

The Companion Animal Monitoring System using Low-Power Protocol Wearable Device

Woo-Chan Kim*, Soo Kyun Kim**, Ho-Young Kwak**

*Student, Graduate School of Computer Engineering, Jeju National University, Jeju, Korea

**Professor, Dept. of Computer Engineering, Jeju National University, Jeju, Korea

**Professor, Dept. of Computer Engineering, Jeju National University, Jeju, Korea

[Abstract]

As the number of households with companion animals increases, the demand to monitor the health of companion animals in remote locations far away is increasing. We are going to put a wearable device on a companion animal so that it can monitor the heart beat signal from a remote location. However, the monitoring method using Bluetooth has some disadvantages. it can be accessed only in a short distances. In case of WiFi, large power consumption is the problem. To overcome these issues, we propose a system to reduce power consumption by indirectly receiving a user's request using Bluetooth at a time when the user does not need it, and sending sensor data through WiFi when the user makes a monitoring request.

▶ **Key words:** Wearable Device, Monitoring, Heartbeat signal, BLE, Websocket

[요 약]

반려 동물을 키우는 가구가 늘어나면서 원격지에서 반려동물의 상태를 파악하려는 수요가 늘어나고 있다. 우리는 웨어러블 디바이스를 반려동물에게 착용시켜서 심박신호를 원격지에서 모니터링 할 수 있는 것을 목표로 한다. 그러나 블루투스를 이용한 모니터링 방식은 근거리에서만 접속 할 수 있는 단점이 있고, WiFi를 통해 받아보는 방식은 전력 소모량이 크다는 단점이 있다. 이 문제를 해결하기 위해서 사용자가 필요로 하지 않는 시점에는 블루투스를 이용하여 사용자의 요청을 간접적으로 받고, 사용자가 모니터링 요청을 한 경우 WiFi를 통해 센서 데이터를 보내는 방식으로 전력 소비량을 줄이는 시스템을 제안한다.

▶ **주제어:** 웨어러블 디바이스, 모니터링, 심박신호, BLE, 웹소켓

-
- First Author: Woo-Chan Kim, Corresponding Author: Ho-Young Kwak
 - *Woo-Chan Kim (supernet29@jejunu.ac.kr), Graduate school of Computer Engineering, Jeju National University
 - **Soo Kyun Kim (kimsk@jejunu.ac.kr), Dept. of Computer Engineering, Jeju National University
 - **Ho-Young Kwak (kwak@jejunu.ac.kr), Dept. of Computer Engineering, Jeju National University
 - Received: 2020. 11. 30, Revised: 2020. 12. 22, Accepted: 2020. 12. 22.

I. Introduction

최근 반려동물을 키우는 가정이 늘어나면서 반려동물의 건강상태에 대해서 알고 싶어 하는 요구가 늘었다. 또한 동물병원에서는 수의사가 퇴근 후에 자택에서 입원한 반려동물의 상태를 실시간으로 확인하려는 요구가 있다. 따라서 본 논문에서는 원격으로 반려동물에 웨어러블 디바이스를 착용시켜 반려동물의 상태를 실시간으로 확인할 수 있도록 하는 시스템을 설계하고 구현하는 것을 목표로 한다.

현재 개발한 시나리오에서는 동물병원을 운영하는 수의사가 입원한 반려동물의 상태를 자택에서 확인할 수 있게 함으로써 반려동물에 문제가 발생했을 시에 이를 신속하게 확인하고 빠르게 대처할 수 있도록 하였다.

수의사가 자택에서 입원한 반려견의 상태를 지켜보기 위해서는 서버에 센서 데이터를 전송하고, 서버에서 자택에 설치된 클라이언트(일반적으로 스마트폰이나 태블릿, 또는 가정용 PC)로 센서 데이터를 전송하는 형태로 구성한다.

웨어러블 디바이스에서 감지한 센서 데이터 신호를 인터넷을 통해 서버로 보내야 하는 특성상 WiFi를 통한 무선 연결이 필요하다. 그러나 WiFi를 통해 센서 데이터를 보내는 과정에서 많은 전력 소비가 발생한다. 특히 웨어러블 디바이스들에서는 소형 배터리로 가급적 오래 사용이 가능하게 설계하고 구현하는 것이 가장 큰 쟁점이다.

