

웨어러블 단말과 이웃 단말 간 기회기반 직접 사물통신 프로토콜 설계

오영호*, 이재신*, 강순주^o

Protocol Design for Opportunistic Direct M2M Communication in Wearable Computing Environment

Young-Ho Oh*, Jae-Shin Lee*, Soon-Ju Kang^o

요 약

위치기반 서비스, 상황인지 서비스 등 다양한 응용 서비스들은 최근 개발되고 있는 웨어러블 디바이스와의 상호작용을 통해 착용자에게 다양한 서비스를 제공한다. 하지만 기존의 웨어러블 디바이스의 경우 서비스 사용을 위한 사용자의 의도적인 조작이 필요한 한계가 있어 단말 조작이 서툰 사용자들의 경우 서비스를 이용하는데 제약이 있다. 따라서 착용자가 누구든지 간에 응용 서비스를 이용할 수 있도록 사용자의 의도적인 설정과정 없이 이웃하는 단말들 간의 자율적인 통신이 필요하다. 본 논문에서는 블루투스 저에너지(BLE) 프로토콜 기반의 이동 단말의 실내 위치인지를 위한 B-LIDx 프로토콜과 이웃하는 단말들 간의 무설정 기회기반 직접 사물통신을 지원하는 B-PniP을 제안한다. 또한 실제 환경에서 이동 단말의 위치를 인지하는데 걸리는 시간과 B-PniP 서비스 사례별 서비스 소요 시간 측정을 통해 제안 프로토콜의 성능을 평가하였다.

Key Words : BLE protocol, Opportunistic computing, Wearable computing, M2M communication, Peer-to-Peer Communication

ABSTRACT

The recent wearable device's applications concentrates on providing diverse services such as location based service, context aware service to the users. These various services are implemented by the interactions between the wearable device and the user. In the legacy system, the interaction requires certain explicit configuration from the user. If the user is unfamiliar with the IT technology, it will be impossible to get the wanted service. Therefore, a new autonomous communication concept among neighbor devices is essential for people who is unfamiliar with the IT technology. The implicit human computer interface enables the user to acquire the services, even though the user don't know the IT technology.

In this paper, we propose two BLE based protocols (B-LIDx protocol, B-PniP). B-LIDx protocol is the protocol for locating the mobile device in indoor. B-PniP is a zero-configure opportunistic direct M2M communication protocol between neighbor devices to achieve the autonomous communication concept with zero-configuration. The protocol's evaluations are performed by measuring the time for finding the location of a mobile device in actual environment and aligning the time spent in services using the B-PniP.

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(SW·컴퓨팅)의 일환으로 수행되었습니다.
 [10041145, 자율군집을 지원하는 웰빙형 정보기기 내장 소프트웨어 플랫폼 개발]

• First Author : 경북대학교 전자공학부 실시간시스템 연구실, ohyoung88@naver.com, 학생회원

◦ Corresponding Author : 경북대학교 전자공학부 실시간시스템 연구실, sjkang@ee.knu.ac.kr, 중신회원

* 경북대학교 전자공학부 실시간시스템 연구실, faithlee3@hanmail.net

논문번호 : KICS2013-11-495, 접수일자 : 2013년 11월 15일, 심사일자 : 2014년 1월 14일, 최종논문접수일자 : 2014년 1월 27일

I. 서 론

위치기반 서비스^[1], 상황인지 서비스^[2] 등의 다양한 응용 서비스들은 최근 개발되고 있는 스마트 안경과 같은 착용형 단말들과의 상호작용을 통해 착용자에게 다양한 서비스 정보를 제공한다. 그러나 기존의 착용형 단말의 경우 응용 서비스 사용을 위해 사용자의 의도적인 설정과정이 필요하다. 따라서 단말의 조작이 서툰 노인이나 어린이와 같은 IT취약 계층에 속한 사용자들의 경우 서비스를 이용하는데 제약이 있다.

본 논문에서는 기회기반 컴퓨팅 개념을 사용하여 사용자 설정 없이 이웃하는 단말들과의 자율협업에 의한 서비스가 이루어지고, 이를 통해 implicit HCI(Human Computer Interface) 개념을 실현한다. 이를 위해 웨어러블 디바이스에 탑재되는 무선 통신 프로토콜은 주변 위치, 환경정보를 주기적으로 인지하여야 하며 주변에 이웃하는 단말들을 고속으로 신뢰성 있게 탐지해야 한다. 이렇게 수집한 정보를 기반으로 디바이스 스스로 서비스 조건을 판단하여 조건에 부합되는 응용 서비스를 착용자에게 제공해야 한다. 그러나 현재 무선 센서 네트워크 등에서 사용하는 RF 기반 무선통신 프로토콜들은 큰 전력소모, 단말간 통신을 위한 복잡한 사용자 설정과정 등 웨어러블 단말에서 지원하기에 적합하지 않다. 그러므로 기존의 프로토콜을 기반으로 하여, 사용자 설정 없이 이웃 단말간 자율협업에 의한 서비스를 제공할 수 있는 상위 프로토콜 설계가 필수적이다.

앞선 연구에서는 IEEE 802.15.4 MAC 기반의 이동 단말의 위치인지를 위한 LIDx 프로토콜^[3]과 사용자 무설정 ID 교환 프로토콜 PniP^[4]을 제안하였다. 본 논문에서는 이전 연구에서 제안한 응용 프로토콜을 스마트 기기와 연동성이 높은 블루투스 저에너지 프로토콜^[5]을 기반으로 재설계 하여 실내 이동 단말의 위치인지 프로토콜 (B-LIDx: Ble Location ID exchange)과 서비스 제공단말 간 사용자 무설정 ID 교환 프로토콜 (B-PniP: Ble Proximity neighbor id Protocol)을 제안한다.

본 논문은 총 6장으로 이루어져 있다. 2장에서는 기회기반 컴퓨팅 개념 소개와 기회기반 직접 사물통신의 개념을 정의하고 기존의 클래식 블루투스를 이용한 실내 위치인지 및 블루투스 저에너지 기반 이웃 단말 인지기술에 대해 알아본다. 3장에서는 제안 프로토콜의 설계요건에 대해 언급하고 4장에서 설계한 제안 프로토콜에 대해 설명한다. 5장에서는 실제로 구현한 제안 프로토콜에 대한 성능평가 후 6장에서 결론

을 낸다.

II. 기본개념 및 관련연구

이 장에서는 기회기반 컴퓨팅 개념 소개와 기회기반 직접 사물통신 개념을 정의하고, 기존의 클래식 블루투스를 이용한 실내 위치인지 및 블루투스 저에너지 기반 이웃 단말 인지 기술에 대해 알아본다.

2.1 기회기반 직접 사물통신(Opportunistic Direct M2M Communication)

기회기반 컴퓨팅(Opportunistic Computing)^[6]은 사용자의 위치나 ID 정보, 시간 등이 서비스 요건과 일치할 때 컴퓨팅 서비스가 발생하는 개념으로 실내 위치기반 서비스, 상황인지 서비스 등 다양한 미래형 IT 서비스 핵심 기술의 기반 개념이다. 본 논문에서는 이러한 기회기반 컴퓨팅 개념을 이용해서 사용자의 의도적인 설정과정 없이 센서를 통해 수집한 착용자의 행동, 환경, 위치정보 등을 기반으로 응용 서비스를 제공하며, 단말과의 One-Hop 직접 통신을 통해 서비스 자원 등을 주고받는 방식을 기회기반 직접 사물통신이라 정의한다.

웨어러블 컴퓨터 환경에서 기회기반 직접 사물통신을 실현하기 위해서는 아래의 네 가지 요건을 충족하여야 한다.

첫 번째, 착용자는 서비스 발생을 인지하지 않은 상태에서 의도적인 설정과정 없이 implicit HCI 개념이 실현된 응용 서비스를 제공받아야 한다. 두 번째, 웨어러블 단말은 실내 위치인지와 이웃하는 단말 탐색, 부착된 각종 센서에서 측정된 데이터들을 이용하여 자신이 위치한 주변 환경을 항상 인지하여야 한다. 세 번째, 응용 서비스를 사용하는 단말들간의 사용자 ID 교환이 필요하다. 인증이 필요한 서비스나 서비스 제공 단말이 서비스를 이용하는 사용자의 신원을 인지할 필요가 있을 경우 사용자 ID 교환을 통해 사용자 식별이 가능하다. 네 번째, 착용형 이동 단말은 저 전력으로 동작하여야 한다. 사용자가 웨어러블 단말을 착용한 상태에서 오랫동안 동작하기 위해서 단말은 소모 전력을 줄여야 한다.

