

A Simultaneous Real-Time Heart Rate Monitoring System for Multiple Users

Sangho Ha[†]

ABSTRACT

From the point of view of u-healthcare, heart rate is so useful for both illness for taking care of patients and wellness for improving the level of health and wellbeing. It is because heart rate is a significant clinical variable for all kinds of diseases as well as an indicator of the intensity of exercise. Recently, a number of various wearable heart rate monitors have been released to check people's status in the body by monitoring their heart rates. In addition, a number of smartphone applications have been released to conveniently monitor the status of exercise by using heart rate monitors. However, all of these applications are limited to a personal usage. In this paper, we will design a system to simultaneously monitor heart rates coming from multiple users in a real-time, and develop an Android application to apply the system. The application mainly features a simultaneous monitoring of heart rates coming from multiple users, allowing to be effectively applied to fitness centers.

Keywords : Exercise Management, Heart Rate, Heart Rate Monitor, Smartphone, U-Healthcare

다수 이용자를 위한 동시적 실시간 심박수 모니터링 시스템

하 상 호[†]

요 약

u-헬스케어 관점에서 볼 때, 심박수(heart rate)는 아픈 사람의 질환을 관리하는 일리스(illness)나 건강한 사람의 건강을 지속적으로 관리하는 웰니스(wellness) 분야에 모두 유용하게 사용된다. 이는 심박수가 질환의 증상을 판단하거나 운동 부하의 지표로서 모두 사용될 수 있기 때문이다. 최근에 착용형 센서(wearable sensors)를 이용하여 상시적으로 심박수를 모니터링하여 이에 기반하여 현재 몸 상태를 점검 해볼 수 있는 다양한 심박계(heart rate monitor)와 이와 연동하여 심박수를 이용한 다양한 운동관리 스마트폰 앱이 개발되어 출시되고 있다. 그러나 이러한 스마트폰 앱은 모두 개인 용도로 제한된다. 논문에서는 여러 사람들의 심박수를 동시에 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템을 설계하고, 이를 적용할 수 있는 안드로이드 앱을 개발한다. 개발된 앱의 주요 기능은 다수 이용자에 대한 동시적 심박수 모니터링으로 피트니스 센터에 효과적으로 적용 가능하다.

키워드 : 운동 관리, 심박수, 심박계, 스마트폰, U-Healthcare

1. 서 론

u-헬스케어[1] 관점에서 볼 때, 심박수(heart rate)는 아픈 사람의 질환을 관리하는 일리스(illness)나 건강한 사람의 건강을 지속적으로 또는 더욱 건강하게 관리하는 웰니스(wellness) 분야에 모두 유용하게 사용될 수 있다. 이는 심박수가 질환의 증상을 판단하거나 운동 부하의 지표로서 모두 사용될 수 있기 때문이다. 예를 들면, 휴식 중 심박수가 높을 수록 심장동맥 증후군 환자뿐만 아니라 다른 모든 사망 원인

을 갖는 환자도 더 높은 위험 지수를 보인다[2-5]. 따라서 [6-7]에서는 휴식 중 심박수를 급성관성동맥 증후군이나 급성심근경색증의 위험 지표로 적용하고 있다.

또한, 심박수의 증가는 운동량의 강도와 비례관계에 있어서 지구력 운동의 훈련 강도를 조절하는 데 사용된다[8]. 따라서 지구력 운동의 훈련 지침 사항이 나이나 개인 역량 기준으로 산출된 최대 심박수에 기반하여 제공되고 있다[9]. 또한, 이러한 개인 최대 심박수에 기반하여 운동 중 심박수를 실시간으로 모니터링함으로써 운동 과부하에 따른 심혈관 관련 위험 상황을 탐지하여 예방할 수 있다[8]. 마라톤 등 부하가 큰 운동 중 돌연사가 빈번히 발생하고 있는데 이러한 사고도 심박수의 모니터링을 통해서 미연에 방지 가능하다. 최근에는 심박수에 기반하여 칼로리 소모량을 산출하여 피트니스 운동 관리에도 적용하고 있다[10].

※ 이 논문은 2014학년도 순천향대학교 교수 연구년제에 의하여 연구되었음.

† 종신회원: 순천향대학교 컴퓨터공학과 교수

Manuscript Received: March 19, 2015

First Revision: May 12, 2015

Accepted: May 12, 2015

* Corresponding Author: Sangho Ha(hsh@sch.ac.kr)