본 논문에서는 웨어러블 디바이스를 필요한 시점에만 센서 데이터를 전송하는 형태를 기반으로 하여 저전력으로 반려견의 심박 신호를 서버로 전송하고, 그 신호를 다시 원격지에서 수신하여 모니터링 하는 시스템을 제안하였다.

II. Preliminaries

1. Related works

1.1 Wearable Device

웨어러블 디바이스[1]는 피부 가까이 착용한 후 몸에서 발생하는 신호를 측정하여 관심 있는 정보를 식별, 분석 전송하기 위한 기기이다. 웨어러블 디바이스는 손목시계부터 시작해서 이어폰, 팔찌 다양한 형태로 개발되었다. 웨어러블 기기는 일반적으로 피트니스 정보 및 건강정보를 수집하여 운동에 도움이 되는 정보를 제공하거나 건강정보를 제공하여 사용자가 건강관리를 돕도록 하고 있다.

이런 웨어러블 디바이스는 스마트폰과는 다르게, 많은 제약조건이 존재한다. 기본적으로 몸에 착용하는 장치이기 때문에 장치의 사이즈와 무게의 제약을 받게 된다. 따라서

웨어러블 디바이스에서 사용할 수 있는 디스플레이 사이즈, 연산능력, 메모리 용량, 배터리 용량에 한계가 있다.

1.2 Existing System

기존 모니터링 시스템은 사용자의 스마트폰을 통해서 웨어러블 디바이스의 센서 데이터를 블루투스 통신을 이용해서 근거리에서 확인하거나, 블루투스 통신을 이용해 근거리에서 받은 센서 데이터를 서버로 보내 수집하는 형태[2,3,4]로 연구되었다. 블루투스 통신만 이용하는 경우, 근거리에서 웨어러블 디바이스를 모니터링 해야 하는 한계가 존재한다.

그러나 우리의 시나리오에서는 원격리에 있는 반려동물에게 착용시킨 웨어러블 디바이스를 모니터링 해야 한다. 따라서 블루투스만 사용하는 경우에는 통신 거리에 한계가 존재한다는 단점이 있다.

이 문제를 해결하기 위해서 기존에 사용한 시스템은 웨어러블 디바이스가 WiFi 통신을 통해 웹소켓 프로토콜을 이용하여 서버로 직접 연결하였다. 서버로 연결된 웨어러블 디바이스는 센서로부터 센서 데이터를 측정하여, 센서 데이터가 발생 할 때마다 바로 서버로 보내도록 하였다. 서버는 서버로 전달된 센서 데이터를 서버에 접속한 클라이언트에게 센서 데이터를 대신 전달하는 방식으로 원격리에서 반려동물에게 착용시킨 웨어러블 디바이스를 모니터링 할 수 있도록 하였다. 그러나 이 시스템은 전력 소비량이 커서 적은 양의 배터리를 사용하는 웨어러블 디바이스에서는 오래 운용할 수 없다.

1.3 Bluetooth Low Energy

BLE(Bluetooth Low Energy)[5,6,7,8]는 저전력 근거리 통신 기술인 블루투스의 일부로서 저전력 및 저비용으로 근거리 무선 통신을 할 수 있도록 하는 것을 목적으로 하고 있다. 데이터를 통신하기 위해 사용하는 무선 통신 프로토콜이다.

BLE는 데이터 전송시 단위시간당 전송량(Throughput)이 최대 2Mbit/s 정도로 낮다. 그러나 BLE는 동전형 건전지를 이용하더라도 1달 또는 1년을 사용해야 하는 분야에 사용하기 위해 개발되었고, 에너지 효율성이 높은 것으로 알려져 있다.

기존 시스템의 전력 소모량을 줄이기 위해서 사용한 아이디어는 사용자가 필요한 시점에만 웨어러블을 모니터링 할 수 있도록 하는 것이다. 이를 통해서 사용자가 모니터링이 필요 없는 시점에서는 전력 소비량을 최소한으로 줄이는 방법으로 전력 소비량을 줄이는 것이다. 사용자가 웨어러블 디

바이스를 모니터링 하는 시간은 길지 않기 때문이다. 사용자가 모니터링이 필요 없는 시점에 BLE 통신 기술을 사용하여 사용자의 모니터링 요청을 기다린다면, 적은 전력만으로 사용자의 모니터링 요청을 받을 수 있을 것이다.

