

USN 환경에서 센서 매니지먼트 기능 설계

권대현, 조수선

충주대학교 컴퓨터정보공학과

e-mail : kfsura@nate.com, sscho@cjnu.ac.kr

A Design of Sensor Management Functions on USN Environment

DaeHyeon Kwon, Soosun Cho

Dept of Computer Science & Information Engineering,

Chungju National University

요 약

본 논문에서는 USN 환경에서 수질 모니터링 시스템을 구성하는 데 있어 가장 중요한 요소 중 하나인 센서 매니지먼트의 기능에 대해 소개한다. 센서 매니지먼트는 센서 노드에서의 효율적인 배터리 관리와 전송 데이터의 축약을 위해 센싱 타임과 전송 횟수 등을 관리해주는 기능을 담당한다. 제안된 센서 매니지먼트 시스템은 센싱 횟수를 조절하여 유동적이고 지능적인 센싱을 하면서도, 불필요한 센싱과 데이터 전송 횟수를 줄여서 센서노드의 배터리 수명을 연장시킬 수 있다. 설계한 기능에 대한 평가를 위해 가상의 시나리오 데이터를 구성하여 실험하였으며, 그 결과 일반적인 동일 시간 간격의 센싱 및 전송에 비해 매우 효과적인 방법임을 확인할 수 있었다.

1. 서론

최근 환경 문제가 많이 발생함으로써 사회적으로 큰 이슈가 되고 있으며, 특히 수위의 급변이나 오염물질의 유입 등으로 인하여 큰 관심을 받고 있다. 또한 USN (Ubiquitous Sensor Network) 시대가 도래하면서 이러한 환경 문제의 해결방안으로 제시된 것이 환경 모니터링 사업이다. 이에 많은 지자체에서는 수질 및 수자원에 대한 모니터링 사업을 추진하고있다[1, 2].

수질 모니터링 시스템과 같은 USN시스템은 같은 USN시스템의 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 시스템에서는 센서노드가 환경의 변화를 센싱하여 싱크노드로 전송하면, 싱크노드는 많은 센서노드로부터 데이터를 수집하여 서버로 전송한다. 이러한 구조에서 센서노드는 끝없이 센싱을 진행하여야 하는데 이때 많은 전력소모가 일어나며 불필요한 데이터가 생성되기 쉽다. 본 논문에서는 효율적인 배터리 관리와 전송 데이터의 축약을 위해 센서노드를 효율적으로 제어하는 방법을 소개한다. 이어지는 2장에서는 관련 연구로 현재의 수질 모니터링 시스템에 대해서 알아보고 3장에서는 센서 매니지먼트에 대해서 자세히 서술하고, 4장에서는 소개한 센서 매니지먼트 모델의 실험과 성능 평가를 서술하며, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

기존의 수질 데이터 모니터링 시스템에서는 수질 센싱 데이터(pH, 용존산소량, 탁도, 온도, 전기전도도, 염록소 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 SMS 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 효율적으로 전송하기 위한 네트워크의 전송방식에 대한 연구도 다수 발표된 바 있다 [7, 8]. 연구[7]은 비규칙적인 센싱을 이용하여 센서 노드의 통신량을 줄이고자 하는 것으로 본 논문에서 제안하는 센서 매니지먼트와 유사하지만 접근 방법의 차이가 있다. 연구[7]의 내용을 살펴보면 규칙적인 센싱을 하지 않고 직전의 센싱 데이터와의 차이를 이용하여 다음 센싱 타임을 결정하는 방법을 사용하여 센싱 간격을 조절함으로써 일반적인 방법의 센서노드보다 불필요한 센싱을 줄이고자 한 것이다. 하지만 데이터의 변화량만을 고려하였기 때문에 센싱 변화와 함께 전송 횟수를 고려하는 본 논문과는 차이가 있다.

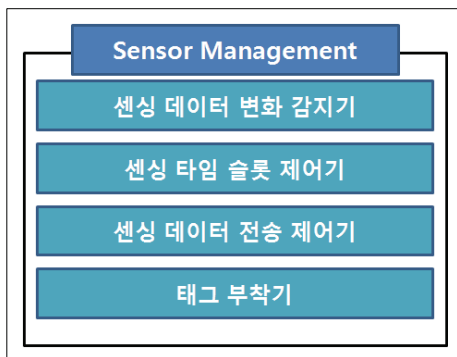
또 다른 연구[8]에서는 모든 노드들이 서로 다른 시간 슬롯을 할당 받고, 시간 슬롯에 따라 자신의 데이터를 싱크노드로 전송하는 방법을 택한다. 센서노드들은 자신의 시간슬롯을 기다리는 동안 이웃 노드들이 싱크노드로 전

송하는 데이터를 도청한다. 그리고 이 도청한 모든 데이터 값에 대한 평균값을 계산하고, 자신의 값과 이 평균값을 비교하여 동일한 경우 데이터를 전송하지 않는다. 이 연구는 데이터 전송의 횟수를 줄였으나 주변의 센서노드들을 기준으로 전송 유무를 결정하기에 주변과 상관없이 각각의 센서노드에서 전송량을 줄이고자 하는 본 연구와는 차이가 있다. 즉, 본 논문에서는 센싱 데이터의 변화를 고려한 센싱 횟수의 감축과 데이터 전송 횟수의 감축을 동시에 실현할 수 있는 방법을 소개하고자 한다.

