

우수토실 일체형 하수유량조절장치 원격관리시스템 개발

진인재¹, 김기봉^{2*}

¹혜성신기술, ²대전보건대 컴퓨터정보학과

The Development of Remote Monitoring System for Storm Overflow Chamber Device

In-Jae Jeon¹, Ki-Bong Kim^{2*}

¹Hye Sung New Technologie

²Dept. of Computer Information, Daejeon Health Institute of Technology

요 약 본 논문에서는 우수토실에서 강우시의 시간 당 우수량이 일정량에 도달할 경우, 그 이상의 우수를 하수 처리장으로 송수하지 않고 하천으로 직접 방류하도록 설계된 장치인 우수토실 일체형 하수유량조절장치를, LoRa 네트워크를 이용하여 원격지에서 모니터링하는 시스템의 개발을 제안한다. 본 시스템은 우수토실 일체형 하수유량조절장치가 LoRa 네트워크에 등록된 이후, 센서에서 생산된 정보를 LoRa 네트워크 서버로 전송하여 갱신되었을 때, 이를 어플리케이션 서버에서 자동으로 수신할 수 있도록 어플리케이션 서버의 통신 인터페이스를 구현하며, 우수토실 장치 관리 및 구독 정보 관리를 수행한다. 또한 각 우수토실 장치의 유량과 개폐 정보를 수집하고, 수집된 데이터를 이용하여 통계 정보를 제공하는 기능을 수행한다. 안드로이드 어플리케이션에서는 우수토실 장치의 오작동 여부를 사용자에게 즉시 전달하도록 파이어베이스(Firebase) 기반의 알림 기능을 수행한다.

주제어 : 우수토실, 하수관거, 유량, 원격 모니터링, LoRa, IoT

Abstract This paper propose the remote monitoring system using LoRa networks about storm overflow chamber, which is a device designed to discharge rainwater directly to a sewage treatment plant when it reaches a certain amount of rainfall during precipitation. In this system, when the information produced by the sensor is transmitted to the LoRa network server and updated, the application server can automatically receive data through the implemented communication interface. The application server carries out management functions of storm overflow chamber devices and subscription information, collects measured flow rate and opening-closing information, and provides statistical information using the collected data. The android app performs a firebase-based notification function to prompt the user of malfunctioning of the storm overflow chamber device.

Key Words : storm overflow chamber, sewer pipes, flow rate, remote monitoring, LoRa, IoT

1. 서론

쾌적하고 안전한 도시 환경을 정비함에 있어, 강우에 따른 수질 관리와 수량 통제는 지속적으로 요구되고 있는 중요한 환경 관리의 하나이며, 특히 우리나라에서는 고르지 않은 강우량으로 인해 더욱 그 필요성이 높다고

할 수 있다. 강우량에 따른 하수의 관리는 두 가지 경우로 나누어지는데, 비가 오지 않거나 적은 양의 강우가 있을 때에는 하수관에 흐르는 하수 역시 감소하여 상대적으로 더 오염되므로 이를 하수 처리장으로 보낼 필요가 있다. 반면에 비가 많이 오는 경우에는 하수의 오염도가 낮고 하수 처리장에서 처리 할 수 있는 수량 한계가 있기

This paper was supported by the business development technology development business of 2017.

*Corresponding Author : Ki-Bong Kim(kgb5954@hanmail.net)

Received April 30, 2018

Revised May 29, 2018

Accepted June 20, 2018

Published June 28, 2018

때문에, 하수 처리장으로 보내지 않고 하천으로 직접 방류하여 도심의 침수를 막는 것이 더욱 중요하다. 이를 수행하기 위해 존재하는 것이 우수토실(Storm Overflow Chamber)[1]로 합류식 하수관거(Sewer pipes)에서 널리 사용되고 있다.

최근에는 이러한 우수토실에 하수 유량 조절 장치를 도입하여 더욱 안정적이고 관리 가능한 형태의 설비를 갖추기 위한 요구가 발생하고 있어, 이에 따른 기술 향상이 점차 이루어지고 있다. 환경부에서는 2011년부터 하수도 정보화 기본계획을 발표하고 하수를 위치 정보와 연계하여 유량을 관리할 수 있는 하수 정보 시스템 운영을 요구한 바 있으며, 이 데이터를 토대로 주거·상업·공업지구의 지역 특성에 따른 하수 전환량을 산정하고, 하수 처리장 용량 설계 및 차집관거 설계 등을 위한 용도로 사용하는 등 광범위한 목적으로 활용할 계획에 있다[2].

