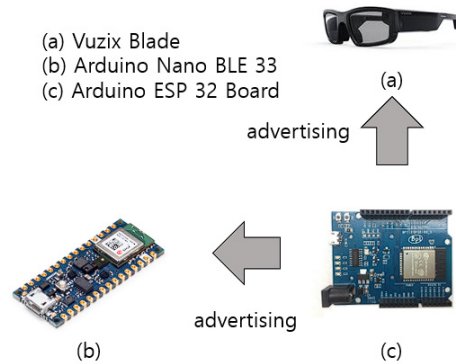


Fig. 3. System configuration of 1 server - 2 slaves method

4.2 2 servers - 1 slave 방법

두 번째 방법은 HMD 기기 역할을 하는 Vuzix Blade를 메인으로 하여 중앙 처리를 하는 ESP 32 UNO Board와 Band형 웨어러블 기기 역할을 하는 Nano 33 BLE Sense와의 연결을 진행하였다. 전체적인 서비스는 세 가지 부분으로 제작하였다.

4.2.1 서비스 설계

HMD로 사용한 Vuzix Blade는 Android studio를 통해 프로그래밍이 가능한 기기이다. 첫 번째 방법과 동일하게 클라이언트 역할을 하지만 상황에 맞는 프로파일을 선택하여 연결할 수 있도록 설계를 진행하였다.

두 번째 방법에서 사용한 중앙 처리 보드인 ESP 32 UNO Board는 Arduino 기반의 프로그래밍이 가능한 보드이다. 해당 방식을 이용하여 BLE의 서버로 동작하게 하여 HMD 기기에서 보내는 신호 중 ESP 32 UNO Board용 프로파일을 생성하고 advertising이 가능하도록 설계를 하였다.

Band로 사용하고자 하는 Nano 33 BLE Sense 또한 Arduino 기반의 프로그래밍 작업을 통해 프로그램을 제작하였다. 해당 프로그램은 HMD가 검색이 가능한 프로파일을 생성 및 advertising이 되도록 설계하였다.

4.2.2 시스템 구성도

시험 시나리오는 다음과 같이 세 개의 장치가 서로 통

신하는 구조로 되어 있다. Fig. 4과 같이 HMD인 Vuzix Blade가 중앙 처리 장치인 ESP 32 UNO Board와 Band형 웨어러블 기기 역할을 하는 Nano 33 BLE Sense를 번갈아 가면서 BLE로 연결을 하는 구조이다. HMD는 마스터로 ESP 32와 Nano 33 BLE Sense는 슬레이브로 동작한다.

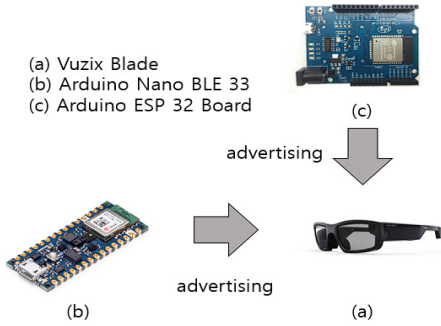


Fig. 4. System configuration of 2 servers - 1 slave method

5. 실험 및 결과

5.1 1 server - 2 slaves 방법

5.1.1 동작 시나리오

전체적인 동작은 Fig. 5에 따라 동작을 하게 된다. 메인보드에서 advertising을 하면 해당 프로파일을 검색하고 있던 HMD는 메인보드와 연결을 하게 된다. 연결된 HMD와 메인보드는 서로 통신이 가능하게 되며 HMD에서 이미지 처리를 하고 상태를 전송하게 된다. 현재 만들어진 프로그램으로는 단순히 문자열을 전송하는 상태이며 추후 이미지 처리 프로그램을 이식할 예정이다. 메인보드에서 특정 문자열을 수신하게 되면 HMD용 프로파일 advertising을 종료한다. (Fig. 5 (a))