2.2 클래식 블루투스 기반 실내 위치인지 및 블루투스 저에너지 기반 이웃 단말 인지

기회기반 직접 사물통신을 실현하기 위해서 응용 프로토콜에 기반으로 사용될 무선 통신 프로토콜은 언제든지 자신이 탐지한 이웃하는 어느 단말과도 직

접통신이 가능하도록 이웃단말을 정확하고 빠르게 인지할 수 있어야 하며 타 프로토콜에 비해 전력소모량이 적어야 하고 범용성이 있어야 한다.

기존의 클래식 블루투스 무선통신 프로토콜을 이용한 대부분의 실내 위치인지 시스템의 경우 실내 일정 범위마다 고정 단말을 두고 inquiry 방식을 이용하여 이동 단말에서 전파하는 패킷의 신호세기를 측정하여 단말의 거리를 인지하는 방법을 사용한다. 대표적인 클래식 블루투스 기반 실내 이동 단말 위치인지 시스템으로는 B-MAD^[7], BIPS^[8]가 있다. B-MAD는 단위 공간에 있는 블루투스 센서가 inquiry방식을 통해 이동 단말을 탐지하고 수집된 이동 단말들에게 위치 기반 광고 서비스를 제공하는 시스템이다. BIPS는 단위 공간마다 설치된 고정단말이 inquiry 방식을 사용하여 착용형 이동 단말에서 전파하는 패킷의 신호세기를 측정해 위치를 인지하고 실내 위치 기반 서비스를 제공하는 시스템으로, 이동 단말의 위치 정보를 저장하고 관리하는 서버와 단위 공간마다 이동 단말을 탐지하여 위치 기반 서비스를 제공하는 고정 단말로 이루어져 있다. 이러한 inquiry 방식을 이용한 이동 단말 및 실내 위치인지 방식은 주위 단말이 많을 경우 단말을 모두 인지할 때까지 수 초에서 수십 초가 소요^[7]되며 복잡한 연결과정, 타 프로토콜에 비해 상대적으로 큰 전력소모 등의 단점이 있다. 위에서 소개한 시스템의 문제점들을 개선한 단말간 연결을 통해 짧은 시간 동안 단말의 수신강도를 측정하여 실내 단말의 위치를 탐지하는 방식^[9,10]들이 제안되었으나 이들 역시 전력소모나 단말이 많을 경우에 발생하는 문제들을 여전히 가지고 있다. 따라서 착용형 이동 단말의 위치인지 시스템에서는 클래식 블루투스 프로토콜을 이용하는 것은 적절하지 않다.

반면 최근에 발표된 블루투스 4.0 표준에서 새롭게 선보인 블루투스 저에너지 프로토콜은 광고 메시지를 사용해서 기존의 inquiry 방식에 비해 단말 탐색 과정을 간소화하여 빠르게 주변 단말 탐색이 가능하며 단말 간 연결 과정이 클래식 블루투스에 비해 상대적으로 간단하고 빠르다. 또한 전력 소모도 적으며 시장에 출시된 스마트 기기에 많이 탑재되는 장점을 지니고 있다. 블루투스 저에너지 프로토콜^[5]은 2.4GHz ISM 주파수 대역을 사용하는 프로토콜로 37개의 데이터 전용 채널과 3개의 광고 채널로 이루어져 있다. 블루투스 저에너지 프로토콜 패킷 종류는 크게 광고 패킷과 데이터 패킷으로 구분되는데 광고 패킷은 다른 단말에 자신의 존재를 알리고 연결을 요청하는데 사용되며 광고 채널을 통해 송·수신 한다. 데이터 패킷은

중앙장치모드(Central device mode) 단말과 주변장치모드(Peripheral device mode) 단말간의 연결 후에 주고받는 패킷으로 연결된 두 단말만 인지할 수 있다. 블루투스 저에너지 프로토콜은 단말간 연결을 위해 주변장치모드와 중앙장치모드가 존재한다. 주변장치모드 단말은 주위 단위 공간에 광고 메시지를 수신하며 중앙장치모드 단말은 주변장치모드 단말에서 전송하는 광고 메시지를 수신하고 주변장치모드 단말과 선택적으로 연결할 수 있는 기능을 가진다. 블루투스 저에너지 프로토콜은 한 개의 중앙장치모드 단말에 여러 주변장치모드 단말이 연결되는 star 토폴로지 형태를 취한다. 단말 간 연결이 이루어진 후 응용 데이터를 주고받기 위해 프로파일을 사용한다. 프로파일은 응용 데이터를 송·수신할 때 사용해야할 프로토콜의 종류와 데이터 구조, 제공 기능 등의 속성들을 규정한 것으로 프로파일이 정의된 단말이 프로파일 서버가 되고 프로파일 기능을 요청하고 이를 사용하는 단말은 프로파일 클라이언트가 된다. 이 역할은 블루투스 저에너지 프로토콜을 사용하는 단말간의 토폴로지 형성을 위해 필요한 중앙장치모드와 주변장치모드와는 독립적이다.

III. 요구분석 및 설계요건

이 장에서는 기회기반 직접 사물통신 서비스의 예로 실내에서의 서비스 사례를 소개하고 제안 프로토콜의 설계 요건에 대해 알아본다.

3.1 기회기반 직접 사물통신 서비스 사례

본 절은 기회기반 직접 사물통신 서비스의 예로 실내에서의 다양한 서비스 사례를 소개한다. 웨어러블 단말을 착용한 사용자는 일상생활을 통해 실내를 이동하면서 다양한 서비스 기기를 사용하게 된다. 이러한 착용자의 행동 정보와 이동한 위치정보, 사용했던 개인 서비스 데이터가 착용한 웨어러블 단말에 축적되며 이를 스마트 폰 등으로 연동하여 볼 수 있다. 또한 축적한 데이터를 이용하여, 텔레비전을 끄지 않고 외출할 경우 착용 단말이 스스로 이를 인지하여 착용자에게 경고 신호를 줄 수 있다. 이러한 기능을 위해 실내를 고정 단말을 기준으로 여러 개의 단위 공간으로 나누고 착용 단말은 주기적으로 자신의 위치를 알린다. 이를 통해 고정 단말은 측정한 이동 단말의 신호 세기를 참고하여 이동 단말의 위치를 인지하고 자신의 단위 공간에 속한 이동 단말과 One-Hop 직접 통신을 통해 미리 설정된 위치 정보를 제공한다. 실내에

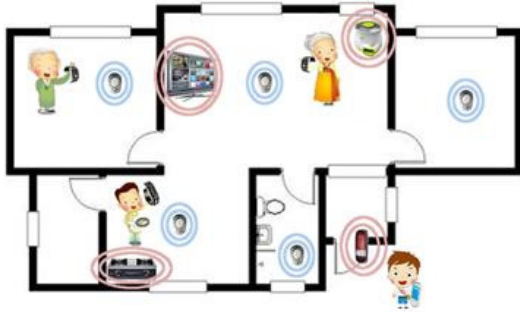


그림 1. 기회기반 직접 사물통신 서비스 사례
Fig. 1. Example of Opportunistic Direct M2M Communication service

존재하는 가스레인지나 복약기, 텔레비전 등의 서비스 제공 기기에는 사용자가 착용한 웨어러블 단말에 개인행동 정보나 측정 데이터 등을 제공하기 위해 서비스 제공 단말이 탑재된다.

이러한 실내에서 발생하는 서비스 제공단말과 웨어러블 단말간의 서비스들의 대부분은 지역적으로 국한되어 발생하는 특징이 있다. 따라서 서비스 제공 단말은 서비스 범위 안에 존재하는 이동 단말들을 인지하여 사용자의 별도의 설정 없이 서비스 제공 단말과 착용형 이동 단말간의 One-Hop 직접 통신으로 사용자 ID와 서비스 데이터를 교환한다.

