

침지형 다항목 수질계측기 및 원격 모니터링 시스템 개발

A development of submerged type multiprobe water-quality measuring instrument and remote monitoring system

양근호*

Keun-Ho Yang*

요약

정수장에서 수도꼭지까지 전체적인 물 공급 체계에서 수돗물의 수질은 먹는 물 기준에 적합해야 하지만 수돗물 공급과정에서 수질 모니터링과 충분한 관리가 이루어지지 않고 있다. 특히 대부분의 소규모 저수조(지하저수조 또는 고가(高架) 저수조)의 수도관은 다양한 오염원에 노출되어 있다. 최근의 수질 모니터링 시스템은 몇몇 대형 정수장과 배수지 등에 설치되어 운영하고 있다. 특히 인터넷을 이용한 수질 모니터링은 언제 어디서나 주민들이 확인할 수 있도록 몇몇 지방자치단체에서 채택하고 있다. 이러한 시스템을 구축하는 것은 대규모 시설을 필요로 하기 때문에, 아파트, 공공건물, 소규모 지하저수조 또는 고가저수조 같은 규모가 적은 물 공급시설에는 제한적으로 적용된다. 본 연구에서는 저렴한 각각의 수질센서 모듈을 집적화하여 개발한 다항목 수질계측기를 이용하여 인터넷에서 운용되는 온라인 모니터링 프로그램을 개발하였다. 저수조 관리자는 온라인으로 먹는 물의 수질 측정값을 모니터링할 수 있다. 제안된 다항목 수질측정기를 집적화하였으며, 저수조의 크기와 관계없이 저가로 다양한 저수조에 쉽게 적용할 수 있는 시스템이다.

Abstract

The quality of tap water on the whole water-supply system, from a large filtration plant to a private faucet, has to be guaranteed the standards of drinking water. At this point in time, however, the supply process of the tap water has not been monitored and managed scientifically. The piped water, especially the most small-scale reservoirs(underground or overhead type) are always exposed to various contaminations and impurities. Recently monitoring systems of water-quality were spread on some large filtration plants or distributing reservoirs. In particular, the water quality monitoring method using the internet is adopted into some local government whose inhabitants can check up the water quality anytime and anywhere. The construction of this system that has to apply a large scale needs, and has a limitation on the small water-supply system, such as apartments, public facilities and small-scale underground or overhead reservoirs. In this work, we suggest the integration system of individual water-quality sensor modules that have a low price. By using the developed integration system and online monitoring program operated on the internet, the system managers of reservoirs can monitor and manage water-quality characteristic values of drinking water in online. Since the proposed system was modularized, the system can be applied easily into various reservoirs with a low cost and regardless of its scale, small or large.

Keywords : reservoir, water-quality, water-quality monitoring, integration of sensor modules

I. 서 론

안전한 수돗물의 수질을 유지하고 안정적으로 공급하기 위해서는 상수원 관리, 고도정수처리시설 도입과 운영, 노후 상수도관 개량 등이 필요하지만, 수돗물의 수질평가가 수도꼭지에서 이루어지기 때문에 최종적으로 저수조 등 물

저장 시설과 옥내급수관의 유지관리가 반드시 필요하다. 현재 수돗물의 수질 악화 방지를 위하여 많은 비용과 노력을 하고 있으나 국민들이 체감하는 수돗물 불신의 신뢰감 회복에 대한 실질적인 효과는 없는 실정이다[1-6].

수돗물의 수질변화를 최소화하기 위해서 시설물 재질의 개선과 구조적인 설계 및 관리를 위한 문제를 해결하고 상시 모니터링하는 방법을 적용하는 것이 바람직하다. 특히 취수원에서 취수한 원수는 그림 1에 보인 바와 같이 정수시설을 통하여 먹을 수 있는 깨끗한 수돗물로 생산되어 배수지, 저수조 등을 거쳐 각 가정에 공급한다. 이렇게 복잡한 수돗물 공급과정에서 2차 오염에 가장 노출되어 있는 곳은 노후 수도관로와 공공건물 또는 집단건물의 저수조이다.

*한려대학교 멀티미디어정보통신공학과

투고 일자 : 2009. 6. 12 수정완료일자 : 2009. 7. 29

개제 확정일자 : 2009. 7. 29

* 본 연구는 환경부 Eco-STAR Project 수행기관인 수처리선진화사업단(과제번호:I²WATERTECH 04-3)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

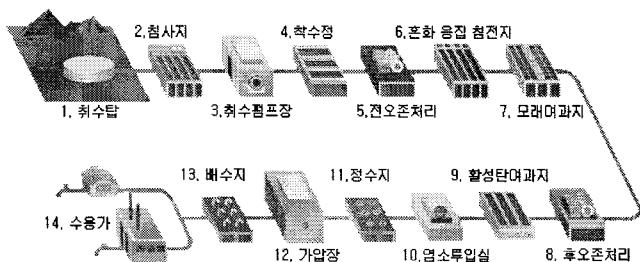


그림 1. 수돗물의 생산과 공급과정

Fig. 1. The tap water production and supply process

따라서 본 연구에서 개발한 침지형 다항목 수질계측기 및 원격 모니터링 시스템을 이용하여 저수조뿐만 아니라 수돗물 생산에서 수용가까지 수돗물 모니터링을 하여 그 정보를 공급자와 수용가 모두에게 제공함으로써 안전하고 깨끗한 수돗물을 공급할 수 있다.

