

The Design and Implementation of Dog Loss Prevention Device Combining Wireless Communication and GPS Technology

Ho-Young Kwak*, Jin-Wook Chang**, Jisoon Huh***

Abstract

Recently, as the number of families raising dogs has increased, cases of lost dogs have frequently occurred. According to US statistics, 5% of the total dogs are reported to be alive, with only 18% reporting to their owners. Therefore, a device for preventing the loss of dogs is needed, and the demand for the market is rapidly growing. Therefore, it is necessary to develop a lost device for dogs.

In this paper, we developed a loss prevention device that combines low-power broadband wireless communication technology, LoRa communication method, and GPS positioning technology. The result of this study is expected to prevent the loss of dogs. It is also expected that social problems will reduce the problem of lost dogs.

▶ Keyword: Loss dog, Prevention Device, LoRa, GPS, Wireless communication

I. Introduction

최근 반려 동물들과 함께 생활하는 가정이 점차 증가확산되고 있으며, 반려 동물에 대한 관심도 크게 늘고 있다. 이와 같은 생활의 변화에 편승하여 반려 동물과 관련된 시장도 급성장하고 있고, 반려 동물 산업이 하나의 새로운 산업으로 발전되고 있다.

따라서 반려 동물과 함께 생활하는 사람들의 요구들도 매우 다양해지고 있으며, 사회적으로도 반려 동물에 대한 여러 가지 이슈가 제기되고 있다. 그 중 하나의 문제가 반려견 분실에 따른 야생화 되어 들개 무리화 됨으로써 사람들의 생활에 큰 불편을 주는 문제도 심각하게 대두되고 있다.

최근 반려견을 키우는 가정이 늘면서 그에 따른 반려견의 분실 사례가 빈번하게 발생하고 있다. 이러한 사례와 관련하여 대한민국은 아직 반려견 분실과 관련하여 통계자료가 충분하지 않으며, 이에 반해 반려견 숫자가 전 세계 1위인 미국 (6천9백만 마리, AVMF(American Veterinary Medical Foundation) 발표)의 The American Society for the prevention of cruelty to Animal의 자료에 따르면 미국에서만 전체 반려견 중 5%인 3,300,000 마리가 유기되며, 그 중에서 18%(62만 마리)만이 주인에게 다시 돌아가고

있다고 보고되고 있다(Table 1 참조)[1].

Table 1. The status of lost companion animals

Division	Dogs	Cats
Number of lost animals	3,300,000	3,200,000
Number of adopted animals	1,600,000	1,600,000
Number returned to owner	620,000	90,000
Rate of return to owner	18%	2.8%

<Source: The American Society for the Prevention of Cruelty to Animal>

이처럼 유기견 중 주인에게 되돌아가는 확률이 현저히 떨어지고 있는 것을 알 수 있으며, 주인에게 돌아가지 못한 유기견들이 사람들의 생활에 불편을 주고 있어 이에 대한 해결 방안 모색이 시급한 실정이다.

사회적으로 야기되고 있는 유기견 문제를 해결하기 위해서도 반려견이 분실되는 것을 예방할 수 있는 기술의 개발이 필요하며, 그에 따른 시장의 요구도 급성장하고 있어 반려견 분실

• First Author: Ho-Young Kwak, Corresponding Author : Jisoon Huh

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

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

***Jisoon Huh (nsdrhuh@jejunu.ac.kr), Department of Neurosurgery, School of medicine, Jeju National University

• Received: 2019. 01. 14, Revised: 2019. 02. 14, Accepted: 2019. 02. 18.

• "This research was supported by the 2018 scientific promotion program funded by Jeju National University"

방지 장치의 개발이 필요한 시점이다. 특히, 세계 PET 관련 바이어들의 분실방지 장치에 대한 요구가 급속도로 늘고 있어 산업화에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

본 논문에서 개발하고자 하는 반려견 분실 방지장치는 저전력 광대역 무선통신기술인 LoRa 통신 방식과 GPS를 이용한 위치 추적기술을 융합한 분실방지 장치를 개발하고자 한다.

그동안의 반려 동물과 관련된 다양한 기기들이 제품으로 생산되고 있으며, 반려 동물 분실 방지를 위한 장치는 4가지 정도의 제품이 시판되고 있으나 배터리 사용 시간 및 가격 경쟁력에서 소비자의 만족을 이끌어 내지 못하고 있다.

