

# The Development of Bluetooth Router Capable of Communication between Broadband Network and Slave Devices for Companion Animals

Ho-Young Kwak\*, Woo-Chan Kim\*, Jin-Wook Chang\*\*

## Abstract

Currently, many households raise their companion animals for personal reasons. In this environment, the companion animal is left alone in the home, the owner of the companion animal is increasingly curious about the behavior pattern of the companion animal left alone, and there are many devices that can solve this question.

In this paper, we have designed and implemented a Bluetooth-based slave device (beacon in this paper) and a router capable of connecting to a broadband network that can observe behavior patterns of companion animals by using advanced ICT technology.

The Bluetooth router designed and implemented in this paper installs a beacon in the home, receives the beacon signal from the device and the beacon installed by the companion animal, and transmits the moving line of the companion animal to the owner of the companion animal through the broadband network, so that it can be confirmed in real time through the app for the provided smart phone.

▶ Keyword: Bluetooth, Router, Companion animal, Broadband communication, Beacon

## I. Introduction

최근 무선 통신 기술의 발전에 따라 통신 연결을 통한 다양한 기기들이 연구되고 실제 이용되고 있다. 이러한 기술의 발전과 더불어 사람에게서는 반려 동물에 대한 관심이 늘고 있으며, 반려 동물과 함께 생활하는 가정이 점점 더 증가하고 있다.

이와 같은 생활의 변화와 함께 반려동물에 대한 시장도 급성장하고 있어 새로운 산업으로 발전되어 가고 있으며, 반려 동물을 키우는 사람들의 요구도 점차 다양해지고 있다. 또한 사회적으로도 반려 동물의 분실에 따른 야생화의 문제도 심각하게 대두되고 있는 실정이다.

그동안의 반려 동물과 관련된 기기로는 반려 동물 활동량을 측정하는 간단한 형식의 활동량계나 반려동물을 위한 장난감, 그리고 동물병원용으로 생산되는 다양한 반려동물용 의료기기가 대부분이다. 이처럼 현재 출시되어 시판되고 있는 장비는 의

료용과 장난감용, 소수의 반려동물 건강을 위한 기기들이 있다.

특히 최근의 반려 동물을 키우는 각 가정에서는 반려 동물을 가족 구성원의 일원으로 생각하고 사람과 거의 동일 시 여기고 있다. 따라서 이러한 반려 동물의 건강에 대한 관심도가 어느 때보다도 높아지고 있으며, 반려 동물 주인들도 반려 동물의 의료보험제도가 정착되지 않은 이 시점에서 반려 동물의 건강에 많은 관심을 보이고 있다.

또한, 현재 많은 반려 동물을 키우는 가정이 맞벌이 등 다양한 이유로 낮에는 반려 동물만을 가정에 남겨 놓은 채 개인 사회활동을 영위하고 있다. 이러한 환경에서 반려 동물은 가정에 혼자 남겨지게 되고, 반려 동물의 주인은 홀로 남겨진 반려 동물의 행동패턴에 대한 궁금증이 증대되고 있으며, 이러한 궁금증을 해결해 줄 수 있는 기기들의 요구가 많은 실정이다.

• First Author: Ho-Young Kwak, Corresponding Author : Jin-Wook Jang

\*Ho-Young Kwak (kwak@jejunu.ac.kr), Department of Computer Engineering, Jeju National University

\*\*Woo-Chan Kim (supernet29@gmail.com), Department of Computer Engineering, Jeju National University

\*\*Jin-Wook Chang (kerimc14@gmail.com), HRG Incorporated.

• Received: 2018. 08. 30, Revised: 2018. 09. 05, Accepted: 2018. 09. 10.

• This work was supported by the Technology development Program(C0531081) funded by the Ministry of SMEs and Startups (MSS, Korea)

따라서 본 논문에서는 첨단 ICT 기술을 활용하여 반려 동물의 행동 패턴을 관찰할 수 있는 블루투스 기반의 한 슬레이브 기기(본 논문에서는 비콘)와 광대역망의 연결이 가능한 라우터를 설계하고 구현하였다.