이후 Band용 프로파일을 advertising을 하게 되며 HMD에서 받은 상태를 내부 신호에 넣어둔다. 검색을 반복하고 있던 Band형 웨어러블 기기는 해당 프로파일을 찾고 메인보드와 연결을 하게 된다. Band형 웨어러블 기기는 연결이 된 후 내부 신호를 읽고 종료 신호를 보내게 된다. 종료 신호를 받은 메인보드는 다시 HMD용 프로파일을 advertising하며 HMD는 프로파일을 찾으면 다시 메인보드와 HMD가 연결되어 통신이 가능한 상태가 되는 과정을 반복한다. (Fig. 5 (b))

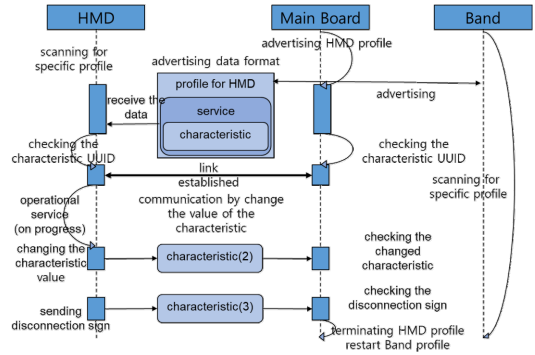


Fig. 5. (a) Sequence diagram of 1 server - 2 slaves method 1

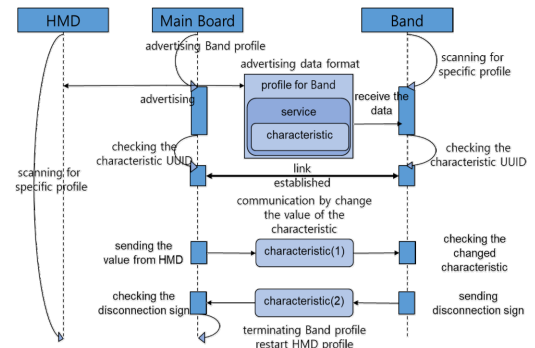


Fig. 5. (b) Sequence diagram of 1 server-2 slaves method 2

5.1.2 실험 결과

5.1.1에서 설계한 동작 시나리오로 동작한 기기들의 송수신 log를 Fig. 6 (a)와 Fig. 6 (b)에서 확인할 수 있다. 왼쪽부터 HMD의 log, Band의 log, 메인보드의 log이다. 먼저, 메인보드와 HMD가 서로 연결되면서 서비스가 시작된다. 연결되면 서로 문자열을 주고받을 수 있는 상태가 되며 현재 구현한 부분은 1씩 증가하는 숫자를 전송한다. 이후 특정 문자열(78)을 수신한 메인보드는 HMD용 프로파일 advertising을 멈춘다. 이와 동시에 Band에서는 Band 용 프로파일을 계속해서 검색을 진행하고 있는 것을 확인할 수 있다. (Fig. 6 (a))

이후 Band 용 프로파일을 advertising을 하여 Band와 연결이 된다. 이 Band는 해당 프로파일의 내부를 탐색하고 메인보드에서 전송하는 문자열(78)을 받고 종료 신호(6)를 보내며 메인보드는 다시 HMD용 프로파일을 advertising하는 상태가 된다. 이와 동시에 HMD는 계속해서 HMD용 프로파일을 검색하고 있는 것을 확인할

수 있다. (Fig. 6 (b))