본 논문에서 설계하고 구현한 반려 동물 분실 방지 장치는 반려 동물에게 직접 착용하는 형식의 웨어러블 기기와 기존의 무선통신망 LoRa와 GPS 신호를 연동하여 웹이나 앱을 통하여 실시간으로 반려 동물의 위치를 파악할 수 있게 하였다.

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

II. Related works

1. Domestic/Foreign Related Technology and Market Status

Table 1에서 보인 바와 같이 반려 동물 분실은 미국으로 한정하더라도 연간 6백만 건이 넘어서고 있으며, 그 결과로 반려 동물에 대한 위치 추적 시장 또한 급성장하고 있다. Grand View research의 Pet Wearable Market 자료에 따르면, 반려 동물 위치 추적 시장은 2021년 8,350억 원으로 예상되고 있다.

Table 2에서 보인 바와 같이 반려 동물의 증가는 반려 동물의 분실과 연관되고, 반려 동물의 분실은 Pet 위치추적(GPS) 시장의 성장으로 연결되고 있음을 확인할 수 있다[2].

Table 2. Companion animal site tracking market growth

Source	Contents	Statistics
Grand View Research	2021, Pet Wearable Market size	USD 2 billion (4,300 billion won)
	Share of pet location tracking (Among the whole market of pet wearables)	34.8%
	Size of Pet Location Tracking Market	Expected in 2021 Worldwide, 835 billion won

Table 3. Analysis of existing products

product name	GPS	Battery lifetime	Subscription fee	Price
Paw Tracker	O	2~5 days	USD 9.95	USD 99
Gibi Pet locator	O	1~4 days	USD 9.95	USD 99
Tractive	O	2~4 days	USD 9.95	USD 129
Whistle	O	2~6 days	USD 9.99	USD 99

Table 3에서 보인 바와 같이 기존의 제품들은 CDMA 모듈을 채택하고 있어 배터리 사용 시간이 매우 짧으며, CDMA 통신 모듈에 대한 월 사용료와 제품 가격이 모두 비싸다는 점을 단점으로 지적할 수 있다. 또한 이를 이용하기 위한 사용자의 가입비 등이 있다는 것도 소비자에게는 불리한 점으로 판단된다.

따라서 본 논문에서 설계하고 구현한 장치는 기존 제품의 가격대비 70% 정도로 가능하며, 저전력 통신인 LoRa 통신 모듈을 채택함으로써 배터리 소모 기간 또한 2개월까지 증가 시켜 사용할 수 있게 함으로써 경쟁력을 갖게 하였다.

2. LoRa Communication

LoRa는 Long Range Low Power 무선 플랫폼으로서 920Mhz 대역의 주파수를 사용하는 무선통신 기술이다. LoRa를 이용한 사물인터넷 시나리오는 현재 사용되고 있는 CDMA/LTE 모뎀 방식의 사물인터넷 시나리오와 유사한 목적으로 활용될 수 있으나 접근성이 훨씬 더 수월한 편이다. 있다.

LoRa를 이용하는 방식과 CDMA/LTE 모뎀을 이용하는 방식은 공통적으로 네트워크 환경이 용이한 실내 보다는 네트워크가 구축되어 있지 않은 야외나 네트워크 구축이 힘든 실내 환경에 활용될 때 많은 장점을 제공하고 있다.

LoRa를 이용하여 사물인터넷 시나리오를 구축할 경우에는 SKT의 ThingPlug 서버가 데이터를 수집해 주고 장치 제어를 중재해 주기 때문에 모뎀과 전화선 또는 전용 서버가 없어도 원격지 장치의 데이터를 수집하거나 제어하는 작업이 가능하다는 장점이 있다. 예를 들어, 스마트폰만으로도 원격지 센서 네트워크를 모니터링 하거나 제어하는 것이 가능하며, 010 번호가 할당될 필요가 없기 때문에 기존의 CDMA/LTE와는 달리 번호 자원의 소진을 걱정할 필요가 없다. 즉, 사물인터넷 시나리오를 구축하는 데 있어서, 비용과 시간이 덜 들게 되고, 신속하게 원하는 시나리오를 구축할 수 있다[3-4].