1.4 Websocket

웹소켓[9,10,11,12]은 클라이언트와 서버 간의 전이중 통신을 지원하는 웹 표준 프로토콜이다. 웹 표준 프로토콜이기 때문에 모바일이 대세가 된 현 시대에 웹 브라우저 및 모바일에 쉽게 적용할 수 있다. 따라서 유지보수 및 개발에 유리하다. 또한 웹소켓은 지속적으로 연결을 유지하고 양방향 통신이 가능하다. 따라서 지속적으로 발생하는 센서 데이터를 전송하기에 적합하다.

기존에 사용하던 웹 기반 기술인 HTTP의 폴링 기법을 사용한다면 일정 시간마다 지속적으로 새로운 데이터가 존재하는지 검사해야 한다. 따라서 지속적으로 많은 양의 통신이 발생하고 전력 소모량이 증가할 것이다. 이와 반대로 웹소켓을 사용하는 경우, 지속적으로 서버와 연결된 상황에서 필요한 정보만 전송하면 된다[13]. 따라서 실시간 통신에 알맞은 웹소켓을 사용하였다.

III. The Proposed Scheme

1. System Architecture

반려견의 심박 신호를 저전력으로 모니터링 하는 시스템의 구조는 Fig. 1처럼 구성되어 있다.

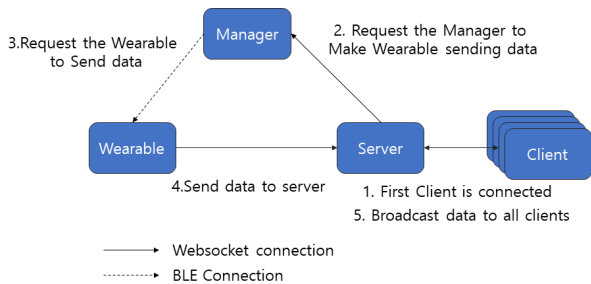


Fig. 1. Low energy Sensor data streaming System Architecture

Fig. 1의 시스템 구조는 웨어러블이 사용자의 요청에 따라서 필요한 시점에만 센서 데이터를 보내도록 하여 대기 시간동안 최대한 전력의 소모를 줄이도록 한 시스템의 구성을 나타낸다.

기본적으로 사용자의 요청에 따라서 웨어러블 디바이스의 센서 데이터를 보내기 위해서는 서버와 웨어러블 디바이스가 서로 연결되어 있어야 한다. 이 과정에서 대기 시간의 전력 소비를 줄이기 위해서 BLE 기술을 이용하여 간접적으로 서버와 통신하도록 하였다.

이것이 서로 연결되어 있어야 한다. 이 과정에서 대기 시간의 전력 소비를 줄이기 위해서 BLE 기술을 이용하여 간접적으로 서버와 통신하도록 하였다.

매니저는 우선 전원으로 연결된 디바이스로, BLE를 통해서 웨어러블 디바이스를 관리하고, 서버의 요청에 따라서 웨어러블 디바이스가 센서 데이터를 보내도록 메시지를 보낸다.

매니저로부터 스트리밍 요청을 받은 웨어러블 디바이스는 서버에게 웹소켓 프로토콜을 이용하여 서버로 연결하고, 센서 데이터를 서버로 전달하게 된다. 이렇게 전달된 센서 데이터를 서버는 연결된 모든 클라이언트에게 보낸다. 따라서 웨어러블 디바이스의 센서 데이터를 모니터링하고자 하는 모든 사용자는 원격으로 반려동물의 상태를 모니터링 할 수 있게 된다.

이후 사용자가 더 이상 웨어러블 디바이스 모니터링이 필요 없는 경우, 서버에서 웨어러블 디바이스로 스트리밍 중단 메시지를 보낸 후 연결을 중단하게 된다. 이후 웨어러블 디바이스는 다시 대기상태로 돌아가서 서버의 모니터링 요청이 발생할 때까지 전력 소모를 최대한 줄이면서 대기하게 된다.

다음으로, 센서 데이터를 서버로 전달하는 과정에서 전력 소비량을 줄이기 위해서 통신량을 줄이는 방법을 연구하였다. 본 연구에서 사용된 웨어러블 디바이스는 1초에 100회의 센서 데이터를 발생시키기 때문에 센서 데이터가 발생할 때마다 보내는 경우, 통신 횟수가 많이 발생하게 된다. 이때 발생하는 전력량을 줄이기 위해서 하나의 패킷에 최대한 많은 센서 데이터를 담아 보내도록 하였다. 이를 위해서 Fig. 2와 같이 하나의 패킷에 많은 센서 데이터를 담을 수 있는 센서 데이터 메시지 포맷을 설계한다.