본 논문에서 설계하고 구현한 블루투스 라우터는 가정에 비콘을 설치하고, 반려 동물이 착용하고 있는 기기와 설치된 비콘의 신호를 라우터에서 입력받아 반려 동물의 움직이는 동선을 반려 동물 주인에게 광대역 망을 통하여 전송되게 함으로써 제공된 스마트폰용 앱을 통하여 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성으로 2장에서는 관련 연구를 기술하였고, 3장에서는 제안하는 시스템을 설명하고, 4장에서는 실험 결과에 평가를 실시하였으며, 5장에서 결론을 맺었다.

## II. Related works

### 1. Bluetooth

블루투스는 마우스, 키보드, 이어폰, 노트북 등 다양한 주변 기기들을 무선으로 쉽게 연결하기 해 만들어진 근거리 개인 무선 통신(Personal Area Network) 산업표준 기술이며, 각각의 장치들이 8미터 이내의 거리에서 정보를 교환하는 데 사용할 수 있는 단거리 무선 통신 기술이다. 가장 일반적인 블루투스 장치는 노트북 및 휴대전화를 비롯하여 전화를 걸거나 음악을 듣기 위한 헤드폰, 차량용 핸즈프리, 기타 휴대기기들이 있으며, 비콘 또한 많이 사용되고 있는 블루투스 장치이다.[1]

블루투스 장치의 기능과 통신 표준을 정의하는 여러 블루투스 프로파일 있는데, 블루투스 4.0 버전은 이러한 문제들을 개선하여 전력 소모를 줄이도록 설계 되었으며, Bluetooth Classic 방식과 Bluetooth Low Energy 방식으로 동작한다. Bluetooth Class 방식은 기존의 블루투스 3.0 기술과 동일하게 데이터 전송률이 높고 전력소모가 많다. 또한 마스터, 슬레이브 방식의 관계형성을 통해 고속의 데이터를 전송한다. Bluetooth Low Energy 방식을 페어링 없이 데이터를 전송하는 것이 가능하며 iBeacon을 위한 기반 기술로 활용된다. 송신 기기에서 Advertiser는 Broadcaster로서 역할을 수행하며 송신되는 메시지는 하나 이상의 수신 기기가 observer로서 역할을 수행한다.

### 2. iBeacon

iBeacon은 Apple의 Bluetooth 기반 비콘 개념으로, Bluetooth 장치가 근거리에서 작고 정적인 데이터를 송신하거나 수신할 수 있다. 브로드 캐스터(비콘 장치)와 수신자(라우터)의 두 부분으로 구성되는데, 브로드 캐스터는 항상 "나는 여기 있고 내 ID는 ..."이라고 광고하는 반면, 수신기는 이러한 블루투스 무선 패킷을 감지하고 주변에서 얼마나 멀리 또는 멀리 떨어져 있는지에 따라 필요한 작업을 수행할 수 있도록 한다.

기술적인 관점에서 iBeacon은 해안선이 어디에 있는지를 나타

내는 것과 같은 작은 디지털 등대로 생각할 수 있다. 일반적으로 관찰자/수신기는 iOS 앱이지만 브로드 캐스터/트랜스미터는 배터리 전원 센서, USB Bluetooth Dongle, Arduino 키트, Mac 컴퓨터 또는 iOS 장치일 수 있다. 브로드 캐스터 측은 데이터만 전송한다. 표준 비콘 출력 정보는 UUID, 주 및 보조 값으로 구성된다.

또한 블루투스에 적용되는 BLE 기술을 이용하여 스마트 기기 사용자의 위치를 추적하는데 사용할 수 있다. iBeacon은 iOS 7이상을 사용하는 애플 기기와 안드로이드 4.3 이상과 BLE 통신을 지원하는 스마트 기기에서 사용이 가능하며, iBeacon은 NFC에 비해 비교적 원거리 통신이 가능하며 거리를 예측하는 것이 가능하기 때문에 실내에서 위치 기반 서비스를 제공하는데 최적화 되어 있다. 또한 송신기기와의 연동을 통해 정보를 획득하는 것이 가능하여 사물인터넷을 위한 기반 기술로서 관심이 주목되고 있다.[2-4]