3.2 프로토콜 설계 요건

본 논문에서 제안하는 B-LIDx 프로토콜과 B-PniP을 설계하기 위해서는 각 프로토콜마다 설계를 위한 요구 조건이 필요하다.

웨어러블 컴퓨터 환경에서 사용자의 위치를 인지하기 위한 위치인지 프로토콜 설계를 위해서는 세 가지 요건이 필요하다:

첫 번째로는 고정 단말을 중심으로 실내를 임의의 단위 공간으로 나눠야 한다. 두 번째는 위치기반 서비스나 상황인지 서비스와 같은 응용 서비스를 착용자에게 제공하기 위해서 착용 단말은 어느 단위 공간에 위치하는지의 정보만 인지하면 된다. 웨어러블 단말에서 제공하는 응용 프로토콜은 정밀한 위치인지가 필요하지 않으며 구역 단위 위치인식을 통해서 서비스를 제공할 수 있다. 세 번째, 고정 단말은 자신의 단위 공간에 이동 단말이 탐지된 경우 신속하게 자신의 위치 정보를 이동 단말에게 제공해야 한다. 착용형 이동 단말은 착용한 사용자가 빈번하게 위치를 변화하기 때문에 위치 정보를 제공하는데 걸리는 소요시간이 길어지게 되면 이동 단말이 제때 위치 정보를 제공받지 못하는 상황이 발생할 수 있다.

사용자 무설정 ID 교환 프로토콜 설계를 위해서는 세 가지 요건이 필요하다 :

첫 번째로 서비스가 발생하면 서비스 제공단말은 고속으로 이웃에 존재하는 단말들을 탐색하여 해당 서비스를 요청한 단말을 인지하여야 한다. 실내에서 발생하는 응용 서비스의 경우 지역적으로 발생하는 경우가 대부분이다. 따라서 서비스 제공 단말은 주위에 존재하는 이동 단말을 탐지하여 이웃하는 단말에 서비스를 제공해야 한다. 두 번째로는 서비스 제공 단말과 서비스 요청 단말간의 사용자 ID 교환 과정이 필요하다. 서비스가 발생하기 위해서 사용자의 신원이 필요한 경우 사용자 ID교환 과정을 통해 서비스 제공 단말은 사용자를 인지할 수 있다. 마지막으로 단말간 서비스는 고속으로 이루어져야 한다. 서비스 시간이 길어지게 되면 응용 서비스가 실패하거나 서비스를 제공받기 위해 사용자가 의도적으로 지체하는 상황이 발생한다.

IV. 설계 및 구현

4 장에서는 이전 장에서 언급한 요구 조건에 따라 설계한 B-LIDx 프로토콜과 B-PniP을 소개하고 구현한 부분에 대해 설명한다.

4.1 B-LIDx : 실내 위치인지 프로토콜

본 논문에서 제안하는 B-LIDx 프로토콜은 이전 연구에서 제안한 IEEE 802.15.4 MAC 기반의 LIDx 프로토콜^[11]을 블루투스 저에너지 무선통신 프로토콜 기반으로 재설계하였다. 그림 2는 B-LIDx 프로토콜을 표현한 순서 다이어그램으로 기준(Anchor) 단말과 이동단말 그리고 서버로 구성된다.

기준 단말은 고정된 형태의 단말로 실내에서의 단위 공간을 정의한다. 이는 이동 단말들이 주기적으로 전파하는 광고 메시지를 수신하고 메시지의 신호세기를 측정하여 수집한 이동 단말의 정보들을 서버로 전달한다. 또한 단위 공간에 존재하는 이동 단말과 One-Hop 직접 통신으로 위치 정보를 제공한다. 이동 단말은 주기적으로 광고 메시지를 전송하여 기준 단말에 자신의 존재를 알리고 기준 단말과의 One-Hop 직접통신을 통해 위치 정보를 받아서 자신의 위치를 인지한다. 서버는 기준 단말과 이더넷 혹은 무선 랜으로 연결되어 기준 단말에서 주기적으로 전송하는 이동 단말에 대한 데이터 받고, 이동 단말에 대한 신호세기를 토대로 해당 이동 단말의 위치를 결정하며 정해진 위치 정보를 보관·관리한다.

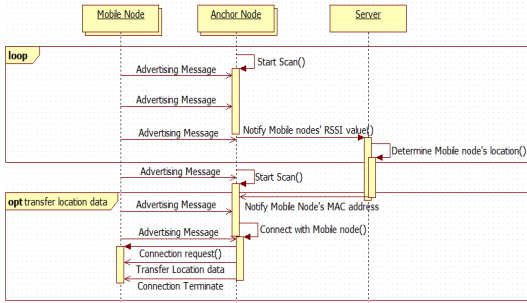


그림 2. 실제 위치인지 프로토콜 순서 다이어그램
Fig. 2. Sequence diagram of B-LIDx protocol

실내 공간에 존재하는 이동 단말은 자신의 사용자 ID가 포함된 광고 메시지를 주기적으로 단위 공간에 전송한다. 한편 기준 단말은 주위에 전파되는 광고 메시지를 수신하여 신호세기를 측정하고 메시지에 실린 데이터를 참고하여 이동 단말에 대한 정보를 수집한다. 일정 시간동안 수집한 이동 단말에 대한 데이터는 서버로 전달한다. 서버로 전달하는 이동 단말에 대한 데이터는 광고 메시지 페이로드에 포함된 해당 이동 단말의 사용자 ID와 블루투스 저에너지 MAC 주소, 기준 단말에서 측정된 신호세기 정보를 포함한다. 서버는 여러 기준 단말로부터 받은 이동 단말들에 대한 정보를 비교하여, 동일한 이동 단말의 경우 신호 세기가 가장 큰 값을 보낸 기준 단말을 해당 이동 단말의 위치로 결정하고 저장하고 있던 해당 이동 단말의 위치를 갱신한다. 갱신한 위치가 저장했던 이전의 단말의 위치와 다를 경우 갱신한 단위 공간에 해당하는 기준 단말에 해당 이동 단말의 블루투스 저에너지 MAC 주소를 전달한다. 서버에서 이동 단말에 대한 블루투스 저에너지 MAC 주소를 수신한 기준 단말은 해당 이동 단말과 One-Hop 직접통신을 통해 자신의 위치 정보를 이동 단말에 제공한다.

4.2 B-PniP: 이웃단말 인지 및 ID 교환 프로토콜

실내 환경에서 사용자에게 제공되는 응용 서비스는 가전제품, 운동기기 등에 내장되어 서비스를 제공하는 서비스 호스트 단말과, 착용형 이동 단말과 같이 호스트 단말에서 제공하는 서비스를 이용하는 서비스 클라이언트 단말로 구성된다. B-PniP 서비스는 호스트, 클라이언트 역할이 명확하게 구분되는 서비스 제공 단말과 웨어러블 단말간의 고정 B-PniP 서비스와 호스트, 클라이언트 역할이 구분되지 않는 동일한 웨어러블 단말간의 비고정 B-PniP 서비스로 나눌 수 있다. 특히 비고정 B-PniP 서비스의 경우 서비스 역할이 구분되지 않기 때문에 단말 간 직접통신을 위해 서비스

역할을 정하는 과정이 추가적으로 필요하다. 클라이언트 단말은 호스트 단말이 제공하는 서비스를 이용하는 단말로 서비스 요청 광고 메시지를 주위 공간에 전파하여 호스트 단말에 자신의 존재를 알리고 서비스를 요청한다. 호스트 단말은 서비스가 발생하면 주위에 이웃하는 클라이언트 단말을 탐지하며 서비스 데이터를 제공할 단말을 선택하고 One-Hop 직접 통신을 통해 데이터를 제공한다. 서비스 호스트-클라이언트 단말 간에 응용 서비스가 이루어지기 위해서는 서비스 호스트 단말이 정의한 서비스 범위 내에 서비스 클라이언트 단말이 존재해야 하며 클라이언트 단말은 호스트 단말에서 클라이언트 단말이 전파하는 서비스 요청 광고 메시지를 수신하고 선택한 단말과 연결할 때까지 지속적으로 광고 메시지를 전파해주어야 한다.