최근에 착용형 센서(wearable sensors)를 이용하여 상시적으로 심박수를 모니터링하여 이에 기반하여 현재 몸 상태를 점검해볼 수 있는 다양한 심박계(heart rate monitor)와 이와 연동하여 심박수를 이용한 다양한 운동관리 스마트폰 어플이 개발되어 출시되고 있다. 심박계는 시계형, 손목 밴드형, 가슴띠형 등으로 다양하게 개발되고 있다. 시계형으로는 Mio Link Heart Rate Sport Wristband[11], Samsung Galaxy Gear/Fit[12], TomTom Runner Cardio[13] 등이 있고, 손목 밴드형으로는 Fitbit ChargeHR[14], Jawbone UP3 [15], SYNC Fitness Band[16] 등이 있으며, 가슴띠형으로는 Polar H7 Heart Rate Sensor[17], Garmin Premium Heart Rate Monitor[18], Wahoo TICKR Heart Rate Monitor[19] 등이 있다. 이러한 심박계는 대부분 최신의 Bluetooth 통신 기술인 BLE(Bluetooth Low Energy)[20]를 통해서 스마트폰 앱인 Runkeeper[21], Endomondo[22], Runtastic[23], Sports Tracker[24], Strava[25], MapMyFitness[26] 등에 연동되어 그 앱 상에서 심박수를 실시간으로 모니터링하거나 그 기록 사항을 조회할 수 있다. 그러나 이러한 스마트폰 앱은 모두 개인 용도로 제한된다. 즉, 스마트폰 소유자 개인의 심박수를 모니터링하면서 개인 운동 관리에 중점을 두는 앱이다.

앞서 언급하였듯이, 마라톤과 같은 고강도 운동으로 인한 급성 심혈관 질환 발생으로 사망한 사례가 적지 않다. 이러한 상황은 피트니스장에서 운동 중에도 언제든지 일어날 수 있다. 논문에서는 피트니스장에서 헬스 트레이너가 운동 중인 여러 사람들을 동시에 실시간으로 모니터링하면서 운동 과부하에 따른 위험상황을 미연에 방지할 수 있는 시스템을 설계하고, 이를 적용할 수 있는 Android 스마트폰 앱을 개발한다. 헬스 트레이너는 자신의 스마트폰에 개발된 앱을 설치하고, 이 앱을 통해서 등록된 회원들의 운동 상황을 실시간으로 모니터링하면서 심박수가 개인의 최대 수치에 근접하는 위험상황이 탐지되면 이에 상응하는 안전 조치를 취할 수 있다.

이 앱에 연동되는 심박계는 (주) 에이치쓰리시스템에서 개발한 스포츠용 손목시계형 심박계인 HRM-1000[27]이다. 이 심박계는 광학적 접근 방식으로 PPG(PhotoPlethysmoGraphy)를 검출하고, 여기에 이용자 움직임에 따른 잡음(motion artifact)을 자체 개발한 움직임 보상 알고리즘[28]을 적용하여 제거하는데, 이용자가 달리는 속도가 시속 10km 이상인 경우에도 정확한 심박수를 산출하는 특징을 갖는다. 또한, 그 측정 방식이 무구속, 비침습적이어서 심전도나 압력을 이용한 접촉식 심박수 센서에 비해서 스포츠용으로 그 착용감이 뛰어나다. 그러나 Polar H7과 같이 자체 센서에서 심박수를 산출하여 블루투스를 통해서 스마트폰에 전달 가능한 어떠한 심박계도 논문에서 개발된 앱에 연동 가능하다.

관련 연구로서, 두성기술에서는 여러 명의 심박수를 동시에 모니터링할 수 있는 Bodypro[29]를 개발하여 초중등의 학생 건강체력 평가시스템에 활용하고 있다. 이 시스템에서는 무선심박센서가 가슴에 부착되며, 센싱된 데이터는 Zigbee 통신을 통해서 별도의 게이트웨이 장치를 경유하여 관리자 노트북에 전달된다. 그러나 Bodypro를 이용하여 심박수를 모니터링하려면 스마트폰이 아닌 노트북을 이용해야 하고, 또한 센싱된 데이터의 송신을 위한 별도의 게이트웨이 장치를 이용한다는 점에서 불편할 뿐만 아니라 추가 비용이 들

어간다. 아직까지 스마트폰을 이용하여 여러 명의 심박수를 실시간으로 동시에 모니터링하는 앱을 개발하여 적용한 사례는 없다.

2절에서는 시스템 설계 사항으로서 HRM-1000의 심박계를 이용하여 스마트폰 상에서 다중 심박수를 모니터링할 수 있는 시스템의 전체 구조와 그 요소에 대해서 상세히 기술한다. 3절에서는 시스템의 구현 사항을 기술하고, 4절에서는 안드로이드 스마트폰에 시스템을 적용한 실행 예를 보인다. 마지막으로 5절에서는 결론을 언급한다.

2. 시스템 설계

2.1 시스템 전체 구조

Fig. 1은 논문에서 개발한, 동시에 여러 명의 심박수를 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템의 전체 구조를 보여준다. 시스템은 측정대상자(이하 이용자), 착용형 심박계(HRM-1000), 이용자와 관리자(또는 헬스 트레이너)의 스마트폰, Healthcare 서버로 구성된다.