3. GPS [5]

GPS(Global Positioning System) 또는 범지구위치결정시스템은 현재 GLONASS와 함께 완전하게 운용되고 있는 범지구 위성항법시스템이다. 미국 국방부에서 개발되었으며, 공식 명칭은 NAVSTAR GPS(NAVSTAR는 약자가 아니지만 종종 NAVigation System with Timing And Ranging 이라고 하기도 한다.)이다. 무기 유도, 항법, 측량, 지도 제작, 측지, 시각 동기 등의 군용 및 민간용 목적으로 사용되고 있다.

GPS에서는 중궤도를 도는 24개(실체는 그 이상)의 인공위성에서 발신하는 마이크로파를 GPS 수신기에서 수신하여 수신기의 위치 백터를 결정한다. GPS 위성은 미국 공군 제50우주비행단에서 관리하고 있었으며, 노후 위성의 교체와 새로운 위성 발사 등 유지와 연구, 개발에 필요한 비용이 연간 약 7억5천만 달러에 이른다. 그러나 GPS는 전 세계에서 무료로 사용 가능하다.

GPS 수신기는 세 개 이상의 GPS 위성으로부터 송신된 신호를 수신하여 위성과 수신기의 위치를 결정한다. 위성에서 송신

된 신호와 수신기에서 수신된 신호의 시간차를 측정하면 위성 과 수신기 사이의 거리를 구할 수 있는데, 이때 송신된 신호에는 위성의 위치에 대한 정보가 들어 있다. 최소한 세 개의 위성 과의 거리와 각 위성의 위치를 알게 되면 삼변측량에서와 같은 방법을 이용해 수신기의 위치를 계산할 수 있다. 그러나 시계가 완전히 정확하지 않기 때문에 오차를 보정하고자 보통 네 개 이상의 위성을 이용해 위치를 결정한다.

III. The Proposed System

1. The Concept of System design

본 논문에서 제안하는 시스템은 저전력 LoRa 무선 통신[6] 과 GPS 수신 기능을 갖추고 있는 웨어러블 디바이스[7-8]를 설계하고 구현하여 반려 동물의 위치를 추적 가능하게 함으로써 반려 동물의 분실 방지가 가능한 시스템이다[9].



Fig. 1. System configuration diagram

Fig. 1에서와 같이 반려동물이 목에 걸거나 반려 동물 의류에 부착하여 착용하고 있는 웨어러블 위치 추적기가 현재 반려 동물의 위치를 GPS 값을 LoRa 통신을 이용하여 서버로 전송하면 서버로부터 그 내용을 반려 동물의 주인의 스마트폰이나 PC에서 확인할 수 있도록 한다. 이 시스템은 AP(Access Point)와 리피터(repeater)가 필요 없는 LoRa 통신 방식을 적용함으로써 웨어러블 디바이스의 전력 소모를 최소화하는 것이 가능하다[10]. 따라서 웨어러블 장비들의 가장 핵심 문제인 배터리 사용시간을 최대화할 수 있도록 하였다. 아울러 본 시스템을 이용할 수 있도록 하는 웨어러블 장치와 연동된 소프트웨어 시스템을 구현하였다.

2. System Configuration

Fig. 2는 웨어러블 트래커 장치의 구성도를 보인 것이다. Fig. 2에서 보인 바와 같이 웨어러블 장치는 기본적으로 LoRa 모듈, ARM-CORE, 6축 자이로 센서[11-12], GPS 수신 모듈 등으로 구성되어 있다. 특히, 6축 자이로 센서 모듈의 추가는 향후 반려 동물의 행동 파악을 위해 미리 설계하여 구성하였다. LoRa 모듈은 UART, SPI통신 방식을 적용하여 하드웨어 인터페이스를 구성하였으며, UART, SPI 하드웨어 인터페이스 완료 후, LRW 커맨드 방식의 펌웨어를 포팅하였다.

