

# 수질 모니터링 시스템을 위한 센서 데이터의 선택적 전송방법☆

## The Selective Transmission of Sensor Data for a Water Quality Monitoring System

권대현\*      오염덕\*\*      조수선\*\*\*  
Daehyeon Kwon   Ryeomduk Oh      Soosun Cho

### 요약

본 논문에서는 USN환경에서 수질 모니터링 시스템을 설계함에 있어 센서 데이터를 효율적인 방법으로 전송하기 위한 다양한 시도를 소개한다. 대표적인 방법은 센서노드에서의 센서 매니지먼트와 싱크노드에서의 클러스터링이다. 센서 매니지먼트는 센싱 간격, 데이터 누적, 데이터 전송 등을 총괄적으로 관리하고, 클러스터링은 데이터 마이닝 기술을 접목한 효율적인 전송 데이터의 축약방법이다. 실험을 통해서 제안한 센서 매니지먼트와 클러스터링을 이용한 전송방법이 일반적인 센서 데이터 전송방법에 비해 얼마나 더 효과적인지를 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

In this paper, we introduce various attempts to transmit sensor data efficiently for design of a water quality monitoring system under the USN environment. The representative methods are the sensor management on a sensor node and the clustering on a sink node. The sensor management includes controls of sensing intervals, data accumulations, and data transmissions. And the clustering is one of efficient data compression methods using data mining technology. From the experimental results we confirmed that the proposed transmission method using the sensor management and the clustering outperformed common transmission method.

□ KeyWords : 수질 센서 데이터, 센서 매니지먼트, K-maens 클러스터링, 수질 모니터링 시스템, Water Sensor, Sensor Management, K-maens Clustering, Water Quality Monitoring System

## 1. 서론

최근 들어 환경 문제가 많이 발생함으로써 사회적으로 큰 이슈가 되고 있으며 USN (Ubiquitous Sensor Network) 시대가 도래하면서 이런 환경 문제의 해결방안으로 제시된 것이 환경 모니터링

사업이다. 이에 많은 지자체에서는 수질 및 수자원에 대한 모니터링 사업을 추진하고 있다[1, 2].

수질 모니터링 시스템과 같은 USN시스템은 최하단에서 실질적으로 센싱을 하는 인-네트워크(In-Network)와 인-네트워크의 데이터를 받아와 가공하고 처리하는 미들웨어, 그리고 수집된 데이터를 이용하여 사용자들에게 서비스를 제공하는 서버단으로 구성되어 있다. 인-네트워크는 다시 센서노드, 싱크노드로 구성되어 있다[3, 4].

수질 모니터링 시스템의 대표적인 기능은 아래와 같다. 첫째는 데이터수집 및 분석이다. 이는 인-네트워크 단에서 이루어지고 있는 자료 수집을 뜻하기도 한다. 두 번째는 모아진 자료를 분석하고 분류하여 사용자가 원하는 정보를 뽑아내는

\* 준회원 : 충주대학교 산업대학원 전자계산학과 석사과정 kfsura@nate.com

\*\* 정회원 : 충주대학교 첨단과학기술대학 컴퓨터정보공학과 교수 rdoh@cjnu.ac.k

\*\*\* 종신회원 : 충주대학교 첨단과학기술대학 컴퓨터정보공학과 sscho@cjnu.ac.kr(교신저자)

[2010/03/12 투고 - 2010/03/15 심사 - 2010/04/07 심사완료]

☆ 본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술진흥원의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

마이닝(Mining) 기능이다. 마이닝은 서비스가 이루어지고 있는 서버에서 주로 이루어졌으나 점점 서버에서 미들웨어로, 미들웨어에서 싱크노드로 내려가고 있는 추세이다[4]. 세 번째는 사용자가 원하는 자료를, 원하는 시점에서, 원하는 모양으로 보여 주는 뷰어기능이다. 이는 서비스에서 이루어진다. 네 번째는 알람(alarm)기능인데 이것은 수질모니터링 시스템에서 가장 중요하며 최종적인 기능이라고 할 수 있다.