일반적으로 센서 데이터를 서버로 보내는 경우에, 같은 타입의 데이터를 지속적으로 보내게 되는데, 센서 데이터의 타입을 미리 정의하고, 센서 데이터의 개수와, 센서 데이터를 바이너리 형태 늘어놓으면 공간 낭비를 줄이면서 유연하게 센서 데이터를 보낼 수 있게 된다.

0	1	2	3
Message Type (UInt16)		Payload size (UInt16)	
Data type (UInt16)		Data count (UInt16)	
Data1			
Data2			
...			

Fig. 2. Sensor data message format

센서 데이터를 보내기 위한 데이터 형식은 Fig. 2의 구조를 가지고 서버로 보내진다. 개별 센서 데이터는 리틀엔디안 형태로 인코딩되어 보내도록 하였다.

메시지 타입은 웨어러블 디바이스가 서버로 보내는 메시지의 타입을 알려주기 위한 코드이다. 본 논문에서 센서 데이터를 서버로 보내기 위해 사용하는 코드 값으로 2를 사용하였다.

페이로드 사이즈는 전체 메시지의 크기를 나타내는 코드로 메시지의 콘텐츠 크기를 바이트 단위로 나타낸다.

데이터 타입은 센서 데이터의 형태를 나타내는 코드로 이 코드를 통해서 데이터의 사이즈 및 타입을 인식하게 된다.

Table 1. Data type code of Message

Type	Code	Type	Code
UInt8	0	Int16	4
UInt16	1	Int32	5
UInt32	2	Float	6
Int8	3	Double	7

Table 1에서 메시지에서 각 센서 데이터의 타입을 식별하는데 사용되는 값을 알 수 있다. 데이터 카운트는 메시지에 포함된 센서 데이터의 개수를 나타낸다.

0	1	2	3
0x02	0x00	0x10	0x00
0x02	0x00	0x03	0x00
0x01	0x00	0x00	0x00
0x02	0x00	0x00	0x00
0x03	0x00	0x00	0x00

Fig. 3. Example of Message

Fig. 3은 임의의 예제 메시지를 위에서 설명한 메시지 형태로 표현하여 나타내었다. 각 셀 당 1바이트의 데이터를 16진수의 형태로 나타내었다. 전체 메시지를 4바이트씩 나누어 한 행으로 나타내었다. 예를 들어 2행 3열의 데이터는 7번째 바이트를 나타내게 된다.

Table 2. Example Message Value

Message Item	Value (Decimal)
Message Type	2 (Sensor data msg)
Payload Size	16 Byte
Data Type	2 (UInt32 type)
Data Count	3
Data1	1
Data2	2
Data3	3

예제 메시지인 Fig. 3의 데이터를 앞에서 제시한 센서 데이터 전송 포맷을 이용하여 해석하면 Table 2와 같이 해석할 수 있다.

제안한 센서 데이터 메시지 포맷을 통해서 하나의 패킷에 넣을 수 있는 센서 데이터의 양을 계산하여 동적으로 바꾸면서 보낼 수 있게 되었다.

2. Wearable Device and Power Tester

본 논문에서 제안한 시스템의 효율성을 실험하기 위해 구형 웨어러블 디바이스 및 전력 측정기에 대하여 서술한다.

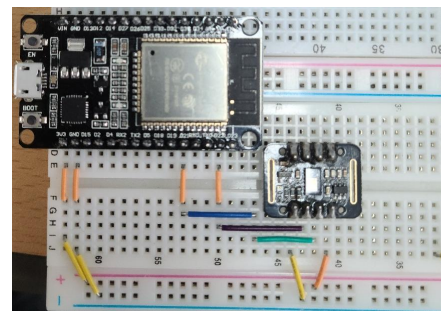


Fig. 4. Wearable Device

Fig. 4의 그림은 실험에서 사용된 웨어러블 디바이스를 보여준다. 실험에 사용된 보드는 Espressif社의 ESP32 칩을 사용한 ESP32-Devkit 라는 아두이노 호환 보드를 사용하였다. 해당 보드는 2코어 240MHz의 CPU와 4MB의 플래시 메모리, 320KB의 메인 메모리를 제공한다. 또, 블루투스 v4.2 BR/EDR 및 LE 통신을 지원하고 와이파이 통신규격인 802.11 b/g/n을 지원한다[14,15].