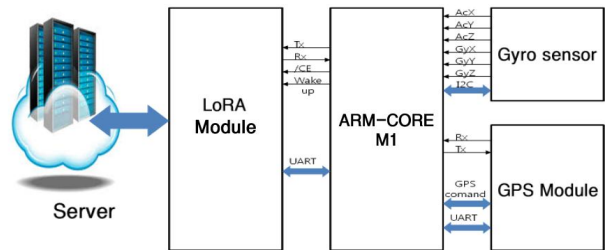
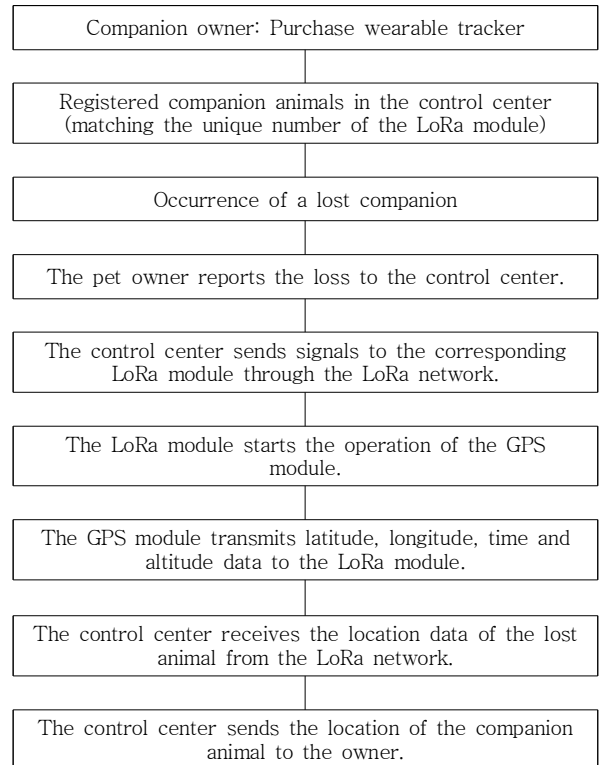


Fig. 2. Construction diagram of wearable device

GPS 모듈은 소형견에도 부착할 수 있도록 소형화하였으며, 소형화 시 안테나 공간 확보 부족으로 발생할 수 있는 RF 감도 문제를 해결하였다. 특히, GPS모듈의 웨어러블 트래커 내부의 부품별 전자파 간섭과 안테나 성능을 확보하도록 설계하였다. 본 웨어러블 트래커는 다음과 같은 사용 시나리오를 통하여 동작한다.



본 논문에서 구현된 시스템은 위의 시나리오에 따라 다음과 같이 동작한다.

- ① 반려 동물은 개발된 웨어러블 장치(Tracker)를 착용한다.
- ② 반려 동물이 이동하는 위치의 좌표 값을 GPS 위성으로부터 위치 정보를 수신하여 ARM-CORE 모듈로 보낸다.
- ③ 6축 자이로 센서를 통해 측정된 반려 동물의 움직임 정보를 ARM-CORE 모듈로 보낸다.
- ④ ARM-CORE 모듈에서는 수신한 GPS와 6축 자이로 센서 값과 반려 동물의 고유정보(ID, 이름, 종류, 나이, 주인 연락처 등)를 합성하여 LoRa 모듈을 통해 서버로 실시간 송신한다.
- ⑤ 서버에 수신된 반려 동물 위치 정보를 이용하여 반려 동물 주인은 스마트폰 앱이나 PC용 웹을 통하여 항상 반려 동물의 위치를 추적할 수 있도록 한다.
- ⑥ 추적 기능이 활성화 되어 있는 경우에는 반려 동물 주인이 설정한 주인과 떨어질 수 있는 최대 거리를 설정하여 설정 거리 이상 이탈할 경우 알람을 울리는 동작을 한다.

3. The Implementation of Wearable Tracker PCB

웨어러블 트래커를 구현하기 위해서 Fig. 3과 같이 LoRa 모듈의 기능을 설계하였다.

