

슬러지 멀티미터를 위한 근거리무선네트워크 데이터구조 설계 연구

정순호*, 김영기**, 이시진***, 이성화****, 박태준*****, 변두균*****, 차재상*[Ⓒ] 정회원

Study on Local Wireless Network Data Structure for Sludge Multimeter

Soonho Jung*, Younggi Kim**, Sijin Lee*, Sunghwa Lee**, Taejun Park**, Doogyoon Byun**
and Jaesang Cha** *Regular Members*

요 약

최근 전 세계적으로 운영되는 하·폐수 처리시설 관리에 있어 환경 보호를 위한 엄격한 규제로 수질오염 측정 시스템에 관한 시스템이 부각되고 있으며, 대형시설 또는 산업단지 내의 자체 하수처리장이 건립되면서 하수처리장의 효율성 및 자동화에 대한 연구 및 개발이 활성화되고 있다. 하지만 기존 하수처리 시스템은 하·폐수에 특화된 수질감시 기술 및 이를 실시간 전송하기 위한 신뢰성 있는 네트워크 구축이 미흡한 실정이다. 따라서, 본 논문은 하수처리시설에서 슬러지의 농도를 효과적으로 측정 가능한 슬러지 멀티미터의 데이터를 수집하고 멀티미터를 제어하기 위한 근거리 무선 네트워크의 데이터 구조 설계를 제안하였다. 근거리 무선 네트워크를 통해 수집된 데이터는 중앙 모니터링 시스템으로 전달되어 실시간으로 데이터를 누적하고 통계를 산출하여 하수 처리 시설의 상태를 모니터링이 가능하다. 제안된 시스템은 근거리 무선 네트워크 시스템으로 IEEE 802.15.4와 비콘(Beacon)을 사용하여, 중앙시스템에서 실시간 상태 확인이 가능하도록 IEEE 802.11네트워크를 구성하였으며, 하수처리시설에 슬러지 멀티 미터를 설치하고 통신 네트워크를 구축해서 그 효율성을 입증함으로써 제안 기술의 유용성을 확인하였다.

Key Words : Sludge, Multi-meter, Wireless Network, Data structure, Monitoring

ABSTRACT

Recently, the management system of wastewater treatment facility has magnified due to the stringent regulations for the protection of the environment, and a sewage treatment plant efficiency and research of the car development are activated in large facilities or industrial park. however, the existing sewerage disposal system and specific water quality monitoring network reliability for real-time transmission of this building is insufficient. In this paper, we proposed a local wireless network design for sludge multi meter data collection and control for measuring the concentration of the sludge efficiently. Also, the collected data over the local wireless network to transmitted to the central monitoring system and accumulate the data in real time to calculate statistics is possible to monitor the status of the sewage treatment facilities. The proposed system uses a short-range wireless networks of IEEE 802.15.4 and configures an IEEE 802.11 network which can monitor real-time status in central system. Also, we install a sludge multimeter and communication network in sewage treatment facilities and confirm the usefulness of the proposed technique by demonstrating its effectiveness.

I. 서 론

전 세계적으로 환경오염에 대한 관심이 높아지면서 하·폐수 배출에 대한 제한 기준이 강화되고 있는 추세이며, 대형

시설 또는 산업단지 내에 자체 하수처리장이 건립되면서 하수처리장의 효율성 및 자동화에 대한 연구 및 개발이 활성화되고 있다. 하수처리시스템의 경제적, 효율적인 최적의 시스템 기술을 확보하기 위한 과정에서 하·폐수 처리 시설 관리

※ 본 연구의 일부는 서울중기청 “2012년 산학협력력 기업부설연구소 지원사업”으로 지원받은 과제임(C0018219)

*서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램 **^(주)한발스마트

경기대학교 공과대학 환경에너지시스템공학과 *제주한라대학교 정보통신과

*****상립이엔지(주) *****중부대학교 공과대학 전기전자공학과 [Ⓒ]교신처 : Chajs@seoultech.ac.kr

접수일자 : 2014년 5월 20일, 수정완료일자 : 2014년 6월 2일, 최종 게재확정일자 : 2014년 6월 3일

및 하·폐수의 수질 상태를 통합적으로 모니터링 할 수 있는 시스템 구축이 필요하지만, 관리자가 항상 모니터링 해야 하는 불편함과 정확한 데이터를 측정하기 어려운 문제점이 있으며, 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구의 중요성이 부상하고 있다[1-3].

