실시간 모니터링 기능을 가진 이동형 수질 측정 시스템

손광호, 신경주, 박찬용, 전중남
충북대학교 소프트웨어학과
e-mail:s995skh@cbnu.ac.kr, kyoungjushin@cbnu.ac.kr, cksdy109@cbnu.ac.kr, joongnam@cbnu.ac.kr

Portable Water Quality Measurement System with Real-time Monitoring

Gwangho Son, Kyungju Shin, Chanyong Park, Joongnam Jeon
Dept. of Software, Chung-Buk University

요 약

하천과 호소수에서 상당 부분의 수자원을 얻는 국내 상황을 고려할 때 하천 수질사고는 심각한 상황을 초래할 수 있다. 이 논문에서는 이동할 수 있는 수질 측정 장치와 측정한 수질 정보를 웹 페이지를 통해 사용자에게 제공하는 시스템을 제안한다. 수질 측정 장치는 모형 배 형태이다. 관리자는 블루투스 통신으로 수질 측정 장치를 조종할 수 있다. 측정한 수질 정보를 와이파이 모듈을 통해 외부 서버의 데이터베이스에 저장한다. 사용자는 웹 페이지를 통해 실시간으로 측정되는 수질 정보를 확인할 수 있다. 구현 결과, 가벼운 무게와 조종 가능한 특성으로 이동성의 개선과 웹페이지를 통한 실시간 시각화를 확인하였다.

1. 서론

우리나라는 하천과 호소수에서 상당 부분의 수자원을 얻는다. 지류, 지천이 많은 국내 하천 상황을 고려하면 하천 수질사고는 심각한 상황을 초래할 수 있다. 그러므로 수질 악화를 빠르게 검출하여 신속하게 대응하는 것이 중요하다. 서울시 보건환경연구원에서는 이동형 저수심 하천 수질감시 시스템을 개발해 수질사고 우려 지점에 설치하여 2016년부터 운영하고 있다. 기존 시스템은 중량이 크기 때문에 설치와 이동이 어렵다. 또한 개발비용이 비싸고 수질 모니터링을 할 뿐 개선시키는 못하는 한계점이 있다.

이 논문에서는 실험실 수준에서 모형 배 형태로 개발한 이동형 수질 측정 시스템의 구현 과정을 제시한다. 이 시스템은 아두이노, 여러 가지 센서와 모터, 그리고 통신장치로 구성되어 있다. 블루투스 통신으로 모형 배를 원하는 장소로 이동할 수 있다. 수자원의 수질을 측정하여, 데이터를 웹 서버로 전송하고, 사용자는 웹 페이지를 통해 이 정보를 실시간 감시할 수 있다. 용존산소량이 적을 때, 기포를 발생시켜 호기성 미생물을 활성화시켜 호소 내 녹조류를 제거하고 수질을 개선할 수 있다.

이 시스템을 사용해 기존의 무거운 수질 측정 장치를 옮기는 수고를 줄이고 오염된 하천이나 수심이 깊은 곳 까지 들어가지 않고 편리하게 하천의 수질을 측정 할 수 있다. 또한 실시간으로 수질 정보를 관찰하여 빠르게 대응할 수 있다.

2. 관련연구

수질 측정기와 측정한 수질 데이터를 보여주는 방법에 대한 연구는 다양한 방면으로 이루어지고 있다. 최근 수질 측정 장치는 부력체를 사용해 기존의 교각에 수질측정기를 달아 이동시 해체가 필수적인 방식을 개선해 운반할 수 있게 함으로써 보다 다양한 곳의 수질을 측정할 수 있게 한다[1]. 또한 측정 중에 장치에 이상이 발생할 경우 기술자가 직접 탑승하여 수리할 수 있도록 승선할 수 있는 공간을 추가했다[2]. [3]은 정확성이 높고 이동성을 갖춘 정밀 수질 측정 장치이다. 이 장치는 1m 이내의 오차를 가진 DGPS 수신기를 구비하고, 저수지, 하천, 댐에 대한 지리정보 파일을 사용하여 자율항법 알고리즘으로 측정 위치로 이동한다. 그러나 측정한 수질 데이터를 장치 제어부의 메모리에 저장해 실시간 수질 확인이 불가능하다는 단점이 있다. [4]에서는 사물인터넷 기능을 통해 측정한 수질에 대한 측정환경과 이상관련 값을 실시간으로 확인하는 시스템을 제안했다. 하지만 대화형 통신을 사용하기 때문에 통신이 강제적으로 종료될 경우 전송 중인 데이터의 손실이 발생한다. 또한 사용자가 질문을 던져야 데이터를 얻을 수 있다는 단점이 있다.