심박 데이터를 수집할 센서로 MAX30102 센서를 채용하였다. MAX30102 센서는 Maxim사의 심박 펄스 센서이다. MAX30102는 특정 파장의 빛을 피부에 비춰서 흡수되는 빛의 양을 측정하여 심박수와 산소포화도를 구할 수 있다[16,17]. I2C 프로토콜을 이용하여 보드와 통신하며, 내부에 존재하는 버퍼에 센서 데이터가 존재하는지 감시하면서 센서 데이터를 가져오는 형태로 센서 데이터를 센서로부터 가져오도록 구현하였다.

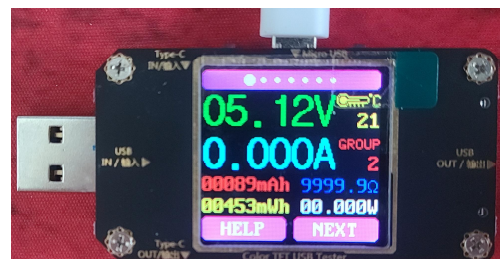


Fig. 5. USB Power Tester

Fig. 5의 그림은 실험에서 사용한 전력계이다. USB 타입을 사용하는 기기의 전력 사용량을 측정할 수 있다. 초당 2회의 속도로 전압, 전류, 저항을 구한 뒤, 사용된 전류량과 전력량을 누적하여 계산해준다. 이 측정기는 0.001A를 최소 단위로 측정할 수 있는 측정기이다.

본 논문에서는 정확한 전력 사용량을 측정하기 위해서 상전원을 이용하여 웨어러블 디바이스를 구성해서 측정하였다. 그러나 실제 구현할 웨어러블 디바이스는 3.7V의 전압을 가지고 500mAh의 용량을 가진 배터리를 사용하고 있다.

3. Measuring case

본 논문에서는 4가지 상황에 대해서 1시간 동안 전력 소모량을 측정하였다.

① 웨어러블 디바이스가 무선 통신과 관련된 기능을 사용하지 않고, 센서 데이터를 수집하는 동작만 하는 경우의 전력 소비량

② 웨어러블 디바이스가 서버에 센서 데이터를 보내지 않는 대기 상태에서의 전력 소비량

③ 웨어러블 디바이스가 기존의 시스템에서와 같이 센싱할 때마다 센서 데이터를 전송하는 경우에 소모되는 전력 소비량

④ 웨어러블 디바이스가 제안된 시스템에서 센서 데이터를 보내는 경우의 전력 소비량

웨어러블 디바이스에서 무선 통신을 사용하지 않는 경우에는 센서 데이터를 수집하는 데에만 전력이 소모되므로, 이때의 전력 소모량은 통신 과정을 개선해도 더 이상 줄일 수 없는 전력 소모량의 기준점이 된다.

웨어러블 디바이스가 대기상태의 전력 소비량은 센서 데이터를 보내지 않을 때, 대기하는 상황에서 소비되는 전력 소비량의 기댓값을 얻을 수 있다.

다음은 웨어러블 디바이스가 센싱 시 매번 센싱 데이터를 전송하는 기존 시스템에서의 경우에 소모되는 전력 소비량을 측정하였다. 기존 시스템은 간단히 구현할 수 있으며, 실시간성을 극대화할 수 있는 방법이기도 하다. 이 기존 시스템과 제안된 시스템의 효율성을 비교하기 위해서 측정을 실시한다.

또한, 웨어러블 디바이스가 제안된 시스템에서 센서 데이터를 그룹으로 묶어서 전송하는 경우의 전력 소비량을 측정하여 얼마나 전력 소모를 줄일 수 있는지 기존 사례와 비교한다.

마지막으로 배터리를 이용해 전력을 공급하는 경우, 얼마나 사용할 수 있는지 측정하여 비교하였다.

4. Measure Result

다음 표들은 각 측정 상황에 따른 전력 소비량을 1시간 동안 측정하여 전류 소비량 및 전력 소비량을 측정한 데이터를 제시한 것이다.