II. 국내외 기술개발 현황

상수도의 수질 검사는 주로 시료 채취 후 실험실에서 분석을 수행하여 진행된다. 정수장에서 정수한 물의 품질을 확인하고자 개별 측정기를 이용하여 일부 모니터링 하였다. 그러나 물 사업자의 노력에도 불구하고 모든 국가에서 물 소비자의 불신은 계속 증가하고 있다. 이러한 수질의 불만은 배관, 저수조 등 수도 자재의 기술 개발을 요구할 뿐만 아니라 먹는 물의 수질을 확인하여 안심하고 마실 수 있는 수질 모니터링 시스템을 요구하고 있다.

2.1. 국외 기술 동향

미국 EPA에서는 Y사와 H사가 관망 및 물탱크에서의 수질모니터링 연구를 진행하고 있고 제품화된 것을 그림 2와 3에 나타내었다[7-15].

일본의 경우 일부 회사에서 캐비넷 형태의 계측기를 만들어 관망 및 수도꼭지에 적용하여 일본 및 국내에도 공급하고 있다. 유럽의 경우 독일 및 영국 등에서는 각 센서를 취합하여 연속 흐름 방식의 캐비넷 형태의 계측기를 만들어 사용 중이다[16].

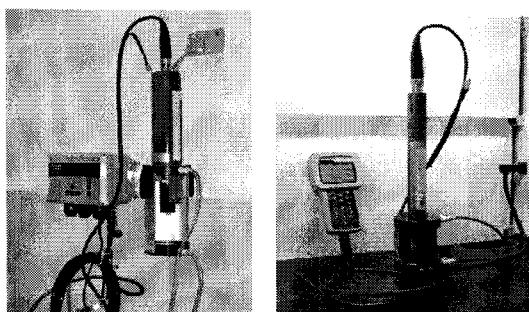


그림 2. Y사 통합수질측정기

Fig. 2. Integrated water quality measurement system of Y company.

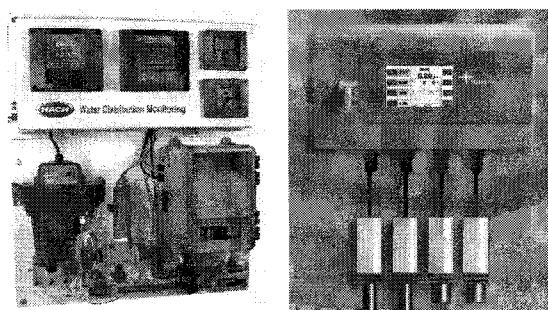


그림 3. H사 통합수질측정기

Fig. 3. Integrated water quality measurement system of H company.

2.2. 국내 기술 동향

국내의 수도사업자들은 정수장에 개별 측정기를 취합하여 모니터링하고 있으며, 2000년 이후 배수지, 가압장 등 다양한 물 공급시설에 수질 모니터링 시설을 설치·운용하고 있다.

수도법에서 관망 및 저수조의 공개념을 확대한 이후 일부 사업자는 배수지, 관망 및 수도꼭지 수질 모니터링을 개별 계측기 위주로 시범 설치하여 운영 중이다.

서울시 상수도 사업본부에서는 2002년 이후 워터 나우 시스템을 구축, 취수원에서 수도꼭지까지 수질모니터링 시범사업을 설치 운영하고 있으며, 도입 초기는 외국제품 위주로 설치하여 운영하였다. 또한 국내제품으로는 캐비넷 방식으로 개발되어 설치되었으나 국내·외 제품 모두 환경기술 개발 및 지원에 관한 법률 중 형식승인 및 정도검사에 관한 고시를 충족시키지 못하고 있다.

수자원 공사에서는 2000년 이후 선택적 취수를 목적으로 취수장, 정수장, 배수지는 24시간 모니터링 하고 있으나 관망 및 수도꼭지는 수분석에 의존하고 있다.

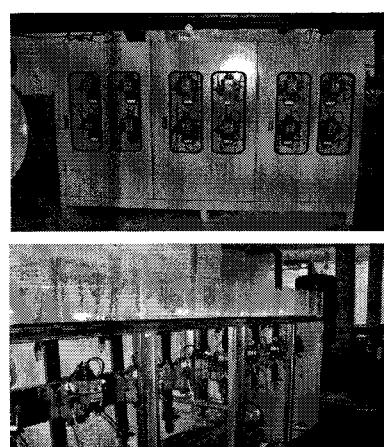


그림 4. 정수장 및 배수지 수질 모니터링

Fig. 4. Water quality monitoring of filtration plant and reservoirs

그러나 지금까지 설치된 수질 모니터링 시스템들은 넓은 설치공간과 전원 공급, 방수 및 유지관리 등에서 많은 문제

점을 나타내고 있다. 따라서 정수장이나 급수장처럼 관리자 상시 근무하는 곳에서는 설치 운영이 가능하나 관망 및 저수조 또는 수도꼭지 모니터링에 적용하는 것은 경제적, 공간적으로 많은 어려움이 있다. 관망 또는 가압장, 저수조 수도꼭지 등 급수체계 전반에 적용하기 위해서는 경제적이고 설치가 간단하며 유지보수가 편리한 계측기가 필요하며, 환경기술 개발 및 지원에 관한 법률에 적합한 국산화된 시스템의 개발 및 운영 방법이 요구된다[17-21].