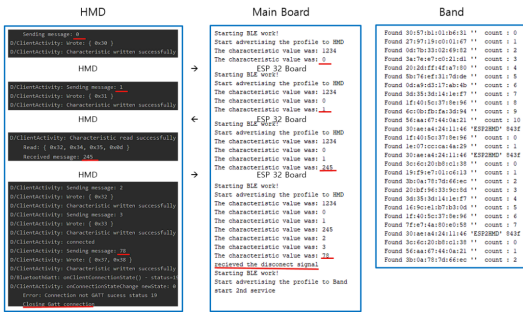


Fig. 6. (a) Result of 1 server - 2 slaves method 1

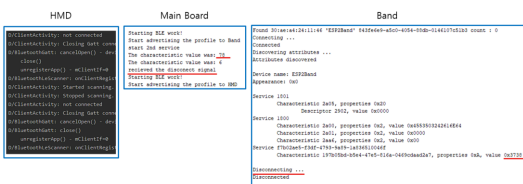


Fig. 6. (b) Result of 1 server - 2 slaves method 2

5.2 2 servers - 1 slave 방법

5.2.1 동작 시나리오

전체적인 동작은 Fig. 7에 따라 동작을 하게 된다. 메인보드에서 advertising을 하면 해당 프로파일을 검색하고 있던 HMD와 연결을 하게 된다. 연결된 HMD와 메인 보드는 서로 통신이 가능하게 되며 HMD에서 이미지 처리를 하고 상태를 전송하게 된다. 현재 만들어진 프로그램으로는 단순히 문자열을 전송하는 상태이며 추후 이미지 처리 프로그램을 이식할 예정이다. 메인보드로부터 특정 문자열을 수신하게 되면 HMD는 해당 프로파일 검색을 중지한다. (Fig. 7 (a))

이후 Band에서 advertising하던 프로파일을 HMD에서 검색을 시작하며 메인보드에서 받은 상태를 HMD 기기에서 Band의 프로파일에 넣고 통신을 하게 된다. Band는 연결이 된 후 내부 신호를 읽고 종료 신호를 보내게 된다. 종료 신호를 받은 HMD는 다시 메인보드를 프로파일을 검색하며 메인보드는 이전에 만들었던 프로파일을 advertising하는 동작을 지속하던 중 HMD에게 검색이 된 후 메인보드와 HMD가 연결되어 통신이 가능한 상태가 되는 과정을 반복한다. (Fig. 7 (b))

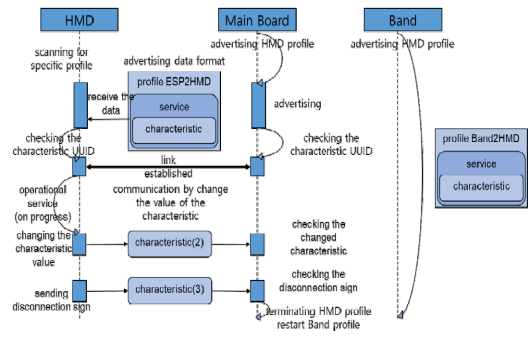


Fig. 7. (a) Sequence diagram of 2 servers - 1 slave method 1

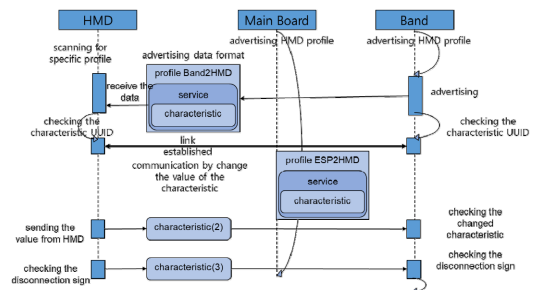


Fig. 7. (b) Sequence diagram of 2 servers - 1 slave method 2

5.2.2 실험 결과

5.2.1에서 설계한 동작 시나리오로 동작한 기기들의 송수신 log를 Fig. 8에서 확인할 수 있다. 왼쪽부터 HMD의 log, 메인보드의 log, 밴드의 log이다. 처음에는 메인보드가 advertising하는 프로파일을 HMD에서 검색을 하여 메인보드와 연결된 HMD는 데이터를 주고 받을 수 있는 상태가 된다. 이에 1, 2, 3, 4를 전송하고 50이라는 숫자를 전송하여 메인보드가 해당 데이터를 받음을 확인했다. 이후 메인보드로부터 30이라는 데이터를 받고 메인보드는 경계 모드로 돌입하여 HMD와의 연결