따라서 본 논문에서는 관리자가 우수토실 장치가 설치된 현장에 직접 방문하지 않고도, 우수토실 장치의 동작 상태와 유량을 모니터링 할 수 있는 우수토실 일체형 하수유량조절장치 원격관리시스템을 개발하여 하수도 유지관리 분야의 정보화를 실현하여 각 지역에 설치된 우수토실 장치의 정보를 종합적으로 관리할 수 있는 시스템을 구현하고자 하였다. 특히 최근 정보화 기술에서 주목받고 있는 사물인터넷[3,4] 기술을 도입하여, LoRa 네트워크 통신 기술을 통해 데이터를 송수신할 수 있는 시스템을 구현하였다.

본 논문의 2장 관련 연구에서는 우수토실 일체형 하수유량조절장치의 기계적 구조와 동작 원리를 확인하고, IoT 기술에서 주목받고 있는 LoRa 통신의 특성과 네트워크 구성 형태를 조사한다. 3장 시스템 구조에서는 소개하고자 하는 우수토실 일체형 하수유량조절장치 원격관리시스템의 세부적인 구조와 통신 기법을 설명하고, 어플리케이션 서버에서 구현된 기능들을 나열한다. 4장의 결론에서는 시스템 구현 결과의 요점을 정리한다.

2. 관련 연구

2.1 우수토실 일체형 하수유량조절장치의 구조

우수토실 일체형 하수유량조절장치는 우수토실 내부에 동일한 크기로 설치되는 금속 재질의 기계 장치로, Fig. 1과 같이 하수의 수량에 따라 하수를 방류하는 장소

를 변경하고자 하는 목적으로 사용되며, Fig. 2에 기계적 동작을 확인할 수 있는 세부 구조가 표시되어 있다.

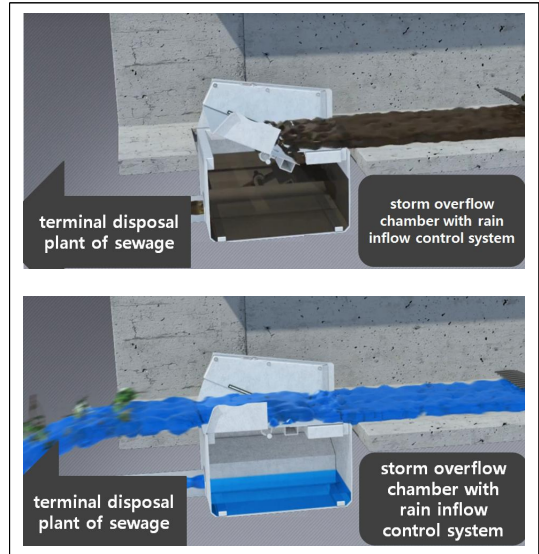


Fig. 1. Purpose of using the storm overflow chamber device[5]

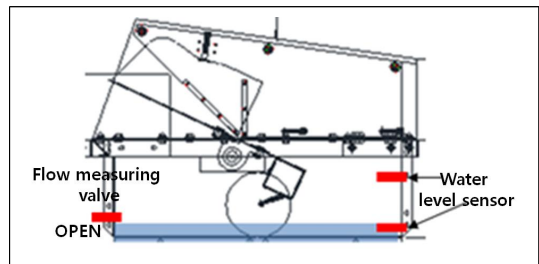


Fig. 2. Mechanical structure of the storm overflow chamber device

우수토실 장치 몸체는 하수를 제어하고 유량 측정이 가능한 박스 형태의 하우징으로 구성되며, 상부에는 개폐 장치가 설치되어 수로를 따라 흐르는 하수를 우수토실 장치 내부로 흐르게 하거나, 내부로 들어오지 못하게 하는 역할을 수행한다. 개폐판은 수량이 많고 적음에 따라, 흐르는 물의 무게에 의해 자동으로 닫히고 열리도록 설계되어 있으며, Fig. 1에서 개폐판에 의한 우수토실 장치의 동작 원리를 확인할 수 있다[5].

