

마을 공동 우물용 지하수 정수 장치의 원격 모니터링 시스템 개발

김동진¹, 박상흠², 이흥섭^{2*}

¹호서대학교 로봇자동화공학과, ²공주대학교 기계공학과

Development of Remote Monitoring System for groundwater purifier apparatus for community wells

Dong-Jin Kim¹, Sang-heup park², Hong-Sup Lee^{2*}

¹Department of Robotics and Automation Engineering, Hoseo university

²Division of Mechanical Engineering, Kongju University

요약 최근 지하수의 오염이 심해지고 있다. 특히 축산농가 근처의 지하수 오염은 더욱 심해지고 있으며, 음용수로 마시기 어렵다. 그러나 일부 지역에서는 오염된 것을 알면서도 마시고 있다. 본 논문에서는 마을 공동우물에 설치할 수 있는 지하수 정수 장치를 설계 하였다. 설계된 지하수 정수 장치는 RO 멤브레인 필터를 사용하고, UV 살균을 통해 중금속, 박테리아, 유기화합물 등의 오염물질을 제거할 수 있게 하였다. 또한 원격 모니터링을 위해 전기 전도도, 압력, 유량 등의 센서를 추가하였다. 원격으로 모니터링하는 압력 및 유량 데이터로 RO 멤브레인 필터의 파울링 및 오염의 여부를 판단할 수 있으며, 급수의 전기전도도를 통해 유입되는 지하수의 오염 및 상태의 변동을 파악할 수 있다. 본 논문에서 설계된 지하수 정수 장치를 시골 농가에 설치하여 원격 모니터링 하였다. 15일간 지하수 정수 장치를 운영하고 모니터링 데이터를 분석한 결과, 생산수 유량은 평균 2.67L/min이고 급수의 압력 평균 7.09kgf/cm²로 RO 멤브레인 필터가 파울링 및 막힘없이 필터링되고 있음을 파악할 수 있었다. 또한 평균 전기전도도는 급수 796.6 uS/cm²이고 생산수 55.6 uS/cm²로 일반적인 수도물과 유사한 값을 나타내고 있어 주변에 오염원이 발생하지 않았음을 확인 할 수 있었다. 따라서 설계된 지하수 정수 장치는 원격 모니터링을 통해 필터의 교체 시점을 미리 확인할 수 있고, 지하수의 오염 여부에 대한 상태 확인이 가능하다.

Abstract Recently, the pollution of groundwater has become serious. In particular, the contamination of groundwater near livestock farms is becoming increasingly severe and it is difficult to drink with drinking water. In this paper, a groundwater purifier apparatus that can be installed in a community well was designed. The designed groundwater purifier apparatus enables a RO membrane filter and UV sterilization to remove pollutants, such as heavy metals, bacteria, and organic compounds. In addition, electrical conductivity, pressure, and flow sensors were added for remote monitoring. Remote monitoring of the system can determine the level of fouling and contamination of RO membrane filters through pressure and flow sensor data, and can record changes in the contamination and condition of groundwater through the electrical conductivity of the feed water. The designed groundwater purifier apparatus was installed at a farmhouse and remote monitoring. The result after 15 days of operating a groundwater purifier apparatus and analyzing the monitoring data revealed an average permeate water flow rate of 2.67L/min and an average water pressure of 7.09kgf/cm², indicating that the RO Membrane filtered without fouling and clogging. The average electrical conductivity was 796.6 S/cm² of the feed water and 55.6 S/cm² of permeate water, which is similar to that of general tap water. Through this, it was confirmed that no pollutant occurred in the surroundings. Therefore, the designed groundwater purifier apparatus can confirm the replacement time of the RO membrane filter in advance through remote monitoring, and check the pollution state of the groundwater.