Table 3. Power consumption Without wireless communication & BLE

No	Current(mAh)	Power(mWh)	Volt(V)
1	70	368	5.2
2	71	371	5.21
3	71	314	5.22
4	71	373	5.21
5	71	373	5.21

Table 3은 와이파이와 BLE의 무선통신은 실행하지 않고 내부적으로 센서 데이터만 수집하고 있는 경우에 사용하는 전력량을 나타낸다.

Table 4. Power consumption in Idle state with BLE

No	Current(mAh)	Power(mWh)	Volt(V)
1	82	421	5.09
2	83	424	5.09
3	82	419	5.09
4	82	420	5.09
5	83	423	5.09

Table 4는 제안된 시스템에서 웨어러블 디바이스가 BLE만 동작하는 대기 상태일 때 소모하는 전력량을 나타낸다.

Table 5. Power consumption at existing System

No	Current(mAh)	Power(mWh)	Volt(V)
1	153	776	5.06
2	153	776	5.06
3	153	776	5.05
4	153	768	5.02
5	154	770	5.00

Table 5는 기존에 제작된 시스템에서 웨어러블 디바이스가 소모하는 전력량이다.

Table 6. Power consumption at proposed System

No	Current(mAh)	Power(mWh)	Volt(V)
1	85	430	5.06
2	84	426	5.03
3	85	430	5.04
4	84	427	5.06
5	85	433	5.05

Table 6는 본 논문에서 제안하는 시스템에서 소모되는 전력량을 나타내고 있다.

측정된 전력 소모량을 보면 기존의 시스템에서 소모되는 전력량의 평균이 773.2mWh이고, 제안된 시스템에서 소모되는 전력량의 평균이 429.2mWh로 전력 소모량이 기존의 56% 수준으로 적게 소모되는 것을 확인할 수 있었다. 또 제안된 시스템에서 그룹핑을 하지 않은 경우를 적용한 경우, 제안된 시스템에서의 데이터 전송 없이 대기만 하고 있는 경우에 소모되는 전력량(Table 4)의 평균인 421.4mWh와 제안된 시스템에서 데이터를 전송하면서 소비하는 전력량의 평균인 429.2mWh로 대기만 하는 경우에 소모하는 전력량(Table 6)과 큰 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 이는 제안된 시스템이 센싱 데이터를 그룹으로 묶어 전송하는 방식을 선택함으로써 대기만 하는 경우의 전력 소모와 큰 차이 없이 전력 소모를 줄일 수 있다는 결과를 얻었다.

3.7V의 전압과 500mAh의 용량을 가진 배터리를 사용하여 실험한 결과 기존의 시스템에서는 대략 2시간 20분 정도 사용이 가능했다. 제안된 시스템에서는 4시간 15분 정도 사용이 가능했다.

그러나 기본적으로 마이크로프로세서가 차지하고 있는 전력 소모량이 비교적 크므로 완벽한 저전력 디바이스를 구현하기 위해서는 마이크로프로세서 자체의 전력 소모를 줄이는 것이 보다 효율적일 것으로 판단된다.

IV. Conclusions

본 논문에서는 반려 동물에게 착용시킨 웨어러블 디바이스의 센서 데이터를 적은 전력 소모량으로 원격 모니터링이 가능한 시스템에 대해서 제안하였고, 이 시스템이 유효하다는 것을 실험을 통해 보였다.

제안된 시스템을 통해 반려 동물에게 착용시킨 웨어러블 디바이스의 배터리를 기존의 방식보다는 수명을 연장시킬 수 있어 배터리 교체 및 충전의 횟수를 줄일 수 있을 것이다. 그러나 본 논문에서 제안한 시스템에서는 하나의 패킷에 담을 수 있는 개수만큼 모아서 보내는 특성 상, 지연이 발생한다는 단점이 발생할 수 있다. 그러나 본 연구에서 설계된 웨어러블 디바이스는 실제 사용하는 응용에서는 발생 가능한 지연 정도는 허용할 수 있는 범위이므로 문제없이 사용이 가능하다.

향후 실시간성이 더 중요한 응용에 대해서 하나의 패킷에 담는 데이터의 개수를 줄여서 실시간성을 확보하면서도 저전력을 구현할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by the 2020 scientific promotion program funded by Jeju National University.