본 연구는 하·폐수처리 시설 중에서 슬러지의 농도를 효과적으로 관리하기 위한 슬러지 멀티미터와 TN/TP 및 환경 감시 센서등의 데이터를 실시간으로 근거리 무선 네트워크를 통해 취득하기 위한 데이터 구조에 대해 제안하고, 설계 및 실험을 통해 검증하고자 한다. 또한, 수집된 센서 데이터를 IEEE 802.11을 통해 원격 모니터링이 가능한 하·폐수처리시설의 모니터링용 S/W 개발내용에 대하여 기술하고자 한다.

II. 하수처리 시설의 슬러지 멀티미터 및 근거리 무선 네트워크

1. 하수처리 시설의 슬러지 센싱 데이터 전송 시스템

본 논문에서는 제안한 근거리 무선 네트워크망 구축을 통한 상태 감시 모니터링 시스템을 구성하기 위하여 슬러지 멀티미터를 사용하였으며, 다음 그림 1과 같이 구조를 설계하였다.

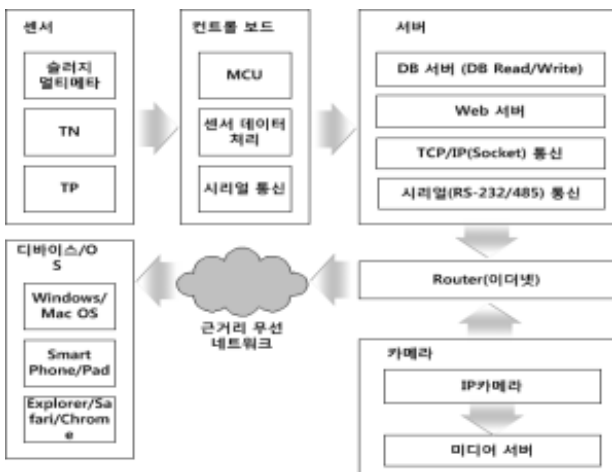


그림 1. 하수처리시설의 슬러지 멀티미터 구성도

하·폐수 처리 시설의 슬러지 농도 및 TN/TP 센서, 다양한 환경 감시 센서 등의 센서 데이터를 RS-232 또는 RS-485와 같은 시리얼통신을 이용하여 MCU를 포함한 통합제어 보드에서 수집하여 보드의 프로세서를 통해 수집된 데이터들을 실시간으로 처리하고, 처리된 데이터들은 전송 방식을 무선(802.11 & 802.15.4)과 함께 Beacon을 이용해 서버로 데이터를 송·수신하게 된다. 서버로 송신된 데이터들은 Socket 통신을 이용하여 라우터를 거쳐 WiFi 망을 통해 Web Access 인터페이스 및 스마트 디바이스를 위한 UI를

스마트 디바이스와 PC로 제공받을 수 있다. 스마트 디바이스로는 Android와 i-OS 등 OS에 독립적으로 사용 가능하며 Internet Explorer, Safari, Chrome, Firefox 등 다양한 브라우저에서도 사용 가능하다. 이때 하·폐수 처리 시설의 이미지 센서를 활용해 수집된 영상은 라우터를 거친 후 근거리 무선 네트워크망을 통해 스마트 디바이스 및 PC로 제공되기 때문에 통합적인 상태 감시 모니터링이 가능하게 된다. 이와 더불어 문제 발생 시 신속한 대처가 가능하도록 이벤트 알람 서비스 기능을 제공한다. 다음 그림 2은 상태 감시 모니터링 시스템을 플로어 차트로 나타내었다.