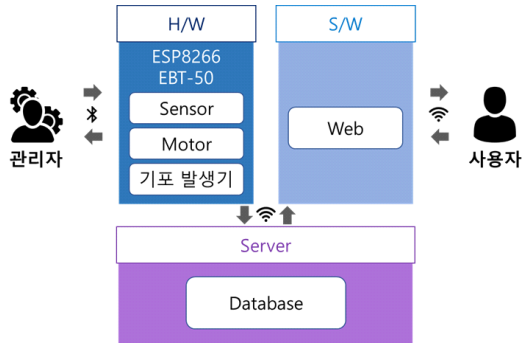
3. 제안 시스템

3.1 시스템 구조

이 절에서는 전체 시스템 구성에 대해 소개한다. 시스템

은 [그림 1]과 같이 하드웨어, 소프트웨어, 서버로 나누어 진다. 수행하는 기능은 다음과 같다.

- 하드웨어: 수질 측정하고 개선하는 역할을 한다. 수질 측정을 위한 센서, 조종 기능을 위한 모터 및 블루투스 모듈, 데이터 전송을 위한 와이파이 모듈 그리고 수질 개선을 위한 기포 발생기로 이루어져 있다. 센서를 통해 측정한 수질 데이터를 와이파이 통신을 통하여 서버로 보낸다.
- 소프트웨어: 외부 데이터베이스에 저장된 수질 데이터에 접근하여 Web을 통해 사용자에게 실시간으로 보여준다.
- 서버: 수질 데이터를 저장하는 데이터베이스가 곳으로 인터넷을 통해 수질 측정 장치 및 웹 페이지와 데이터를 주고받는다.

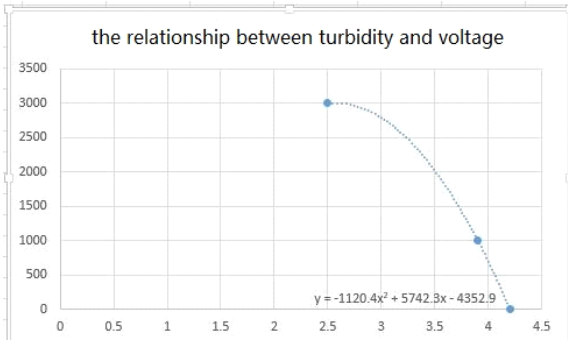


(그림 1) 전체 시스템 구조

3.2 시스템 동작 방법

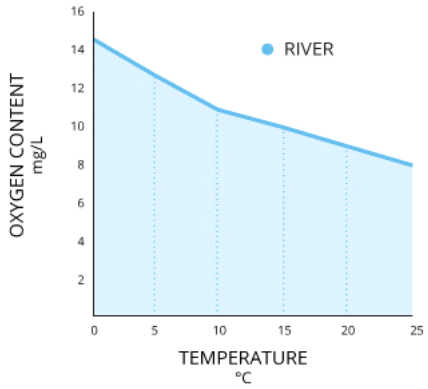
이 절에서는 구성요소가 동작하는 방식을 설명한다.