4.2.1 B-PniP 서비스 활성화 방법

사용자 설정과정 없이 단말의 B-PniP 서비스를 활성화하는 방법은 크게 웨어러블 단말 활성화(Wake-up)를 위한 저주파(Low Frequency) 통신을 이용한 방식과 착용자의 행동을 인지하는 방식으로 나눌 수 있다.

(1) 저주파 통신에 의한 B-PniP 서비스

저주파 통신은 10~150kHz 대역의 저주파 신호를 사용한 통신방식으로 단위 공간에 신호를 전파하는 송신기와 저주파 신호를 수신하는 수신기로 이루어져 있으며 수신기는 저주파 신호를 인지하게 되면 수신 신호를 발생시킨다. 제안 프로토콜에서는 서비스 호스트 단말에 저주파 신호 송신기를 부착하고 서비스 클라이언트 단말에는 저주파 신호 수신기를 탑재하였다. 클라이언트 단말은 유희상태일 때는 절전 상태에 있다가 저주파 신호가 발생하게 되면 서비스가 활성화되어, B-PniP 과정에 따라 응용 서비스를 제공 받는다. 그림 3은 저주파를 이용한 단말 간 응용 서비스가 이루어지는 과정을 나타낸 순서 다이어그램이다. 호스트 단말이 저주파 신호를 서비스 단위 공간에 전파하게 되면 서비스 범위 내에 존재하는 클라이언트 단말은 저주파 신호를 수신하게 되고 저주파 수신기에서 발생한 알람 신호에 의해 활성화 모드로 전환하여 서비스를 시작한다.

저주파 신호를 인지한 클라이언트 단말은 저주파 신호의 세기를 측정하고 그 측정값을 서비스 요청 광고 메시지에 첨부하여 정해진 시간동안 일정 주기로 단위 공간에 전파한다. 한편 저주파 신호를 전파한 후 호스트 단말은 저주파 신호에 의해 활성화된 클라이언트

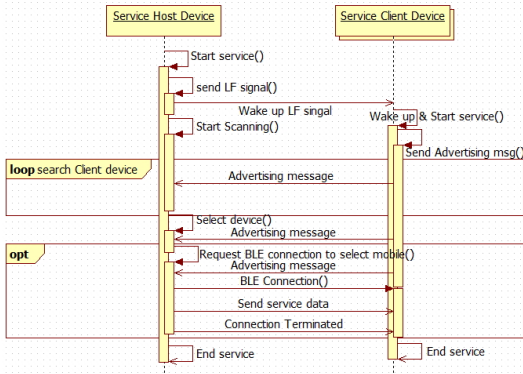


그림 3. 저주파를 이용한 이웃하는 단말간 기회기반 컴퓨팅 서비스 순서 다이어그램
Fig. 3. Sequence diagram of B-PniP that use Low Frequency

인트 단말을 인지하기 위해 일정 시간동안 광고 메시지를 탐지하여 수신한 메시지의 RF 신호세기를 측정하고 광고 메시지 페이로드에 실린 클라이언트 단말에 대한 정보를 수집한다. 호스트 단말은 수집한 단말들 중 신호세기가 큰 단말 순으로 응용 서비스에 따라 한 개 또는 다수의 클라이언트 단말과 One-Hop 직접 통신으로 서비스를 제공한다.

(2) 사용자 행동인지를 통한 B-PniP 서비스

착용자의 행동인지를 이용한 서비스 활성화 방식의 경우 착용형 단말에 탑재된 센서들에 의해 수집된 신체·행동 정보나 주변 환경 정보 등을 이용하여 장소, 주변 상황, 사용자의 특정 행동 패턴을 인지하여 서비스를 활성화하는 방식이다. 스마트 시계를 차고 있는 두 사용자가 악수를 하게 되면 사용자의 악수하는 행동 패턴을 감지하여 서로의 명함정보를 교환하는 명함교환 서비스를 예로 들 수 있다. 사용자의 특정 행동이나 단말의 주위 환경이 서비스가 발생할 조건에 부합되면 단말은 서비스를 인지하여 해당 단말이 클라이언트 단말로 동작하는 경우 일정 시간동안 서비스 요청 광고 메시지를 공간에 전파하여 호스트 단말에 자신의 존재를 알린다. 한편 호스트 단말인 경우 이웃하는 클라이언트 단말에서 광고 메시지를 수집하고 신호세기를 측정한다. 서비스 탐색 시간이 끝나면 호스트 단말은 서비스 조건에 충족하는 클라이언트 단말을 선택하고 그림 3의 B-PniP 과정을 통해 선택한 단말에 서비스 데이터를 제공한다.

4.2.2 B-PniP 서비스 요청 단말 선택 방식

B-PniP 서비스를 제공하기 위해 클라이언트 단말을 선택하는 방법은 크게 네 가지로 구분할 수 있다.

첫 번째, 사용자에 대한 인증 없이 한 클라이언트 단말에게만 서비스를 제공하는 경우이다. 호스트 단말은 서비스 범위 내에 존재하는 클라이언트 단말들을 탐지하여 상대적으로 신호세기가 가장 큰 하나의 단말에게만 서비스를 제공한다.

대표적인 예로 사용자가 측정한 혈압 정보를 그 사용자가 착용한 웨어러블 단말에 제공하는 혈압 서비스를 들 수 있다. 그림 4는 B-PniP 방식을 이용한 혈압 서비스 제공 과정을 표현한 순서 다이어그램이다. 개인적인 혈압 정보는 반드시 혈압을 측정된 사용자에게 데이터가 전달되어야 한다. 따라서 기존의 신호세기에 의한 거리 요소뿐만 아니라 다른 추가적인 방법을 사용하여 클라이언트 단말 선택의 신뢰성을 높여야 한다. 그림 4의 PniP 2 과정은 위에서 설명한 단말의 서비스 활성화 기능이 결합된 B-PniP 방식의 기본적인 서비스 과정으로 저주파 신호를 이용하여 단말 간 서비스 시작 동기를 맞추고 주위에 서비스를 요청하는 클라이언트 단말을 탐지하여 그 중에 가장 가까운 단말에 혈압 서비스를 제공하는 과정이다. 그러나 혈압 측정 중 임의의 이동 단말이 혈압계에 접근하여 서비스가 발생될 시점에 실제로 측정하고 있는 사용자의 클라이언트 단말보다 더 가까이 있을 경우 혈압 서비스를 이용한 단말이 아닌 다른 단말에 혈압 데이터를 제공하는 문제가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 그림 4의 PniP 1과정에 표현된 것과 같이 사용자가 혈압을 측정하기 위해 시작 버튼을 누르면 호스트 단말이 주위에 존재하는 클라이언트 단

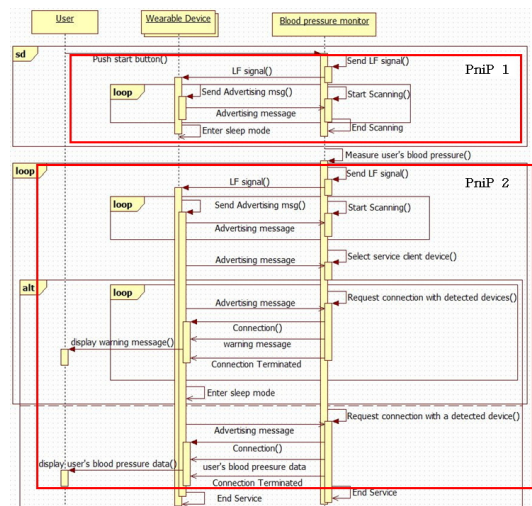


그림 4. B-PniP방식을 이용한 혈압 서비스 순서 다이어그램
Fig. 4. Sequence diagram of Blood pressure service using B-PniP

말을 탐색하는 과정을 추가함으로써 위 문제를 해결할 수 있다. 그러나 시작 버튼을 누를 때 사용자 외에 다른 단말이 존재할 경우 위의 과정만으로는 신뢰성을 보장할 수 없다. 따라서 시작 버튼을 누를 때 탐색한 단말정보와 혈압 데이터를 받았을 때 탐색한 단말 정보를 비교하여 2번의 탐색과정에서 공통으로 탐지된 단말이 2개 이상일 경우 해당되는 모든 단말에 혈압을 측정할 사용자가 아닌 경우 해당 혈압계에서 떨어지라는 경고 메시지를 전송하고 단말이 한 개 남을 때까지 이 과정을 반복함으로써 단말 선택의 신뢰성을 높일 수 있다. 위 예에서 볼 수 있듯 사용자 인증이 필요 없는 단일 클라이언트 단말에 데이터를 제공하는 서비스의 경우에는 단말 선택의 신뢰성을 높이기 위한 추가적인 과정들을 강구해야 한다.