III. 침지형 다항목 통합 수질계측기 개발

다항목 통합 수질계측기는 한 번의 측정으로 여러 수질 항목을 측정할 수 있는 계측기로써 일반 수질계측기에 비해 소형이면서 여러 항목을 측정한다. 특히 이러한 계측기는 사용자가 쉽게 사용할 수 있어야 하며, 유지보수가 간편하게 이루어지도록 하는 것이 필요하다. 본 연구에서 개발한 다항목 통합 수질계측기는 먹는 물 기준에 적합한 수온, 전도도, 잔류염소, 수소이온농도 및 탁도를 동시에 측정할 수 있으며, 그림 5에 보인 바와 같이 각각의 센서는 센서증폭기, A/D변환장치, 각각의 센서모듈을 제어하는 슬레이브 프로세서와 전체 측정장치를 제어하고 사용자 인터페이스를 제공하는 마스터 프로세서부가 있으며, 각각의 장치에 필요한 전원을 공급하는 전원부는 각 센서 모듈에 공급하는 isolation 전원공급방식을 채택하여 전극센서들의 상호 간섭이나 영향을 받지 않도록 설계하였다. 또한 센서 세척장치, 잔류염소 유속제어장치 및 사용자에게 통합계측기 운용에 필요한 다양한 기능을 제공하는 사용자 인터페이스부로 구성된다.

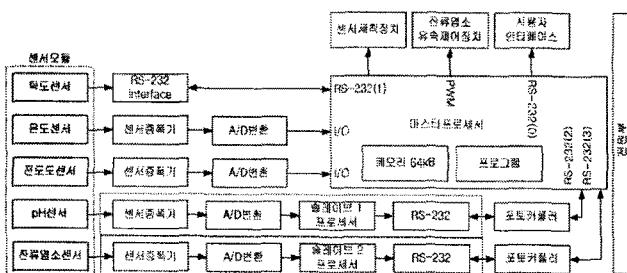


그림 5. 다항목 수질 계측기 구성요소

Fig. 5. Multiprobe water quality measurement system component

본 연구에서 개발한 다항목 통합수질계측기는 다양한 사용자 인터페이스 기능을 제공한다. 측정항목별로 측정범위, 보정방법 및 센서보상 기능을 지원한다. 각각의 센서에 대한 보정값은 메모리에 저장된다. 사용자 인터페이스는 통신 속도 설정, 내부 시계에 대한 설정 기능 등 계측기의 환경 설정 기능을 제공하며, 온도보상, 비선형보상 및 센서감도의 변화에 대한 보상을 위한 특성식을 지원한다. 또한 탁도 센서의 세척기능 및 잔류염소센서의 유속제어 기능 등을 설정할 수 있다.

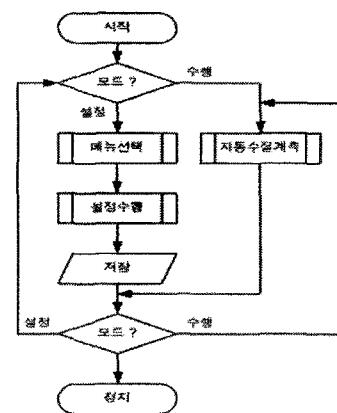


그림 6. 시스템 운용 흐름도

Fig. 6. The system operation flow chart

데이터 출력형식은 2가지로 설정할 수 있으며, 하나는 시스템 설정 또는 센서의 교체, 세척 등의 경우와 같이 보정 기능을 수행하고자 할 때 또는 다항목 통합계측기로만 이용하고자 할 때이며, 다른 하나는 수질 감시 시스템과 연결하여 사용하는 경우의 데이터 형식 출력이 가능하다. 그림 6은 개발한 침지형 다항목 통합 수질계측기의 운용 흐름도이며, 표 1은 측정범위이다.

표 1. 측정범위

Table 1. The measurement range

측정 시간	수온	잔류 염소	pH	전도도	탁도
year/month/date hh:mm:ss	-5~55 [°C]	0~2 [ppm]	0~14	0~1.0 [mS/cm]	0~10 [NTU]

잔류염소농도, pH, 전도도 등은 온도의 변화에 대하여 매우 민감하기 때문에 온도 보상은 필수적이다. 수질오염공정시험법에서 제시하고 있는 수산염, 프탈산염, 인산염, 봉산염, 탄산염, 수산화칼슘 등과 같은 표준용액은 온도별로 표준값을 규정하고 있다. 따라서 온도에 따라 pH값이 달라지기 때문에 온도에 따른 보정을 해 주어야 한다.