본 논문에서는 USN환경에서 수질 모니터링 시스템의 구조에 대해 알아보고, 시스템에서 센서 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 다양한 시도를 소개한다. 이어지는 2장에서는 관련연구로 현재의 수질 모니터링 시스템에 대해 알아보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 수질 모니터링 시스템을 위해 센서노드에서 해야 할 일과 싱크노드에서 해야 할 일을 간략히 소개하면서 전체 시스템의 구조에 대해서 서술한다. 4장에서는 3장에서 소개한 데이터 매니지먼트(data management) 및 클러스터링(clustering) 적용 모델의 실험과 성능 평가를 서술하며, 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 관련 연구

기존의 수질 데이터의 모니터링 시스템에서는 수질 센싱 데이터(pH, 용존산소량, 탁도, 온도, 전기전도도, 염류소 등)를 수집하기 위한 센서노드의 컨트롤러 및 ZigBee 모듈의 구현, CDMA 기능이 포함된 중계 노드의 적용, 센서노드로부터 수집된 정보를 유선망으로 전송하기 위한 인터페이스, 데이터의 기준치 초과 시 관리자에게 SMS로 경보 전송 등의 기능을 포함하고 있다[5, 6]. 그러나 지금까지의 수질 모니터링 시스템은 모니터링을 위한 하부 시스템의 구축에 집중한 반면 수집된 데이터의 분석을 위한 지능형 미들웨어 기술의 개발 및 적용이 미비한 편이다. 한편, 센싱된 데이터를 보다 효과적으로 전송하기 위한 네트워크의 전송 방식에 대한 연구는 다수 발표된 바 있

다[7, 8, 9]. 그 중 연구[7]은 비규칙적인 센싱을 이용한 센서노드에서의 통신량의 축소에 관한 것이다. 규칙적인 센싱을 하지 않고 직전의 센싱 데이터와의 차이를 이용하여 다음 센싱 타임을 결정하는 방법을 사용하여 센싱 간격을 조절함으로써 일반적인 방법의 센서노드보다 불필요한 센싱을 줄이고자 하는 것이다. 하지만 데이터 변화량만을 고려하였기 때문에 센싱 변화량과 함께 전송횟수를 고려하는 본 논문의 매니지먼트 시스템과 차이가 있다. 또 다른 연구[8]에서는 모든 센서노드들이 서로 다른 시간 슬롯을 할당 받고, 시간 슬롯에 따라 자신의 데이터를 싱크노드로 전송하는 방법을 택한다. 센서노드들은 자신의 시간슬롯을 기다리는 동안 이웃 노드들이 싱크노드로 전송하는 데이터를 도청한다. 이때 도청한 모든 값에 대한 평균값을 계산하고, 자신의 값과 이 평균값을 비교하여 동일한 경우 데이터를 전송하지 않는다. 이 연구는 데이터 전송의 횟수를 줄였으나 주변의 환경을 기준으로 전송 유무를 결정하기에 본 논문의 연구와는 차이가 있다. 또 다른 연구[9]는 공간적으로 센서노드들을 클러스터를 형성하고 클러스터 헤드 노드에 자신의 센싱 데이터를 전송한다. 클러스터 헤드 노드는 수집된 데이터에서 중복된 데이터를 제거함으로써 데이터의 양을 줄였다. 이것은 센서노드들을 클러스터로 묶은 것으로서 센싱 데이터를 클러스터링하여 전송되는 데이터 양을 줄이고자 하는 본 논문의 시도와는 접근방법이 다르다.

본 연구팀은 수질 센서 데이터 발생기[10]를 이용하여 미들웨어에서의 클러스터링 기법을 적용한 데이터 마이닝 모델을 제안한바가 있다[11, 12]. 본 논문에서는 이전의 연구[11, 12]를 보다 구체화하여 세부적인 알고리즘을 추가하고 실험을 통해 그 성능을 평가한다.

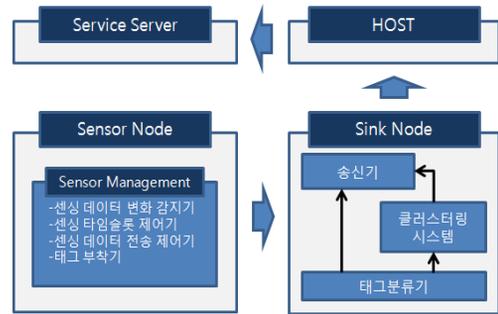
### 3. 수질 모니터링 시스템의 구조와 기능

#### 3.1 센서노드의 매니지먼트 기능

본 논문에서는 1장에서 소개된 USN환경에서 수질 모니터링 시스템이 갖추어야 될 주요 기능 중 센싱 데이터의 수집 및 분석과 수집된 데이터의 마이닝 기능에 초점을 두고 그림1과 같은 수질 모니터링 시스템을 제안한다. 시스템의 대표적인 기능은 인-네트워크 단의 센서노드와 싱크노드에서 구현된다.