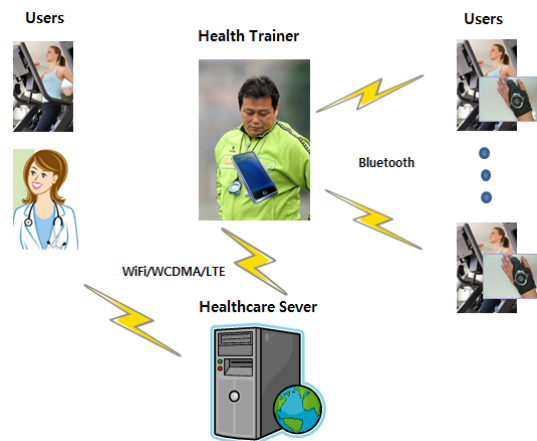


Fig. 1. Overall System Architecture

관리자 스마트폰은 이용자에게 대한 실시간 심박수 모니터링 기능은 물론 심박계와 Healthcare 서버 간의 게이트웨이 역할도 수행한다. 심박계는 주기적으로 심박수를 측정하고, 측정된 수치를 Bluetooth 통신을 통해서 관리자 스마트폰으로 전송한다. 이때 관리자 스마트폰은 여러 대의 심박계로부터 동시에 데이터를 전달받을 수 있다. 관리자 스마트폰은 전송된 심박수 수치에 기반하여 측정 대상자의 심박수를 동시에 실시간 모니터링하면서 필요한 경우에(예를 들면, 심박수 수치가 위험 수준을 벗어난 경우) 유용한 피드백을 제공한다. 측정된 심박수 수치는 관리자 스마트폰을 통해서 Healthcare 서버에 WCDMA/4G나 WiFi 통신망을 통해서 전달되어 저장되고, 관리될 수 있다. 또한, 이용자나 의료진은 자신의 스마트폰을 통해서 이 서버에 저장된 심박수 데이터를 다양한 방식으로 조회할 수 있다.

2.2 시스템 구성요소

Fig. 2는 시스템 상세 설계로서 클라이언트(이용자/관리자) 스마트폰과 Healthcare 서버 상에 탑재되는 시스템의 구성요

소를 보여준다. 시스템 구성요소는 앞서 설명한대로 Smartphone Client와 Healthcare Sserver로 구분된다. Smartphone Client는 UserInterface, ClientController, HRMonitoring, HRRetrieval, SetCandidates, PersonalInof, HRViewer, HRStore, XMLParser, XMLGenerate, GraphDisplay, WiFi/WCDMA 인터페이스, BluetoothInterface 등의 요소를 포함한다. 이러한 요소들은 안드로이드 액티비티나 자바 객체로 표현된다.

사용자가 UserInterface를 통해서 서비스를 요청하면, ClientController가 이러한 요청을 받아서 관련된 다른 요소 호출을 통해서 처리되게 하고, 그 결과를 Smartphone Client나 Healthcare Server에 전달하는 총괄 역할을 한다. HRMonitoring은 관리자에게 이용자에 대한 실시간 심박수 모니터링 기능을 제공한다. SetCandidates는 PersonalInfo를 통해서 등록된 회원 가운데서 실시간 모니터링 대상자를 선택하는 역할을 한다. BluetoothInterface는 실시간 심박수 모니터링을 위해서 심박계와 통신하면서 심박수 값을 가져오는 역할을 하며, GraphDisplay는 이러한 심박수 값들을 이용자별로 디스플레이하거나 그래프 추이도 형태로 디스플레이하는 역할을 담당한다.

또한, HRStore를 통해서 필요한 경우에 일정 시간 동안의 심박수 값들을 WiFi/WCDMA Interface를 통해서 Server에 전달하여 저장되게 한다. HRRetrieval은 Server에 저장된 심박수를 조회하는 기능을 담당한다. XMLGenerate와 XMLParser는 클라이언트와 서버 간에 메시지를 송수신하는 데 사용된다. 클라이언트에서 HRRetrieval을 통한 심박수 조회 시에 서버는 설정된 기간에 포함된 다수의 심박수 값들을 전달할 때 효율성을 위해서 XMLGenerate를 통해서 심박수 값들을 XML 문서로 포장하여 한 번에 전달한다. 또한, HRRetrieval은 서버로부터 전달된 XML 문서를 XMLParser를 이용하여 파싱하여 심박수 값들을 추출하고, 추출된 값들을 HRViewer를 통해서 디스플레이한다.

Personal Info는 회원관리를 담당한다. 회원의 인적사항을 포함하여 개인의 심박수 위험 수치와 응급 수치 등이 설정된다. 심박수 위험 수치는 개인의 최대 심박수에 근접한 값으로 운동 강도가 위험한 상태를 나타내고, 응급 수치는 개인 최대 심박수 수치로 운동을 즉시 중단해야 하는 상태를 나타낸다. 이러한 정보를 이용하여 실시간 모니터링 시에 이용자의 운동 상태가 위험 수치에 이르면 경고 메시지를 전달하고, 응급 수치에 이르면 운동을 잠시 중단하게 한다. 회

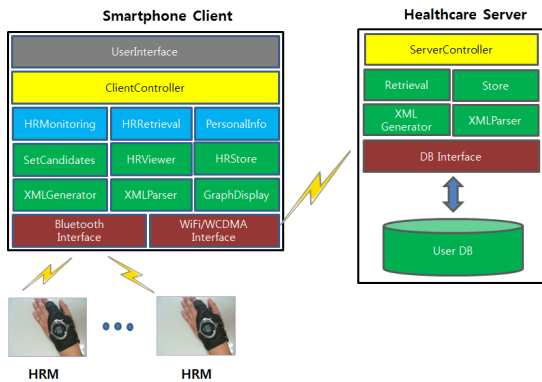


Fig. 2. System Components

원 정보는 다량의 데이터를 포함하므로 XML Generate를 통해서 XML 문서로 포장하여 서버에 전송하여 저장되게 한다.