1) 하드웨어



(그림 2) 탁도와 전압의 관계[5]

- 수질 측정: 센서를 통해 수질의 상태를 측정한다. 측정하는 항목은 DO(용존산소량), 산성도, 탁도, 온도이다. 온도는 디지털 값으로 입력 값을 받고 탁도, 산성도, DO 센서는 아날로그 값으로 입력 값을 받는다. 아날로그 값은 전압 값으로 변환한 뒤 각 단위에 맞게 변환하는 과정을 거친다. 탁도는 [그림 2]를 참고하여 NTU로 변환한다. 산성도는 10ms 간격으로 10번 측정 후 최댓값, 최솟값을 제외한 평균을 사용한다. pH7.0과 pH5.0 용액을 이용하여 전압 값(V_{pH})을 pH로 변환하는 함수를 생성한다. DO는 온도에 따라 포화량이 다르기 때문에 측정한 온도를 활용하여 [그림3]을 참고해 측정된 전압 값의 평균을 구한 후 변환한다. 측정된 DO가 포화량 대비 75% 이하일 경우 산소발생기가 작동한다.

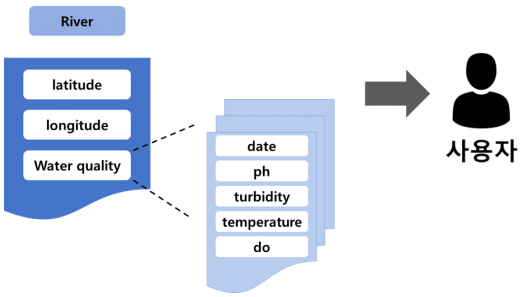


(그림 3) 온도에 따른 포화용존산소량[6]

- 조종: 블루투스 모듈을 사용하여 어플리케이션을 통해 조종을 한다. 조종 어플리케이션에 입력된 방향키의 값에 따라 모터의 출력을 바꿔 이동을 구현한다. 좌우 이동은 서보모터의 각도 변경을 통해 구현한다. 전진과 후진은 모터에 두 개의 아날로그 출력을 연결하고 출력 값을 다르게 하여 모터가 반대로 움직이게 한다.
- 데이터 전송: AT 커맨드[7]를 통해 와이파이 모듈을 재시작 하고, 모듈의 모드를 Ap+Station으로 변경한다. 그 후 모듈의 IP를 확인하고 접속할 서버 IP를 준비시킨다. 서버 IP의 80번 포트에 TCP연결을 준비시키고 GET 방식으로 외부 서버에 데이터를 전송한다. 전송되는 데이터는 수질 정보(DO, 산성도, 탁도, 온도), 시간, 위치이다.

2) 소프트웨어

외부 서버에 존재하는 데이터베이스에 접근하여 사용자가 설정한 주기로 가장 최신의 수질 정보를 불러온 뒤 덱 형식에 저장한다. 최신 수질 정보는 표를 통해 수치 값으로 사용자에게 보이며 덱을 통해 실시간 그래프의 형태로 표현한다.



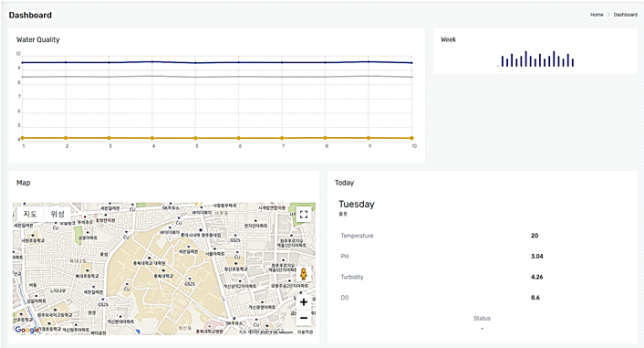
(그림 4) 데이터베이스 구조

3) 서버

하드웨어의 와이파이 모듈을 통해 전달받은 수질 데이터를 php를 사용하여 MongoDB에 저장한다. 데이터베이스의 구조는 [그림 4]와 같다. 웹 페이지에서 수질 데이터에 대한 요청이 오면 요청받은 항목의 데이터를 보낸다.

4. 구현 및 성능평가

이 실험은 충북대학교 내부의 연못에서 수행하였다. 수질 데이터 측정을 위해 수질 측정 장치를 연못에 설치하고 와이파이에 연결한 후 측정을 시작하였다. 측정 중 DO 값이 포화량 대비 낮아질 경우에 기포 발생기의 작동 여부를 확인하였고, 동시에 블루투스를 이용해 조종을 하여 조종 중에도 데이터가 측정되는지를 확인하였다. 또한 웹 페이지를 통해 측정한 수질 정보가 실시간으로 업데이트 되는지를 확인하였다.