Keywords : Drinking Water, Groundwater, Purification Apparatus, Remote Monitoring, Revers Osmotic

*Corresponding Author : Hong-Sup Lee(Kongju Univ.)

email: hongsup.lee@gmail.com

Received September 9, 2019

Accepted November 1, 2019

Revised September 30, 2019

Published November 30, 2019

1. 서론

지구상의 물은 수증기나 물, 얼음과 같은 형태로 하늘과 땅, 지하 그리고 바다를 순환한다. 지구상에 존재하는 물의 총량은 약 14억Km³이며 그 중 담수는 전체 물의 2.53%에 불과하다. 담수 중에 빙설 및 지하수를 제외하고 사람이 손쉽게 이용할 수 있는 호수하천 등의 물은 전체 물은 0.01% 불과하다. 국제연합아동기금 및 세계보건기구가 2008년에 공동 발표한 'Progress on Drinking Water and sanitation'에 의하면 물이용의 안정성 측면은 점차 개선되고 있으나 2012년 기준으로 약 7억 명의 인구가 안전한 먹는 물을 이용할 수 없는 상황이며, 약 25억 명의 인구가 기본적인 위생 시설도 없이 생활하고 있다[1]. 지구상에 담수 중 지하수의 비중은 30%로 0.3%인 지표수에 비해 많은 양을 가지고 있는 자원이다. 지하수는 땅속에 있는 물로, 비, 눈, 우박 등이 땅으로 스며들어 형성된다. 현재 고도의 산업발달로 인한 각종 화학물질, 중금속, 유류 및 생활 오염물질 등에 의해 담수의 오염이 심각해지고 있다. 지하수는 지표수에 비해 비교적 청정하고 기후변화 및 외부 요인에 대해 안정성이 크다. 그러나 최근에는 지하수도 각종 오염물질에 의해 문제가 더 심각해지고 있는 실정이다. 지하에 존재하는 지하수는 지표수에 비해 이동이 매우 느리고, 오염이 발생하면 빠른 회복이 어려우며 지하수의 환경은 지표수에 비해 용존산소량이 적고, 존재하는 미생물이 적기 때문에 오염물질이 쉽게 분해되지 않는다[2][3].

따라서 지하수는 수량관리도 중요하지만 수질관리에 대해서도 중요하다. 정부에서는 관련 규정을 만들고 국가 지하수 관측 망을 설치하여 관리를 하고 있다. 1995년 15개소 설치 이후 2018년 전국에 442개소의 지하수 관측 망을 설치하고 수위, 전기전도도, 수온 등을 관측하고, 수질검사도 실시하고 있다. 또한 2001년부터 환경부에서 지하수 수질 측정망을 설치하여 운영 중에 있다[1][2].

그러나 2019년 3월 23일자 농민신문에는 지하수가 오염되어 먹는 물로 부적합해도 그냥 마시는 사례가 나와 있다. 또한 2017년 2월 17일자 축산경제신문에는 축산연구원이 축산현장 지하수 3,763점을 수질 조사한 결과 46.6%가 식수로 부족하다고 발표했다고 하였다. 정부의 지하수 관리에도 오염은 계속해서 증가하고 있고, 먹는 물로 이용하기 어려운 곳들이 점차 늘어나고 있다.

현재 시골 농가에서 사용하고 있는 지하수는 직접 이용하기 어려워지고 있으며, 지하수를 먹는 물로 사용하기 위해 별도의 정수 장치의 설치가 필요한 실정이다. 별도

로 설치되는 정수 장치의 동작 상태 및 유입수의 오염 여부를 확인할 필요성이 있다.

본 논문에서는 마을 공동우물에 설치하는 지하수 정수 장치를 설계하고, 유입수의 오염 여부 및 정수 장치의 상태를 원격으로 모니터링 하는 시스템을 개발하고자한다.

지하수 정수 시스템을 RO(reverse osmotic) 멤브레인 필터와 UV 살균을 통해 중금속, 박테리아, 유기화합물 등의 오염물질을 제거할 수 있게 설계 하고, 시스템의 상태 및 유입수의 오염여부를 판단하기 위해 전기전도도, 압력, 유량 등의 센서를 추가할 것이다. 시스템에 추가되는 센서 데이터를 원격으로 모니터링 하여 지하수 정수 장치의 상태 및 유입되는 지하수의 오염 및 상태를 원격으로 파악하여 유지 관리 할 수 있는 시스템으로 개발 하고자 한다.