두 번째, 인증된 한 클라이언트 단말에만 서비스를 제공하는 경우이다. 호스트 단말은 수집한 클라이언트 단말들 중 상대적으로 신호세기가 가장 큰 단말이 인증된 사용자인지를 사용자 ID를 통해 대조하여 일치하면 서비스를 제공하는 방식이다.

세 번째, 사용자에게 인증이 필요 없는 다수의 클라이언트 단말에 서비스를 제공하는 경우이다. 탐지된 클라이언트 단말 모두에게 서비스를 제공하는 방식이다.

네 번째, 인증된 다수의 클라이언트 단말에게 제공하는 서비스이다. 수집한 클라이언트 단말들 중 사용자 ID를 대조하여 인증된 클라이언트 단말 모두에게 서비스를 제공하는 방식이다.

4.2.3 동일한 웨어러블 단말 간 B-PniP

대부분 응용 서비스의 경우 웨어러블 단말은 서비스 제공 단말과 서비스가 이루어진다. 그러나 위에서 언급한 사용자 제스처 인식에 의한 명함교환 서비스와 같이 동일한 웨어러블 단말간 서비스가 이루어지는 경우도 존재한다.

동일한 웨어러블 단말간의 B-PniP일 경우 서비스 제공 단말과의 B-PniP 서비스 과정과 다르게 단말들의 서비스 역할을 정하는 단계가 추가적으로 필요하다. 이를 위해 블루투스 저에너지 광고메시지를 사용하여 서비스가 활성화된 다른 단말들에 자신의 정보를 제공하고 다른 단말로부터 받은 데이터를 참고로 하여 서비스 역할을 결정한다. 우선 서비스 활성화된 단말들은 블루투스 저에너지 광고메시지를 송신 또는 수신하기 위해 서비스 호스트 또는 클라이언트 역할 중 하나를 무작위로 선택한다. 선택된 역할이 서비스 클라이언트 단말일 경우 자신의 단말 정보가 첨부된

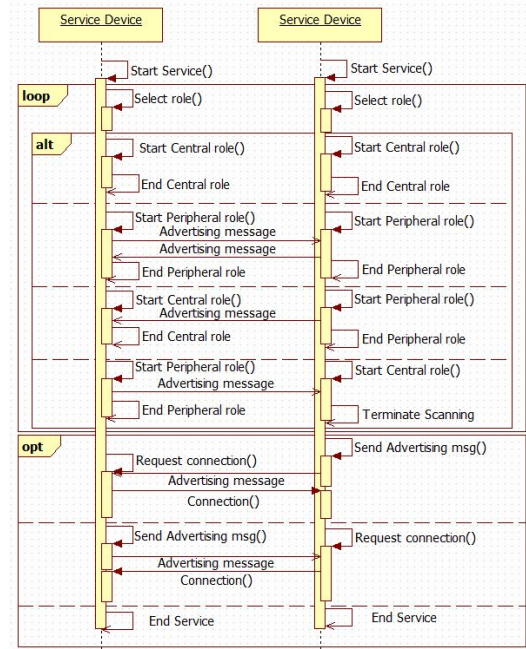


그림 5. 블루투스 저에너지 프로토콜 단말 역할 변경을 통한 기회기반 서비스 역할 결정을 위한 과정
Fig. 5. Process for determining B-PniP service role using role switching

서비스 역할 결정을 위한 광고 메시지를 주위 공간에 송신하며 호스트 단말일 경우 이웃하는 단위 공간 탐색을 통해 광고 메시지를 전파하고 있는 상대 단말에 대한 정보를 수집한다. 정해진 시간동안 광고 메시지를 송·수신하고 시간이 지나면 다시 역할을 무작위로 선정하여 위 과정을 반복한다. 미리 설정된 역할 결정과정 시간이 지나면 광고메시지를 통해 수집한 다른 단말들의 정보를 참고로 하여 자신의 서비스 역할을 결정한다. 예로 사용자 ID의 값이 작은 단말이 서비스 호스트가 된다고 미리 정하면 수집한 다른 단말의 광고 메시지에 첨부된 상대 단말의 사용자 ID와 자신의 ID를 비교하여 서비스 역할을 정할 수 있다. 위에서 설명한 과정을 통해 자신의 서비스 역할이 결정되면, 기존의 B-PniP과정에서와 같이 해당하는 역할에 따른 과정을 수행하고 서비스 데이터를 주고받는다. 만약 단위 공간에 탐색된 단말이 없는 경우 서비스를 종료한다.

4.3 B-LiDx 프로토콜 및 B-PniP 패킷 구조

이 절에서는 3장에서 소개한 설계요건을 만족하는 프로토콜을 구현하기 위해 설계한 블루투스 저에너지 광고 메시지 페이로드와 데이터 패킷 구조 및 서비스

프로파일을 소개한다.

4.3.1 광고 메시지 페이로드

표준 블루투스 저에너지 프로토콜에서 사용하는 광고 메시지는 자신의 존재나 메시지 정보를 다른 단말에 알리고 단말 간 연결을 요청하기 위한 기능을 가진다. 광고 메시지는 31 바이트 크기의 페이로드를 제공하며 전송 단말의 이름, 송신하는 신호의 세기, 지원하는 프로파일 서비스 식별자(UUID)등을 표기한다. 본 논문에서 제안하는 B-LIDx 프로토콜과 B-PniP에서는 이동 단말과 서비스 클라이언트 단말이 광고 메시지를 전송하며 기존 단말과 서비스 호스트 단말은 전파되는 광고 메시지를 수신하여 이동 단말과 서비스 클라이언트 단말의 존재를 인지한다. 그림 6은 제안한 응용 프로토콜에서 사용하는 블루투스 저에너지 광고메시지 페이로드 구조를 나타낸 그림이다. 광고 메시지 페이로드는 크게 상태·서비스 데이터 부분(EAS : Extend Advertising message Status)과 프로파일 데이터 부분(EAH : Extend Advertising message Handle)으로 나뉜다. 상태·서비스 데이터 부분은 그림 6(b)에 나타난 것과 같이 전송하는 광고 메시지의 전송목적을 나타내는 Flag 부분, 광고 메시지를 전송하는 단말의 사용자 ID를 나타내는 부분, 서비스 호스트 단말로부터 송신된 저주파 신호를 측정 한 신호세기 값을 나타낸 부분, 클라이언트 단말이 서비스 연결을 요청할 기준 단말 혹은 서비스 호스트 단말의 MAC 주소를 표현한 부분으로 이루어져 있다.

