# LoRa 기반 수위 측정 시스템

김라희, 김희주, 이상록, 조오현 충북대학교 소프트웨어학과

e-mail: mary2946@naver.com, rahi97@naver.com, lroky@naver.com, ohyunjo@chungbuk.ac.kr

## LoRa based Water Level Measurement System

Hee-Joo Kim, La-Hee Kim, Sang-Rok Lee, Ohyun Jo Dept. of Computer Science, Chungbuk National University

요

본 논문에서 소개하는 LoRa 기반 IoT 네트워크를 이용한 수위측정기는 저전력/저비용 오픈 하드웨어를 이용하여 구현하였다. 이 수위 측정기는 LoRa 네트워크를 통해 넓은 커버리지를 저전력으로 지원가능하며 기존 수위측정기보다 저렴하다는 장점이 있다. 또한, 상황에 따라 전력 소모를 최적화하기위해 데이터베이스 업데이트 주기를 조정할 수 있다. 이를 기반으로 사용자는 웹페이지를 통해 실시간수위현황과 주간별 수위현황을 알 수 있고, 범람 단계별 행동 요령을 파악할 수 있다.

#### 1. 서론

최근 다양한 분야에서 사물인터넷(IoT; Internet of Things) 기술을 활용한 응용 서비스가 개발되고 있다. 이러한 기술들이 각광받는 이유는 편리함에 기반한 것들이 많다. 국내 산업 활성화를 촉진하고 새로운 성장 동력원으로서 사물인터넷은 삶의 질 향상, 새로운 사업기회 제공, 더 나은 환경 등 국민이 요구하는 문제를 해결하는 역할을 할 수 있다. [1]

본 논문은 사물인터넷 기반 환경에서 아두이노 모듈과 초음파 센서를 사용해 수위를 측정하는 연구에 대해 기술 하며 Lora 네트워크를 사용해 홍수를 예방하기 위한 시스 템 구조와 절차를 제안하고 구현한다.

#### 1.1 사물인터넷 개념 및 필요성

사물인터넷은 ICT 기반으로 주위의 모든 사물이 유무선 네트워크로 연결됨으로써 사람과 사물, 사물과 사물 간에 정보를 교류하고 상호 소통하는 지능적 환경을 의미한다[1]. IT 기술의 급격한 발전으로 인하여 다양한 응용서비스가 개발됨에 따라 사물인터넷 시장은 빠르게 성장할 것으로 기대되고 있다. 또한, 환경적, 사회적 문제 해결과 삶의 질 향상, 새로운 사업기회 제공 등 미래 성장 동력으로 사물인터넷 기술이 기여할 수 있다.

## 1.2 기존 관련 기술 현황과 문제점 제시

열대성 기후로 인하여 홍수가 빈번하게 발생하는 말레이시아의 경우, 우리나라보다 앞선 2011년 홍수 예방 시스템을 이미 구축한바 있다.[2] 기존 제안된 시스템은 SMS 게이트웨이를 기반으로 구성되어 있으며 장비 구축에 높은비용이 필요하며 전력소모 및 시스템 복잡도 측면에서 많

은 한계점을 가지고 있다.

한편, 전자 기술의 급속한 발전으로 인해 저렴한 가격으로 다양한 측정, 모니터링 및 제어기능을 사용할 수 있게되었다. 프로그래밍 가능한 마이크로컨트롤러 플랫폼의 개발결과로 오픈 소스 프로젝트인 아두이노가 출현하게 되었으며 애드온(add-on) 회로 보드를 통해 확장이 용이하고 소프트웨어를 작성하기 위한 프로그래밍 환경인 IDE를 제공한다. 이러한 기술들을 응용하여 하수장, 정수장, 하천, 댐, 물탱크, 공장의 저장탱크 등의 홍수 및 범람 예방시스템을 저렴하게 구축할 수 있다. [3][4][5]

## 1.3 문제 해결을 위해 제안하는 아이디어 및 기대효과

제안하는 시스템에서는 아두이노 초음파센서 HC-SR04를 사용해 수위를 측정한다. 아두이노에 LoRa모듈을 장착하여 아두이노 간 통신은 사물인터넷 전용 통신망인 LoRa통신을 사용해 비용을 낮춘다.