표준용액별로 온도변화에 따른 3차 특성방정식을 구하여 활용하였으며, 0°C에서 35°C까지 온도변화를 주면서 측정을 한 결과 그림 7에 보인 바와 같이 매우 안정된 측정결과를 얻을 수 있었다.

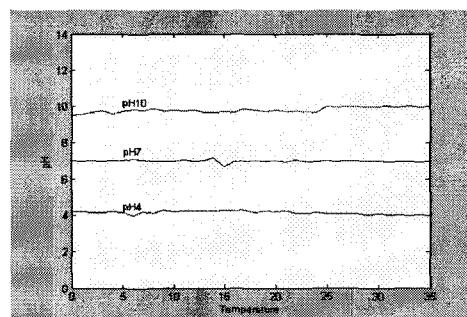


그림 7. pH 측정결과

Fig. 7. The results of pH measurement

전기전도도의 온도보상도 pH와 같은 방법으로 특성방정식을 구하여 적용하였으며, 전도도 측정값을 25°C에서 시료의 전기전도도값 즉 비전기전도도값은 다음 (1)식에 의해 구한다.

$$L = \frac{C \times L_x}{1 + 0.0191(25 - t)} \quad (1)$$

where L : 25°C에서의 시료의 전기전도도값

L_x : 측정한 전기전도도값

C : 셀상수

t : 온도

온도 보상된 0°C에서 35°C까지 온도변화에 대한 비전기전도도 측정값을 그림 8에 나타내었다.

잔류염소농도의 경우는 pH 또는 전기전도도의 경우와는 상이한 점이 몇 가지 있다. 온도변화에 대하여 시료의 잔류염소농도가 변화하기 때문에 정확한 조건에서 잔류염소농도를 측정하는 것이 어렵다. 따라서 시료에 대한 잔류염소농도가 시간 및 온도에 따른 변화 조건을 반영하여 3차 특성방정식을 만들었다.

그림 9은 온도를 22°C로 일정하게 유지하였을 때 잔류염소농도의 변화를 측정한 것을 보인 것으로 단시간에 측정한 경우는 거의 변화가 없이 일정하게 측정됨을 알 수 있으나, 그림 10은 48시간 동안 저수조의 잔류염소농도를 측정하였을 때 장시간 잔류염소농도가 변화되는 정도를 보인 것이며, 이때 평균 수온은 16.7°C 정도를 나타내었다.

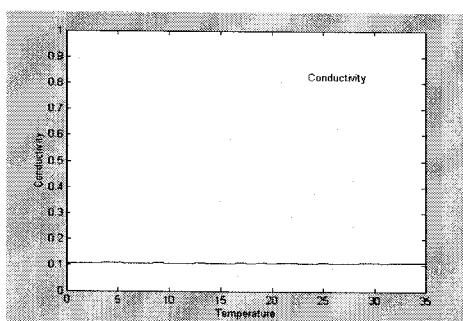


그림 8. 전기전도도 측정결과

Fig. 8. The results of conductivity measurement

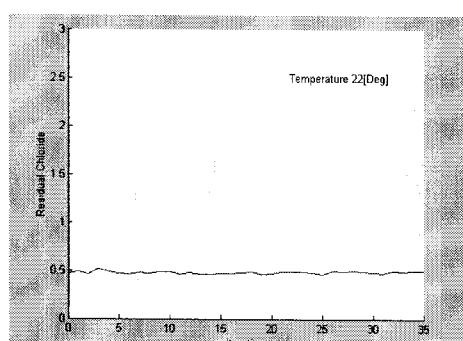


그림 9. 단시간(30분) 잔류염소농도 측정결과

Fig. 9. The results of a short time free chloride measurement

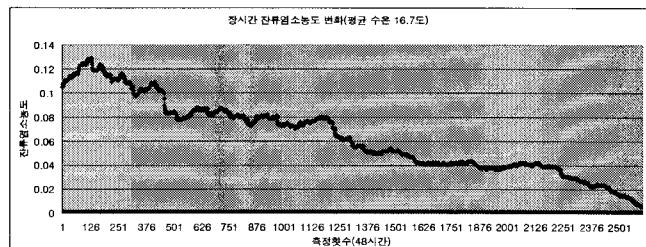


그림 10. 장시간(48시간) 잔류염소농도 측정결과

Fig. 10. The results of a long time free chloride measurement

탁도의 경우에는 온도변화에 대한 영향보다는 탁도센서의 오염과 유속에 의한 영향이 훨씬 더 크다. 특히 와이퍼동작 후의 측정값에 탁도가 낮아지고 시간이 지나면 점점 탁도가 증가하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 장시간 탁도센서가 피측정 시료에 노출되었을 때 오염이 됨을 알 수 있다. 그림 11에서 보인 바와 같이 평균 0.20467[NTU] 값을 가지며, 표준편차가 0.02263으로서 양호한 특성을 나타내고 있다.