- ① 전원 공급용 배터리: 배터리는 충전 가능한 배터리를 채용하도록 하였으며, 이 충전 배터리를 위해서 충전 모듈을 채용하였다.
- ② LoRa 모듈 : 저전력 통신을 위한 모듈을 채용하였다.
 - : LDO(300mA Torex) 구현
 - : Max 1000mAh charging circuit
 - : 915MHz 대역 RF 회로 구성(RFM95 one chip 탑재)
- ③ 플래시 메모리 : 기본적으로 실시간 Lora 무선 통신으로 서버로 데이터를 전송하지만, off-line에서도 수집하여 저장된 데이터를 사용할 수 있도록 메모리를 채용하였다.
- ④ 전압 검출기 : 공급되는 전압을 측정하여 정상 동작 유무를 판단하도록 하였다.
- ⑤ X-tal : 수정 진동자를 이용하여 발진 주파수를 제어하는 발진회로를 내장하여 안정된 주파수를 공급하도록 하였다.
- ⑥ GPS 모듈 : 위치 추적을 위한 GPS 모듈을 채용
- ⑦ MPU : 모든 신호를 처리하기 위해 MPU를 채용하였다.
 - : Main CPU와 UART 방식 인터페이스 구현
 - : 9600bps Baud rate, TTL Level
 - : U-Blox 6M 모듈 구현
 - : Back battery 회로 채용
 - : UFL 안테나 삽입 방식으로 구현
 - : 최근 위치 저장 EEPROM 회로로 구현

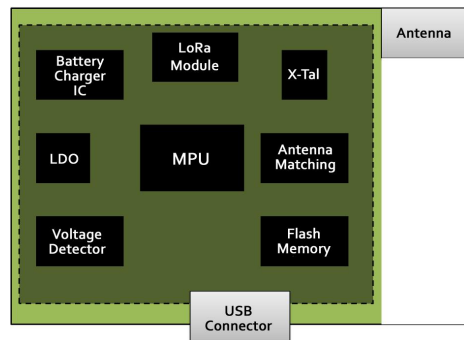


Fig. 3. Construction diagram of wearable device

Fig. 4는 배터리 충전 회로 설계도를 보인 것이며, Fig. 5는 UART 인터페이스와 U-Box 6M 모듈을 설계한 도면이다.

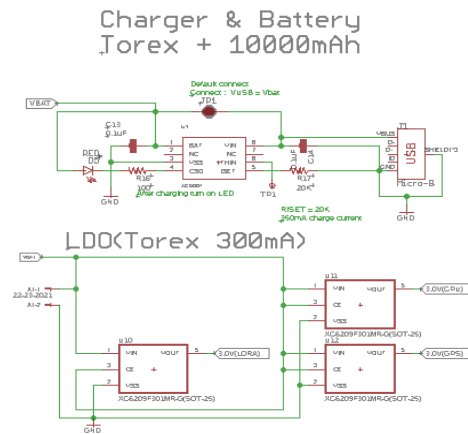


Fig. 4. A design of charging circuit and LDO circuit

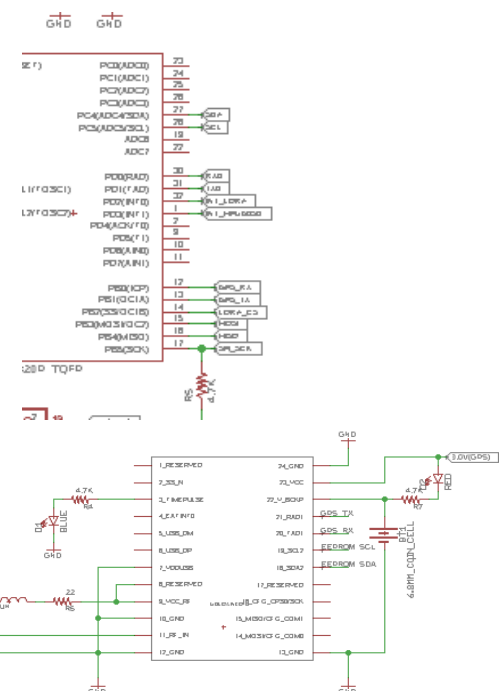
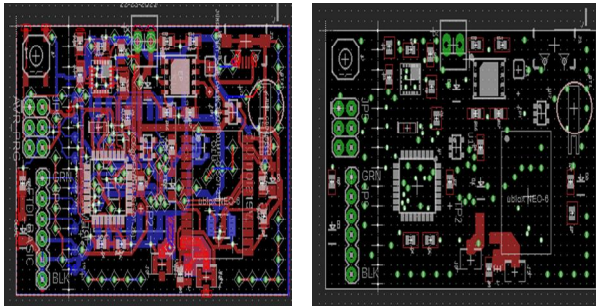


Fig. 5. UART interface and U-Blox 6M module circuit

Fig. 6은 PCB 보드를 위한 아트워크 설계 화면이다.