하우징 내부에는 하수 처리장으로 하수를 수송하는 수로가 연결되어 있어, 장치 내부에 들어온 하수가 나갈

수 있는 배출구 역할을 수행한다. 이 배출구 통로의 끝에는 하수의 흐름을 막을 수 있는 고무 재질의 구체가 존재하여 유량 측정 시에 사용하며, 유량 측정 벨브에 의해 동작한다. 유량 측정 벨브는 하우징 내부에 하수가 채워질 수 있도록 고무 재질의 구체에 공기를 주입하는 역할을 한다.

데이터 수집을 위한 핵심 역할을 수행하는 주요 센서는 2종류로, 장치 상부의 개폐판의 열림/닫힘을 확인할 수 있는 개폐 센서와, 하우징 내부의 하단에 존재하는 유량 측정 시작 센서 및 상단에 존재하는 유량 측정 종료 센서가 존재한다.

유량 측정을 수행할 때는 벨브 및 기계장치의 동작을 제어하여야 하며, 개폐 상태 변경 시에는 센서 정보를 지속적으로 수집할 수 있어야 하므로, 이를 위한 제어보드가 존재한다(Fig. 3). 특히 센서 정보는 수집된 내역을 사용자에게 국지적으로 보여줄 필요도 있으므로, 측정된 결과를 출력해주는 디스플레이 모듈이 존재한다. 제어보드 및 기계장치는 태양열 전지로 구동되며, 외부로 통신을 수행하기 위한 전력 역시 이를 통해 공급받는다. 또한 제어보드에는 LoRa 통신 모듈이 장착되어 있어 외부와의 데이터 송수신을 수행할 수 있다.

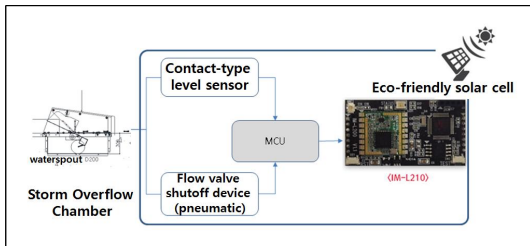


Fig. 3. Control box and transmission module

유량 측정 과정은 다음과 같은 절차로 진행된다. 먼저 유량을 측정하는 동안에는 하우징 내부로 하수가 계속 흘러 들어올 수 있어야 하므로, 장치 상단의 개폐판이 닫히지 않도록 고정된다. 유량 측정 벨브가 동작하여 하우징 내부에 존재하는 배출구가 닫히게 되는데, 이것은 앞서 언급된 고무 구체에 공기를 주입하여, 고무 구체가 충분히 커져 배출구 공간을 완전히 막을 수 있는 상황이 될 때 까지 진행된다. 하수 배출구를 완전히 막게 되면, 우수토실 하우징 내부에 하수가 점차 차오르게 되며, 수위가 상승하면 하우징 하단에 존재하는 유량 측정 시작 센서

를 동작시키게 된다. 유량 센서는 공기 주머니와 수평 센서로 구성되어, 하수가 없을 때에는 수평이 아닌 상태로 존재하다가, 수위가 높아지면 공기 주머니가 물에 잠기면서 공기가 위로 상승하려는 힘에 의해 최대 상승 각도인 수평을 발생시켜 센싱이 이루어지게 된다. 유량 측정 시작 센서가 동작한 후, 수위가 계속 상승하여 하우징 상단에 존재하는 유량 측정 종료 센서가 동작할 때까지 소요된 시간을 측정한다.

하우징 자체의 규격을 통해 폭과 길이를 확인할 수 있고, 유량 측정 시작 센서와 종료 센서 사이의 높이차를 알 수 있으므로, 이를 측정된 시간으로 나누면 정확한 유량을 측정할 수 있다. 유량 단위는 분당 세제곱미터를 사용한다.