LoRa 통신망은 커버리지가 기존 LTE나 Wi-Fi, Bluetooth과 같은 기존의 이동통신망이나 근거리 무선 네트워크에 비하여 커버리지가 매우 넓다. 따라서 단위 면적당 시스템 구축비용을 감소시킬 수 있는 경제적 효과를얻을 수 있다. 즉 매우 넓은 지역에 홍수 예방 시스템을 구축하기에 용이하다. 또한, 통신망 비면허 대역을 사용하기 때문에 주파수 사용료가 발생하지 않고, 매우 저 전력으로도 동작이 가능하다.

아두이노 하드웨어 플랫폼은 30불 이하의 저렴한 가격으로 구축이 가능하며 다양한 오픈 소스와 디바이스 드라이버가 제공되기 때문에 전체 시스템 구축비용을 획기적으로 감소시킬 수 있다.

### 2. 관련연구 및 기존 연구와의 차별성

#### 2.1 관련연구

기존 유사 연구 중 문헌[6] '국소적 기상측정 기반 하천 범람 모니터링 시스템 및 그 방법'에서는 주차장이 있는 하천 주변에서 기상데이터를 측정하고, 측정된 기상데이터 와 기상청의 기상데이터를 통해 하천 범람 가능성을 예측 하여 이를 주변의 주차장 이용자 및 CCTV 통합 관제센 터에 제공할 수 있는 국소적 기상측정 기반 하천범람 모 니터링 시스템 및 그 방법에 관한 내용을 기술하였다.

문헌[7] '아두이노와 초음파센서를 이용한 실험용 수위 측정 장치 개발'은 저렴한 가격으로 초음파 수위 측정시스 템을 만들기 위한 목적으로 개발되었다. 수위측정을 위한 초음파 기기가 판매중이나 산업용으로 실험에서 사용하기 에는 생산 단가가 높은 단점이 있다.

## 2.2 기존 연구와의 차별성

<표 1> 사물인터넷 센서네트워크 통신기술의 비교

주체	기존			저전력 장거리통신	
	Wi-Fi	Zigbee	Bluetooth	SigFox	LoRa WAN
통신범위 (커버리지)	20~100m	10~100m	10m	13Km 이내	11Km 이내
사용 주파수	2.4GHz, 5GHz	868, 900 ~928MHz, 2.4GHz	2.4GHz	868MHz, 915MHz (비면허 대역)	867 ~928MHz (비면허 대역)
최대 전 <del>송속</del> 도	2~54Mbps (최대600Mbps)	250Kbps	1~ 2.1Mbps	100bps	0.2~50Kbps
전력소비/ 배터리수명	50~ 200mW	평균 15mW 이하	1~30mW	약 20년	약 10~20년 10mW이하

< 표 1>을 보면 LoRa를 사용하는 경우, 통신 전력을 10mW 이하로 감소시킬 수 있다는 사실을 알 수 있다[9]. 이는 9V 전지 사용 시 자연방전이 일어나지 않는다면 20년 이상 유지할 수 있는 전력이다. 본 시스템은 저 전력, 저비용의 장점을 가질 뿐만 아니라. 범람 시 단계에 따른대피 방법을 알려주어 시민들에게 실질적인 도움을 주고자 한다.

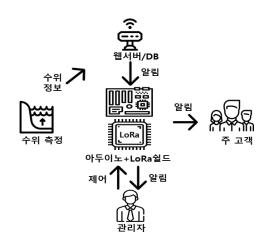
## 3. 제안 시스템

## 3.1 시스템 구조

본 제안 시스템은 아두이노, Wi-Fi센서(ESP8266), 초음파 센서(HC-SR04)와 LoRa 통신 모듈로 되어있다. 기존의 시스템들에서 LoRa 네트워크를 통해 수위 정보를 실시간으로 받는다. 초음파 센서는 수위에 대한 측정을 한다. 아두이노는 센서와 통신 모듈 사이에서 측정한 값을 관리한다. 이 데이터를 웹으로 가져오게 된다. 이 사이에 Wi-Fi 센서를 통해 수신 받은 데이터를 서버에 저장한다. 이를 분석하여 범람에 대한 정보를 알 수 있도록 구성되어 있다.

(그림 1)은 본 시스템의 시스템 구성도이며 기능적 관점 구성요소는 다음과 같다.

(1) 수위센서(초음파센서 HC-SR04) : 하천의 수위를 센 싱 하고 LoRa 송신단으로 전달한다.



(그림 1) 시스템 구성도

- (2) 아두이노 : 수위센서의 알림을 제어 및 출력하는 기능을 가진다.
- (3) LoRa 모듈: LoRa 모듈끼리 LoRa 로 통신하여 아두이 노와 수위센서간의 통신을 제어한다.
- (4) Wi-Fi 센서(ESP8266): LoRa 수신단에서 Wi-Fi 센서 를 사용하여 정보를 보낸다.