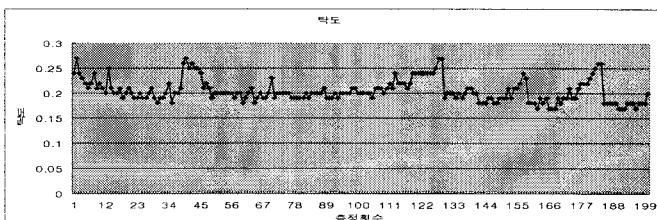


그림 11. 탁도 측정결과

(평균 : 0.20467, 표준편차 : 0.02263)

Fig. 11. The results of Turbidity

(Average : 0.20467, standard derivation : 0.02263)



그림 12. 다항목 수질계측기 완성품

Fig. 12. The finished production of multiprobe water quality measurement system

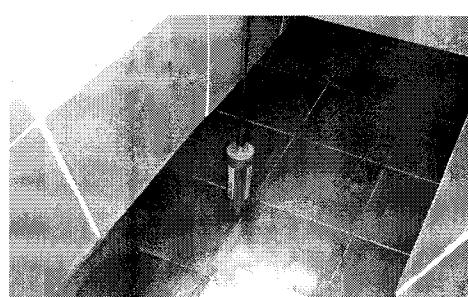


그림 13. 고가지수조에서 수질 측정

Fig. 13. The water quality measurement in overhead reservoir

그림 12와 13은 본 연구에서 개발한 다항목 수질계측기와 설치된 사례를 보인 것이다.

정부 및 지방자치단체에서 안전한 수돗물 공급과 수질악화 방지를 위하여 많은 비용과 노력을 투자하고 있으나 국민들이 체감하는 수돗물 불신에 대한 신뢰감 회복에는 실질적인 효과가 없는 설정이다.

수돗물 수질악화의 가장 큰 원인은 저수조, 옥내급수관 등 건축물내 상수도시설의 부적절한 관리 때문이며, 이로 인하여 발생한 이물질과 흐린 물(적수 등), 그리고 맛·냄새 등의 심미적인 물맛의 변화가 수요자들에게 가장 직접적으로 불쾌감과 거부감을 주고 있다. 수돗물의 수질변화를 최소화하기 위해서는 먼저 시설물 재질의 개선과 구조적인 설계 및 관리를 위한 문제를 해결하고 상시 모니터링하는 방법을 적용하는 것이 바람직하다.

본 연구에서는 저수조 수질 모니터링을 위하여 다항목 통합수질계측기를 이용한 수질감시시스템 구축을 함으로써 인터넷 온 라인 상에서 누구나 쉽게 수질정보를 취득할 수 있으며, 필요시에는 전광판, LCD 디스플레이 어 등을 이용하여 수질 정보를 수돗물 이용자에게 제공할 수 있다. 수질감시시스템에 의해서 수집된 수온, 잔류염소농도, pH, 전기 전도도 및 탁도 등 수질정보는 데이터베이스에 저장하고 관리함으로써 수질변화 상태를 추정할 수 있으며, 저수조 또는 관로에서의 2차 오염에 대한 원인을 분석할 수 있는 자료로 활용될 수 있다. 이러한 정보는 저수조에 대한 리모델링, 관로의 세관 여부 등에 관한 판단자료 등으로 활용할 수 있으며, 각종 통계자료로 활용하여 수도정책 수립 등에 활용할 수 있다.

IV. 수질 감시 시스템의 구축

침지형 다항목 통합 수질계측기에서 측정한 수질데이터는 Zigbee 센서 네트워크를 통해서 게이트웨이에서 수집된다. 하나의 게이트웨이는 최대 255개까지 네트워크를 구성할 수 있으며, 이러한 게이트웨이의 수량을 증가시키면 대단위 수질감시시스템을 구축하는 것이 가능하다. 게이트웨이는 수집된 수질정보를 인터넷망을 통해서 KT관제센터의 데이터베이스에 저장된다. 데이터베이스에 저장된 수질정보는 인터넷망을 통해서 다양한 형태로 전국의 저수조 수질데이터를 제공하며, 일일단위, 주간단위, 월단위 등 다양한 형태의 통계정보를 제공한다.

상수도 수질통합관리 홈페이지에서 제공하는 기능은 다양하다. 전국 저수조의 수질모니터링 및 관리를 할 수 있는 실시간 관제 기능, 저수조의 시설현황 및 수질감시시스템의 설치현황, 수질측정 및 제어와 관련된 기능, 수질감시시스템의 유지보수 현황 및 수질감시현황 관리기능, 장비운용통계와 측정데이터 통계 및 경보발생 등에 관련된 통계 제공 기능 그리고 사용자 즉 고객의 서비스 요청을 접수하고 처리하는 고객센터 운영기능 등을 제공한다.

게이트웨이는 건물 외벽에 또는 공공주택의 관리사무소 등에 전광판을 설치하여 수질정보를 제공할 수 있으며, 이

때 전광판을 이용하여 지역광고 또는 정부 또는 지방자치단체의 공공 정보를 제공할 수 있다. 엘리베이터가 설치된 공공주택 또는 공공건물, 집단건물 등의 경우는 엘리베이터 안에 LCD 모니터를 설치하고 전광판과 마찬가지로 수질정보를 비롯한 다양한 정보를 함께 제공할 수 있다.