(a) 2 Layer artwork (b) Top surface mounted SMT drawing

Fig. 6. Artwork for wearable tracker's PCB

Fig. 7은 최종 제작된 PCB이다. 제작된 PCB는 2 Layer로 구성하여 제작 원가를 절감하도록 하였으며, 이 2 layer 구성은 4 layer 대비 50%정도의 제작비 절감을 가져옴으로써 가격 경쟁력이 있도록 하였다. PCB 규격은 30mm * 40mm이다.

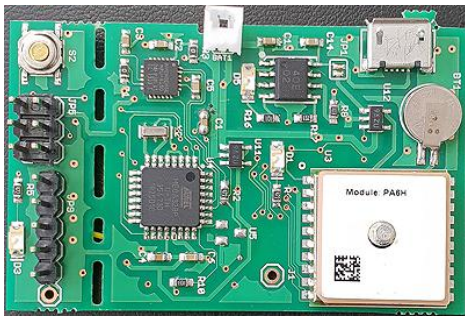


Fig. 7. The implemented wearable tracker

Outline



Fig. 8. The specification of wearable tracker package

Fig. 8은 웨어러블 트래커 PCB를 내장 설치할 package를 설계하고 구현한 것이다.

4. The Implementation of Embedded Software

본 논문에서 구현한 웨어러블 트래커에 내장되어 사용되는 소프트웨어 프로그램 모듈은 다음과 같다.

1. Ubox GPS module의 사용이 가능하도록 UART방식으로 GPS 모듈 컨트롤 드라이버 작성
2. Ubox를 통해서 수신된 GPS 신호를 기반으로, 위도/경도/시간/고도 정보를 관리하는 프로그램의 구현
3. 6축 자이로 센서 신호를 기반으로 한 동작 형태 판별 프로그램의 구현
4. LoRa 통신을 위한 드라이버 프로그램

Fig. 9는 구현된 임베디드 프로그램의 모듈 구성도이다.

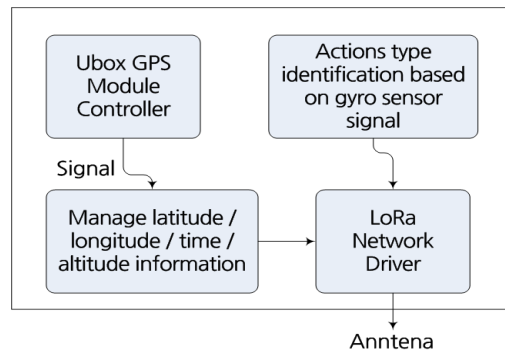


Fig. 9. Module configuration diagram of embedded program

IV. Results and Evaluation

1. Results and Evaluation

본 논문에서 구현한 반려 동물용 웨어러블 트래커를 이용하여 GPS 추적 테스트를 한 결과는 Table 4와 같다.



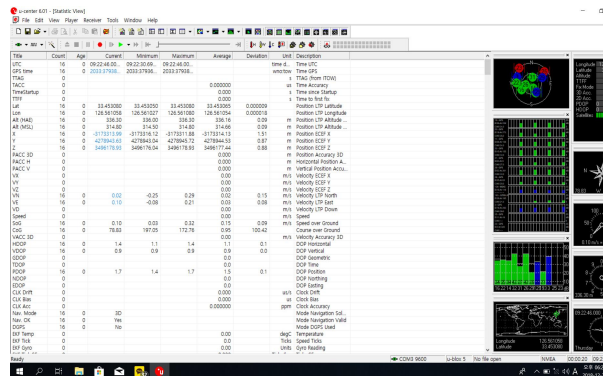
Fig. 10. GPS signal measurement locations within the Campus

GPS 신호의 측정은 다음과 같은 조건으로 실시하였다.