Healthcare 서버 상의 시스템 구성요소는 ServerController, Retrieval, Store, XMLParser, XMLGenerate, DBInterface로 구성된다. Server Controller는 클라이언트로부터 전달된 요청을 처리되게 하고, 그 결과를 다시 클라이언트에게 전송하는 역할을 수행한다. User DB에는 회원의 인적사항, 심박수 수치 등의 정보가 저장되어 관리된다. 이러한 정보에 대한 클라이언트로부터의 저장 및 조회 요청이 각각 Store와 Retrieval에 의해서 수행되며, 모든 경우에 대해서 DBInterface가 관여된다. 또한, Store에는 XMLParser가, Retrieval에는 XMLGenerate가 이용된다.

3. 구현

Healthcare Server는 Windows Server 2008 환경에서 Apache Tomcat 5.5를 이용하여 구축하였고, 이용자 DB는 MySQL 5를 이용하여 구축하였다. 서버 모듈들은 이클립스 갈릴레오 패키지 개발 환경에서 Java와 JSP를 사용하여 개발하였다. JSP를 사용하여 모듈에 대한 JSP 페이지로 구성된 웹 플로우[30]를 구성하였으며, 페이지 간의 통신을 위한 JavaBean은 Java를 사용하여 개발하였다. Smartphone Client의 개발 환경을 구축하기 위해서 안드로이드 SDK 2.2 개발 도구를 이클립스 개발환경에 추가하였다. 클라이언트 모듈은 안드로이드 액티비티나 Java 객체로 구성되며, 이들은 Java로 작성되었다. 또한, XML 문서 처리를 위해서 J2SE 6.0에서 제공하는 SAX 파서[31]를 사용하였다. 개발된 클라이언트는 삼성 Galaxy S 시리즈 스마트폰과 Galaxy Tap 상에 탑재하여 테스트하였다.

다음은 구현 관련 이슈 사항으로서, 관리자 스마트폰 상에서 여러 개의 심박계로부터 동시에 여러 개의 심박수가 모니터링되는 과정에 대해서 설명한다. 이 과정에는 Fig. 3과 같이 BluetoothInterface, GraphDisplay, DBConnector의 구성요소가 포함된다. 여기서 DBConnector는 Fig. 2의 Smartphone Client에 포함된 HRStore의 서브 요소이다. BluetoothInterface, GraphDisplay는 안드로이드 액티비티로 표현되는데, Fig. 5의 (a)에서와 같이 개발된 스마트폰 앱의 메인 화면에서 'MR Monitoring'의 항목 클릭 시에 동시에 활성화된다.

BluetoothInterface는 백그라운드로 동작하면서 심박수 센

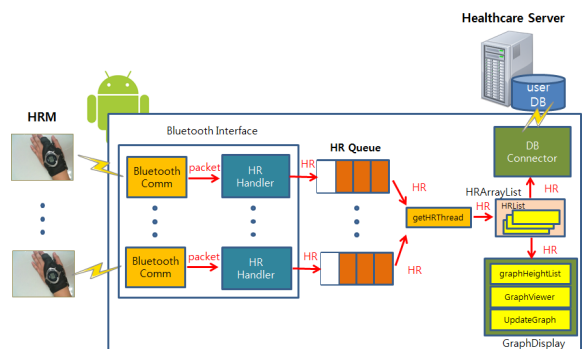


Fig. 3. HR Monitoring Process

서와의 통신을 지속적으로 담당한다. BluetoothInterface는 각 심박수 센서에 대해서 BluetoothComm 객체를 생성하고, 또한 HR Handler를 생성하여 BluetoothComm 객체에 등록한다. 따라서 BluetoothComm 객체와 HR Handler는 각 심박수 센서에 대해서 존재하게 된다. BluetoothComm 객체는 ConnectThread를 통해서 심박계와 연결을 요청하고, 심박계가 이에 응답하면, CommunityThread를 통해서 심박계로부터 데이터(이를 HR 패킷이라 한다)를 전달받고 심박계에 응답한다. CommunityThread는 심박계로부터 HR 패킷 도달 시에, 이 패킷을 등록된 HR Handler에 전달한다.