2.2 LoRa 네트워크 통신

사물인터넷의 사용 영역이 급속도로 확장됨에 따라, 사물인터넷의 통신에서도 더 낮은 전력으로 더 먼 거리를 통신할 수 있는 새로운 기술에 대한 요구가 증가하였는데 이러한 통신 기술을 LPWA(Low Power Wide Area)라 한다[6]. LoRa 네트워크 통신은 이러한 LPWA 조건을 만족할 수 있는 기술 중의 하나로, 향후 기존 셀룰러 통신 사용량을 추월할 기술로 각광받고 있다. 다만 전송률은 높지 않기 때문에 Wi-Fi, Cellular, Bluetooth Low Energy(BLE), LoRa 기술은 전력 사용량, 통신 커버리지, 전송률에 따른 각각의 장단점으로 인해 사용 분야가 확연히 구별되어 있다[6-8].

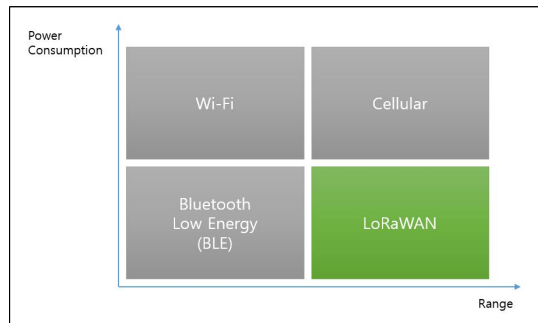


Fig. 4. IoT connectivity technologies segmentation[7]

국내에서 상용화를 목적으로 개발된 LPWA 기술은 LTE-M, NB-IoT, SIGFOX, LoRaWAN 등이 있으며 상세 특징은 Table 1에 나타나 있다.

Table 1. LPWA technology comparison[9]

	LTE-M	NB-IoT	SIGFOX	LoRaWAN
Coverage	~11Km	~15Km	~30Km	~15Km
Battery Life	~10year	~10year	~10year	~10year
Price	~\$20	~\$10	~\$5	~\$5
Standards Institute	3GPP	3GPP	ETSI	LoRa Alliance
Frequency Band	Licensed (LTE)	Licensed (LTE)	Unlicensed (900Mhz)	Unlicensed (900Mhz)
Bandwidth	20Mhz	200Khz	200Khz	~500KHz
Speed	<10Mbps	~100Kbps	<1Kbps	<5Kbps
Main Firm	KT	LG U+	SIGFOX	SKT
Commercialization	2016 1Q	2017 2Q	-	2016 2Q

LoRaWAN(Long Range Wide Area Network) 기술은 LoRa Alliance에서 표준을 제정하였고, 라이선스가 없는 무선통신 영역인 900Mhz ISM 대역을 사용하여 통신한다. Chirp Spread Spectrum[10] 변조 방식 및 Adaptive Data Rate[11,12] 알고리즘을 통해 외부 신호 간섭에 저항성이 높다. 290bps~50kbps의 전송 속도를 지원하고 최대 송신 출력은 20dbm이다. 통신 단말기 또한 낮은 가격으로 공급되고 있으며, 최대 15km에 이르는 통신 거리를 확보할 수 있고, 배터리 사용량도 낮은 특성을 가지고 있다[9].

LoRaWAN 기술은 Class A, B, C의 세 가지 타입을 제공하는데, 각 타입은 LoRa 게이트웨이의 통신에서 사용 목적에 따라 배터리 수명과 전송 특성을 상이하게 구성하여 분류한 것이다. Class A는 LoRa 게이트웨이에게 Tx 신호를 한 번 보낸 후, Rx 신호를 두 번 수신하며, Tx 신호를 보내기 전에는 통신을 꺼두기 때문에 배터리를 절약할 수 있다. Class B는 일정시간마다 LoRa 게이트웨이로부터 Rx를 수신하는 형태로 Rx가 중심이 되는 시스템일 경우에만 사용한다. Class C는 배터리 상황이 충분할 때 사용할 수 있는 형태로, Tx 신호를 한 번 보낸 후, 지속적으로 Rx 상태를 유지한다. 자유로운 양방향 통신이 가능하며 통신 지연시간이 가장 낮기 때문에 액츄에이터를 운영하는 경우에 사용하기 용이하다. Fig. 5에는 LoRaWAN 레이어 계층이 표시되어 있다[7,9].