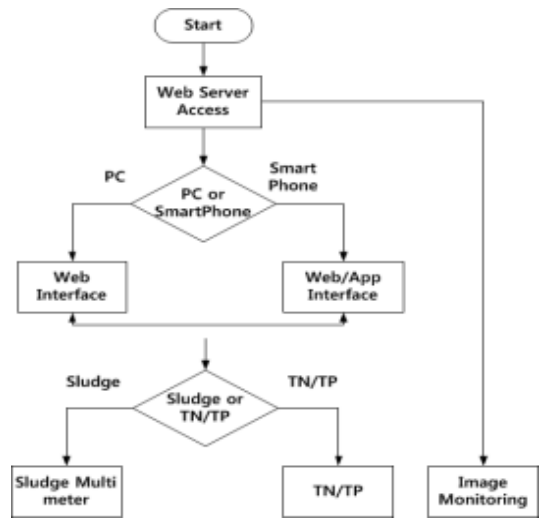


그림 2. 하수처리시설의 상태 감시 모니터링 흐름도

사용자는 스마트 디바이스 및 PC를 이용하여 근거리 무선 네트워크 망 및 Beacon 통해 Web Server에 접근하게 된다. 접근 유형에 따라 각기 다른 인터페이스를 제공받을 수 있으며, 사용자들은 제공받은 인터페이스를 통하여 DB에 접근 가능하며, 센서 데이터 및 영상 모니터링이 가능하다.

2. 근거리 무선 네트워크의 구조

본 논문에서 사용하고자 하는 802.15.4 통신방식의 특징은 저 전력 소비 및 컨트롤/모니터링에 특화된 무선 센서 네트워크의 구성에 있다. 따라서 이러한 특징에 맞게 기술적 요소가 개발되었다. 기술적 요약은 표 1과 같다[4].

표 1. IEEE 802.15.4의 기능 요약

항목	성능 및 내용
데이터 최대 전송속도	250kbps
네트워크 최대 노드 수	65,000
네트워크 구성	1:1, 1:n, Mesh
물리 표준	IEEE 802.15.4
변조방식	O-QPSK
다중접속	CSMA-CA

통신을 위한 layer의 경우 Physical layer, MAC layer, Datalink layer, Network layer 및 application interface 로 구성되어 있다. 그림 3은 이러한 통신 layer 를 나타낸다. 이 중Physical layer 와 MAC layer 일부는 실리콘으로 구현되고MAC, Data Link, Network layer는 펌웨어로 구현된다.



그림 3. IEEE 802.15.4d의 통신 Layer

네트워크 구성은 기본적으로 세 가지로 이루어지는데 1:N 네트워크인 star 구조, 호핑을 하는 clustered tree 구조, 그리고 각 노드들이 자유롭게 통신을 하는 mesh 구조로 이루어진다. 일반적으로는 star 구조가 많이 쓰이나 현재 LED 조명 제어 및 센서네트워크 응용을 중심으로 clustered tree 구조 또한 많이 쓰이고 있다. Mesh 구조의 경우 각 노드들이 자기 원하는 노드와 직접 통신을 할 수 있어 가장 편리한 방식이나 경우의 수가 많아 실제 구현하기에 어려운 점이 있어서 많이 쓰이고 있지는 않다. 그러나 네트워크 기술이 발전하면 가장 각광을 받는 방법으로 예상된다.

Ⅲ. 슬러지 센싱 데이터의 전송 구조 설계

본 논문에서는 슬러지 멀티메타의 센서 데이터를 수집, 분석하여 근거리 무선 네트워크 망에 효율적으로 전달할 수 있는 데이터 구조를 제안하고자 한다. 하·폐수 처리 시설에서의 슬러지 멀티메타로부터 센싱되어 전송되는 센서 데이터들은 그데이터양이 크지는 않으나 실시간으로 신뢰성 있는 데이터를 사용자에게 제공해야 한다.

센서 데이터들은 IEEE802.15.4와 Beacon을 통하여 메인 서버로 송신되어 Socket 통신을 이용하여 근거리 무선 네트워크 망을 통해 스마트 디바이스와 PC로 전달된다. 주로 인터넷에서 신뢰성 있는 전송 서비스를 제공하기 위한 프로토콜로 TCP (Transmission Control Protocol)를 사용하여 왔으며, 음성 및 비디오와 같은 실시간 데이터 전송을 요구하는 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 프로토콜로 UDP (User Datagram Protocol)을 사용하고 있다.