우선 센서노드부터 살펴보면, 센서노드는 보다 정확한 데이터를 빠르게 센싱하여 싱크노드에 전달하여야 한다. 센서노드에서는 한정된 배터리를 유용하게 사용할 수 있도록 센싱타임, 센싱횟수, 전송타임, 전송횟수 등을 조절해주어야 한다[13]. 따라서 센서 매니지먼트 시스템을 도입하여 센서노드의 수명을 연장하고, 불필요한 센싱을 줄이며, 급변하는 상황에서 보다 빠르고 정확하게 센싱한 결과를 사용자에게 전달하고자 한다.

본 논문의 센서매니지먼트 시스템은 그림1에서 보는바와 같이 센싱 데이터 변화 감지기, 센싱 타임슬롯 제어기, 센싱 데이터 전송 제어기, 태그부착기 등으로 구성된다. 센싱된 데이터의 변화를 감지하는 변화 감지기는 환경데이터의 변화가 큰지, 적은지 알 수 있게 해준다. 또한 센싱 타임슬롯 제어기는 이 변화량을 이용하여 센서의 타임슬롯(센싱 간격)을 조절하여 변화량이 적을 때는 천천히 느리게 센싱하고 변화가 클 때에는 짧은 간격으로 센싱하여 변화에 대하여 상세히 파악할 수 있게 한다. 또한 태그부착기를 이용하여 급변하는 데이터들에 한하여 특별한 태그를 붙여 싱크노드의 클러스터링 과정에서 센터값을 산출하는데 사용하지 않고 바로 호스트로 전달될 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 전송제어기는 반드시 전송해야하는 필수 전송 타임을 제외하고 상황의 변화에 따라 유동적으로 센싱 데이터를 전송할 수 있게 지원해 준다.



(그림 1) 수질 모니터링 시스템의 구성도

센서매니지먼트 시스템의 대략적인 실행 알고리즘은 다음과 같다.

##### 1) 데이터 변화가 큰 경우

- 센싱 데이터에 태그를 부착하고, 센싱 간격을 1/2로 줄인 후, 센싱을 일정 횟수(n번) 반복한다. 이때, 데이터는 2회분을 묶어서 전송한다.

##### 2) 데이터 변화가 보통인 경우

- 센싱 간격을 그대로(default로 주어진 값) 유지하고 센싱을 일정 횟수(약 n/2번)반복한다. 이때, 데이터는 일정 시간(예를 들면, 10분)동안 센싱된 것을 묶어서 전송한다.

##### 3) 데이터 변화가 적은 경우

- 센싱 간격을 늘이고, 센싱을 반복하지 않는다. 이때 데이터는 일정 시간(예를 들면, 10분)동안 센싱된 것을 묶어서 전송한다.

이와 같은 매니지먼트 알고리즘으로 데이터 센싱 및 전송을 수행하면 다음과 같은 장점이 있다. '1)데이터 변화가 큰 경우'에는 태그를 부착하여 싱크노드의 처리를 거치지 않고 전송하기 때문에 짧은 시간에 호스트까지 전송이 된다. 2회분을 묶어서 전송하는 것은 기계적 오류에 대처하기 위해서이다. 또한 센싱 간격을 1/2로 줄임으로써 보

다 세밀한 변화를 알 수 있다. '2)데이터 변화가 보통인 경우'에는 데이터를 일정 시간(예를 들면, 10분)뭉어서 전송함으로써 전송 간격을 일정하게 하면서도 전송 횟수를 줄일 수 있다. 또한 센싱을 주기적으로 진행함으로써 변화를 파악할 수 있다. '3)데이터 변화가 적은 경우'에는 센싱 간격을 늘임으로써 배터리의 소모를 줄일 수 있으며 센싱 간격을 늘인 후 반복하지 않음으로써 다음 센싱의 변화량에 따라 다시 센싱 간격을 조절할 수 있게 해준다.