- ① 개발된 웨어러블 트래커를 노트북에 연결하고 소프트웨어 u-center 프로그램을 실행하여 GPS 신호 수신 테스트를 실시
- ② Chartcross Limited의 스마트폰용 App 'GPS Test'로 동시에 신호 수신을 측정하여 제공 웨어러블 트래커로 수신한 신호와 비교
- ③ 총 10곳(Fig. 10 참조)의 장소를 이동하여 측정 실시
- ④ 1개의 장소에서 warm start mode로 10회씩 측정 실시
- ⑤ 매 측정 때마다 GPS 신호 수신 연결 시간을 측정 기록
- ⑥ 한 장소에서 10회씩 측정된 결과를 평균값을 산출하여 표에 표기함



(a) Measurement with the 'GPS Test' app



(b) Measurement using u-Center program

Table 4. The Results of GPS signal measurements

Place	GPS Device		Smart Phone APP		Difference	
	Connect Time	Longitude	Latitude	Longitude		
1	6.00	126.566978	33.454558	126.340096	33.271667	0.2268815 0.1828907
2	6.66	126.562483	33.459020	126.334477	33.273223	0.2280054 0.1857965
3	7.00	126.565420	33.457585	126.335528	33.272720	0.2298912 0.1848644
4	6.11	126.563765	33.456045	126.334967	33.272205	0.2287980 0.1838399
5	6.66	126.559590	33.453427	126.333441	33.271206	0.2261484 0.1822208
6	6.43	126.561937	33.456391	126.334294	33.272255	0.2276421 0.1841354
7	6.00	126.558028	33.451965	126.332949	33.270703	0.2250790 0.1812612
8	6.58	126.562872	33.457112	126.334630	33.272528	0.2282420 0.1845834
9	6.78	126.560460	33.457648	126.333731	33.272755	0.2267281 0.1848921
10	7.09	126.561053	33.453080	126.333994	33.271095	0.2270582 0.1819841
Avg.	6.53					Average 0.2274474 0.1836469
						STD 0.00137699 0.0014858

Table 4에서 보인 바와 같이 제공된 GPS device와 스마트폰 앱을 통한 측정치가 미세한 차이를 보이고 있으나 이는 GPS 신호 자체의 오차 범위 내에 속하는 차이로 무시하여도 되는 차이이며, 두 장치의 차이에 대한 표준편차를 보면 표준편차가 0.001정도를 보이고 있어 이는 두 장치 간의 간격 차이가 일정함을 알 수 있어 측정된 결과 값이 정상임을 증명하고 있다. 또한 두 장치 간에 서로 미세한 차이를 보이고는 있으나 장소를 이동하면서 측정된 신호 값들의 차이가 두 장치(제공된 장치와 스마트폰)에서의 측정된 값들의 변화가 일정한 크기를 보이고 있어 이는 신호 수신에 정상적으로 잘되고 있음을 보이고 있다.

GPS의 Warm Start 접속에서도 일반적으로 30초 이내로 규정하고 있는데, 본 측정 실험에서는 평균 6.53 Sec에 접속 되는 것으로 볼 때, 접속 속도가 일반적인 GPS 수신 장치보다 매우 우수한 것으로 평가되었다.

따라서 구현된 웨어러블 트래커의 GPS 신호 수신은 매우 정상적으로 동작하고 있음을 보이고 있고, 접속 시간 역시 평균 이상을 보이고 있는 것으로 평가되었다.

Fig. 11. The Examples of results of measurement experiments

Fig. 11은 이동 측정 실험의 결과에 대한 예를 보인 것이다. Fig. 12는 구현된 웨어러블 트래커를 채용하여 일정 구간을 이동하여 움직였을 때 측정된 GPS 신호들을 연속하여 표시한 것이다. Fig. 12에서 보인 바와 같이 분실된 반려 동물의 움직임 위치를 추적할 수 있도록 하였다.

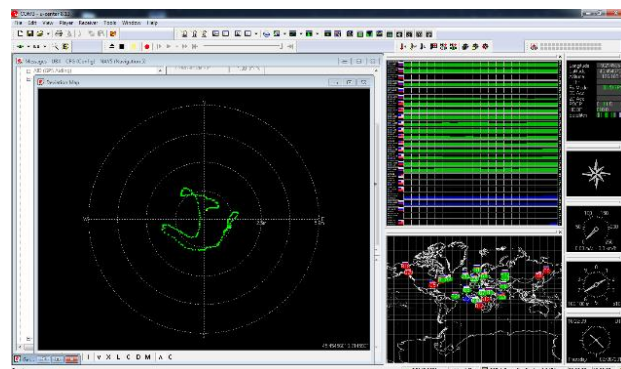


Fig. 12. Tracking the location of the dog

수신된 GPS 데이터 및 6축 자이로 센서 데이터는 LoRa 통신 모듈을 통하여 서버로 전송하여 Fig. 12에서 보인 것처럼 사용자에게 앱/웹에서 실시간으로 반려 동물의 위치를 인식할 수 있도록 하였다. 수신된 6축 자이로 센서 데이터는 반려견의 행동 특성을 파악할 수 있는 기초 자료로 축적되게 하였다.