HR 패킷에는 Fig. 4에서와 같이 심박수 데이터(DATA) 뿐만 아니라 시작 표시(Start), 패킷 크기(Packet Size), 패킷 용도를 나타내는 명령어 코드(command), 전송 오류 점검을 위한 CRC(Cyclic Redundancy Check) 등을 포함한다. HRHandler는 HR 패킷으로부터 HR 값을 추출하고, 그 값을 연관된 HR Queue에 저장한다.

bytes					
Start	Packet Size	command	Device	DATA	CRC
(1)	(2)	(1)	(1)	(N)	(1)

Fig. 4. HRM-1000 Message Packet Structure

BluetoothInterface 액티비티와 동시에 GraphDisplay 액티비티도 활성화된다. 이 액티비티에는 getHRThread의 스레드가 5초 단위로 반복하면서 동작한다. 이는 HR-1000의 심박계가 5초 단위로 심박수를 센싱하고, 해당 데이터를 HR 패킷으로 전달하기 때문이다. 이 스레드는 각 반복 시에 각 HRQueue에 접근하여 최근 HR을 가져와서 HRArrayList에 저장하고, UpdateGraph 메소드를 실행시킨다. HRArrayList는 각 사용자의 HRList를 포함하며, 따라서 사용자의 HRQueue로부터 가져온 HR은 HRArrayList의 사용자 HRList에 저장된다.

UpdateGraph 메소드는 현재 사용자의 식별자를 나타내는 UserID를 이용하여 HRArrayList로부터 사용자 HRList를 가져오고, 이 HRList에 포함된 최대 12개까지의 HR 각각에 대해서 그 HR 값이 그래프 상에 표시될 때의 높이를 그래프의 최대 절대 높이에 기준하여 상대적으로 산출하여 GraphHeightList에 저장한다. 다음에, GraphViewer 객체를 생성하고, HRList, GraphHeightList, UserID를 그 객체에 전달한다. GraphViewer 객체는 HRList에 포함된 최대 12개의 HR을 가져오고, 각 HR에 대해서 GraphHeightList를 이용하여 그 HR의 그래프 높이 위치에 점으로 찍어주고, 이전 점과 선으로 연결하는 방식으로 그래프를 그린다. getHRThread가 5초 단위로 UpdateGraph를 호출하므로, 그래프도 마찬가지로 5초 단위로 갱신된다. 따라서 사용자에 대한 실시간 심박수 모니터링 효과를 갖게 된다.

관리자가 Fig. 5의 (f)와 같이 사용자별 실시간 심박수 그래프 모니터링 시에 해당 화면에 ‘HR Retrieval’, ‘Stop’, ‘Resume’, ‘Store’의 항목이 제공된다. ‘HR Retrieval’는 이전에 저장된 심박수를 조회하는 기능이고, ‘Stop’은 현재의 모니터링 상태를 일시 중단 상태에 있게 하며, ‘Resume’은 중단된 모니터링을 재개하는 기능이다. ‘Store’는 그 항목 클릭 시에 클릭 5초 이전부터 이후 30초 동안의 총 7개의

HR을 DBConnector 객체를 이용하여 서버의 데이터베이스에 저장하게 하는 기능이다.

DBConnector는 연관된 이용자의 HRList로부터 최근의 HR과 함께 앞으로 30초 동안에 들어올 HR을 XML 문서로 포장하여 서버의 저장 요소인 Store에 전달한다. 이 요소는 전달된 XML 문서를 파싱하여 7개의 HR을 추출하여 데이터베이스에 저장한다. 실시간 모니터링 중에 일순간의 HR을 저장하는 이유는 관리자가 이용자의 운동 상태를 실시간으로 모니터링 중에 이상 심박수 발생 시에 그 이전과 이후의 일정 시간 동안에 전달된 HR들을 저장하여 나중에 살펴보기 위함이다. 단지 7개만 저장하는 이유는 저장 공간의 제한성도 있지만, 심장질환자의 경우에 가슴 통증 등 증상이 발생할 경우에 그 직전의 30초 정도의 심박수 수치가 진단에서 유용한 정보가 되기 때문이다. 필요 시 HR의 저장 개수는 개인 프로파일에서 설정 및 변경 가능하다.

또한, 여러 명의 심박수 추이도를 동시에 간편하게 모니터링할 수 있도록 그래프 상의 터치이벤트를 제공한다. 즉, 좌측, 우측 방향의 화면 터치를 통해서 여러 명의 심박수 추이도를 번갈아가면서 동시에 모니터링할 수 있다. 관리자가 모니터링 중인 심박수 그래프 상에서 손가락으로 그래프를 좌측 방향으로 밀어올리면 다음 번째 이용자의 심박수 그래프가 디스플레이되며, 우측 방향으로 밀어올리면 이전 번째의 이용자의 심박수 그래프가 디스플레이된다. 터치 이벤트로 그래프의 이동 시 UserID도 함께 상응하게 변경되며, 따라서 UpdateGraph는 변경된 사용자 HRList를 HRArrayList로부터 가져오게 되고, 변경된 사용자에 대한 그래프가 그려지게 된다.