### 3.2 싱크노드의 클러스터링 기능

다음으로 싱크노드에서의 클러스터링 기능을 소개한다. 싱크노드에서는 많은 센서노드에서 들어오는 방대하고 끊임없는 스트림 데이터를 모두 호스트로 전송하지 않고 꼭 필요한 데이터들만 찾아내어 전송하는 지능적인 행동을 할 수 있어야 한다. 또한 서비스 서버에서 지원하게 될 시간 대별 혹은 요일별 모니터링이나 특정 위치의 현재 센싱 정보를 제공해 주기 위해서는 단순히 특이한 값만을 전송해서도 안된다. 따라서 데이터 양을 줄이면서도 특이한 값들은 그대로 보존하기 위한 방법으로 대표적인 데이터마이닝 기법인 클러스터링을 접목한 모델을 제안한다.

싱크노드의 대략적인 실행 알고리즘은 다음과 같다.

#### 1) 태그가 부착되어 있는 경우

- 태그가 부착되어 있는 센싱 데이터들은 바로 호스트로 전송을 한다.

#### 2) 태그가 부착되어 있지 않은 경우

- 센싱 데이터들을 일정한 수(예를 들면 30개)의 클러스터로 K-means 기법을 사용해 클러스터링한다.
- 전체 센싱 데이터들의 중심을 찾아 이로부터 각 클러스터와의 거리를 산출한다.

- 거리가 먼 클러스터부터 이 클러스터에 포함된 센싱 데이터를 전송한다. 이때, 전체 센싱 데이터의 일부(예를 들면, 10%)만 전송한다.
- 센싱 데이터가 전송되지 않은 클러스터들은 클러스터 정보(센터값)와 각 클러스터에 포함된 센서노드 정보(센서노드ID)만을 전송한다.

이와 같은 클러스터링 기능을 사용하면 다음과 같은 장점이 있다. '1)태그가 부착되어 있는 경우'에는 클러스터링을 거치지 않고 데이터를 바로 호스트로 전송함으로써 서비스 서버에서의 알람 서비스와 같은 신속한 처리를 요하는 작업을 지원한다. '2)태그가 부착되어 있지 않은 경우'에는 클러스터링된 센싱 데이터 중 일부(예를 들면, 10%)만을 전송함으로써 전송데이터의 양을 줄이고, 의심스러운 데이터는 누락 없이 호스트로 전송할 수 있다. 또한, 클러스터 정보와 각 클러스터에 포함된 센서노드의 정보를 함께 보냄으로써 오차가 존재하는 근사치 값을 호스트에서 유추해 낼 수 있게 해준다.

## 4. 실험 및 성능 평가

### 4.1 센서노드에서의 매니지먼트 성능 평가

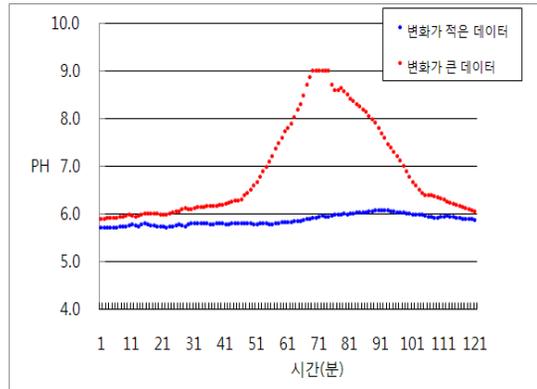
센서노드에서의 매니지먼트의 성능평가 실험을 위해서 본 연구팀에서는 두 가지 시나리오를 가정하고 가상의 데이터를 생성하여 실험하였다. 첫 번째 시나리오는 변화가 계속해서 보통 이하인 시나리오이며, 두 번째 시나리오는 센싱 데이터의 변화가 보통 이하이다가 일정 시간이 흐른 후 변화가 커진 후 다시 보통으로 돌아오는 시나리오이다.

실험 방법은 3.1절에서 설명한 센서 매니지먼트 시스템의 실행 알고리즘에 따라 3가지 경우에 맞는 처리를 하였다. 3가지 경우 중, 데이터의 변화가 큰 경우는 pH의 차가 0.07이상일 때, 데이터

의 변화가 보통인 경우는 pH의 차가 0.03이상일 때, 0.03미만일 때는 데이터의 변화가 적은 경우로 설정하였다. 이는 본 연구팀이 연구[10]을 진행할 때, 당시 한국수자원공사 충주댐관리단의 협조로 받은 충주댐의 수질 측정자료 중, 1미터 깊이의 한달 평균 pH 변화값을 기준으로 한 것이다.