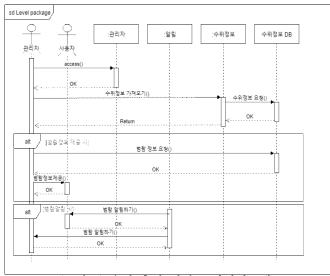
## 3.2 핵심 기능 설계

아두이노와 센서, LoRa 통신 모듈을 사용하여 기존의 수위 측정기가 고비용이라는 단점을 보안하여 해당 시스템을 설계한다. LoRa 통신 모듈을 통해 데이터를 전송하는 것이 이 시스템의 핵심 기능이다. 핵심 기능 단계는 크게세 가지로 나뉜다.

(1) LoRa 통신 모듈은 송신과 수신으로 이루어진다. 먼저, 송신 부분에서 초음파 센서로 초음파를 보냈다가 돌아오 는 시간을 통해 수위를 측정한 값을 계산한다. 거리 값(정 수)을 string으로 변환하여 lora\_send()를 통해 전달한다.

distance = ((float)(340 \* duration) / 10000) / 2

- (2) 초음파 센서가 수위를 측정하면 LoRa 통신 모듈이 그 것을 지속적으로 캐치하여 송신을 한다. 송신한 데이터가 수신단으로 전송되면 수신단은 계속해서 수신된 데이터 값을 저장한다. 이 때 Wi-Fi 센서를 통해 웹 서버 상으로 데이터 값을 전해주게 되고, 이 데이터들을 통해 웹 사이트 상으로 데이터를 보기 쉽게 표시해준다.
- (3) 수신 부분에서 지속적으로 LoRa 송신단에서 보내는 신호를 체크하여 lora\_recv()로 데이터를 받아 저장한다. 이 과정에서 LoRa 통신이 서버로 보낼 때 직접 보내지 못하여 Wi-Fi 센서를 통해 연결해 준다. 받은 데이터를 서버에 저장하기 위해서 AT 커맨드를 사용하여 데이터를 넣어준다.



(그림 2) 수위 측정 시퀀스 다이어그램

(그림 2)는 수위 측정기 시스템에서 클래스들 간의 수위 측정 상호작용을 시간 순으로 나타낸 다이어그램이다. 관리자는 수위정보 데이터베이스(DB)로부터 수위정보와 범람정보를 확인할 수 있으며 사용자는 범람 알림 시에만 범람 정보를 알 수 있다.

#### 4. 구현 및 성능평가

프로그램은 아두이노 통합 개발 환경 (IDE)을 이용하였다. IDE는 C++와 유사한 언어로 된 스케치(Sketch)의 작성 및 디버깅, 그리고 아두이노에 프로그램을 다운로드 하기 위한 도구를 제공한다[7].



(그림 3) 사용자 인터페이스 - 메인화면

메인화면(그림 3) 사용자 인터페이스에서는 시간/주간별수위를 막대그래프와 선 그래프 형식으로 확인할 수 있으며 행동요령알림 사용자 인터페이스(그림 4)에서는 범람단계별 행동요령 지침을 확인할 수 있다. 범람 단계는 <표 2>와 같다.

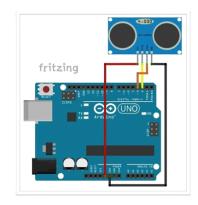


(그림 4) 사용자 인터페이스 - 행동요령알림

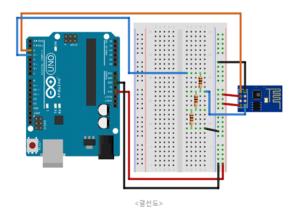
<표 2> 범람 단계 구분

범람 단계	수위(cm)
0	20cm
1	25cm
2	30cm
3	35cm

하드웨어 환경은 아두이노 송신단과 아두이노 수신단으로 구성되어있다. 아두이노 송신단은 LoRa쉴드를 장착한 아두이노에 (그림 5)와 같이 초음파센서를 연결 후 9V전지를 연결해 수조 위에 장착시켰다.