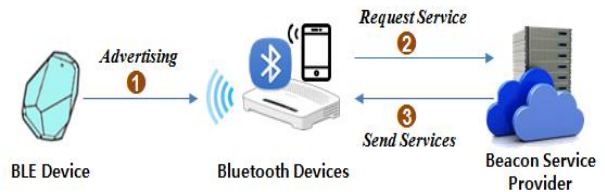


Fig. 1. Operating principle of Beacon

### 3. Wireless Router

무선 라우터를 사용하는 경우, 이 네트워크를 "무선 인프라 네트워크"라고 한다. 무선 라우터는 홈 네트워크의 주요 구성 요소인데, 무선 네트워크상의 모든 통신은 무선 라우터를 거쳐 이루어지고 이를 통해 연결된 장치들이 서로는 물론 외부와 정보를 주고받을 수 있게 된다. 대부분의 무선 라우터에는 방화벽이 내장되어 있으므로 사용자의 네트워크에 대한 무단 액세스를 방지할 수 있다.

또한 대부분의 무선 라우터는 이더넷 케이블을 사용하여 장치를 네트워크에 연결할 수 있는 방법도 제공하며, 따라서 무선 라우터가 있는 홈 네트워크의 경우 유선 및 무선 장치 모두를 홈 네트워크에 연결할 수 있게 된다. 이 무선 네트워크 중 블루투스 신호를 사용하여 연결해 주는 라우터를 블루투스 라우터라고 한다.

802.11은 IEEE에서 작성하고 관리하는 무선 네트워크 컴퓨터 통신을 처리하는 표준이다. 현재 무선 라우터에서 가장 일반적으로 지원되는 802.11 표준으로 802.11g, 802.11n, 802.11ac 등이 있다.[5-6]

## III. The Proposed System

### 1. The Concept of System design

본 논문에서 제안하는 시스템은 반려동물을 위한 시스템이다.

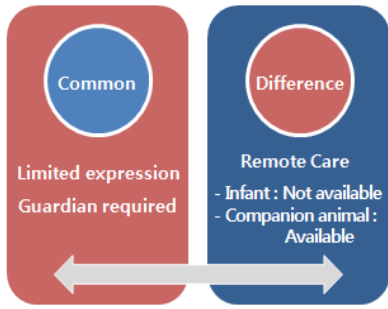


Fig. 2. Characteristics of companion animals and infants

반려동물을 유아와 비교하면 유아나 반려동물이나 모두 한정된 의사 표현이 가능하고, 보호자가 필요하다는 공통점을 가지고 있으나, 반면에 유아는 원격으로 보살피는 것이 불가능하지만 반려동물은 원격 케어가 가능하다는 특성이 있다.

Fig. 2에서 보인 바와 같이 반려동물은 의사 표현이 제한적이긴 하지만 어느 정도 원격 케어가 가능한 특성을 지니고 있다. 이러한 특성에 따라 반려동물 시장에서는 반려동물 장난감이나 캠을 통하여 원격으로 통신하는 제품이 선을 보이고 있다.

Table 1. Goal of development system

Competitive Products	Distance measuret	Inter-device comm.	Broadband connection	Use
Cassia Hub	X	X	O	Speaker repeater
Xlink BT	X	X	O	Broadband connection
aurisbluMe	X	X	O	Speaker repeater
Proposed Router	O	O	O	Broadband connection Slave communication

또한 Table 1에서 보인 바와 같이 반려동물을 위한 기기들을 접속할 수 있는 기존 제품들과 성능과 용도에서 특징을 지닌 블루투스 라우터를 설계하였다. Fig. 3은 반려동물용 블루투스 라우터의 설계 특징을 정리한 것이다.

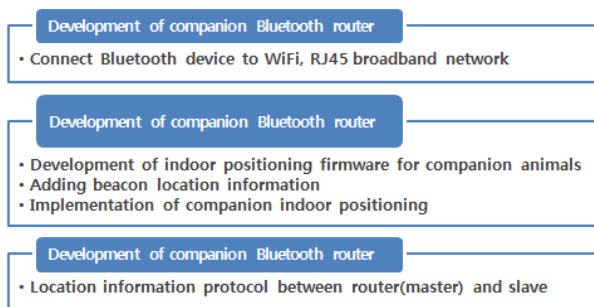


Fig. 3. The Features of the proposed Bluetooth router

## 2. System Configuration

블루투스 라우터를 사용하여 동작하는 전체 시스템 구성도는 Fig. 4와 같으며, 다음과 같이 동작한다.