3가지 경우에 따른 처리 방법은 다음과 같다. 먼저, '1)데이터 변화가 큰 경우'에는 데이터에 태그를 붙이고, 센싱 간격을 기본으로 설정한 2분의 절반인 1분으로 줄인 후, 일정 횟수 반복은 7회 반복으로 하였으며, 2회분인 2분마다 묶어서 전송을 하였다. '2)데이터 변화가 보통인 경우'에는 센싱 간격을 기본으로 설정한 2분으로 유지하고 반복 횟수는 4회로 하였다. 또한 10분마다 센싱 데이터를 묶어서 전송하였다. '3)데이터 변화가 적은 경우'에는 센싱 간격을 1.5배 늘린 3분마다 센싱하였고, 10분마다 데이터를 묶어서 전송하였다.

그림2는 pH의 센싱 값을 두가지 시나리오에 따라 그래프로 표시한 것으로 pH의 변화를 쉽게 알아볼 수 있다. 이것은 2시간동안 2분당 한번씩 총 60번 센싱한 데이터로서 아래쪽 곡선은 시나리오 1을, 위쪽 곡선은 시나리오2를 나타낸다. 두 곡선은 시간의 흐름에 따라 한번 센싱할 때마다 pH값을 하나의 점으로 나타낸 것이므로 모두 점선으로 표시되었다.



(그림 2) 가상 시나리오 데이터

표1은 시나리오1과 시나리오2의 상황아래에서 매니지먼트 시스템을 이용한 센싱 횟수 및 전송 횟수를 나타낸 것이다. 시나리오1에서의 센싱 횟수는 47회로서 기본으로 설정한 2분당 1회씩 총 60회에 비해 13회가 줄었으며, 시나리오2에서는 89회로 오히려 29회가 늘어났다. 이는 불필요한 센싱은 줄이고 변화가 큰 구간에서는 보다 섬세한 센싱을 한 결과이다. 또한 실제 전송 횟수를 보면 시나리오1에서는 12회로 1/5로 줄어들었으며, 시나리오2에서는 40회로 2/3로 줄어들었음을 알 수 있다. 그 이유는 데이터 변화가 적을 때는 10분 간격으로 누적한 데이터를 묶어서 전송하고, 변화가 클 때는 2회씩 묶어서 전송하기 때문이다.

(표 2) 클러스터링을 이용한 데이터 전송 횟수의 감축

데이터 수집 날짜	전체 데이터 수	상위 10% 데이터를 포함하는 클러스터 수	센싱값 전송 수	센터값 전송 수	총 전송 수	비율
2010.02.23	461	3	47	27	50	16.0%
2010.02.24	480	2	48	27	50	15.6%
2010.02.25	480	2	48	27	50	15.6%
2010.02.26	480	2	48	26	50	15.4%
2010.02.27	480	2	48	26	50	15.4%
2010.02.28	479	3	48	25	51	15.2%
2010.03.01	457	2	48	28	50	16.6%
2010.03.02	450	3	48	26	51	16.4%

(표 1) 매니지먼트 시스템의 센싱 횟수 및 전송 횟수

	센싱 횟수	전송 횟수
시나리오 1	47	12
시나리오 2	89	40

## 4.2 싱크노드에서의 클러스터링 성능 평가

싱크노드에서의 클러스터링 모델로는 K-means 기법을 사용하였다. K-means 기법은 n개의 객체들의 집합을 K개의 군집으로 나누기 위해 거리에 기반을 둔 클러스터링 기법이다. 군집 유사성은 군집에서 무게중심으로 볼 수 있는 객체들의 중앙값을 기준점으로 가까운 데이터들을 하나의 클러스터로 묶는 알고리즘이다[14]. 본 연구팀은 미국 지질조사국(U.S. Geological Survey ; USGS)에서 제공하는 실시간 수질 모니터링 시스템[15]의 자동 수집 자료 중 미국 캔사스 주의 데이터를 이용하여 제안하는 클러스터링의 평가를 실시하였다.