TCP는 호스트 간 신뢰성 있는 데이터 전달과 흐름제어

및 혼잡제어 등을 제공하는 전송계층의 연결 지향형 프로토콜로써 높은 신뢰성을 보장하지만, 통신과정에서 서버 측에서는 Socket을 생성하고, 주소를 할당하여 연결요청을 기다리며, 요청에 대한 응답을 하는 과정을 거치며, 클라이언트 측에서는 Socket을 생성하고 주소를 할당하여 연결 요청을 하는 과정을 거치게 되는데 이러한 패킷 오버헤드가 세그먼트 당 20~24bytes 할당되어 있다.

UDP는 전송계층에서 제공해야 할 최소한의 서비스 즉, 호스트 간 데이터 전달과 오류검출만을 제공하는 비 연결형 전송 프로토콜이다. Port만을 확인하여 Socket을 식별하고 송수신하기 때문에 패킷 오버헤드가 세그먼트 당 8 bytes로 적어 네트워크의 부하는 감소하지만 신뢰성이 떨어지게 되어 신뢰도가 중요한 통신이 아닌 실시간으로 한 방향으로 데이터를 제공하는 환경에서 UDP를 사용하고 있다[4-5].

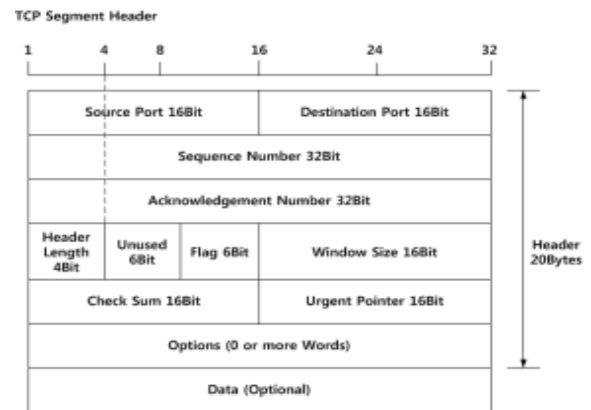


그림 4. TCP 세그먼트 구조

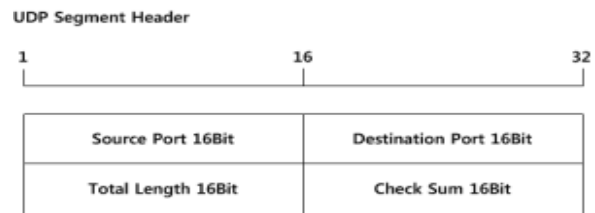


그림 5. UDP 세그먼트 구조

TCP 세그먼트의 구조는 헤더에 20~24 bytes의 구성 요소들로 인하여 데이터를 주고받을 때 데이터의 요청 및 응답 과정에 대한 확인 절차를 거치게 되고 이로 인해 전송 속도가 UDP에 비해 느리게 된다. 반면 UDP 세그먼트 구조는 TCP에 비해 그 절차가 간소화 되었지만 정보의 응답, 확인 절차를 거치지 않기 때문에 신뢰성 면에서 떨어지게 된다.

본 연구에서는 신뢰성뿐만 아니라 실시간 데이터 전송이 요구되는 하·폐수 처리 시설에서 보다 효율적인 데이터 전달을 위하여 Beacon 및 근거리 무선 네트워크망의 설계를 통해 기존의 Socket 통신보다 신뢰성을 가지면서 실시간 데이터 전송을 할 수 있도록 근거리 무선 네트워크망의 데이터 구조를 개선할 필요가 있다. 따라서 실시간의 고 신뢰성을

가지는 개선된 근거리 무선 네트워크망의 프로토콜 구조도는 그림 9과 같다.