2. 지하수 정수 처리 시스템

정수처리하는 물을 깨끗하게 만드는 과정을 말한다. 정수 처리 시스템은 각각의 단위공정들의 조합으로 구성되며, 불순물의 크기, 화학적 반응성, 농도 등 각 공정의 처리 특성을 고려하여 시스템으로 조합한다. 정수 처리장의 처리과정은 취수 → 약품처리 → 응교와 응집 → 침전 → 여과 → 소독 → 저장의 과정을 거쳐 깨끗한 물을 정수한다. 이와 같은 과정을 가지는 정수처리장에서는 지표수를 정수하여 수도물을 만드는 것으로 환경부의 정수처리 기준에 따라 공정을 구성한다. 정수처리 기준에는 지표수의 영향을 받지 않는 지하수는 병원성 미생물이 오염 우려가 낮아 정수처리 공정상의 여과공정이나 소독공정을 통해 미생물의 제거가 필요하지 않아 정수처리 배제 정수장으로 여과공정만 가져도 된다고 하고 있다[4].

그러나 지하수는 생활하수, 축산폐수 및 비료 등에 의해 미생물에 대한 오염이 늘어가고 있으며, 먹는 물로 이용하기 위해 지하수에 있는 미생물의 제거의 필요성이 있다.

음용 지하수의 수질 항목을 보면 미생물 4개 항목, 유해영양 무기물질 11개 항목, 유해영양 유기물질 17개 항목, 심미적 영향물질 15개 항목 등 총 47개 항목이 지정되어 있다. 물속에 있는 미생물은 염소소독, UV 살균, 오존처리 등으로 제거가 가능하며, 병원균의 바이러스는 0.02~0.09um, 박테리아는 0.4~1.4um 정도의 크기를 가지고 있어 필터를 이용하여 제거가 가능하다. 또한 유해영양 유/무기 물질은 역삼투법, 활성탄처리 등의 방법

을 통해 90% 이상 제거가 가능하다[5][6].

Fig. 1은 멤브레인 필터링 스펙트럼을 보여주고 있으며, 0.0001um의 공극을 가지고 있는 RO 멤브레인 필터의 여과 능력이 제일 뛰어난을 알 수 있다[7].

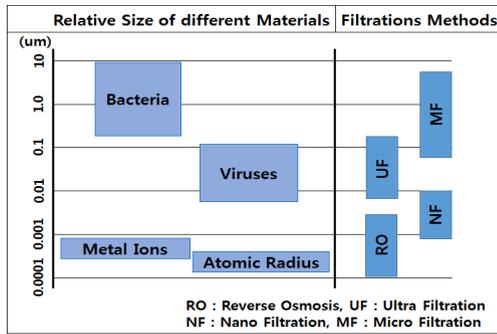


Fig. 1. Spectrum of membrane filtration

지하수 수질항목 중 미생물의 경우에는 필터로서 제거가 가능하고 UV 살균을 통해 완전히 제거가 된다. 그러나 유해 영향을 주는 유/무기 물질의 경우 필터로 100% 제거가 가능하지 않기 때문에 이온에 대한 오염 감지가 필수적으로 필요하다.

수질의 이상 징후 발견을 위해서는 전기 전도도의 측정을 통해 수질의 변화와 오염의 상태를 미리 확인할 수 있다. 전기 전도도는 물속에 용존 성분, 양이온, 음이온 및 염 성분들의 농도를 전기적 세기로 나타낸 값이다. 용존 성분 및 이온성 물질이 많을수록 높게 나타난다. 그러나 전기전도도의 높고 낮음이 먹는 물 수질기준에는 없으나, 자동 수질측정기에서는 전기전도도가 평상시의 값과 급격한 변화를 보이거나 또는 전기 전도도 높게 나타난다면 이온성 물질(고농도 무기물, 중금속, 독성물질) 등이 물에 유입되었을 가능성이 크다고 할 수 있다[8][9].