3. 센서노드의 매니지먼트의 기능

센서노드는 정확한 데이터를 빠르게 센싱하여 싱크노드에 전달하여야 한다. 센서노드에서는 한정된 배터리를 유용하게 사용할 수 있도록 센싱 타임, 센싱 횟수, 전송타임, 전송횟수 등을 조절해주어야 한다[9]. 따라서 센서 매니지먼트 시스템을 도입함으로써 센서노드의 수명을 연장하고, 불필요한 센싱을 줄이며, 급변하는 상황에서 보다 빠르고 정확하게 센싱한 결과를 사용자에게 전달하고자 한다.

본 논문의 센서 매니지먼트 시스템은 그림1에서 보는 바와 같이 ‘센싱 데이터 변화 감지기’, ‘센싱 타임슬롯 제어기’, ‘센싱 데이터 전송 제어기’, ‘태그 부착기’ 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 조절함으로써 변화가 적을 때는 천천히 느리게 센싱하고 변화가 클 때에는 짧은 간격으로 센싱하여 변화에 대하여 상세히 파악할 수 있게 한다. 또한 태그 부착기를 이용하여 급변하는 데이터들에 한하여 특별한 태그를 붙여 호스트로 빠르게 전달될 수 있는 기능을 제공한다. 그리고 전송제어기는 반드시 전송해야 하는 필수 전송 타임을 제외하고 상황의 변화에 따라 유동적으로 센싱 데이터를 전송할 수 있게 지원해 준다.



(그림 1) 센서 매니지먼트 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 보다 세밀한 변화를 알 수 있다. '2)데이터 변화가 보통인 경우'에는 데이터를 일정 시간(예를 들면, 10분)묶어서 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 변화에 따라 다시 센싱 간격을 조절할 수 있게 해준다.

4. 실험 및 성능 평가

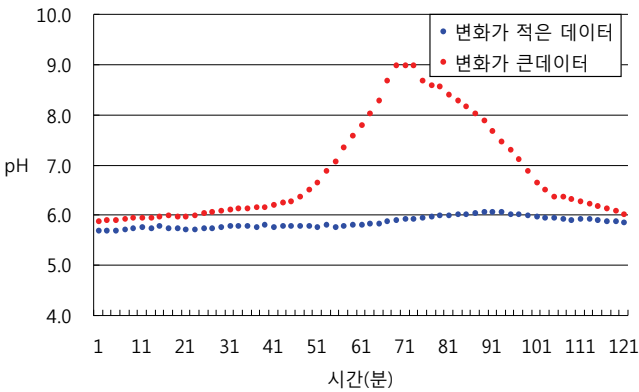
센서노드에서의 매니지먼트 성능평가 실험을 위해서 두 가지 시나리오를 가정하고 가상의 데이터를 생성하여 실험하였다. 첫 번째 시나리오는 변화가 계속해서 보통 이하인 시나리오이며, 두 번째 시나리오는 센싱 데이터의 변화가 보통 이하이다가 일정 시간이 흐른 후 변화가 커진 후 다시 보통으로 돌아오는 시나리오이다.

실험 방법은 3절에서 설명한 센서 매니지먼트 시스템의 실행 알고리즘에 따라 3가지 경우에 맞는 처리를 하였다. 3가지 경우 중, 데이터의 변화가 큰 경우는 pH의 차이가 0.07이상일 때로 하고, 데이터의 변화가 보통인 경우는 pH의 차이가 0.03이상일 때로 하였으며, 0.03미만일 때는 데이터의 변화가 적은 경우로 설정하였다. 이는 본 연구팀이 연구[10]을 진행할 때, 당시 한국수자원공사 충주댐관리단의 협조로 전달받은 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, 센

싱 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 늘인 3분마다 센싱하였고, 10분마다 데이터를 묶어서 전송하였다. 즉, 3가지 경우 모두 센싱 횟수의 조절과 전송 횟수의 감축 기능을 포함하고 있다.