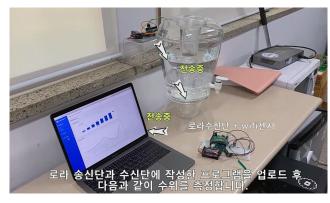
(그림 5) 아두이노송신단 회로도



(그림 6) 아두이노 수신단 회로도 (ESP8266연결)

아두이노 수신단은 LoRa쉴드를 장착한 아두이노에 (그림 6)과 같이 아두이노와 서버와의 통신을 위해 Wi-Fi 센서를 부착한 뒤 9V전지를 연결하였다. 아두이노 송신단과 아두이노 수신단을 모두 설치한 뒤 초음파센서에서 물까지의 거리를 측정해 수위를 측정하였다.

#### 4.2 성능 평가



(그림 7) 시스템 구현 환경

성능 평가를 위해 (그림 7)과 같이 샘플 수조에 LoRa쉴 드를 부착한 아두이노 송신단을 설치하고 서비 근처에 LoRa쉴드를 부착한 아두이노 수신단을 설치하였다. 아두이노 전력은 9V전지를 사용했으며 서버를 작동시키면 사용자 인터페이스 웹페이지에 결과가 출력됨을 확인할 수 있었다.

<표 3> 수위 측정 시스템에 대한 테스트 케이스 유형

테스트 항목	입력 데이터 유형	출력 데이터 유형
Web 기반 시스템 (실시간 모니터링 기능)	Dashboard 메뉴 클릭 / 홈페이지 새로 고침	실시간 수위 그래프, 주간 별 수위 그래프 출력 화면으로 이동
Web 기반 시스템 (수위 출력 기능)	측정된 실시간 데이터 출력	실시간 수위 그래프, 주간 별 수위 그래프 로 수위 정보 출력
Web 기반 시스템 (행동요령 표시 기능)	행동요령 메뉴 클릭	범람 단계에 따른 행동요령 출력 화면으로 이동

<표3>은 본 시스템에서 테스트한 테스트케이스들의 입력 데이터와 출력데이터 유형이다.

LoRa통신을 사용함으로써 기존 수위측정기 통신 전력보다 약 70mA의 이상의 전력을 감소시킬 수 있었다. 또한, 1초 단위로 지연 없이 데이터베이스에 값이 들어옴을 확인할 수 있었고 프로그램 수정으로 통신 빈도를 1시간 단위로 낮추어 전력 사용을 감소시켰다.

#### 5. 결론

본 연구에서는 아두이노와 LoRa 네트워크를 활용하여 기존의 수위 측정기가 고비용이라는 단점을 보안하였다. 송신단과 수신단은 LoRa 네트워크를 통해 수위데이터를 실시간으로 주고받으며, 수신단은 Wi-Fi 모듈을 통해 웹서버 상으로 이를 전달한다. 사용자는 웹페이지에서 실시간 수위와 주간별 수위를 확인 가능하며 범람 단계에 따른 행동요령을 알 수 있다.

향후 실시간 시간 당 수위증가량을 계산하는 알고리즘을 개발하여 범람 시간을 예측할 수 있는 '범람 예측 기능'을 추가할 예정이다. '알림기능'과 '범람 예측 기능'을 추가한 다면 현재 기능보다 시민들에게 훨씬 실질적인 도움을 줄 것으로 예상된다.

#### Acknowledgement

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행되었음(2019-0-01183)

#### 참고문헌

- [1] 정우수 김사혁 민경식 "사물인터넷 산업의 경제적 파급효과 분석," 인터넷정보학회논문지, vol. 14, no. 5, pp. 119 128, Oct. 2013.
- [2] M. S. Baharum, R. A. Awang and N. H. Baba, "Flood monitoring system (MyFMS)", 2011 IEEE International Conference on System Engineering and Technology, 18 August 2011.
- [3] Arduino web site, https://www.arduino.cc/.
- [4] Wikipedia-Arduino, https://en.org/wiki/Arduino.
- [5] Massimo Banzi, and Michael Shiloh, "Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform (Make)", 3rd Edition, Maker Media, Inc., pp. 15–24, December, 2014.
- [6] 한택진 "국소적 기상측정 기반 하천범람 모니터링 시스템 및 그 방법", KR101849730B1, 2019.
- [7] 유문성 "아두이노와 초음파센서를 이용한 실험용 수위 측정 장치 개발" 한국인터넷방송통신학회논문지, vol. 18, no.4, pp143-147, 2018.
- [8] 신재호 임준영 김동현 김종덕 "실시간 해상 정보 수집을 위한 LoRa 링크 성능 분석", 정보과학회논문지, vol.45 no.3, pp303-310, 2018.
- [9] IEEE 802.11, 802.15.1, 802.15.4 표준, SigFox, LoRa Alliance-Lora WAN, 3GPP Release, SSR Analysis.