(1),(2) 반려 동물의 움직임에 따라 실내에 부착되어 있는 2개의 비콘과 반려 동물 목에 채용한 활동량계의 블루투스 신호를 라우터에서 감지하여 3각 측량법을 통하여 반려 동물의 위치를 파악한다.

(3) 파악된 반려 동물의 위치에 따라서 스마트토이나 사료급식기, 반려 동물용 카메라가 동작할 수 있도록 블루투스 라우터에서 신호를 전송한다.

이와 같이 동작하는 시스템을 통하여 가정에 보호자가 없는 상황에서도 반려동물을 활동하게 하거나 외로움을 달래줄 수 있게 되며, 그 이용 사례는 다음과 같다.

(1) 스마트 토이가 반려동물이 접근할 경우 회피 동작을 할 수 있게 하여 반려동물의 활동량을 증대 시키고 주인이 집에 없는 동안에 홀로 남겨져 있는 외로움을 줄일 수 있도록 한다.

(2) 반려동물용 카메라에 반려동물이 접근하는 경우, 이를 감지하여 카메라가 작동하게 하고, 이때부터 반려동물 주인에게 화상통신이 가능하도록 할 수 있다.

(3) 사료급식기를 원격에서 제어할 수 있도록 하여 사료 급식이나 활동량 체크가 가능하도록 한다.

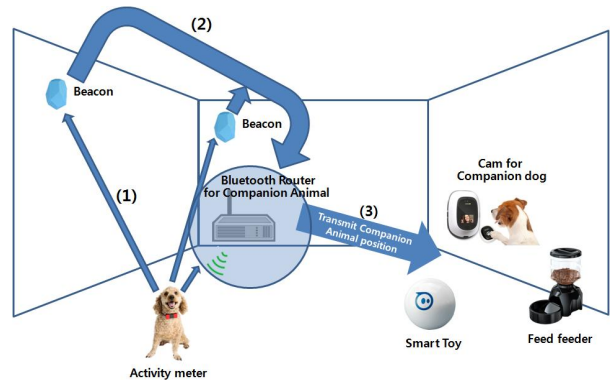


Fig. 4. The configuration diagram of proposed system

이상에서와 같이 반려동물과 관련된 기기를 제어하거나 통신을 하기 위해서는 블루투스 라우터가 필요하다. 따라서 본 논문에서는 Fig. 5와 같이 블루투스 라우터를 설계하였다.

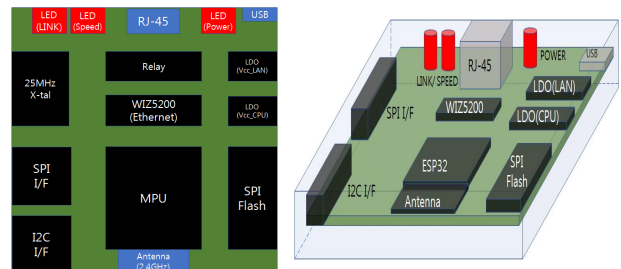


Fig. 5. PCB drawing and structural drawing for Router

Fig. 6은 반려 동물 활동량계와 블루투스 라우터 그리고 스마트토이 사이의 동작 신호의 흐름을 보인 것이다.

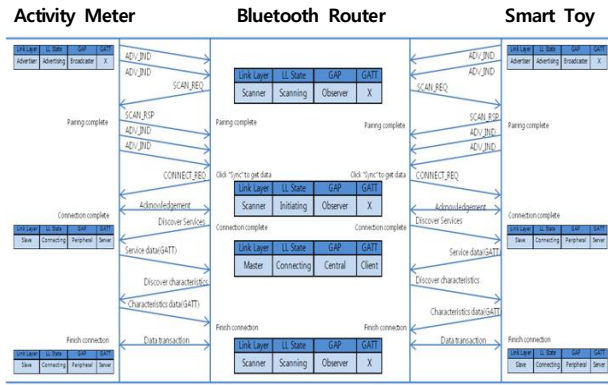


Fig. 6. The signal flow diagram of between router and activity checker and smart toy

### 3. The Implementation of Bluetooth Router

블루투스 라우터를 구현하기 위해서 다음 Fig. 7과 같은 절차를 거치고, Fig. 8과 같은 모듈들을 구현하여 블루투스 라우터를 구현하고 제작하였다.