4. 실행

시스템의 주요 서비스 기능으로 사용자에게는 심박수 추이도 조회, 개인정보 조회 및 수정 등의 기능이 제공되며, 관리자에게는 사용자에 대한 실시간 모니터링, 심박수 추이도 조회, 환경 설정 및 정보관리 등의 기능이 제공된다. 이용자의 심박수 추이도 조회 기능은 이전에 기록된 심박수 수치에 대한 추이도를 그래프 형태로 제공하는 것으로 관리자의 이용자 심박수 추이도 조회 기능과 동일하다. 이용자의 환경 설정에는 사용자에 대한 심박수의 임계치 및 위험 수치 설정 등을 포함한다.

Fig. 5는 논문에서 개발한 다중 심박수 모니터링 서비스 시스템의 관리자 실행 예를 보여준다. (a)는 관리자의 스마트폰에 설치된 앱의 메인 화면을 보여준다. 이 화면은 HR Monitoring, HR Retrieval, Personal Info의 3개의 항목을 포함한다. 첫 번째 항목은 다수 사용자에 대한 심박수 모니터링 기능을 제공하고, 두 번째 항목은 사용자별로 기록된 심박수를 조회하는 기능을 제공하며, 마지막 항목은 이용자의 인적 사항 및 개인별로 측정된 위험 및 경고 수준의 HR을 등록하는 기능을 제공한다.

화면 (a)에서 첫 번째 항목 클릭 시에 (b)의 화면이 나타난다. 관리자는 이 화면에서 모니터링 대상 이용자를 탐색한다. 사용자 탐색은 상단 빈칸에 직접 이름을 입력하거나 우측에 위치한 ‘Search’ 버튼을 클릭하여 이루어진다. 화면 (c)는 (b)에서 ‘Search’ 버튼을 클릭하였을 때 나타나는 화

면이다. 이 화면은 등록된 사용자 리스트를 보여주며, 관리자는 모니터링 대상자를 단순히 해당 이름 옆에 체크를 하여 선택할 수 있다.

(c)의 화면에서 모니터링 대상자를 모두 선택하고서 하단의 'Add'를 클릭하면 (d)의 화면이 나타난다. 이 화면은 (c)에서 선택된 모니터링 대상자의 리스트를 보여준다. 관리자는 이미 선택된 이용자를 모니터링 대상자에서 삭제할 수 있는데, 이는 해당 이용자를 체크하고 하단의 'Delete'를 클릭함으로써 이루어진다. 또한, 다시 'Search' 버튼을 클릭하거나 사용자 이름을 입력하여 대상자를 추가할 수도 있다.

(d)의 화면을 통해서 모니터링 대상자가 모두 선택되어 하단의 'Next'를 클릭하면 Fig. 3의 BluetoothInterface를 통해서 관리자 스마트폰과 선택된 사용자 심박계 간에 블루투스 통신 연결이 이루어지고, 다음에 (e)의 화면이 나타난다. 이 화면은 각 사용자에 대한 실시간 심박수 수치를 보여주는데, 테이블의 한 슬롯에 한 이용자의 이름과 그 상단에 그 사용자에 대한 현재의 심박수가 표시된다. (e)의 화면에서 특정 이용자를 선택하고, 하단의 그래프 이미지를 클릭하면, (f)의 화면이 나타난다. 이 화면은 (e)에서 선택된 사용자에 대해서 최근 12개까지 측정된 HR에 대한 심박수 추이도를 그래프 형식으로 보여준다.

(f)에서는 3절에서 언급하였듯이, 사용자에 대한 심박수의 저장('Store') 및 조회('HR Retrieval') 기능, 모니터링의 중단('Stop') 및 재개('Resume') 기능을 제공한다. (e)의 화면에서 특정 이용자를 선택하지 않고서 하단의 그래프 이미지

를 클릭하면 (g)의 화면이 나타난다. 이 화면은 (f)와 유사한데, 선택된 모든 사용자에 대한 그래프 형식의 심박수 추이도를 동시에 모니터링할 수 있다는 점에서 다르다. 즉, 관리자가 화면을 왼쪽에서 오른쪽 방향으로 터치하여 슬라이드하면 다음 사용자에 대한 모니터링 화면으로 전환되며, 다시 오른쪽에서 왼쪽 방향으로 터치하여 슬라이드하면 이전의 사용자에 대한 모니터링 화면으로 전환된다. 또한, 마지막 번째 사용자 화면에서 계속해서 오른쪽 방향으로 터치하여 슬라이드하면 첫 번째 사용자에 대한 모니터링 화면으로 전환되며, 그 반대의 경우에도 적용된다.

5. 결론

논문에서는 스마트폰과 이와 연동되는 심박계를 이용하여 여러 명의 심박수를 동시에 실시간으로 모니터링할 수 있는 시스템을 설계하고, 이를 적용하기 위해서 Android 앱을 개발하였다. 개발된 앱의 효과적인 사용 예제는 피트니스 센터이다. 피트니스 센터에서 헬스 트레이너는 등록되고 운동 중인 이용자의 심박수를 동시에 실시간으로 모니터링하면서 운동 과부하에 따른 위험상황을 미연에 방지할 수 있다.