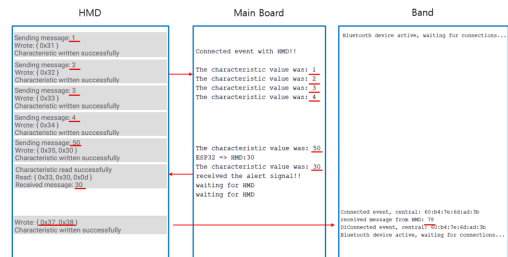


Fig. 8. Result of 2 servers - 1 slave method

을 중지한다. 이후 HMD는 Band가 advertising하고 있는 프로파일을 검색 후 연결하여 Band와의 데이터 교환을 하게 되며 다시 HMD에서는 메인보드가 advertising하는 프로파일을 검색하게 되며 위 과정을 반복한다.

6. BLE 다중 접속 서비스 예

본 논문에서 제안한 BLE 기반의 모바일 기기 간 다중 순차 접속 방법 중 Fig. 5에서 볼 수 있는 operational service에 적용할 수 있는 군인 탐지 프로그램을 구현하였다. HMD에서 동작하는 군인 탐지 프로그램은 MobileNet[23]을 이용하여 사람, 차, 개, 군인의 클래스를 탐지하도록 구현하였다. Fig. 9를 보면 실제 HMD에서 확인할 수 있는 화면으로 군인을 탐지하는 것을 확인할 수 있으며 해당 프로그램에서 탐지된 객체가 군인인 경우 Fig. 10과 같이 HMD와 메인보드가 신호를 주고받게 된다. HMD에서 탐지한 클래스에 따라 데이터를 전송하며 군인이 발견되었을 때 특정 신호(78)를 전송한다. Fig. 6에서와 마찬가지로 경계 신호는 78이며 해당 신호를 받은 메인보드는 HMD와의 통신을 종료하고 밴드와 연결하여 해당 신호를 전달하게 된다.

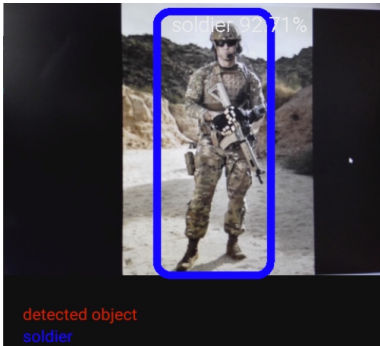


Fig. 9. Soldier-detecting program on HMD

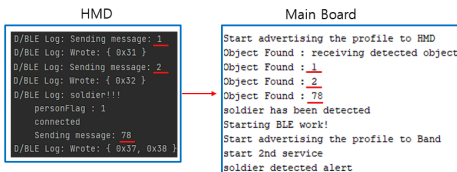


Fig. 10. Example of soldier wearable service

7. 결론

본 논문에서는 여러 임베디드 보드 및 웨어러블 기기 간의 연속적이며 비동기로 블루투스를 통해 연결하는 것을 구현 및 검증하였다. 기존 블루투스 연결 방식을 지원하는 임베디드 기기에서 한 번에 한 쌍의 기기의 데이터 송수신만을 지원했던 한계를 해결하고 시중의 대부분의 웨어러블 기기가 제공하는 연결 방식인 블루투스를 이용함으로써 향후 군사 작전 지원 서비스 개발 시 위 방법을 사용함에 있어 어려움이 없도록 하였다.

본 다중 연결 방식을 완성시키기 위한 방법 중 블루투스의 연결 방식을 두 가지 구조로 설계하여 검증을 진행하였다. 첫 번째 방법은 임베디드 보드를 중심으로 구동하여 확장성을 넓힐 수 있는 구조로 설계하였고 두 번째 방법은 안드로이드 기기를 중심으로 설계하여 앞선 방법보다 군사 작전보다는 실제 세상에 도움이 될 수 있는 방법으로 설계를 진행하였다.