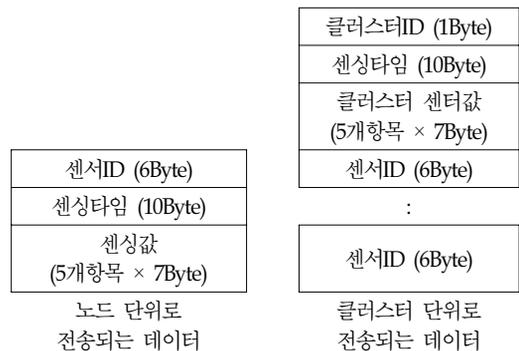
클러스터링의 목적은 많은 센서노드들로부터 짧은 시간동안 대량의 스트림 데이터가 들어 올 때, 수집된 전체 데이터를 호스트로 전송하는 대신 주의가 필요한 이상치 데이터는 모두 전송하고 그렇지 않은 일반 데이터는 클러스터의 센터값만 전송함으로써 전송량을 줄이고자 하는 것이다.

실험을 위해 캔사스 주에 위치한 10여개의 강과 호수에서 수집한 데이터(용존산소량, pH, 전기전도도, 온도, 엽록소)를 사용하였다. 실험 방법은 하루에 10곳의 강과 호수에서 수집되는 약 480여개의 수질데이터를 K-means 클러스터링 기법을 사용하여 30개의 클러스터로 클러스터링하였다. 정확한 실험을 위해서 짧은 시간동안 많은 센서노드들로부터 수집된 데이터가 필요하지만 그와 같은 실험데이터를 구하기가 어려워 인접한 10곳의 측정 사이트로부터 하루에 수집된 데이터를 묶어서 짧은 시간동안 수집된 것으로 가정하고 실험을 진행하였다.

실험방법은 3.2절의 실행 알고리즘에 따라 센서 값의 전체 평균을 A라고 할 때 30개의 클러스

터를 기준 A에서부터의 거리가 큰 순으로 정렬한 후 상위 10%의 데이터를 포함하는 클러스터의 모든 데이터를 전송한다. 이때 정확하게 10%가 되기는 어렵고 많은 경우 10%를 초과하게 된다. 나머지 클러스터에서는 각각의 센터 값과 클러스터 ID, 해당 클러스터에 포함되어 있는 센서노드의 노드 ID와 센싱타임만을 호스트로 전송한다. 표2는 싱크노드에서 수집된 전체 데이터를 전송하는 것에 비해 클러스터링을 이용함으로써 전송 횟수를 16% 내외까지 줄일 수 있음을 보여준다.

한편, 전송 횟수뿐만 아니라 실제 전송량을 비교하기 위해 그림3과 같은 전송 데이터의 구조를 이용하였다. 그림에 보이는 것처럼 1개의 센서노드에서 전송되는 데이터로는 센서ID, 센싱타임, 센싱 값(5개 항목)이 있고, 1개의 클러스터에서 전송되는 데이터로는 클러스터ID, 센싱타임, 클러스터 센터값(5개 항목)과 클러스터 내에 포함되어 있는 센서노드들의 센서 ID가 있다. 실제 전송량은 센싱 값을 전부 전송하는 노드단위의 전송량과 클러스터 정보를 전송하는 클러스터 단위의 전송량을 합한 것이 된다. 그 외의 메타정보는 전송량 계산에서 배제하였다.



(그림 3) 전송 데이터의 구조

전송량의 비교 결과는 표3에 나타나 있다. 표2에서의 전송 횟수 감축 비율과 유사하게 약 15% 내외까지 전송량이 줄어드는 것을 알 수 있다.

(표 3) 클러스터링을 이용한 데이터 전송량의 감축

전체 데이터 수	전체 데이터 량 (Byte)	전송량 (Byte)	비율
461	23511	3639	15.5%
480	24480	3690	15.1%
480	24480	3690	15.1%
480	24480	3644	14.9%
480	24480	3644	14.9%
479	24429	3598	14.7%
457	23307	3736	16.0%
450	22950	3644	15.9%

## 5. 결론

본 논문에서는 USN 환경에서의 수질모니터링 시스템을 위하여 센서노드에서의 매니지먼트 시스템과 싱크노드에서의 클러스터링 방법을 제안하였다. 제안된 센서노드에서의 매니지먼트는 매우 실용적으로 센서노드의 수명을 연장시키면서도, 환경의 변화에 빠르게 대처하여 데이터를 전송하는 방법이다. 또한 싱크노드에서의 클러스터링 방법은 기존의 싱크노드가 단순히 센서노드로부터 데이터를 수집하여 한번에 전송하는 전달자의 역할을 한 반면, 전달받은 데이터들 중에서도 필요 없는 많은 데이터들을 제거하고 필요한 데이터들만을 걸러내어 전송하기 때문에 배터리의 사용량, 전송량, 데이터의 양, 호스트에서의 처리량 감소까지 많은 부분에서 이익을 얻을 수 있는 효율적인 모델이다.