이 앱은 심박계와 스마트폰 간에 Bluetooth 통신으로 연결되어 동시에 모니터링할 수 있는 사용자 수가 제한될 수 있으나(기존의 Bluetooth 통신 이용 시 7명으로 제한), 최근에 개발된 BLE 통신을 이용하게 되면 더 많은 인원 연결

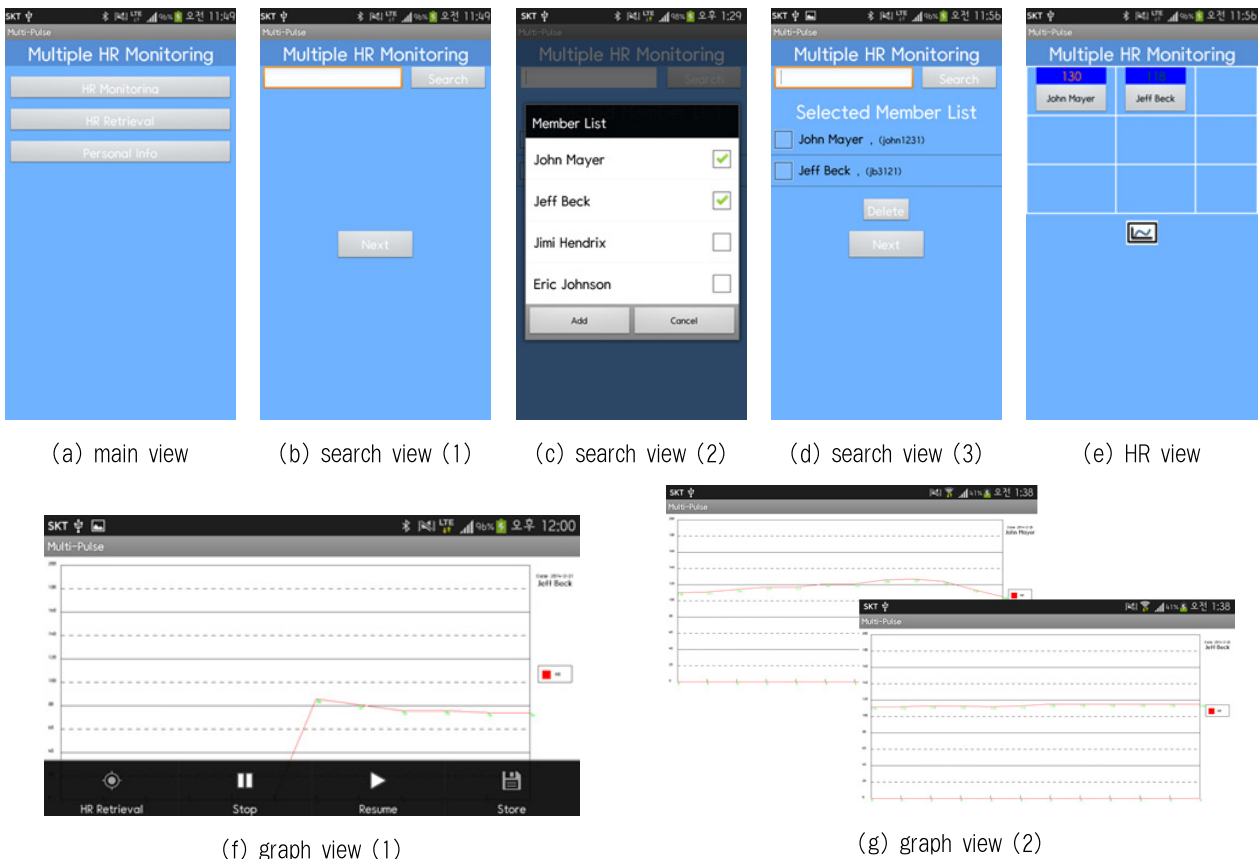


Fig. 5. Examples by Execution

가능하다. 또한, BLE 통신을 적용하면 BLE 통신을 지원하는 다른 심박계에 대해서도 그 연동이 가능하다. 이 앱의 적용은 Bluetooth 통신으로 피트니스 센터와 같은 지역적 공간으로 제한된다. 그러나 별도의 고가 장비 없이 헬스 트레이너 소유의 스마트폰에 설치된 앱을 통해 간편하게 다수 이용자들의 운동 상태를 모니터링할 수 있다는 장점을 갖는다. 물론, 앱의 실제 적용을 위해서는 [32]에서와 같은 개인 정보 보호를 위한 프레임워크가 추가로 고려되어야 한다. 논문에서는 HRM-1000 심박계의 가용성 제한으로 단지 2명에 대해서만 동시에 심박수를 모니터링하는 실험을 수행하였는데, 앞으로 다수 이용자에 대해서 확대 적용할 예정이다.