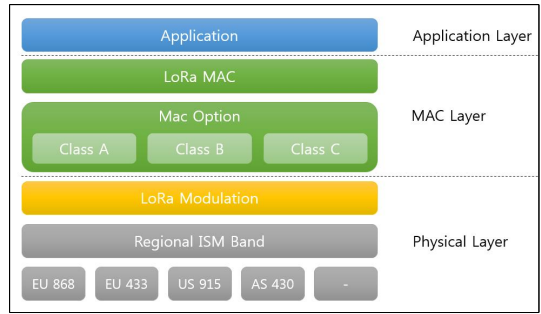


Fig. 5. LoRaWAN layers hierarchy[7]

3. 시스템 구조

3.1 시스템 구조

우수토실 일체형 하수유량조절장치 원격관리시스템(이하 우수토실 모니터링 시스템)의 전체적인 구조가 Fig. 6에 나타나 있다. 본 시스템은 LoRa 기술을 도입하여 통신을 구현하였기 때문에 기본적인 네트워크 구조는 LoRa 표준에서 권장하는 네트워크 형태와 유사한 모습을 보이고 있다.

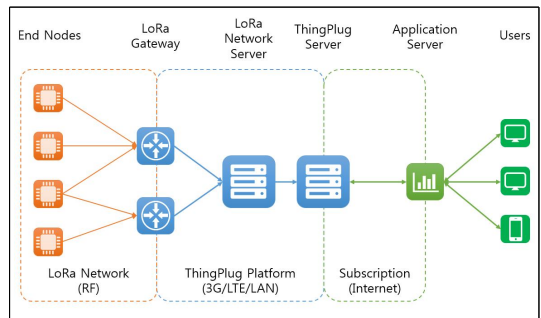


Fig. 6. System Architecture

각 우수토실 장치는 End Nodes에 해당하는 것으로 우수토실 장치의 개폐 센서와 유량 센서를 통해 데이터를 생산·수집하여 제어보드로 전달한다. 제어보드에서는 수집된 데이터를 검교정하기 위한 캘리브레이션을 수행한 뒤, 외부 전송 및 어플리케이션 서버에서 활용할 수 있는 형태로 변환하는 작업을 진행한다. 이후, 이 데이터가 LoRa 통신 모듈로 보내지면 LoRa 통신 모듈은 LoRa 게이트웨이로 데이터를 전송하여 장거리 무선 통신을 수행하게 된다. 좁은 의미에서의 LoRa 통신은 End Node와

LoRa 게이트웨이 사이에서의 통신을 의미하며, 다대다 통신 형태를 가지므로 하나의 우수토실 장치가 여러 대의 LoRa 게이트웨이로 신호를 전송할 수도 있고, 하나의 LoRa 게이트웨이가 다수의 우수토실 장치로부터 데이터를 수신할 수도 있다.

LoRa 게이트웨이는 LoRa 네트워크 통신을 셀룰러 네트워크 또는 이더넷 등 기존망으로 변환해주는 역할을 수행하며, LoRa 네트워크 서버는 End Node를 인증하고 관리하며, 기지국 연동, 데이터 관리, 보안 기능을 수행한다[9].

본 시스템에서는 우수토실 원격 모니터링 서비스를 보다 안정적이고 신뢰성 있게 구축하기 위하여 네트워크 사업자가 참여하는 상용 LoRa 네트워크를 구성하였고, 사업자로써 SK텔레콤을 선택하였다. SK텔레콤의 ThingPlug[13] 플랫폼의 경우, LoRa 네트워크 서버의 역할을 ThingPlug 서버에서 담당하게 되므로 Fig. 6와 같이 네트워크 서버가 하나 더 있는 형태의 시스템이 구축된다. LoRa 네트워크 서버와 ThingPlug 서버는 내부 사설 네트워크로 연결된다. 넓은 의미에서의 LoRa 통신은 End Node에서 LoRa 네트워크 서버까지의 통신을 의미하며, 여기서는 ThingPlug 서버 역시 LoRa 네트워크에 포함된다.