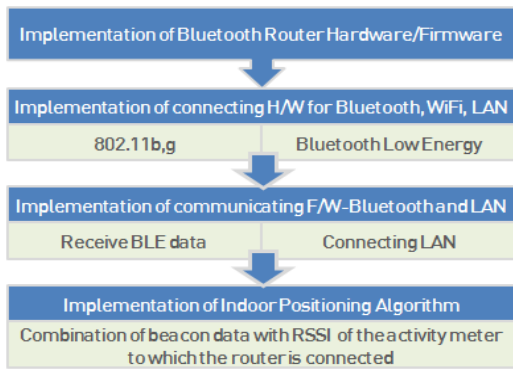


Fig. 7. The development procedure for Bluetooth router



Fig. 8. The implemented Bluetooth router

### 4. The Implementation of Indoor Positioning Algorithm by Triangulation Method

블루투스 라우터를 이용하여 반려 동물의 위치를 알아내기 위해서 다음 Fig. 9의 절차를 통해서 비콘들과 디바이스들이 최초 설치된 위치에서의 초기 위치 값을 결정한다. 일단 세 개의 비콘을 삼각형 형태로 위치시키고 한 지점을 정하여 초기 위치 설정 앱을 실행시킨다. 실행된 앱에서 최초 위치를 확인하는 버튼을 눌러 셋팅을 하고, 최초 위치에서 각각 우측으로 1m, 좌측으로 1m, 앞으로 1m 움직이면서 “설정” 버튼을 눌러 위치 값을 기억시킨다.

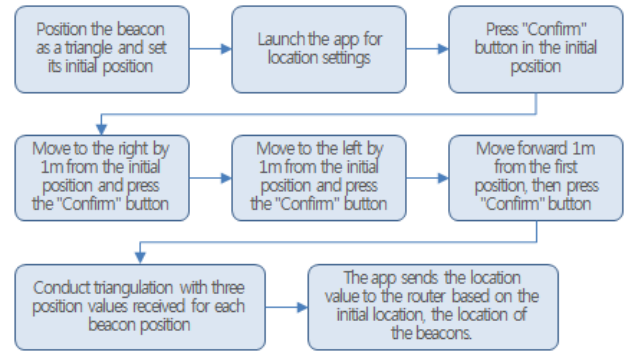


Fig. 9. Procedures for locating companion animals using routers and beacons

이렇게 최초로 설정된 비콘 신호 값들과 최초의 위치에서 RSSI 값을 통하여 거리를 확인하고, 반려동물이 착용한 기기에서 비콘의 신호 값을 수신한 후 이를 블루투스 라우터로 전송한다. 블루투스 라우터에서는 수신된 3 개의 비콘의 신호 값을 이용하여 삼각측량법을 통해 반려동물의 위치를 계산한다. 반려 동물의 위치를 계산하는 삼각 측량법은 Fig. 10과 같다.

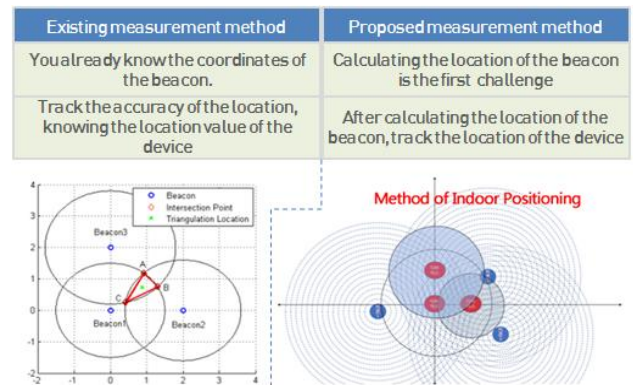
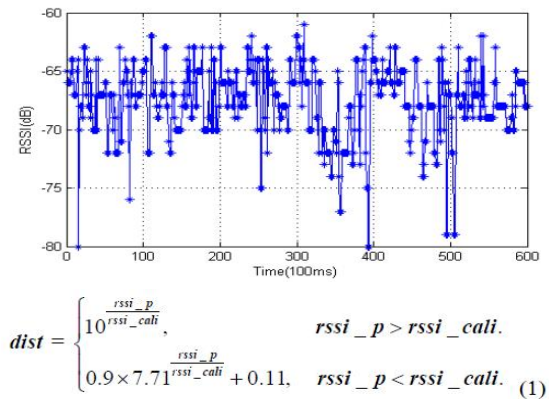


Fig. 10. The implemented Bluetooth router

기존의 측량법은 Fig. 10의 좌측과 같이 3개의 비콘으로부터 출력되는 전파 신호가 교차되는 점들을 찾아 3개의 교차점을 이용하여 삼각 측량을 실시하였다.