V. Conclusions

오늘날 첨단 ICT 기술을 활용하여 반려 동물과 관련된 다양한 기기들이 연구되고 개발되고 있다. 특히 유기 동물에 대한 사회적 문제의 심각성이 날로 확대되고 있는 상황에서 본 논문에서 제시한 반려 동물 분실 방지 장치는 이러한 문제를 조금이나마 해소할 수 있는 대안이 될 수 있다.

본 논문에서 설계하고 구현한 반려 동물 분실 방지 장치인 웨어러블 트래커는 GPS 신호와 6축 자이로 센서를 이용하여 수집된 데이터를 기반으로 저전력 설계의 통신 방식인 LoRa 통신 방식을 채택함으로써 기존 제품들 보다 배터리 사용시간을 향상시킬 수 있었다. 또한 GPS 신호 테스트에서도 보인 바와 같이 GPS 신호의 수신은 매우 양호한 것으로 측정되었으며, 반려 동물 보호자가 실시간으로 반려 동물의 위치를 확인할 수 있다. 아울러 6축 자이로 센서를 통해 수신되는 데이터 값을 이용하여 향후에는 반려 동물의 동작에 대한 패턴들은 인식할 수 있게 하였다. 다만, 반려 동물이 실내나 동굴 등에 위치해 있을 때에는 GPS 신호 수신율이 매우 낮아 위치 파악에 어려울 수 있다는 단점을 가지고 있기는 하다. 이를 해결하기 위해 실내에 위치한 반려동물들의 위치를 파악할 수 있는 방법들이 추가로 연구해야할 부분이다.

반려동물의 위치 추적 데이터를 서버로 전송하여 누적 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.

향후에는 이 트래커 기능에 운동량을 측정할 수 있는 활동량계를 하나의 시스템으로 합하여 반려견주들에 대한 요구 사항을 반영할 계획이다.

REFERENCES

- [1] <https://www.aspc.org/>
- [2] <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/pet-wearable-market>
- [3] J.Y. Lim, J.M. Lee, D.H. Kim, J.D. Kim, "Performance Analysis of LoRa(Long Range) according to the Distances in Indoor and Outdoor Spaces", Journal of KIISE, Vol.44, No.7, pp.733-741, July 2017.
- [4] Y. J. Kim, "Introduction to LoRa: <http://www.helloapps.co.kr>", May 2017.
- [5] <https://ko.wikipedia.org/wiki/GPS>
- [6] S. Y Shin, "Development of RF Communication Module using LoRa Technology", M.S Paper, Graduate School of Science and Technology, University of Seoul, August

2017.

- [7] M. G. Shin, "Determinants of Wearable Device Usage: With a Focus on Rational Action Theory", Degree of PhD, Keimyung University, February 2018.
- [8] G. Y. Lee, "A Design of Reassembly Unit-Based Modular Wearable Device", Degree of M.S., Kyungpook National University, December 2015.
- [9] Y. Y. Kim, "A Design of User Interfaces for Communication between Dogs and Humans", Degree of PhD, Konkuk University, February 2018.
- [10] H. J. Park, "Multi-Level Ultra-Low Power Mode Support Mechanism for Wearable OS", Degree of M.S., University of Science and Technology, February 2017.
- [11] W. W. Kim, B. H. Yoo, G. Y. Heo, "Detection of Rotation in Jump Rope using 6-axis Accelerometer Gyro Sensor", Conference of the KSCI, Vol. 24, No. 2, July 2017.
- [12] J. H. Lee, "A Study for Improved Gesture Recognition Based on Acceleration Sensor in Moving State", Degree of M.S., Kangwon National University, February 2013.

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.



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.



Jisoon Huh received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Medicine from A-Ju University, Korea, in 1996 and 2001, respectively. Dr. Huh joined the Department of Neurosurgery, School of Medicine at Jeju National University, Jeju, Korea, in 2006. He is currently a Associate Professor in the School of Medicine, Jeju National University. He is interested in Neurosurgery, medical information system.