향후 연구에서는 실제 작전 중에 사용할 HMD용 적병 탐지 등의 서비스를 제작하여 군사 작전에 도움이 되는 서비스를 본 논문에서 제작한 서비스 안에서 동작하게 제작함과 동시에 웨어러블 기기 및 메인보드에서의 저전력 구동을 연구할 계획이다.

References

- [1] Warne, L., Ali, I., Bopping, D., Hart, D. & Pascoe, C, "The Future Warrior", *Proceedings of Command and Control Research and Technology Symposium*, Washington DC, CCRP, September, 2006.
- [2] J. Murray, "Wearable computers in battle: recent advances in the land warrior system", in *The Fourth International Symposium on Wearable Computers*, 2000, 2000, pp. 169-170.
- [3] Army Technology. Available online: <https://www.army-technology.com/projects/idz/> (accessed April 07, 2022).
- [4] M. Haghi, K. Thurow, R. Stoll, "Wearable devices in medical Internet of Things: Scientific research and commercially available devices", *Healthcare informatics research*, vol. 23, no. 1, pp. 4-15, 2017.
- [5] S. Kodam, N. Bharathgoud, R. Ramachandran, "A review on smart wearable devices for soldier safety during battlefield using WSN technology", *Materials Today*, Proceedings 33, pp. 4578-4585, 2020.
- [6] K. Teja, U. Patel, P. Patel, Y. Agrawal, R. Parekh, "Smart Soldier Health Monitoring System Incorporating