**Algorithm - Kalman Filtering:**  
input: calculated distance  $dist$ ;  
output: estimated distance  $d$ .

1. Initial  $A$ ,  $H$ ,  $r$ ,  $p$ ,  $q$  and  $d$ ;
2. WHILE True DO
3.   Input  $dist$ ;
4.    $d = A \times d$ ;
5.    $p = A \times A \times p + q$ ;
6.    $gain = \frac{p \times H}{p \times H \times H + r}$ ;
7.    $p = (1 - gain \times H) \times p$ ;
8.    $d = d + gain \times (dist - H \times d)$ ;
9.   Output  $d$ ;
10. END WHILE

Fig. 11. Received RSSI values in 1m distance and A method of calculating distance using Kalman filtering.

그러나 본 연구에서는 비콘의 위치가 사용의 의지에 따라 임의의 장소에 놓이게 되므로 3개의 비콘을 중심으로 Fig. 10의 우측 그림에서 붉은색 측정 기준점을 이용하여 Fig. 9에서 제시한 절차를 통하여 RSSI 값을 수신하고, 이를 거리로 환산한 다음, 환산된 거리 값으로 3각 측량법을 이용하여 위치를 고정한다. 이후 각 디바이스들이 비콘 신호를 받아 3각 측량법으로 좌표 값을 계산함으로써 각 디바이스들의 실내 위치를 파악할 수 있게 한다.

Fig. 11은 1m의 거리에서 측정된 RSSI 값으로부터 칼만 필터를 이용하여 거리 값으로 변환하는 방법이다.[7-12]

## IV. Results and Evaluation

### 1. Results

본 논문에 제안한 블루투스 라우터는 3개의 비콘들을 초기에 연결을 활성화 시키고, 실내에 부착된 비콘의 위치를 파악함으로써 블루투스 라우터가 3개의 비콘과 연결된 정보를 서버로 전송한다. 서버에 저장된 비콘의 정보는 UUID, Major, Minor, x 좌표, y 좌표를 한 세트로 하여 3개의 비콘에 대한 정보가 저장된다. 이렇게 저장되는 비콘 정보는 Fig. 12에 보인 바와 같이 하나의 비콘에 대한 정보는 콜론(:)으로 구분하고, 비콘과 비콘의 정보 구분은 콤마(,)로 구분하는 형식의 문자열로 전송된다.

UUID:Major:Minor:X:Y,UUID:Major:Minor:X:Y,UUID:Major:Minor:X:Y

Fig. 12. Stored beacon data through Bluetooth router

전송된 데이터를 라우터에서 수신하여 서버로 그 데이터를 다시 전송하여 Fig. 13에서 보인 것처럼 사용자에게 앱/웹에서 실시간으로 반려 동물의 위치를 인식할 수 있도록 하였다. 라우터가 서버로 다시 위치 데이터를 전송하는 것은 반려 동물의

움직임을 기록하여 향후 운동량이나 움직인 궤적 등을 추적할 수 있게 함이다.

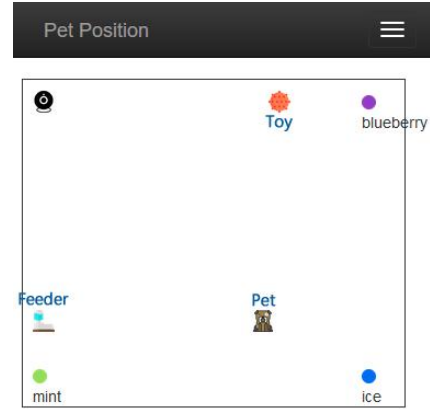


Fig. 13. App/Web Display

Table 2는 개발된 시스템의 목표치를 보인 것이며, KC인증을 통해 개발된 라우터를 공식 인증 받았다.