Table 1은 물의 종류에 따른 전기 전도도의 값을 나타내었다. 이 값은 유입수의 오염 상태를 판단할 수 있는 기준으로 사용하여 모니터링이 가능하다.

Table 1. Conductivity values of water [11][12]

		Conductivity (uS/cm)
1	Ultra-pure water	0.05 ~ 0.5
2	Distilled water	1 ~ 10
3	Rain water	5 ~ 50
4	Potable waters	50 ~ 1000
5	Sea Water	40,000 ~ 60,000

Table 1의 값은 25℃일 때를 기준으로 한 것으로 지하수의 경우에는 온도 1℃ 상승에 따라 2%의 전기전도도가 증가된다[10].

물의 오염을 감지하기 위한 전기 전도도의 모니터링을 위해 온도 값에 따른 보정을 해야 한다. 온도에 따른 전기전도도의 보정은 다음 식 (1)과 같다.

$$EC_t = EC_{25} [1 + a (t - 25)] \quad (1)$$

여기서 EC_t 는 현재 온도에서의 전기전도도, EC_{25} 는 25℃일 때의 전기전도도를 나타내고 있으며, 온도보상계수 a 는 여러 값으로 인용되고 있으나 0.01 M KCl 용액의 EC 온도관계에 근거하여 $a = 0.0191$ 을 주로 사용한다[10].

전기전도도의 측정은 물속에 녹아있는 전해성 이온 물질의 총량을 측정하는 것으로 수질 오염의 척도로 사용될 수는 없다. 물속에 있는 무기 이온 물질의 총량을 알아보고 필터링을 통해 오염물질의 제거 및 성능에 대한 간접적인 척도로 사용하는 것이 바람직하다.

필터를 사용하여 정수 처리를 하는 시스템은 필터의 오염에 의해서 막이 막혀 정수가 되지 않는 경우가 생길 수 있다. 필터의 오염을 모니터링 하여 필터의 교체시기를 사전에 모니터링 하여 사용이 가능하다. 현재 가정용 정수기의 경우에는 일정 시간이 경과가 되면 필터를 교체 하고 있으며, 산업용의 경우도 시간 경과에 따라 교체한다. RO 필터의 경우에 생산수의 유량이 10% 이상 감소하거나, 공급수의 압력이 15% 이상 증가했을 경우에 필터 세척이 필요하다고 하며 오염이 되었다고 볼 수 있다[13].

따라서 본 논문에서는 정수 시스템의 모니터링을 위해 전기전도도를 측정하여 유입 수에 대한 오염 경보 및 생산수의 제거 상태를 판단할 수 있게 설계 하였다.

3. 시스템 구현

3.1 정수 처리 장치

Fig. 2는 본 논문에서 사용하는 지하수 정수 장치의 내부 블록도이다. 지하수를 정수하기 위해 활성탄 필터, RO 멤브레인 필터 및 UV 살균을 통해 정수를 하고 있다.

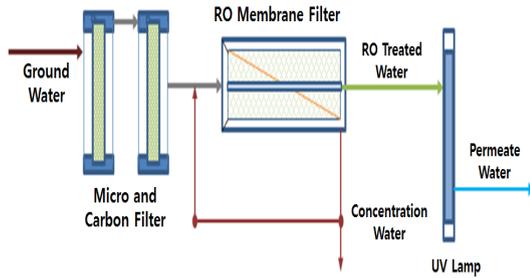


Fig. 2. System diagram



Fig. 3. Implemented groundwater purification apparatus

설계된 정수 장치는 지하수의 불순물을 거르기 위해 두 개의 필터를 사용하였다. 불순물을 거른 물은 유해물질을 제거하기 위해 RO 필터를 사용하여 설계하였다. 또한 RO 필터를 통해 출수된 물은 UV로 살균 처리하여 출수할 수 있게 설계 하였다.

정수 장치의 내부에 있는 필터 및 펌프의 상태를 모니터링하기 위해 전기전도도, 압력, 유량, 온도 등의 센서를 부착하였다.