(그림 5) 모니터링 웹 페이지

구현 결과, 수질 데이터가 측정되어 외부 데이터베이스에 저장되는 것을 확인하였다. 기포발생기의 작동 여부를 확인하기 위해 작동 조건을 높였고 측정 중 작동을 확인하였다. 또한 조종 중 동시에 데이터 측정이 이루어지며 데이터의 차이도 모터를 사용하지 않을 때와 동일한 것이 확인되었다. 수질 데이터는 4.5초 주기로 측정하였으며 해당 데이터는 동시에 서버에 저장되었다. 저장된 데이터들은 강의 위치와 함께 그래프와 수치를 통해서 확인이 가능하였다[그림 5]. 웹 페이지 내에서 주기를 선택하여 웹 페이지의 동기화 주기도 설정 가능하였다.

기존 시스템의 경우 스테인리스, 알루미늄 등의 재질로 제작되어 무거운 중량으로 인해 하천까지 옮기기가 어렵다. 또한 설치 후에도 원하는 수질 측정 구간이 변경되면 인력을 이용해 이동시켜야 하는 한계점이 존재한다. 이러한 점을 개선하고자 수질 측정 장치의 외부 소재를 변경하고 수질 측정 항목을 4개로 줄여 무게를 줄였다. 최소 부유수심 또한 10cm 이내로 낮춰 얕은 하천에서도 운행이 가능하게 하였다. 하지만 건전지의 사용으로 운행시간이 현저하게 떨어지고, 모터부의 출력이 약화되어 이동에 문제가 생긴다는 한계점이 존재한다. 블루투스 기반 조종의 경우 100m 이상의 거리에서 원활하게 이루어지지 않는 문제가 발생하였으며 LTE 통신을 하는 기존 시스템과 다르게 와이파이 통신으로 데이터 전송에 제약이 존재한다.

5. 결론 및 향후 연구

이 논문에서 구현한 시스템에서는 기존 시스템의 단점에 대한 개선점을 제시하기 위해 실험 수준으로 진행하였다. 포맥스 재질을 사용하여 무게를 감소시켰고 모터와 블루투스 모듈을 사용하여 설치 후에도 이동이 가능하도록 하였다. 또한 측정 데이터를 실시간으로 확인할 수 있게 하여 사용자가 빠른 대응을 할 수 있게 하였다. 향후에는 태양광과 축전지를 통해 배터리 문제를 해결하고, 저전력 장거리 통신망인 LoRa 모듈을 통해 데이터 전송 문제를 해결함으로써 보다 활용도가 높아질 것으로 기대된다. 또한 수집된 수질 데이터를 활용하여 어류 최적 서식지 정보를 제공하거나 계곡의 수질 데이터를 통해 안전한 물놀이 장소를 제공하는 서비스를 구현할 예정이다.

Acknowledgement

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

참고문헌

[1] DONGMOONENT CO., Ltd. “Floating Body for Monitoring Water Quality under Large Water Level Fluctuation” KR Patent 1020150111822, filed Aug 7, 2015, and issued Jan 14, 2016

[2] DONGMOONENT CO., Ltd. “Pontoon-floating body for monitering water quality condition” KR Patent 1020150104085, filed Jul 23, 2015, and issued Mar 9, 2016

[3] Korea Rural Corporation, CENTENNIAL TECHNOLOGY COMPANY. “Autonomous water quality measurement and sample collection apparatus for agriculture reservoir” KR Patent 1020110028364, filed Mar 29, 2011, and issued Oct 11, 2011

[4] Gil Ju Hyung. “Water quality monitoring devices with Internet capabilities things” KR Patent 1020150073604, filed May 27, 2015, and issued Nov 20, 2017

[5] DFRobot. “Turbidity sensor SKU SEN0189” 2016. https://wiki.dfrobot.com/Turbidity_sensor_SKU__SEN0189

[6] Fondriest Environmental, Inc. “Dissolved Oxygen.” Fundamentals of Environmental Measurements. 2013. https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/

[7] Espressif Systems. “AT Instruction Set”. V3.0.1, China, 2019