References

[1] J. Kim, S. Kim, H. Kim, et al., "Development of Implementation Strategies for u-Health Services Based on the Healthcare Professionals' experiences," *Telemedicine and e-Health*, Vol. 17, No.2, pp.80-87, 2011.

[2] X. Jouven, J-P. Empana, P. J. Schwartz, M. Desnos, et al., "Heart-rate profile during exercise as predictor of sudden death," *New England Journal of Medicine*, Vol.352, No.19, pp.1951-8, 2005.

[3] A. Diaz, M. G. Bourassa, M. C. Guertin, and J. C. Tardif, "Long-term prognostic value of resting heart rate in patients with suspected or proven coronary artery disease," *European Heart Journal*, Vol.26, No.10, pp.967-974, 2005.

[4] K. Fox, J. S. Borer, A. J. Camm, N. Danchin, R. Ferrari, J. J. L. Sendon, P. G. Steg, J. C. Tardif, L. Tavazzi, and M. Tendera, "Resting heart rate in cardiovascular disease," *Journal of the American College of Cardiology*, Vol.50, No.9, pp.823-830, 2007.

[5] P. Palatini, "Heart rate: a strong predictor of mortality in subjects with coronary artery disease," *European heart journal*, Vol.26, No.10, pp.943-945, May 12, 2005.

[6] K. A. Eagle, M. J. Lim, O. H. Dabbous, et al., "A validated prediction model for all forms of acute coronary syndrome: estimating the risk of 6-month postdischarge death in an international registry," *JAMA*, Vol.291, pp.2727-33, Jun., 2004.

[7] R. Marchioli, F. Avanzini, F. Barzi, et al., "Assessment of absolute risk of death after myocardial infarction by use of multiple-risk factor assessment equations: GISSI-Prevention mortality risk chart," *European Heart Journal*, Vol.22, pp. 2085-2103, 2001.

[8] C. Knoepfli-Lenzin, B. Haeggli, and U. Boutellier, "Optimised heart rate formulae to monitor endurance training in sedentary individuals," *Journal of Sports Science*, Vol.32, No.6, pp. 557-562, 2014.

[9] C. E. Garber, B. Blissmer, M. R. Deschenes, et al., "Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.43, No.7, pp.1344-1359, 2011.

[10] Calories Calculator [Internet], <http://www.calories-calculator.net/>.

[11] Mio Train with Heart [Internet], <http://www.mioglobal.com/>.

[12] Samsung Gear S [Internet], http://www.samsung.com/global/microsite/gears/gears_features.html/.

[13] TomTom [Internet], <http://www.tomtom.com/>.

[14] Fitbit [Internet], <http://www.fitbit.com/>.

[15] JAWBONE [Internet], <https://jawbone.com/>.

[16] SYNC Fitness Bands [Internet], <http://syncactive.com/products/fitness/>.

[17] POLAR [Internet], <http://www.polar.com/>.

[18] GARMIN [Internet], <http://www.garmin.com/>.

[19] Wahoo FITNESS [Internet], <http://www.wahoofitness.com/>.

[20] Carles Gomez, Joaquim Oller, and Josep paradells, "Overview and Evaluation of Bluetooth Low Energy: An Emerging Low-Power Wireless Technology," *Sensors*, Vol.12, No.9, pp.11732-11753, 2012.

[21] RunKeeper [Internet], <http://runkeeper.com/>.

[22] Endomondo [Internet], <http://endomondo.com/>.

[23] Runtastic [Internet], <http://www.runtastic.com/>.

[24] SPORTS TRACKER [Internet], <http://www.sports-tracker.com/>.

[25] STRAVA [Internet], <http://www.strava.com/>.

[26] Mapmy fitness [Internet], <http://www.mapmyfitness.com/>.

[27] HRM-1000 [Internet], <http://www.h3system.com/watch-ring-type-hrm-1000/>.

[28] H. Han, M-J Kim, and J. Kim, "Development of real-time notion artifact reduction algorithm for a wearable photoplethysmography," *Int'l Conf. on IEEE EMBS*, pp. 1538-1541, 2007.

[29] Bodypro [Internet], http://www.bodypro.co.kr/bbs/sub3_1.

[30] David Parsons, "Dynamic Web Application Development using XML and Java," Boston: Cengage Learning, 2008.

[31] SAXParser [Internet], <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/javax/xml/parsers/SAXParser.htm>.

[32] W. Liu and E. K. Park, "e-Healthcare Security Solution Framework", *Int'l Conf. on Computer Communications and Networks*, 2012.



하 상 호

e-mail : hsh@sch.ac.kr

1988년 서울대학교 계산통계학과(학사)

1991년 서울대학교 계산통계학과(석사)

1995년 서울대학교 전산학과(박사)

1995년~1996년 한국전자통신연구원

PostDoc.

1996년~1997년 미국 MIT PostDoc.

2005년~2006년 미국 아이오와 주립대학 방문 교수

2014년~2015년 미국 코네티컷 주립대학 방문 교수

1997년~현 재 순천향대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야: 프로그래밍언어, 유비쿼터스 컴퓨팅, M-commerce, u-Health 등