Fig. 3은 RO 필터를 사용한 구현된 지하수 정수 장치를 보여주고 있다. 정수 장치는 가로 1.5m, 세로 1.6m, 폭 0.6m의 크기로 4000명이 음용할 수 있는 용량을 가지고 있다.

3.2 제어 및 모니터링

지하수 정수 장치를 제어하고, 모니터링을 위해 Fig. 4와 같이 제어부를 설계하였다.

메인 컨트롤러는 저가의 고성능 MCU인 ST사의 Cortex-M4 코어인 STM32F407V를 사용하였고, 원격

모니터링을 위해 이더넷 전용 IC를 추가하였다. 또한 장비의 동작 상황을 확인 할 수 있게 문자형 LCD를 컨트롤 패널에 부착하였다.

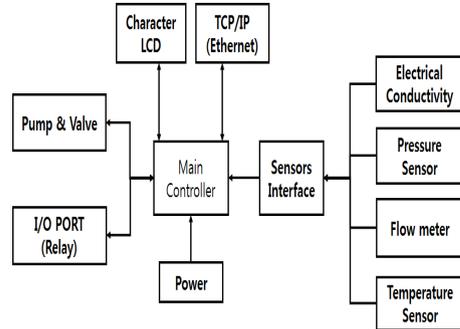


Fig. 4. Block Diagram of Control Part

또한 정수 장치의 상태 모니터링에 필요한 데이터 획득을 위해 전기전도도, 압력, 유량 등의 센서를 설치하였다. 센서 데이터는 서버로 전송되며 전송된 데이터를 통해 정수 장치의 상태를 모니터링 할 수 있다. 제어 및 모니터링을 위한 설계 내용은 Table 2와 같다.

Table 2. Object of Monitoring and Control

Object	Interface	
EC Sensor	4~20mA	2Channel
Pressure Sensor	4~20mA	2Channel
Flow Sensor	Pulse Frequency	2Channel
Digital In/Out	Digital Output	8Channel
Relay Output	Digital Output	4Channel
PWM Output	Reserved	2Channel
Ethernet	IEEE 802.3	1Channel
RS-232	Debug, Wifi Interface	4Channel

정수 장치의 제어 및 모니터링 항목을 살펴보면 생산수와 농축수의 유량을 측정하여 그 차이와 경향을 통해 필터의 막힘 유무를 판단할 수 있다. 생산수의 유량이 10%이상 변동이 되면 필터를 세척해야 하는 시점이 되었다는 것을 알 수 있으며, 압력 센서는 급수의 압력이 15%이상 변동 시에 RO 필터의 파울링 및 막힘 유무를 판단할 수 있으며, 이로 인하여 필터의 상태 및 펌프의 과열을 방지할 수 있다[13].

또한 원격 제어를 위한 입출력 채널을 설정하여 펌프, UV 등을 제어 할 수 있도록 설계하였다.

3.3 통신 프로토콜 설계

웹 서버에서의 모니터링 및 원격 제어를 위해 통신 프로토콜을 설계 하였다. 통신 프로토콜의 기본 프레임은 Fig. 5와 같으며, 모니터링을 위한 프로토콜과 원격제어를 위한 프로토콜로 나누어 설계하였다.

Header (1byte)	Length of Packets (1byte)	Address of Equipment (4byte)	Number of Sensors (1byte)	Data[n] (2n byte)
----------------	---------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------

Fig. 5. Basic frame of communication protocol

모니터링 프로토콜과 원격 제어 프로토콜은 헤더 값에 의해 구분되며, 모니터링 프로토콜의 헤더는 0xFC로 설정하였고, 총 23바이트의 패킷으로 구성하고 각각의 센서 정보를 담아 전송한다. 시스템에서 전송하는 센서의 개수는 총 7개로 16바이트를 전송한다. 원격 제어를 위한 프로토콜은 시스템의 상태 정보를 서버가 수신하면 시스템을 제어하는 방법으로 사용하였다.

Fig. 6은 제어 프로토콜을 보여주고 있다. 제어 프로토콜에는 시스템 동작, 펌프, 밸브, UV 등을 온/오프 할 수 있다.