REFERENCES

- [1] Wikipedia, "Wearable technology", https://en.wikipedia.org/wiki/Wearable_technology
- [2] Ki-Hyun Kim, Woo-Chan Kim and Ho-Young Kwak, "Collection of Low Power Sensor Data using BLE Method", Proceedings of KSCI Conference 28, Jul 2020.
- [3] MinGoo Lee, SungHo Lee, YongKuk Park, KyungKwon Jung, "BLE based Bio Signal Monitoring System using 4-channel Temperature Sensor", Conference on IEIE, pp2018-2019, Jun 2016.
- [4] Eun-Ju Park, Do-Young Park, "Development of Wearable Physical Activity Monitoring System", Journal of Korea Institute of Information, Electronics and Communication Technology, pp34-39, 2018 Feb. DOI: 10.17661/jkiiect.2018. 11.1.34
- [5] Bluetooth SIG Inc, "Bluetooth Core Specification v5.2", 2019 Dec., <https://www.bluetooth.com>
- [6] Wikipedia, "Bluetooth Low Energy", <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>, Nov. 2020.
- [7] Ritsu Tei, Hirouki Yamazawa and Takao Shimizu, "BLE power consumption estimation and its applications to smart manufacturing", 2015 54th Annual Conference of SICE of Japan, Jul 2015, DOI: 10.1109/SICE.2015.7285303
- [8] F. John Dian, Amirhossein Yousefi and Sungjoon Lim, "A practical study on Bluetooth Low Energy(BLE) throughput", 2018 IEEE 9th Annual IEMCON Conference, Nov 2018, DOI: 10.1109/IEMCON.2018.8614763
- [9] Vangos Pterness, "Getting Started with HTML5 Websocket Programming", acorn publishing, Dec. 2014.
- [10] MDN web docs, "Websocket", <https://developer.mozilla.org/ko/docs/Web/API/WebSocket>
- [11] Young-Wook Cha, Jun-ki Jeong, Choon-Hee Kim and Kyung-Gjun Kim, "Research of Event Notification Subsystem Based on Websocket and GCM Push Services", Journal of Korean Institute of Information Technology, Oct 2016, DOI: 10.14801/jkiit.2016.14.10.123.
- [12] Lijing Zhang and Xiaoxiao Shen, "Research and Development of Real-time Monitoring System based on Websocket Technology", 2013 International Conference on MEC, DEC 2013. DOI: 10.1109/MEC.2013.6885373

- [13] Victoria Pimental and Bradford G. Nickerson, "Communicating and Displaying Real-Time Data with WebSocket", IEEE Internet Computing Vol 16, Issue 4, May 2012, DOI: 10.1109/MIC.2012.64
- [14] Espressif Systems, "ESP Series Datasheet", 2020, https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
- [15] Espressif Systems, "ESP-IDF Programming Guide", <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/>
- [16] Maxim integrated, "Recommended Configurations and Operating Profiles for MAX30101/MAX30102 EV Kits", Mar. 2018.
- [17] Maxim integrated, "Max30102 High-Sensitive Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health", <https://www.maximintegrated.com/>, Oct. 2018.

Authors



Woo-Chan Kim received the B.S. degrees in Computer Engineering from Jeju National University, Korea, in 2018, respectively. Kim joined the Department of Computer Engineering, Graduated School at Jeju

National University, Jeju, Korea, in 2018. He is interested in System software.



Soo Kyun Kim received Ph.D. in Computer Science & Engineering Department of Korea University, Seoul, Korea, in 2006. He joined Telecommunication R&D center at Samsung Electronics Co., Ltd., from 2006 and 2008.

He is now a professor at Department of Computer Engineering at Jeju National University, Korea. Dr. Kim has published many research papers in international journals and conferences. Dr. Kim has been served as Chairs, program committee or organizing committee chair for many international conferences and workshops. Also Dr. Kim is guest editor of the International Journal of "IET Image Processing" and "Multimedia Tools and Applications". His research interests include multimedia, pattern recognition, image processing, mobile graphics, geometric modeling, and interactive computer graphics. He is a member of ACM, IEEE, IEEE CS, KACE, KMMS, KKITS and KIIT.



Ho-Young Kwak received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from Hong-ik University, Korea, in 1983, 1985 and 1990, respectively. Dr. Kwak joined the faculty of the Department of Computer

Engineering at Jeju National University, Jeju, Korea, in 1990. He is currently a Professor in the Department of Computer Engineering, Jeju National University. He is interested in IT-Medical convergence, Healthcare system, IoT and Software system.