그림 14는 상수도 수질통합관리 시스템 구성요소를 보인 것으로 수질데이터를 수집하여 데이터베이스에 저장하며 수집된 데이터는 분석과정을 거쳐 그림 15에 보인 바와 같이 인터넷 홈페이지에 정보를 공개하여 모든 국민이 자신이 마시고 있는 수돗물에 대한 정보를 접할 수 있도록 구축하였으며, 그림 16은 KT MOS 관제센터에서 본 연구를 통하여 구축된 상수도 수질통합관제센터의 운영 모습이다.

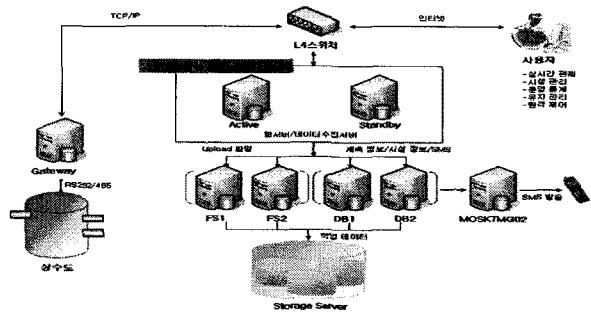


그림 14. 상수도 수질통합관리시스템
Fig. 14. Integrated management system of the water quality in waterwork



그림 15. 홈페이지 주 메뉴
Fig. 15. Homepage main menu

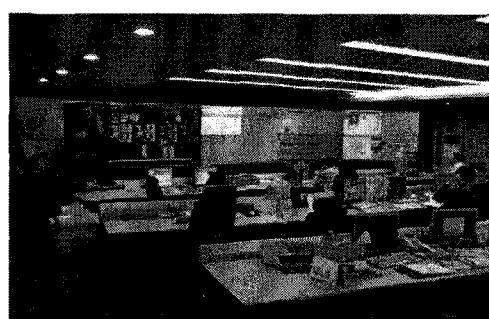


그림 16. KT MOS 관제센터 운영
Fig. 16. KT Monitoring, Maintenance and Management Operating System

V. 다항목 통합 수질계측기 시험 평가

다항목 통합수질계측기는 수온, 잔류염소, pH, 전기전도 및 탁도를 자동 연속 측정한다. 통합수질계측기의 성능은 구조적 견고성, 측정결과의 기록, TMS 송출기능, 기기의 운전상태, 측정결과, 측정농도의 단위, 설정값 및 교정값의 확인 여부 등의 기록 등에 대한 적합성 여부와 기기의 측정항목별 측정범위, 변동시험, 반복성, 응답시간, 스펜트럼, 온도보상 정도 및 절연저항 시험 등에 대한 적합성 여부를 가지고 성능을 평가한다.

본 연구에서 개발한 다항목 통합수질측정기의 각 항목별 성능평가는 환경관리공단의 측정기기 검사팀에서 일반시험 성적을 받은 결과를 표 2에 나타내었으며 시료를 측정하였을 때 정확성, 재현성을 갖는가에 대한 판별을 위하여 장시간 측정 하였을 때 그 결과는 그림 17에 나타내었다.

시험성적 결과는 측정방법, 측정결과의 기록 및 TMS 송출기능, 표시기능 등을 모두 적합 판정을 받았으며, 전기적 절연저항도 $2M\Omega$ 이상으로써 적합 판정을 받았다. 수온을 측정하는 온도계의 경우 0.1°C 까지 표시해야 하는 분해능의 경우 0.001°C 로서 매우 적합하며, 온도편차가 0.2°C 로서 F·S의 0.3%이므로 안정된 결과를 보였다.

pH는 pH 4, 7, 10 표준용액의 pH 변동시험에서 변동폭이 pH 0.01 이내로서 F·S의 0.7%이며, 온도보상 정도 범위는 pH 0.14 이내이므로 1%이다. 또한 반복성은 pH 0.02 범위 이내의 오차로서 F·S의 0.14%에 불과하다. 응답시간이 26초로 나타난 것은 온도센서 Pt100의 자체 응답성이 15초 이상으로서 느리기 때문에 pH의 온도보상이 늦게 작동하는 원인이 되어 응답시간이 길게 나왔으나 성능기준 2분 이내의 응답시간 요구는 충분히 만족하였다.

전기전도도는 각각 영점편차 0%, 스펜트럼 0.6%, 반복성 0.2%, 직선성 0.4%로서 성능기준에 적합하다. 탁도는 반복성 2.7%, 영점편차 0.1%, 스펜트럼 1.3%, 직선성 1.1% 및 응답시간이 50초 이내로써 F·S이 10[NTU] 임에도 불구하고 안정된 측정 결과를 보였다.

다항목 통합수질계측기에서 수온, pH, 전도도 및 탁도는 안정된 성능을 나타내었으나 잔류염소농도는 영점편차가 5.3%, 직선성이 5.4%로서 높으며, 응답시간이 3분30초로 매우 길게 나타났다. 이러한 성능 시험결과가 나타난 원인은 잔류염소농도를 측정하기 위해서는 센서 주위에 일정한 유속을 발생해 주어야 한다.