웹 서버와 장비간의 통신을 테스트하기 위해 Fig. 7과 같이 서버와 장비간의 모니터링 및 제어를 위한 프로그램을 작성하여 테스트 하였다.

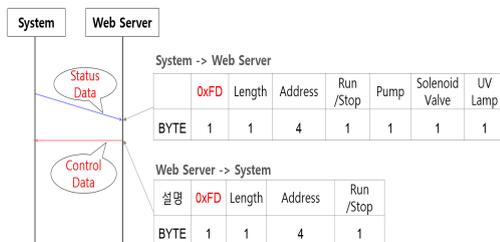


Fig. 6. Control Protocol



Fig. 7. Monitoring and control communication program

3.4 모니터링을 위한 웹 페이지 구현

지하수 정수 장치를 모니터링을 위해 서버에 웹 페이지를 구현하였다. 웹페이지에서는 장비를 제어할 수 있고, 센서 데이터를 받아 그래프로 표현할 수 있으며, 경보 발생 시 경보리스트와 SMS를 전송할 수 있게 하였다. Table 3은 웹 서버의 메뉴 구성을 보여주고 있으며, Fig. 8은 구현된 웹페이지의 화면을 보여주고 있다.

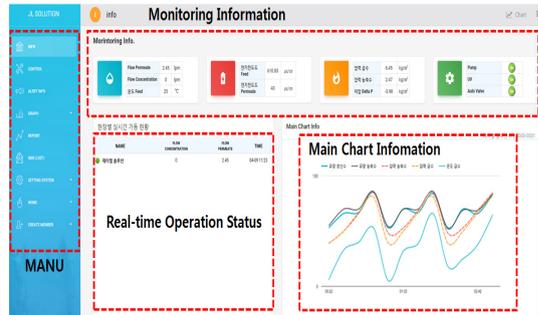


Fig. 8. Monitoring Information (Web page)

Table 3. Monitoring and Control Menu of Web Server

Manu	Page	Description
Info		Main Screen
Control		Control Screen
Graph	Record 1	Sensor Graph 1
	Record 2	Sensor Graph 2
Alert Info		Alarm List
Report		Data Report
SMS(List)		SMS List (Alarm)
Setting System	Backup Report	Statistics List
	SMS Config	Set TIME of SMS
	Setting Machine	Registration of Equipment
	Setting SMS	Registration of User(SMS)
	Log List	Data Log
Work	Control List	Control Log
	Schedule	Management of schedule
	Board	Board
Create Member	Add Board	Add Board
	Company List	Registration of Company
	User List	Registration of User

모니터링 정보를 보여주는 화면으로 현재 센서 데이터를 정량적인 수치와 그래프 정보로 보여주고 있으며, 현장별로 실시간 가동 중인 정수 장치에 대한 정보도 보여 줄 수 있다. 또한 정수장치 운영에 따라 측정된 데이터를 문서로 저장할 수 있는 기능도 추가하였다.

Table 4. Measurement Data

Date	Flow (L/min)		Conductivity (uS/cm ²)		Pressure (kgf/cm ²)		Temp. (°C)
	Concentration	Permeate	Feed	Permeate	Concentration	Feed	Feed
2019-04-30	0.77	2.88	750.56	53.55	6.98	7.19	25
2019-04-29	0.62	2.87	799.46	57.77	7.02	7.21	25
2019-04-28	0.57	2.86	820.52	58.68	7.03	7.23	25
2019-04-27	0.58	2.85	823.74	59.09	7.02	7.22	25
2019-04-26	0.62	2.77	802.41	57.68	6.89	7.08	25
2019-04-25	0.69	2.77	777.04	55.69	6.8	6.98	25
2019-04-24	0.68	2.88	792.14	57.08	6.88	7.07	25
2019-04-23	0.65	2.92	812.51	58.36	6.95	7.15	25
2019-04-22	0.66	2.92	817.49	58.81	7.06	7.26	25
2019-04-21	0.65	2.68	805.3	57	6.78	6.97	25
2019-04-20	0.68	2.77	806.02	56.54	6.94	7.14	25
2019-04-19	0.76	2.86	786.67	53.45	7.08	7.28	25
2019-04-18	0.91	2.85	758.88	50.7	7.01	7.22	25
2019-04-17	0.89	2.84	782.45	52.64	7.02	7.23	25
2019-04-16	0.65	1.42	839.84	55.55	6.96	7.16	25
2019-04-15	0.17	1.6	772.11	48.36	6.04	6.19	25