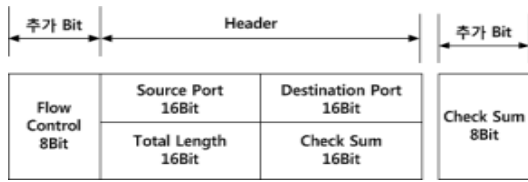


그림 6. 개선된 세그먼트 구조

기본적으로 실시간 전송이 가능한 UDP 통신을 개선, 보완하여 하·폐수 처리 시설에서 필요로 하는 높은 수준의 신뢰성을 가지는 실시간 Socket 통신을 설계하였다. 세그먼트 구조에서는 헤더 앞단에 패킷을 제어할 수 있는 흐름 제어 bits를 8bits 추가하여, 데이터를 송신하는 서버 측에서는 메모리 버퍼에 순차적으로 들어온 데이터 순서대로 패킷을 전달하게 된다. 그리고 데이터를 수신 받는 모니터링 장비는 근거리 무선 네트워크망을 통하여 순서 없이 들어온 패킷들의 신뢰성을 보장하기 위해서 흐름제어 bits를 이용하여 데이터를 복구한다. 데이터 뒷단에는 Checksum 알고리즘을 8bits 추가하여 패킷을 네트워크에 전송하고 있는 사이에 헤더나 데이터의 이상 유무를 판단하여 전송된 데이터가 파손되지 않았다는 것을 보증하게 된다.

IV. 제안한 데이터 전송 구조의 통신성능 고찰

본 논문에서는 하·폐수 처리 시설에서 고 신뢰성의 실시간 데이터 전송을 위한 근거리 무선 네트워크망에서의 효율적인 데이터 전송을 위하여 TCP와 개선된 근거리 무선 네트워크망에서의 트래픽을 비교하여 센서 통신 네트워크를 분석하였다. 본 연구에 사용된 통신 환경은 메인서버와 다수의 사용자간의 무선 통신에 있어서 TCP 통신 Beacon을 통해 센서 데이터를 전송했을 때와 개선된 근거리 무선 네트워크망에서의 센서 데이터를 전송하여 각 트래픽 양을 비교하였다. 그림 8에서 TCP와 개선된 근거리 무선 네트워크망에서의 트래픽 측정결과를 그래프로 나타내었다.

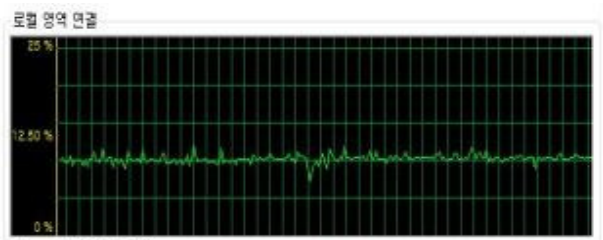


그림 7. TCP Network Traffic 분석

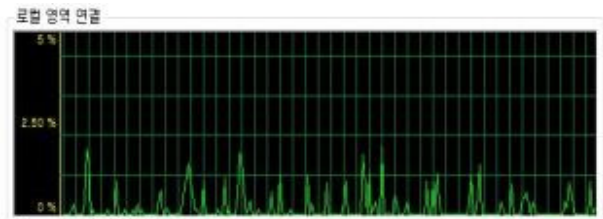


그림 8. 개선된 근거리 무선 네트워크망 Traffic 분석

그래프에서 나타난 것처럼 TCP 통신을 통해 다수의 사용자에게 센서 데이터를 전송 할 때는 640.9kB/sec에서 933.6kB/sec사이의 네트워크 트래픽을 기록한 반면, 개선된 근거리 무선 네트워크기반의 통신에서는 110.7kB/sec에서 143.0kB/sec로 약 1/8정도의 네트워크 트래픽이 감소됨을 확인할 수 있었다. 이를 통해 다양한 센서의 효율적인 데이터 전달이 필요한 하·폐수 처리 시설에 개선된 근거리무선네트워크를 구성함으로써, 높은 신뢰성을 가진 실시간 모니터링 시스템을 구현함에 그 유용성을 확인 할 수 있었다.

V. 결론

본 논문에서는 하·폐수 처리 시설의 센서 데이터를 분석하고, 고 신뢰성의 효율적인 데이터 전달 및 에너지 관리를 위한 근거리 무선 네트워크망과 Beacon을 설계하여 상태 감시 모니터링 시스템을 제안하였다. 또한 센서데이터 처리를 위한 프로토콜을 제시하고, 제시한 프로토콜을 기반으로 DB 및 네트워크 서버구축과 관련핵심 SW를 개발하였다. 제안한 프로토콜 및 망구조에 기반한 시뮬레이션을 통하여, 성능 향상효과를 확인하였으며 제안한 시스템에 대한 유용성을 확인하였다. 이와 같이 기존의 미흡했던 하·폐수 처리 시설의 에너지 관리 및 상태 감시 모니터링 시스템의 환경 구축을 위하여 새로운 근거리 무선 네트워크망을 구축함으로써, 모니터링 관련 분야의 효율적인 관리에 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Ministry of environment, "The status report on the operation and management of sewage treatment plants in Korea", pp.8, Ministry of environment, Seoul, 2011
- [2] Korea environment corporation, "The report on the propriety of energy saving project in the sewage treatment plant", p.51, Ministry of environment, Seoul, 2008
- [3] S. Kang, H. Lee, J. Kim, and K. Han, "Application of Microfiltration and Reverse Osmosis System to Sewage Reuse for Industrial Water", Membrane Journal, Vol.12 No.3, pp.151-157, 2002
- [4] James F. Kurose, Keith W. Ross, Computer Networking 3판,