유속을 일정하게 주기 위하여 잔류염소센서에 캡을 씌우고 순환펌프로 캡 내부의 물을 순환시키는 과정이 필요하다. 이때 측정시료에 염소를 투입하고 확산되는 과정이 시간적으로 길게 나타난 현상으로 순환펌프 용량을 키움으로써 보완하였다.

본 연구에서 개발한 먹는 물 기준에 적합한 침지형 다항목 통합수질계측기의 일반 시험평가 결과와 수입품인 Y사 다항목 수질계측기와의 성능을 비교하여 표 2에 나타내었다.

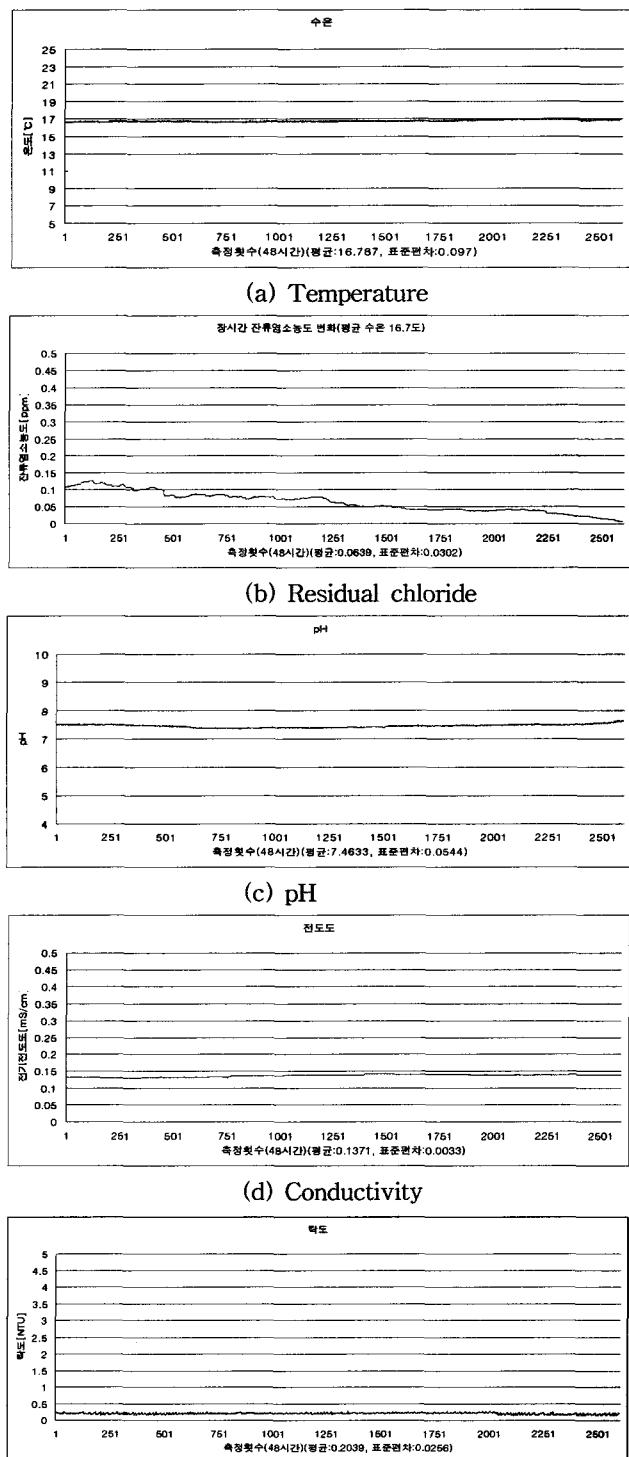


그림 17. 다항목 수질측정장치의 장시간 측정결과

Fig. 17. The results of long time measurement with multiprobe integrated water quality measurement system

모든 측정항목에 대하여 측정범위, 해상도, 정확도, 직선성 등에서 외국제품에 비하여 성능이 우수하며, 특히 pH의 경우 온도보상 특성과 변동시험 특성이 월등히 우수함을 보여주고 있다.

표 2. 다항목 통합 수질 측정장치의 일반시험 결과
Table 2. General evaluation results of multiprobe integrated water quality measurement system

측정 항목	기능	Y사(미국)	개발목표	일반시험 결과
장류 염소	범위	0 ~ 3mg/L	0 ~ 2mg/L	0 ~ 2mg/L
	해상도	0.001	0.01	0.001
	정확도	±15%	±3%	±1.8%
	스펜션 차	±15%	±3%	±0.3%
	직선성	±15%	±3%	±5.4%
탁도	범위	0 ~ 1000NTU	0 ~ 10NTU	0 ~ 10NTU
	해상도	0.1	0.01	0.001
	정확도	±2%	±3%	±2.7%
	스펜션 차	±2%	±3%	±1.3%
	직선성	±2%	±3%	±1.1%
pH	범위	0 ~ 14	0 ~ 14	0 ~ 14
	해상도	0.01	0.01	0.001
	정확도	0.2	0.1	0.02
	변동시험	0.2	0.1	0.01
	온도보상	0.2	0.1	0.12
전기 전도도	범위	0 ~ 100mS/cm	0 ~ 1 mS/cm	0 ~ 2mS/cm
	해상도	0.001	0.01	0.001
	정확도	±0.5%	±2%	±0.2%
	스펜션 차	±0.5%	±2%	±0.6%
	직선성	±0.5%	±2%	±0.4%
온도	범위	-5 ~ 70도	-5 ~ 50도	-5 ~ 50도
	해상도	0.01	0.01	0.001
	정확도	0.15	0.1	0.2