4. 시스템 모니터링

제작된 시스템을 활용하여 원격 모니터링 및 제어에 대한 테스트를 하였다. 지하수 정수 장치를 천안시 서북구 직산면에 위치하고 있는 농가에 설치하고 지하수를 연결하였다.

2019년 4월 15일부터 30일까지 측정된 데이터를 Table 4에 나타내었다. 생산수의 유량을 보면 평균 2.67 L/min이고 급수의 압력 평균 7.09 kgf/cm²로 볼 때 큰 변동 폭은 없으며 안정적인 동작을 보여주고 있다. 생산수의 유량 및 급수의 압력을 통해 RO 멤브레인의 파울링 및 막힘은 아직 없다고 판단할 수 있다. 또한 급수의 전기전도도와 생산수의 전기전도도를 보면 급수 평균 796.6 uS/cm²이고 생산수는 55.6 uS/cm²로 지하수에 녹아있는 이온을 잘 거르고 있음을 알고 있으며, 생산수의 전기전도도는 일반적인 수돗물의 전기전도도와 유사한 값을 나타내고 있다.

측정된 데이터를 바탕으로 볼 때 지하수 정수 장치의 RO 멤브레인의 정수 처리 상태를 모니터링 할 수 있다. 그러나 온도 센서의 문제로 정상적인 온도 값을 측정하지 못하였고, 이로 인해서 전도도 값에 대한 온도보상은 하지 않았다.

하지만 지하수의 특성 및 계절상의 온도는 25°C 이상으로 상승하지 않기 때문에 온도 보정을 하게 되면 실제 전기전도도 데이터는 더 낮게 나온다고 판단할 수 있다. 또한 새로 설치된 RO 필터를 사용하였기 때문에 필터의

파울링 및 막힘에 대한 경보를 얻지는 못했다. RO 멤브레인 필터의 교체주기가 1년 이상인 점을 감안하면 장시간의 테스트를 해야 할 것 이다.

5. 결론

지구상의 담수 중 지하수의 비중이 30%로 많은 양을 가지고 있고, 지표수에 비해 비교적 청정한 자원으로 존재한다. 그러나 오염이 발생하면 지표수에 비해 쉽게 정화되지 않는다. 정부는 지하수 보호를 위해 관련 규정을 만들고 전국에 관측 망을 설치해 지하수 자원을 관리하고 있으나, 지하수의 오염은 계속해서 증가하고 있고, 먹는 물로 이용이 어려운 곳이 점차 늘어가고 있다. 특히 축산농가가 있는 곳의 절반 가까이는 먹는 물로 이용이 불가할 정도로 증가하고 있는 추세이다.

본 논문에서는 마을 공동 우물에서 사용할 수 있는 지하수 정수 장치를 설계하고 모니터링 및 원격제어가 가능하게 개발하였다. 원격 모니터링을 통해 급수와 생산수의 상태 및 정수 장치의 상태를 모니터링을 통해 필터의 교환 시점 및 급수의 오염 상태도 파악할 수 있게 되었다.

개발된 정수 장치를 모니터링 해본 결과 RO 필터가 잘 동작하고 있었음을 알 수 있었다. 그러나 초기 새로 설치된 필터로 실제 파울링 및 막힘 현상을 보기에는 오랜 시간이 걸린다. 지속적인 테스트를 통해 원격 모니터링의 결과를 얻어야 할 것 이다.