## 참 고 문 헌

[1] 환경부, 수질원격감시체계(TMS)관제시스템, 홈페이지(<http://www.watertms.or.kr>)

[2] 한국정보사회진흥원, USN 기반의 소양강 상류천 수질관리를 위한 정보수집 시스템 구축, 유비쿼터스 서비스 모델 발굴을 위한 USN 현장시험 연구과제, 정보사회진흥원 홈페이지

(<http://www.nia.or.kr/>), 2006.

[3] 한국정보통신기술협회, UNS 서비스 미들웨어 플랫폼 참조 모델(TTAK.KO- 06.0170/R1), 2009.

[4] 김민수, 이용준, 박중현, USN미들웨어 기술개발동향, 텔레매틱스, RFID/USN, GIS 융합기술 동향 특집 논문, 제22권, 제3호, 한국전자통신연구원, 2007년 6월.

[5] (주)현대정보기술, USN 기반의 소양강 상류천 수질관리를 위한 정보수집시스템 구축, 발표자료, 2006년도 RFID/USN 사업결과 시연 및 설명회, 2007년 2월.

[6] 환경관리공단, 수질자동측정망, 홈페이지(<http://www.emc.or.kr/measure/water.asp>)

[7] 김지홍, 김용현, 유정택, 홍윤식, 센서 네트워크에서 신뢰성 있는 계측 데이터 전송, 2005 추계학술발표대회 논문집, 제6권, 제2호, 인터넷 정보학회, 2005년 11월.

[8] X. Meng, L. Li, T. Nandagopal and S. Lu, Event contour: An Efficient and Robust Mechanism for Tasks in Sensor Networks, Technical Report, UCLA, 2004.

[9] S. Patten, B. Krishnamachari and R. Govindan, The Impact of Spatial Correlation on Routing with Compression in Wireless Sensor Networks, ACM Transactions on Sensor Networks, vol.4, no.4, 2004.

[10] 권대현, 이성재, 조수선, 수질센싱데이터 발생기 개발, 2009 추계학술발표대회 논문집, 한국멀티미디어학회, 2009년 11월.

[11] 권대현, 조수선, 수질센싱데이터마이닝을 위한 클러스터링 적용 모델, '09 추계학술발표대회 논문집, 한국정보처리학회, 2009년 11월.

[12] Soosun Cho, Daehyeon Kwon, Application Models of Clustering for Water Sensor Data Monitoring, KSII The first International Conference on Internet (ICONI), Dec. 2009, Indonesia Bali.

[13] João Gama·Mohamed Medhat Gaber, Learning from Data Streams Processing Techniques in Sensor Networks, 2007.

[14] Tan, Pang-Ning, Introduction to data mining, Pearson Addison, 2006.

[15] USGS, 캔사스주 실시간 수질 모니터링 시스템 (<http://waterdata.usgs.gov/ks/nwis>)

## ● 저 자 소개 ●



### 권 대 현

2009년 2월 충주대학교 컴퓨터과학과 졸업(공학사)  
2009년 3월 ~현재 충주대학교 산업대학원 전자계산학과 석사과정  
관심분야 : 정보검색, 데이터베이스, 센서 데이터처리.  
E-mail : kfsura@nate.com



### 오 염 덕

1986년 홍익대학교 전자계산학과 졸업(학사)  
1988년 홍익대학교 대학원 전자계산학과 졸업(석사)  
2003년 홍익대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)  
1990~현재 충주대학교 컴퓨터정보공학과 교수  
관심분야 : USN 데이터베이스, Data Mining  
E-mail : rdoh@cjnu.ac.kr



### 조 수 선

1987년 서울대학교 계산통계학과 졸업(학사)  
1989년 서울대학교 대학원 계산통계학과 졸업(석사)  
2004년 충남대학교 대학원 컴퓨터과학과 졸업(박사)  
1994년~2004년 한국전자통신연구원 컴퓨터·소프트웨어연구소 선임연구원  
2006년~2007년 미시간대학교(앤아버) 방문연구원  
2004년~현재 충주대학교 컴퓨터정보공학과 부교수  
관심분야 : 데이터마이닝, 기계학습, 센서 데이터 처리  
E-mail : sscho@cjnu.ac.kr