VI. 결론 및 향후 연구 방향

공동주택, 공공건물 등의 고가·지하저수조의 다항목 수질 모니터링 및 저수조 리모델링과 연계된 상수도 수질관리 토탈 서비스 체계를 구축함에 있어서 다항목 수질계측기, 수질감시시스템 및 저수조 리모델링 등이 연계되어 체계화된 상수도 수질관리 시스템 구축이 가능하다. 본 연구를 통해서 개발된 수질 측정장치는 “먹는 물 수질공정 시험 방법”을 충족하고 연속 자동 수질측정이 가능한 시스템으로써 설치가 용이하고 사용이 편리하며 유지보수가 간편하기 때문에 아파트, 공공건물의 고가저수조 또는 지하저수조에 대한 지속적인 수질감시시스템 구축에 적합하다. 침지형 통합수질계측기와 수질 감시시스템은 저수조뿐만 아니라 관로에 대한 수질모니터링을 통하여 정수장에서 수도꼭지까지 모든 급수설비에서의 수질변화를 감시하고 관리함으로써 양질의 수돗물 공급 시스템을 구축하는데 많은 활용이 기대된다. 또한 공동주택 건설업체, 급수 설비업체, 수처리 관련업체, 특히 지방자치단체의 상수도 실무자 등이 활용 가능하다.

참고 문헌

- [1] 환경부 고시 제2002-91호, 먹는 물 수질 공정시험 방법, pp.42-44, 환경부, 2002
- [2] 환경부령 제122호, 먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙, pp.3-4, 환경부, 2002
- [3] 환경부 고시 제2002-106호, 정수처리에 관한 기준, pp.8, 환경부, 2002
- [4] 염병호, 수돗물의 수질편람, pp.45-61, 양서각, 2001

- [5] 환경부, 상하수도 시설기준, pp.662-677, 2004
- [6] 환경부 고시 제2004-188호, 수질오염 공정시험 방법, 환경부, pp.106-284, 2002
- [7] EPA 120.1, Conductance (Specific Conductance, μmhos at 25°C), US Environmental Protection Agency
- [8] EPA 150.1, pH (Electrometric), US Environmental Protection Agency
- [9] EPA 170.1, Temperature (Themometric), US Environmental Protection Agency
- [10] EPA 180.1, Turbidity (Nephelometric), US Environmental Protection Agency
- [11] EPA 330.5, Chlorine, Total Residual (Spectrophotometric, DPD)
- [12] In-Situ Inc, Multi-Parameter TROLL 9500 technical note, <http://www.in-situ.com>, USA
- [13] YSI Inc, YSI 6 Series technical note, <http://www.y si.com>, USA
- [14] Hach Company, Hydrolab DS5X, DS5, and MS5 water quality multiprobes User Manual, <http://www.hachenvironmental.com>, USA
- [15] UIT Inc, Multi-Sensor Module MSM data sheets, <http://www.uit-gmbh.de>, Germany
- [16] DKK-TOA, WQC-24 data sheet, <http://www.toadkk.co.jp>, Japan
- [17] 양근호외 1인, “수질계측센서의 성능분석 및 센서 융합기술에 관한 연구”, 한국신호처리시스템학회 논문집, Vol.7, No.3, pp.143-148, July 2006.
- [18] 양근호외 3인, “수질계측 통합센서 모듈 구현”, 한국신호처리시스템학회 추계학술대회논문집, Vol.7, No.2, pp.317-320, Nov. 2006.
- [19] 양근호, 유병국, 김정환, 곽필재, 김석구, 조병모 “통합수질계측 및 감시시스템 개발”, pp.160-163, 한국신호처리시스템학회 하계학술대회, (2007)
- [20] 양근호, “통합 수질계측 시스템 개발”, 한국신호처리시스템학회, pp.211-216, (2007. 7.)
- [14] 양근호, 유병국, “수질 계측센서의 성능분석 및 센서 융합기술에 관한 연구,” 한국신호처리시스템학회, Vol.7, No.3, pp.143-148, July, 2006.
- [21] 환경관리공단, 정수장 자동측정설비의 정도관리 방안 수립을 위한 연구“ 최종보고서, pp.25-62, 2003



양 근 호(Keun-Ho Yang)

1989년 2월 전북대 전자공학과(공학사)
1991년 8월 전북대 전자공학과(공학석사)
1999년 2월 전북대 전자공학과(공학박사)
1995년 3월 ~ 현재 한려대학교 멀티미디어 정보통신공학과 교수

※주관심분야 : 영상신호처리, 디지털신호처리 및 응용, 수질계측시스템