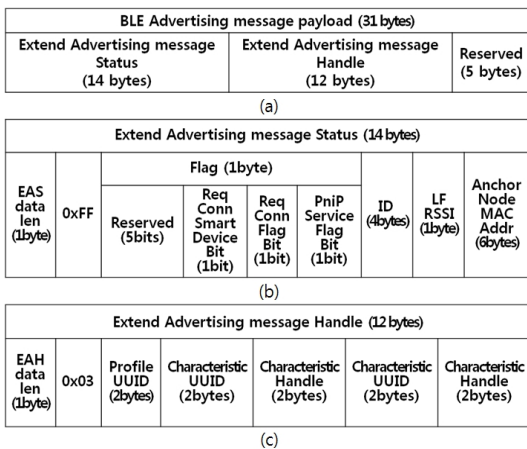


그림 6. 제안 프로토콜에서 사용하는 BLE 광고 메시지 페이로드 구조(a), 상태·서비스 데이터 구조(b), 프로파일 데이터 구조(c)
 Fig. 6. BLE Advertising message packet payload structure(a), Extend Advertising message Status structure(b), and Extend Advertising message Handle structure(c)

프로파일 데이터 부분에는 그림 6(c)에 표현된 것처럼 제안 프로토콜에서 사용하는 블루투스 저에너지 프로파일에 대한 프로파일 식별자와 프로파일에 정의된 속성의 식별자, 해당 속성에 접근하기 위한 접근자(Handle) 쌍을 표기한다. 표준 블루투스 저에너지 프로토콜의 경우 광고 메시지 페이로드에 프로파일 식별자만을 표기하기 때문에 프로파일 클라이언트 단말은 단말 간 연결 이후 페이로드에 표시된 프로파일 식별자를 참고하여 해당 프로파일에서 사용할 수 있는 속성과 속성에 접근하기 위한 접근자 값을 찾는 과정이 추가적으로 필요하다. 그러나 제안 프로토콜에서는 광고 메시지 페이로드에 포함된 프로파일 데이터 부분을 통해 프로파일 속성과 접근자 탐색 과정을 생략할 수 있어 단말 간 토폴로지 형성 후 어플리케이션 데이터를 송·수신하는 데까지 걸리는 시간을 단축할 수 있다.

4.3.2 서비스 프로파일과 데이터 패킷

웨어러블 단말과 기준 단말, 서비스 호스트 단말간의 위치 정보, 측정된 운동 데이터, 사용자 행동 정보 등의 응용 서비스 데이터 교환을 위해 기회기반 직접 사물통신 데이터 프로파일(Opportunistic M2M Data Transfer Profile)을 설계하였다. 프로파일은 이동 단말과 서비스 클라이언트 단말에 정의가 되며, 기준 단말과 서비스 호스트 단말은 정의된 프로파일을 사용한다. 설계한 프로파일은 최대 19바이트 크기의 데이터를 서버-클라이언트 양방향으로 송신이 가능하도록 설계하였다. 또한 설계한 프로파일을 기반으로 다양한 서비스를 이용할 수 있도록 기회기반 직접 사물통신 데이터 프로파일에서 제공하는 19 바이트 크기의 메시지에 별도의 패킷 구조를 구성하였다.

그림 7(a)는 B-LIDx 프로토콜에서 기준 단말이 이동 단말에 위치 정보를 전송하는데 사용되는 패킷 구조를 나타낸다. 1바이트 크기의 CMD 부분은 해당 패

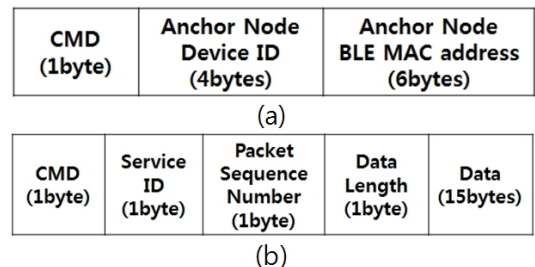


그림 7. 위치 정보 전송 패킷(a)과 서비스 데이터 전송 패킷(b)
 Fig. 7. Location data transfer packet (a), Service data transfer packet (b)

킷이 위치 정보 전송을 위한 패킷인지를 표시하는 부분이다. 뒤 이어 4바이트 크기의 기준 단말의 ID (단위 공간의 위치정보)와 6바이트의 블루투스 저에너지 MAC 주소를 첨부하여 전송한다. 그림 7(b)는 호스트 단말이나 스마트 폰과의 응용 서비스 데이터 전송을 위한 패킷 구조이다. 위치 정보 전송 패킷과 마찬가지로 패킷의 종류를 판별하기 위한 CMD 부분이 있으며 뒤이어 1바이트 크기의 Service ID 부분이 나온다. Service ID는 뒤 이어 나오는 데이터가 어떠한 응용 서비스에 대한 데이터인지를 구분한다. 서비스 데이터가 15바이트 이상일 때는 이를 15바이트 크기로 단편화하여 전송하게 되는데, Packet Sequence Number는 단편화된 패킷이 몇 번째 패킷인지를 나타내는 부분으로 하위 4비트는 단편화된 총 패킷 수이며 상위 4비트는 지금 전송 패킷이 몇 번째 패킷인지를 나타낸다. Data Length 필드는 뒤에 나오는 Data 필드의 길이를 나타낸다. Data 부분은 실제로 서비스 데이터가 들어가는 부분으로 한 데이터 패킷당 최대 15바이트까지 사용가능하다.

V. 성능평가

마지막 장에서는 블루투스 저에너지 프로토콜을 기반으로 구현한 제안 프로토콜에 대해 실험한 내용과 결과를 소개한다.

5.1 프로파일 데이터 기반 서비스 소요시간 성능 평가

표준 블루투스 저에너지 프로토콜의 경우 단말 간 연결 과정 후 응용 서비스 데이터를 주고받기 위해 사용할 프로파일을 탐지하고 프로파일에 정의된 속성과 속성을 이용하기 위한 접근자를 찾는 과정을 추가적으로 수행해야 한다. 그러나 제안 프로토콜에서는 광고 메시지에 프로파일 데이터 부분을 추가하여 표준 블루투스 저에너지 프로토콜의 프로파일 탐색과정을 생략할 수 있어 연결 후 응용 서비스 데이터를 주고받는 소요시간을 단축시킬 수 있다. 그림 8은 주파수 호핑 주기에 따라 단말간 연결 시점부터 서비스 호스트 단말에서 클라이언트 단말로 하나의 어플리케이션 데이터 패킷을 보내고 연결을 끊을 때까지의 소요되는 시간을 측정한 것으로, 서비스 탐색과정이 포함된 경우와 제안 프로토콜에서 사용하는 광고 메시지에 프로파일 데이터 부분을 추가하여 서비스 탐색과정을 생략한 경우를 비교한 그래프이다. 실험 결과를 보면 주파수 호핑 주기가 짧을 경우 큰 차이가 나지 않지만

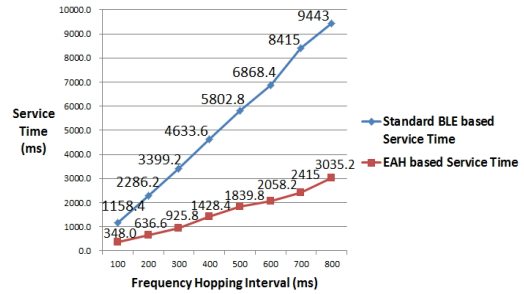


그림 8. 서비스 소요시간 비교
Fig. 8. Comparison of Opportunistic service time

호핑 주기가 늘어날수록 서비스 소요시간의 차이가 확연함을 알 수 있다.

탐색 과정에 사용되는 패킷들과 응용 어플리케이션 데이터를 전송하기 위한 패킷은 상대 단말로부터 응답 메시지를 받아야 하는데, 이 과정은 최소 한 번의 주파수 호핑 시간이 소요되기 때문이다. 이를 통해 서비스 탐색과정을 생략함으로써 서비스 소요시간을 단축할 수 있음을 확인하였다.

5.2 B-LIDx 기반 위치인지 성능평가

이동 단말이 자신의 위치를 인지하는데 소요되는 시간에 영향을 미치는 요소는 크게 세 가지로 구분할 수 있다.

첫 번째는 기준 단말이 이동 단말의 광고 메시지를 탐지하여 수집한 이동 단말 정보를 서버로 보내는 데까지의 시간이다. 두 번째는 기준 단말로부터 받은 이동 단말의 정보들을 비교하여 위치를 정하고 정해진 기준 단말에 이동 단말 블루투스 저에너지 MAC 주소를 전송하는 데까지 소요되는 시간이다. 세 번째는 기준 단말이 서버로부터 이동 단말에 대한 정보를 받고 해당 단말과 One-Hop 직접 통신 연결을 하여 위치 정

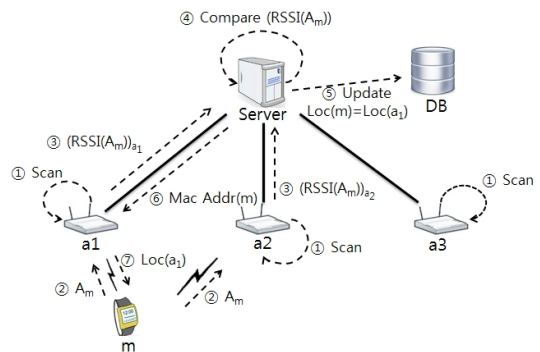


그림 9. 이동 단말의 위치를 확정하는 절차
Fig. 9. Procedure to confirm the location of mobile device

표 1. 이동 단말이 위치를 인지하는데 걸리는 평균 소요시간
Table 1. Average location service time

Mobile device Searching Time (ms)	Location Service Time (ms)		
	Total Location Service Time	Connection Request Time	Service Time using B-LIDx
1510	1819	684	199

보를 전송하고 연결을 끊는 데까지 걸리는 시간이다.