우수토실 원격 모니터링 서비스의 최종 사용자가 접속하여 사용하는 우수토실 어플리케이션 서버는 ThingPlug 서버 내에 저장된 개폐 정보와 유량 정보를 수신하며, 이를 자체 DB에 저장하고, 웹 어플리케이션을 통해 데이터를 출력하고, 통계 정보를 제공한다.

3.2 LoRa 통신 인터페이스 구성

우수토실 어플리케이션 서버에서 센서의 측정 정보를 정확히 수신하기 위해서는, 첫째로 우수토실 장치에서 데이터를 생산할 때 어플리케이션 서버와 사전에 약속된 형태로 구성하여야 한다. 즉, LoRa 게이트웨이, LoRa 네트워크 서버, ThingPlug 서버는 데이터를 단순히 전달하는 브릿지의 역할 밖에 하지 않으므로, 데이터 포맷에 있어서는 우수토실 장치와 우수토실 어플리케이션 서버 간의 통신으로 가정하여 설계를 진행할 수 있다.

우수토실 장치의 개폐 센서와 유량 센서에서 생산된 데이터를 가공하기 위한 포맷의 예시가 Table 2에 나타나 있다. 데이터 형식은 모드, 세부 모드, 데이터 값, 메시지로 구성되어 있으며, 조합에 따라 표시하는 의미가 달

라진다.

Table 2. Data format of the storm overflow chamber device

Mode		Data	Msg	Meaning
00	00	0	test	Device is operating normally
		1	msg	Contents of the message sent
01	01	0	0	Opening/closing plate is open
		1	0	Opening/closing plate is closed
		2	0	Opening/closing plate was changed from closed-state and opened
		3	0	Opening/closing plate was changed from open-state to closed
02	02	87	0	87 seconds consumed for flow measurement
90	90	0	ok	Error test is normal
99	91	1	err	Cannot read the opening/ closing information
		2	err	Cannot read the flow information
	92	3	err	Attempted to measure the flow rate, but the measurement was terminated because there was no response to the flow rate sensor of bottom for 120 seconds
		4	err	Attempted to measure the flow rate, but the measurement was terminated because there was no response to the flow rate sensor of top for 300 seconds
		5	err	Unable to measure because the flow rate sensor of top already responds
	92	6	err	Unable to measure because the flow rate sensor of bottom already responds
	92	7	err	Opening/closing plate is closed during flow measurement
	99	99	none	System default settings

다음으로, 우수토실 어플리케이션 서버의 입장에서는 우수토실 장치가 새로운 데이터를 생산하여 ThingPlug 서버에 전달하였는지의 여부를 알 수 있는 방법이 없으므로, 적절한 시점에 데이터의 갱신을 확인할 수 있는 방법이 필요하다. 어플리케이션 서버에서 우수토실 장치의 데이터가 갱신되었는지를 확인하기 위해 메시지를 일정

시간 마다 ThingPlug 서버로 매 번 전송해오는 방법은 비효율적이고 즉각적이지 않으므로, 우수토실 장치의 데이터가 갱신된 순간 ThingPlug 서버가 어플리케이션 서버로 갱신된 데이터를 직접 보내주는 방법이 적절하다고 볼 수 있다. 이러한 형태의 데이터 전달을 Subscription 이라고 하며, ThingPlug 서버에 Subscription이 등록되어 존재하는 경우에만 데이터 수신이 자동적으로 수행될 수 있다.

Subscription을 생성하기 위해서는 사전에 우수토실 장치를 먼저 ThingPlug 서버에 등록하여야 하며, 이 절차는 우수토실 장치에서 LoRa 모듈을 설계하고 구성하는 과정에서 수행된다. 여기서 디바이스 자원 이름과 디바이스 자원 코드가 할당되며, 이 정보는 우수토실 어플리케이션 서버의 자체 DB에 장비를 등록할 때 사용하며, 또한 Subscription 생성 시에도 필수 항목으로 사용된다. Subscription 생성을 위한 예시가 Table 3에 나타나 있다.