2005

[5] K. Kim, A. Ahmad, and K. Kim, "A Wireless Multimedia LAN Architecture Using DCF with Shortened Contention Window for QoS Provisioning," IEEE Communication Letters, Vol.7, No.2, pp. 97-99, Feb.2003

저자

정 순 호 (Soonho Jung)

정회원



- 1991년 : 성균관대학교 전기공학과 학사졸업
- 1994년~2000년: LG반도체 ASIC Design 연구원
- 2000년~2007년 : 승전상사 응용기술 팀 연구원/마케팅

· 2008년~현재 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 박사과정

<관심분야> : USN, 모니터링시스템, LED통신, 유무선 홈 네트워크, 방송통신융합요소기술, 유무선통신기술, LSI 설계

김 영 기 (Younggi Kim)

정회원



- 1987년 : 경희대학교 전자공학과 석사졸업
- 2008년 : 경희대학교 전자공학과 공학박사
- 1989년 ~ 1991년: 금성통신 연구소
- 1992년 ~ 2009년 : SK Telecom 연구소/사업부

· 2009년~현재 : 경희사이버대학교 겸임교수

· 2010년~현재 : (주)한발스마트 대표

<관심분야> 이동통신, 인지통신, 모바일 서비스, e-commerce, 기술혁신

이 시 진 (Sijin Lee)

정회원



- 1984년 : 미국 아이오와주립대 환경공학과 박사졸업
- 현재 : 경기대학교 공과대학 환경에너지시스템 공학과 교수

<관심분야> : 수질 개선, 수질오염, 하폐수 처리 기술

이 성 화 (Sunghwa Lee)

정회원



- 1998년 : 건국대학교 공과대학 전기전자공학과 박사졸업
- 현재 : 제주한라대학교 공과대학 정보통신공학과 교수

<관심분야> : 신호처리, 디지털 콘텐츠 제작

박 태 준 (Taejun Park)

정회원



- 1992년 : 한양대학교 공과대학 전기공학과 학사졸업
- 1991년~1995년: (주)효성
- 1995년~2001년 : 대우엔지니어링
- 2001년~2007년 : (주)비즈로시스
- 2008년~현재 : 상림이엔지(주)

<관심분야> : 상하수처리시스템, 자동화 설계, 자동화 S/W, RTU 설계, 철도시스템

변 두 균 (Doogyoon Byun)

정회원



- 1977년 : 광운대학교 공과대학 전기공학과 학사졸업
- 1991년 : 광운대학교 산업정보대학원 석사졸업
- 2007년 : 광운대학교 대학원 박사졸업
- 1979년~2010년 : 한국수자원공사

· 2004년~2005년 : 제어로봇시스템학회 이사

· 2004년~2006년 : SCIE-ICCAS 조직위원회 Co-Chair

· 2010년~2011년 : 대한전기학회 평의원

· 2013년~현재 : 중부대학교 전기전자공학과 교수

<관심분야> : 제어로봇, 산업정보, 하폐수처리시스템, 지능형 로봇시스템

차 재 상 (Jaesang Cha)

정회원



- 2000년 : 일본 東北대학교 전자공학과 공학박사
- 2002년: ETRI 이동통신연구소 무선전송기술팀 선임연구원
- 2002년~2005년 서경대학교 정보통신공학과 교수

· 2008년 : 미국 플로리다 대학교 방문교수

· 2005년~현재 : 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 교수

<관심분야> : 디지털 방송 전송 기술, UWB, 홈네트워크 무선통신기술, 대역확산 및 이중 접속기술, 4세대 이동통신기술