표 1은 동 단말의 위치를 인지하는 소요 시간에 영향을 미치는 세 가지 요소 중 단위 공간의 이동 단말을 탐지하고 서버로 수집한 정보를 전달할 때까지의 소요시간과 서버로부터 위치가 정해진 이동 단말에 대한 정보를 받은 시점부터 해당 단말에 위치 정보를 제공하는 데까지 걸리는 시간을 측정할 것이다.

B-LIDx 프로토콜 성능 평가에서 기준 단말은 1.5 초 동안 단위 공간을 탐지하도록 구현되었다. 위 표 1에 볼 수 있듯 단위 공간을 탐지하는데 소요된 평균 시간은 설정한 1.5초와 비교하여 크게 차이가 나지 않았다. 한편 기준 단말이 이동 단말에 위치 정보를 제공하는데 걸리는 평균 시간은 1819ms로 측정되었으며 기준 단말이 이동 단말에 연결 요청을 하고 도플러지가 형성될 때까지의 평균 시간은 684ms, 연결되어 B-LIDx 과정이 수행되는데 소요되는 시간은 199ms로 측정되었다. 기준 단말이 이동 단말에 연결 요청을 하고 B-LIDx 과정이 수행되는데 소요되는 시간의 합보다 서버에서 이동 단말에 대한 정보를 받고 서비스가 완료될 때까지의 시간이 더 큰 이유는 성능 평가에 사용된 블루투스 저에너지 프로토콜 스택에서 기준 단말이 이동 단말을 탐색하는 동안 선택한 이동 단말과의 연결요청을 할 수 없는 제약이 있어 이동 단말 탐색이 끝날 때까지 연결 요청을 대기해야 하는 시간이 추가로 필요하기 때문이다. 그러나 기존의 클래식 블루투스의 inquiry 방식에 비해 짧은 탐색시간동안 이동 단말을 인지할 수 있었으며 단말 간 연결 후 200ms 정도의 짧은 시간에 이동 단말에 위치 정보를 전달할 수 있어 이동 환경에서의 위치 정보를 제공하는데 무리가 없음을 알 수 있다.

5.3 B-PniP 서비스 사례별 성능평가

위 4장에서 소개한 것과 같이 B-PniP 서비스에는 고정 B-PniP 서비스와 비교정 B-PniP 서비스로 나눌 수 있다. 본 절에서는 위 서비스들에 대한 성능평가를 실시하였다.

5.3.1 웨어러블 단말과 서비스 호스트 단말 간 서비스 서비스 호스트-클라이언트 역할이 정해진 서비스의 성능 평가를 위해 사용자 출입 서비스, 가스레인지 조작 알림 서비스, 혈압 측정 서비스를 예로 일반적으로 사용자가 기기들 조작하는데 걸리는 시간과 B-PniP 방식을 이용하여 서비스를 제공하는데 소요되는 시간을 측정, 비교하였다.

상용으로 출시되고 있는 도어락은 사용자가 귀가할 경우 슬라이스를 올려서 비밀번호를 입력하고 닫으면 비밀번호가 일치할 시, 외출할 경우 도어락 버튼을 누르게 되면 문이 열리게 된다. 제한한 B-PniP를 사용한 사용자 출입 서비스의 경우 비밀번호 입력 없이 슬라이스를 올리고 내리거나 버튼을 누르게 되면 B-PniP 과정에 따라 서비스가 이루어지고 사용자가 내부로 출입하는 경우 사용자 ID를 참고하여 인증된 사용자인지 검사 후 인가된 사용자이면 연결된 단말에 행동 데이터를 전송하고 문이 열리게 된다.

제한한 응용 프로토콜을 사용한 가스레인지 조작 알림 서비스는 사용자가 가스레인지의 손잡이를 돌려 가스 불을 켜게 되면 부착된 불꽃센서가 불꽃을 탐지하여 전기 신호를 발생시키게 되고 이 신호를 호스트 단말에서 인지하여 주위에 서비스 클라이언트 단말을 탐색하기 시작한다. 이후 B-PniP 과정에 따라 서비스가 이루어지게 되면 연결된 단말에게 가스불이 켜졌다는 상태 데이터를 전송하게 된다. 한편 사용자가 가스레인지의 손잡이를 돌려 가스 불을 끄게 되면 불꽃센서는 전기 신호를 발생시키지 않으며 일정 시간동안 전기 신호가 들어오지 않으면 불이 꺼진 상황을 인지하고 B-PniP 과정에 따라 해당 단말에게 가스불이 꺼졌다는 상태 데이터를 전송하게 된다.

기존의 혈압계는 사용자가 시작 버튼을 누르게 되면 측정이 시작되며 측정이 완료되면 디스플레이에 측정된 데이터가 출력되어 사용자가 볼 수 있다. 제한한 응용 프로토콜을 사용한 혈압 측정 서비스의 경우 사용자가 혈압계 시작 버튼을 누르게 되면 혈압계에 부착된 호스트 단말은 일정 시간동안 주위 클라이언트 단말을 탐색한다. 이후 사용자가 혈압을 측정하고 측정된 혈압 데이터가 호스트 단말로 들어오게 되면 다시 한 번 일정시간 동안 주위 클라이언트 단말을 탐색한다. 탐색이 끝나게 되면 시작 버튼이 눌렸을 때 수집했던 클라이언트 단말의 정보와 혈압 데이터가 들어왔을 때 탐색과정을 통해 수집한 정보와 비교하여 공통적으로 존재하는 단말들을 분류한다. 만약 분류한 단말이 한 개면 혈압데이터를 해당 단말에 전송하고 다수 개일 경우 선택한 단말을 착용한 사용자에

게 현재 혈압서비스를 이용하지 않는 사용자는 혈압계 주위에서 떨어지라는 경고메시지를 날리고 일정시간 후 다시 주위를 탐색하여 단말이 한 개가 남을 때까지 반복한다. 표 2는 위에 소개한 사용자 출입 서비스, 가스레인지 동작 알림 서비스, 혈압 측정 서비스 각각의 서비스에 소요되는 시간을 측정된 표이다. 표에는 각 서비스에 대해 일반적으로 사용자가 기기를 조작하고 서비스 단말로부터 5m 정도 이동할 때까지의 소요시간, 제안한 프로토콜을 사용하여 사용자가 서비스를 이용할 때 걸리는 시간, 실제로 제안한 B-PniP 방식에 의해 단말 간의 서비스 데이터를 제공하는데 소요되는 시간의 평균값을 나타내었다. 실험 결과 일반적으로 사용자가 기기를 조작하는데 걸리는 시간과 비교해서 제안한 B-PniP 방식을 사용하여 서비스를 이용할 때 소요되는 시간의 차이가 1초 내로 크지 않음을 알 수 있다. 따라서 제안한 B-PniP 방식을 사용함으로써 기존 방식으로 서비스를 사용하던 사용자에게 큰 불편을 주지 않으며 오히려 호스트 단말로부터 제공받은 사용자의 행동정보나 운동 정보를 자신의 웨어러블 단말에 축적함으로써 다양한 응용서비스를 제공받을 수 있는 장점을 얻을 수 있다.