Table 3. Settings for subscription creation[13, 14]

구 분	설정값
Method	POST
URL	http://onem2m.skiot.com:9000/starterkittest/v1_0/remoteCSE-IOT_SCM_123_HTTP/container-LoRa
Accept	application/xml
X-M2M-RI	ND00000000000001234_IOT_SCM_123_HTTP
X-M2M-Origin	ND00000000000001234
X-M2M-NM	Sub1
uKey	RMdxctJ7UE6kOGZicVVEMEJ34Fh1UmRYU1I xQW11aKtL21V5N0CoV1BLejn0T2NBCTIoM0Jy TG1tckJVM75aE9=
Content-Type	application/vnd.onem2m-res+xml;ty=23
Body	<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?> <m2m:sub xmlns:m2m="http://www.onem2m.org/xml/protocols" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"> <enc> <rss>1</rss> </enc> <nu>HTTP[http://127.0.0.1:8888</nu> <nct>2</nct> </m2m:sub>

3.3 우수토실 어플리케이션 서버 기능

우수토실 어플리케이션 서버에서는 다음과 같은 기능을 구현하였다. 사용자 로그인, 회원 관리, 우수토실 운영 현황, 우수토실 장비 상세 정보, 우수토실 장비 등록/수정/삭제, 우수토실 장비 및 유량 통계, 센서 측정 정보 수신, 오작동 진단, 안드로이드 앱으로 알림 전달 등을 구현하여 우수토실 원격 모니터링 서비스를 수행한다.

우수토실 운영현황 메인 화면에서는 개폐판의 열림/닫힘 현황과 오작동 현황을 확인할 수 있고, 장비 목록에서 각 우수토실 장치에서 측정된 유량 정보를 확인할 수 있다. 우수토실 장비 상세 보기 화면에서는 선택한 우수토실 장치에 대한 일간/월간/연간 유량 통계를 그래프로 확인할 수 있게 구현하였으며, 우수토실 장비 통계 화면에서는 하천별 우수토실 장치의 통계 정보가 출력된다.

안드로이드 앱은 웹뷰를 이용하여 대부분의 기능을 웹 페이지와 동일한 형태로 볼 수 있도록 구현하였으며, 어플리케이션 서버에서 우수토실 장치의 오작동이 확인되는 경우 파이어베이스[15]를 이용하여 앱으로 noti피케이션을 전달하게 되며, 사용자는 이를 통해 작동 이상이 발생한 사실을 즉시 확인할 수 있다.

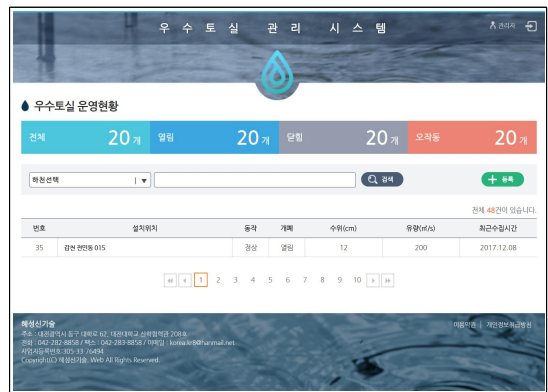


Fig. 7. Main page of web application

4. 결론

정부에서 매년 실시하는 하수관 사업에 의해 설치되는 우수토실은 합류식 하수관거에 있어 강우시 우수량이 일정량에 도달할 경우 그 이상의 우수를 하수 처리장으로 송수신하지 않고 직접 방류하도록 하는 설치 장치가 필요하며, 수질관리와 수량 통제로 환경오염 방지와 재

난 예방의 효과를 얻는 통합 관리 시스템이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 하수의 위치 정보와 연계하여 체계적으로 관리하고 축적된 데이터를 통해 효율적인 도시 환경 정비를 수행하기 위해, 우수토실 일체형 하수유량 조절장치에 대한 원격관리시스템을 구현하였으며, LoRa 기술을 활용하여 저전력·장거리 통신으로 우수토실 데이터를 수신하여 개폐 및 유량 정보를 표시하고 종합적인 관리를 수행할 수 있도록 하였다. 우수토실 관리자가 현장을 직접 방문하지 않고, 하수 관리를 수행할 수 있는 본 시스템은 국내에는 아직 개발되지 않은 기술인 만큼, 하수도 유지 관리 분야의 정보화에 기여할 것으로 판단된다.