Table 2. Goals of development system

Item	unit	Goal	How to measure
Sensitivity	dBm	> 80dBm	By Bluetooth RF Test specification 4.0
Connectable Distance	M (meter)	100m	Open Site 1. RSSI Level 2. Connection test 3. Speed test
Concurrent access	Device	7	Open Site 1. RSSI Level 2. Connection test 3. Number of simultaneously connected devices

## V. Conclusions

첨단 ICT 기술을 활용하여 블루투스 비콘 기술과 블루투스 라우터 및 스마트토이 등의 기기를 연결하여 반려 동물의 행동 패턴을 관찰 또는 운동 등 다양한 관리가 가능한 블루투스 기반의 슬레이브 기기와 광대역망의 연결이 가능한 라우터를 설계하고 구현하였다.

본 논문에서 설계하고 구현한 블루투스 라우터는 가정에 비콘을 설치하고, 반려 동물이 착용하고 있는 기기와 설치된 비콘의 신호를 라우터에서 입력받아 반려 동물의 움직임은 동선을 반려 동물 주인에게 광대역 망을 통하여 전송되게 함으로써 제공된 스마트폰용 앱 또는 웹 페이지를 통하여 실시간으로 확인할 수 있도록 하였다. 또한 반려동물의 움직임 데이터를 서버로 전송하여 기록함으로써 향후 반려 동물의 움직임 추적을 통한 질병 예방, 행동 패턴 분석 등이 가능하도록 구현하였으며, 개발품의 공인기관 인증을 통한 신뢰도를 확보하였다.

개발된 라우터는 스마트토이와 사료급식기, 반려동물용 카메라 등과 연동하여 반려동물 보호자가 없는 환경에서도 반려동물을 돌볼 수 있도록 하는 시스템을 확장할 계획이다.

## REFERENCES

- [1] <https://ko.wikipedia.org/>
- [2] Jun-Hyuk Lee, "Electronic Attendance System Using BLE Advertising Function of Smartphone", Journal of Fusion Research, Vol.8, no.1, pp. 7-12, January 2017.
- [3] <http://www.beaconsandwich.com>
- [4] <https://estimote.com>
- [5] B. C. Jeon, G. S. Choi, J. J. Jang, "Implementation of Home Monitoring System Using a Vacuum Robot with Wireless Router", Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication, Vol.8 No.5, pp.73-80, May 2008.
- [6] Deng Lin, Y. G. You, "High Performance 32-bit Embedded AES for Wireless Network Router Applications", Journal of the institute of electronics engineers of Korea, Vol.47 No.11, pp.97-104, November 2010.
- [7] Song Chai, Renbo An and Zhengzhong DuAn, "Indoor Positioning Algorithm Using Bluetooth Low Energy RSSI", International Conference on Advanced Material Science and Environmental Engineering(AMSEE), Vol.1, pp.276-278, October 2016.
- [8] Zhai, Di, and Zihuai Lin, "RSS-based indoor positioning with biased estimator and local geographical factor", Telecommunications(ICT), 2015 22<sup>nd</sup> International Conference on. IEEE, April 2015.
- [9] S. Y. Cho, "A Modified Residual-based Extended Kalman Filter to Improve the Performance of WiFi RSSI-based Indoor Positioning", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems 21.7:684-690, July 2015.
- [10] Lin, Xin-Yu, et al. "A mobile indoor positioning system based on iBeacon technology", Engineering in Medicine and Biology Society(EMBC), 37th Annual International Conference of the IEEE. IEEE, August 2015.
- [11] J. Zhu, K. Zeng, K Kim, P. Mohapatra, "Improving crowd-sourced wi-fi localization systems using bluetooth beacons", Sensor, Mesh and Ad Hoc Communications and Networks, pp. 290-298, June 2012.
- [12] M. Altini, D. Brunelli, E. Farella, and L. Benini, "Bluetooth indoor localization with multiple neural networks", 5th International Symposium on Wireless Pervasive Computing, pp. 295-300, June 2010.

## Authors



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.



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.



Jin-Wook Chang received the B.S. degrees in Electrical Engineering from Sungkyunkwan University, Korea, in 2004. Chang joined the LG electronics Multimedia research laboratory, Korea, in 2004, where he has served as the researcher. He is currently

a research director, HRG Inc. He is interested in pet and livestock internet of things.