표 2. 기회기반 서비스 소요시간
Table 2. Opportunistic service time

		Average service operation time (ms)	M2M service time (ms)	B-PniP time in M2M service (ms)
Doorlock service	go outside	1000	1318	1217
	go inside	2000	1307	1207
Blood pressure measurement service	Push the start button	44000	44406	882
	Blood pressure data			1351
gas stove service	Turn on	2000	1416	1216
	Turn off	1000	1394	1194

5.3.2 웨어러블 단말간 서비스

B-PniP 방식 서비스 종류 중 호스트-클라이언트 역할의 구분이 모호한 경우가 존재한다.

그 대표적인 예로 위에서 언급했던 사용자 제스처 인식에 의한 명함교환 서비스이다. 비교정 B-PniP 서비스 성능 평가는 위에 언급한 명함교환 서비스를 통

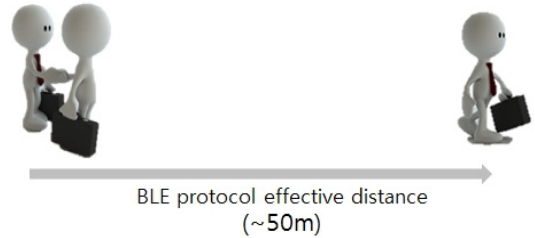


그림 10. 명함교환 서비스 사례
Fig. 10. Example of Business card exchange service

해 서비스 소요시간을 측정하였다.

표 3은 측정된 명함교환 서비스 소요시간을 나타낸 것으로 사용자의 악수하는 행동 패턴을 인지한 시점부터 명함 데이터를 교환하는 시간을 측정하였다. 일반적으로 사람들끼리 악수하는데 걸리는 시간을 최소 2초라고 할 때, 사람의 걷는 속도를 5km/hr 라고 가정하면 블루투스 저에너지 프로토콜의 표준 통신 가능 거리는 50m로 단말 간 통신이 가능한 시간을 계산해보면 약 38초로 본 논문에서 제안한 호스트-클라이언트 비교정 B-PniP 방식을 이용한 명함교환 서비스를 유효하게 사용할 수 있다고 판단된다.

표 3. 명함교환 서비스 소요시간
Table 3. Business card exchange service time

Average B-PniP time (ms)	Worst case B-PniP time (ms)	Best case B-PniP time (ms)
2721	3147	1867

VI. 결 론

다양한 IT 서비스들은 최근 개발되고 있는 착용형 단말들과의 상호작용을 통해 착용자에게 다양한 서비스 정보를 제공한다. 그러나 기존의 착용형 단말의 경우 서비스 사용을 위해 사용자의 의도적인 설정과정이 필요하기 때문에 단말의 조작이 서툰 노인이나 어린이와 같은 IT취약 계층에 속한 사용자들의 경우 서비스를 이용하는데 제약이 있다. 따라서 모든 사용자가 응용 서비스를 이용할 수 있는 사용자 설정 없이 이웃 단말 간의 자율협업에 의해 서비스가 이루어지는 implicit HCI 개념을 실현하기 위해서는 기존의 RF 통신 프로토콜을 기반으로 한 상위 프로토콜 설계가 필수적이다. 본 논문에서는 앞선 연구에서 IEEE 802.15.4 MAC 기반의 이동 단말의 위치인지를 위한 LIDx 프로토콜과 사용자 무설정 ID 교환 프로토콜인

PniP을 기반으로, 스마트 기기와 연동성이 높은 블루투스 저에너지 무선통신 프로토콜 사용하여 위치인지를 위한 B-LIDx 프로토콜과 사용자 무설정 ID 교환을 위한 B-PniP을 재설계하였다. 또한 블루투스 저에너지 프로토콜 광고 메시지에 프로파일 데이터 부분을 추가하여 서비스 탐색과정을 생략함으로써 서비스 소요시간을 줄일 수 있었다.

실제 환경에서 표준 블루투스 저에너지 프로토콜의 데이터 전송 과정과 제안한 프로파일 데이터 기반 데이터 전송 과정에 소요되는 시간을 비교해 봄으로써 서비스 소요시간을 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 프로파일 데이터 기반 데이터 전송 방식을 사용한 B-LIDx 프로토콜 기반 이동 단말 위치인지와 B-PniP 서비스 소요시간을 측정된 결과 사용자가 일상 활동하는데 무리 없이 서비스를 제공할 수 있음을 측정 결과를 통해 알 수 있었다. 그러나 웨어러블 단말간 B-PniP 서비스의 경우 서비스 단말 간 직접 사물통신 이전에 서비스 역할 결정과정이 요구된다. 이 과정은 단말 간 서비스 소요 시간을 증가시키는 원인이 된다. 따라서 웨어러블 단말간 B-PniP 서비스에서 역할 결정과정에 소요되는 시간을 줄이는 방법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

References

[1] I. A. Jungles and R. T. Watson, "Location-based service," *Commun. ACM Mag.*, vol. 51, no. 3, pp. 65-69, Mar. 2008.

[2] B. Schilit, N. Adams, and R. Want, "Context-aware computing applications," in *Proc. Mobile Computing Syst. and Appl. 1994 (WMCSA 1994)*, pp. 85-90, Santa Cruz, USA, Dec. 1994.

[3] B.G. Kim and S.J. Kang, "IEEE 802.15.4 MAC-based Location-ID exchange protocol for realizing Micro-Cell connectionless Location-Awareness services," *J. Computing Science and Engineering*, vol. 2, no. 4, pp. 412-427, Dec. 2008.

[4] S.H Jun, H.G Jo, and S.J Kang, "Design of hybrid LF/RF architecture for supporting ultra low-power opportunistic computing," in *Proc. 2012 Autumn Conf. of Korea Info. and Commun. Society*, pp. 392-393. Seoul, Korea, Nov. 2012.

[5] R. Heydon, *Bluetooth Low Energy : The Developer's Handbook*, Prentice Hall, 2013.

[6] M. Conti and M. Kumar, "Opportunities in Opportunistic Computing," *Computer*, vol. 43, no. 1, pp. 42-50, Jan. 2010.

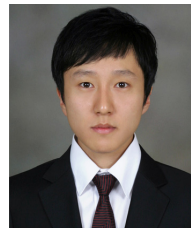
[7] L. Aalto, N. Gothlin, J. Korhonen, and T. Ojala, "Bluetooth and WAP push based location-aware mobile advertising system," in *Proc. 2th The Int'l Conf. Mobile Syst., Appl., and Services(MobiSys 2004)*, pp. 49-58, Boston, USA, Jun. 2004.

[8] G. Anastasi, R. Bandelloni, M. Conti, F. Delmastro, E. Gregori, and G. Mainetto, "Experimenting an indoor bluetooth-based positioning service," in *Proc. 23th Int'l Conf. on Distributed Comput. Syst.(ICDCS 2003)*, pp. 480-483, Rhode Island, USA, May 2003.

[9] S. Hay and R. Harle, "Bluetooth tracking without discoverability," in *Proc. 4th Int'l Symp. on Location and Context Awareness (LOCA 2009)*, pp. 120-137, Tokyo, Japan, May 2009.

[10] M. Altini, D. Brunelli, E. Farella, and L. Benini, "Bluetooth indoor localization with multiple neural networks," in *Proc. 2010 5th IEEE Int'l Symp. Wireless Pervasive Computing (ISWPC)*, pp. 295-300, Modena, Italy, May 2010.

오 영 호 (Young-Ho Oh)



2012년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업
 2012년 2월~현재 : 경북대학교 전자공학과 석사과정
 <관심분야> 무선 센서 네트워크, 실시간 시스템

이 재 신 (Jae-Shin Lee)



2004년 2월: 경북대학교 전자
공학과 졸업
2006년 2월: 경북대학교 전자
공학과 석사
2006년 2월~현재: 경북대학교
전자공학과 박사과정
<관심분야> 실시간 시스템, 무
선 센터 네트워크

강 순 주 (Soon-Ju Kang)



1983년 2월: 경북대학교 전자
공학과 졸업
1985년 2월: 한국과학기술원 전
자계산학과 석사
1995년 2월: 한국과학기술원 전
자계산학과 박사
1985년~1996년: 한국원자력연
구소 연구원, 핵인공지능연구실 선임연구원, 전산
정보실 실장
1996년~현재: 경북대학교 전자공학부 정보통신공학
전공 정교수
<관심분야> 실시간 시스템, 소프트웨어 공학, 지식
기반 시스템