본 시스템을 더욱 개선하기 위하여, 중앙 통제실에서 원격 모니터링 결과에 따라 장치의 동작 상태를 직접 제어하는 액츄에이터 기능을 강화할 경우, 이물질들을 제거하거나, 장비 자체 점검을 수행하는 등 보다 효율적인 관리를 수행할 수 있으므로 이에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] B. S. Lim, Y. H. Park & T. E. Kim. (2015). Improvements of Inflow Controller Installed in Storm Overflow Diverging Tank for CSOs Control. *Journal of Korean Society on Water Environment*, 31(4), 428-435. DOI : 10.15681/KSWE.2015.31.4.428
- [2] Ministry of Environment, Korea. (2011). *PRISM*, http://www.prism.go.kr/homepage/entire/retrieveEntireDetail.do?sessionId=9A97EF8ECD7CBE9FFB7E811E4E9344F9.node02?cond_research_name=&cond_research_start_date=&cond_research_end_date=&research_id=1480000-201100275&pageIndex=1167&leftMenuLevel=160
- [3] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic & M. Palaniswami. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660. DOI : 10.1016/j.future.2013.01.010
- [4] Y. J. Nam, J. W. So, M. S. Na & C. S. Choi. (2016). Coverage Class Adaptation Schemes Considering Device Characteristics in a 3GPP Narrowband IoT System. *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, 41(9), 1026-1037. DOI : 10.7840/kics.2016.41.9.1026
- [5] HyeSung New Technology. (2017). *YouTube*, <https://www.youtube.com/watch?v=mhVaF3rPkDE>
- [6] R. S. Sinha, Y. Wei & S. H. Hwang. (2017). A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT. *ICT Express*, 3(1), 14-21. DOI : 10.1016/j.ict.2017.03.004
- [7] N. Ducrot, D. Ray, A. Saadani, O. Hersent, G. Pop & G. Remond. (2016). LoRa Device Developer Guide. *Orange, Connected Objects and Partnership. Technical Document*.
- [8] L. Vangelista., A. Zanella., & M. Zorzi. (2015). Long-Range IoT Technologies: The Dawn of LoRa. *Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures, Fabulous 2015*, 159, 51-58. DOI : 10.1007/978-3-319-27072-2_7
- [9] S. K. Park. (2017). A Design and Implementation of an Integrated Gateway for Stand-alone LoRa Wide Area Network. Master's thesis. *Incheon National University, Incheon*.
- [10] X. Wang, M. Fei & X. Li. (2008). Performance of chirp spread spectrum in wireless communication systems. *11th IEEE Singapore International Conference on*. DOI : 10.1109/ICCS.2008.4737227
- [11] J. M. Jacobsmeyer. (1992). *Adaptive data rate modem US Grant, US5541955A*.
- [12] W. Giezeman. (2017). *The Things Network*, <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/adr.html>
- [13] SK telecom. (2015). *ThingPlug Platform*, <https://sandbox.sktiot.com/>
- [14] SK telecom. (2015). *ThingPlug API Document For LoRa-Based & IoT Application Development*, <https://lora.sktiot.com/api/common/file/download?fileId=00EWD6NXQNNCA8CC28BB>
- [15] Google. (2011). *Firebase Platform*, <https://firebase.google.com/?hl=ko>

전 인 재(In-Jae Jeon)

[정회원]



- 1998년 2월 : 대전대학교 토목공학
학과
- 2015년 1월 : 혜성신기술 대표
- 관심분야 : 환경
- E-Mail : korea.kr8@hanmail.net

김 기 봉(Ki-Bong Kim)

[중신회원]



- 1993년 2월 : 충남대학교 대학원
전산학과(전산학석사)
- 1998년 8월 : 충남대학교 대학원
전산학과(정보과학박사)
- 1995년 9월 ~ 1997년 2월 : 혜전
대학교 전임강사
- 1997년 3월 ~ 현재 : 대전보건대학교 컴퓨터정보과 교수
- 관심분야 : 데이터베이스, 헬스케어, 정보시스템
- E-Mail : kbkim@hit.ac.kr