- Embedded Electronics”, *Advances in VLSI and Embedded Systems*, Springer, Singapore, 2021, pp. 223-234.
DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-6229-7_18
- [7] P. S. Ramalingam, K. P. Shanmugam, “A Comprehensive Review on Wired and Wireless Communication Technologies and Challenges in Smart Residential Buildings”, *Recent Advances in Computer Science and Communications 2021*.
DOI: <https://dx.doi.org/10.2174/2666255814666210119142742>
- [8] X. Ma, E. Rupp, A. Ryan, C. Semper, A. Thompson, L. Zhang, “Realtime physiological performance monitoring to prevent fatigue in special forces soldiers”, *2014 40th Annual Northeast Bioengineering Conference (NEBEC)*, IEEE, pp. 1-2, 2014.
DOI: <https://doi.org/10.1109/NEBEC.2014.6972862>
- [9] H. B. Lim, D. Ma, B. Wang, Z. Kalbarczyk, R. K. Iyer, K. L. Watkin, “A Soldier Health Monitoring System for Military Applications,” *2010 International Conference on Body Sensor Networks*, 2010, pp. 246-249.
DOI: <https://doi.org/10.1109/BSN.2010.58>
- [10] Shi, H.; Zhao, H.; Liu, Y.; Gao, W.; Dou, S.-C. “Systematic Analysis of a Military Wearable Device Based on a Multi-Level Fusion Framework: Research Directions”, *Sensors* 2019, 19, 2651.
DOI: <https://doi.org/10.3390/s19122651>
- [11] Future Force Warrior Available online: https://en.wikipedia.org/wiki/Future_Force_Warrior (accessed April 07, 2022).
- [12] W. K. Kim, K. Y. Shin, J. H. Kim, S. H. Baek, Y. C. Kim, “Development of Korean Warrior Platform Architecture”, *Journal of Convergence for Information Technology (JCIT)*, 11(5), pp. 111-117, 2021.
- [13] S. Seneviratne, Y. Hu, T. Nguyen, G. Lan, S. Khalifa, K. Thilakarathna, M. Hassan, A. Seneviratne, “A Survey of Wearable Devices and Challenges”, in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 4, pp. 2573-2620, Fourthquarter 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2731979>
- [14] C. Bisdikian, “An overview of the Bluetooth wireless technology”, in *IEEE Communications Magazine*, vol. 39, no. 12, pp. 86-94, Dec. 2001.
DOI: <https://doi.org/10.1109/35.968817>
- [15] R. Heydon, Robin, H. Nick, “Bluetooth low energy: The developer’s handbook,” *New Jersey: Pearson Education, Inc.*, 2013.
- [16] H. H. Huang., W. R. Cheng, G. R. Chen, L. Y. Shyu, “Portable bluetooth low energy system for synchronize foot pressure measurement”, *2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 2017, pp. 1-2.
DOI: <https://doi.org/10.1109/GCCE.2017.8229295>
- [17] X. Tang, C. Hu, W. X. Lin, “Android Bluetooth multi-source signal acquisition for multi-parameter health monitoring devices”, *2015 IEEE International Conference on Information and Automation*, pp. 1790-1794, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICInfA.2015.7279577>
- [18] J. G. Arroyo, J. Bindewald, S. Graham, M. Rice, “Enabling Bluetooth Low Energy auditing through synchronized tracking of multiple connections”, *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 18, pp. 58-70, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2017.03.006>
- [19] E. J. Park, H. S. Kim, S. W. Bahk, “BLEX: Flexible Multi-Connection Scheduling for Bluetooth Low Energy”, *Proceedings of the 20th International Conference on Information Processing in Sensor Networks (co-located with CPS-IoT Week 2021)*, New York, NY, USA, pp. 268-282, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1145/3412382.3458271>
- [20] L. Leonardi, G. Patti, L. L. Bello, “Multi-Hop Real-Time Communications Over Bluetooth Low Energy Industrial Wireless Mesh Networks”, in *IEEE Access*, vol. 6, pp. 26505-26519, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2834479>
- [21] G. Patti, L. Leonardi, L. L. Bello, “A Bluetooth Low Energy real-time protocol for Industrial Wireless mesh Networks”, *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2016, pp. 4627-4632.
DOI: <https://doi.org/10.1109/IECON.2016.7793093>
- [22] S. M. Hong, Y. J. Kim, “Sequential Bluetooth Multi-Connection for future Soldier System”, *Proceedings of Symposium of the Korean Institute of communications and Information Sciences*, pp.71-72, 2020.
- [23] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov, L. C. Chen, “Mobilenetv2: Inverted residuals and linear bottlenecks.” *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. pp. 4510-4520, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1801.04381>

홍 석 민(Seok-Min Hong)

[준회원]



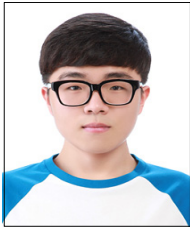
- 2020년 2월 : 아주대학교 전자공학 학사
- 2020년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 전자공학과 석사

<관심분야>

임베디드 시스템 및 소프트웨어, 영상 처리, 딥러닝, IoT

고 민 석(Min-Seok Go)

[준회원]



- 2017년 3월 ~ 현재 : 아주대학교
전자공학과 학사

<관심분야>

임베디드 시스템 및 소프트웨어, IoT, 인공지능, IT융합

최 장 한(Jang-Han Choi)

[준회원]



- 2017년 3월 ~ 현재 : 아주대학교
전자공학과 학사

<관심분야>

임베디드 시스템 및 소프트웨어, 인공지능, IT

김 영 진(Young-Jin Kim)

[정회원]



- 2008년 2월 : 서울대학교 전기·
컴퓨터공학부 (공학박사)
- 1999년 10월 ~ 2003년 1월 :
한국전자통신연구원 연구원
- 2008년 3월 ~ 2011년 8월 : 선문
대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2011년 9월 ~ 현재 : 아주대학교
전자공학과 교수

<관심분야>

임베디드 시스템 및 소프트웨어, 성능 및 전력 최적화, 영상
처리, 딥러닝