또한 본 논문에서는 지하수 정수 장치에 한정되어 개발되었기 때문에 확장성이 떨어진다. 따라서 제어부의 업그레이드를 통해 모든 수 처리 시스템에 사용이 가능하도록 설계하고, 기본적인 수질측정도 할 수 있는 수 처리 시스템의 표준 플랫폼으로 개발해야 할 것이다.

References

[1] K-water, Water and Future, pp. 10-11, 159, 2019.

[2] Ji-Hye Yoon, *Problems and Improvement of Ground-water Management*, Master's thesis, Ajou University, pp. 44-60, 2017.

[3] Jung-Ku Park, Rak-Hyeon Kim, Jin-Yong Lee, Dong-Hyuk Choi, Tae-Dong Kim, "Evaluation of status of Groundwater Quality Monitoring Network of Korea : Implications for Improvement", *Journal of Soil and Groundwater Environment*, Vol. 12, No. 6, pp. 92-99, 2007.

[4] Mok Young Lee, Sung Woo Lee, Bang Ryun Hur, Guidebook of Standard for Water purification, National Institute of Environment Research, pp. 220, 2013.

[5] Garyoung Lee, Min Kyeong Choi, Chaeun Shim, Hyunha Shin, Jisoo Lee, Jun Seok Hwang, "Procedure for Implementing Water Supply System: Case of Rainwater and Groundwater Utilization", *Journal of Appropriate Technology*, Vol. 4, No. 2, pp. 108-119, 2018.

[6] Ministry of Environment, Integrated work instructions on water quality conservation of groundwater, Soil and Groundwater Division(MOE), Korea, pp. 32-33, 311-315, 332-339.

[7] Murat Eyvaz, Serkan Arslan, Ercan Gurbulak, Ebubekir Yuksel, "Textile Materials in Liquid Filtration Practices : Current Status and Perspectives in Water and Wastewater Treatment", pp. 297, IntechOpen, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69462>

[8] Kyung-chul Yang, Kyung-soo Chun, Duk-Soo Lee, Jae-Keun Ryu, "Physicochemical Characteristic of Drinking Water in The Longevity Villages", *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 11, No. 3, pp. 119-128, 2004.

[9] Ministry of Environment, Manual of action when pollution enters in intake and water purification plant, Korea, pp. 35, 2009.

[10] Masaki Hayashi, "Temperature-Electrical Conductivity Relation of Water for Environmental Monitoring and Geophysical Data Inversion", *Journal of Korean Society for Environmental Analysis*, Vol. 96, Iss. 1-3, pp. 189-195, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:EMAS.0000031719.83065.68>

[11] N. R. G. Walton, "Electrical conductivity and Total Dissolved Solids -What is Their Precise Relationship?" *Desalination*, Vol. 72, pp. 275-292, 1985.

[12] Anna F Rusydi, "Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water : A review" *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, Vol. 118, no. 1, pp. 1-6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/118/1/012019>

[13] Ali M. El-Nashar, "History and current Status of Membrane desalination Processes", *Desalination And Water Resources Membrane Processes*, Vol. 1, pp. 12-14, 34, 2010.

김 동 진(Dong-Jin Kim)

[중신회원]



- 2000년 8월 : 호서대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 호서대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2000년 1월 ~ 2004년 6월 : (주)네스텍 기술연구소 선임연구원

- 2005년 1월 ~ 2007년 2월 : (주)테크라인 세정기술연구소 책임연구원
- 2007년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 로봇자동화공학과 교수

<관심분야>

마이크로프로세서 및 센서 응용, 제어 및 시스템,

박 상 흡(Sang-Heup Park)

[정회원]



- 1984년 2월 : 단국대학교 기계공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 단국대학교 일반 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2000년 2월 : 홍익대학교 일반 대학원 기계공학과 (공학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 명예교수

<관심분야>

용접시공 및 용접 자동화, 비파괴 검사

이 흥 섭(Hong-Sup Lee)

[정회원]



- 2014년 2월 : 공주대학교 기계공
자동차학과 (공학석사)
- 2015년 3월 ~ 현재 : 공주대학교
기계공학과 (박사과정)

<관심분야>

수처리설비, 막여과장치, 수처리자동화, 비파과검사