먼저 센싱 횟수의 조절에 대한 센서 매니지먼트의 실험 결과를 소개한다. 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 시나리오1을, 위쪽 곡선은 시나리오2를 나타낸다. 두 곡선은 시간의 흐름에 따라 한번 센싱할 때마다 pH값을 하나의 점으로 나타낸 것이므로 모두 점선으로 표시되었다.

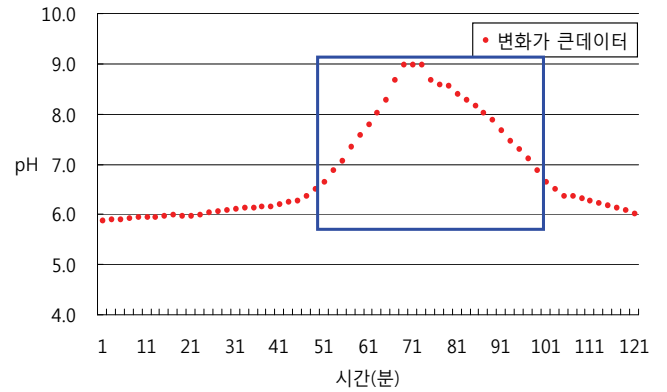


(그림 2) 가상 시나리오 데이터

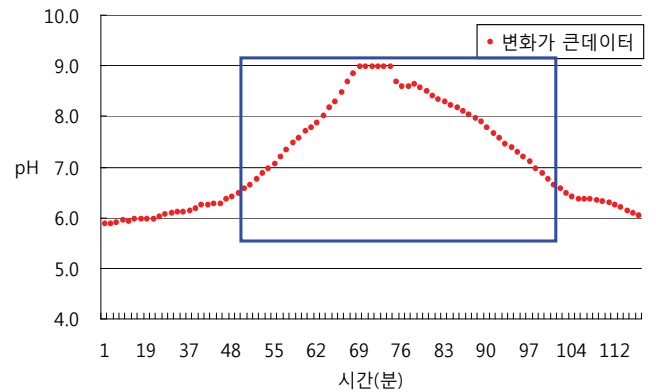
그림3은 2분당 1회씩 일정한 간격으로 센싱한 값을 점선으로 나타낸 것이고, 그림4는 본 논문에서 제안한 매니지먼트 시스템에서 센싱한 결과를 점선으로 나타낸 것이다. 그림3의 파란 사각형은 51분부터 101분사이의 데이터를 구분한다. 이 영역은 변화가 큰 데이터로서 모니터링을 위해 보다 자세히 변화량을 주시할 필요가 있으므로 일정한 간격의 센싱만으로는 부족할 수 있다. 그림4의 파란 사각형은 센서 매니지먼트 시스템의 센싱 결과 중 역시 51분부터 101분사이의 데이터를 구분한 것인데, 그림3과 비교해보면, 사각형의 폭이 넓고, 실제 측정횟수가 더 많은 것을 알 수 있다. 즉 센서 매니지먼트 기능을 사용함으로써 데이터 변화가 큰 시간대에서 측정 횟수를 증가시켜 보다 자세한 관찰을 하도록 지원하고 있다.

한편, 그림4에서 보이는 것처럼 센서 매니지먼트를 사용한 센싱 결과, 51분부터 101분 사이를 제외한 나머지 시간대 영역에서는 오히려 센싱 횟수가 줄어들어 불필요한 센싱이 없어진 것을 알 수 있다. 따라서 데이터 변화가 적을 때에는 센싱 횟수를 줄여서 에너지를 절약하고, 데이터

변화가 클 때에는 센싱 횟수를 증가시켜 세세한 관찰을 할 수 있게 함으로써 센서의 기능을 강화하였음을 알 수 있다.



(그림 3) 2분당 1회씩 일정한 속도로 센싱한 결과



(그림 4) 센서 매니지먼트의 센싱 결과

다음으로 전송 횟수의 감축 기능을 살펴보면, 센서 매니지먼트를 사용함으로써 '2)데이터 변화가 보통인 경우'이거나 '3)데이터 변화가 적은 경우'에는 10분마다 데이터를 묶어서 전송하고, '1)데이터 변화가 큰 경우'에도 2회분을 묶어서 전송하기 때문에 센서노드에서 많은 양의 전력 소모가 있는 전송 횟수를 줄일 수 있음을 알 수 있다.

표1은 시나리오1과 시나리오2의 상황 아래에서 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, 60회의 1/5로 줄어들었으며, 시나리오2에서는 40회로, 60회의 2/3로 줄어들었음을 알 수 있다. 그 이유는 데이터 변화가 적을 때는 10분 간격으로 누적된 데이터를 묶어서 전송하고, 변화가 클 때는 2회씩 묶어서 전송하기 때문이다.

따라서 본 연구팀의 연구 결과인 센서 매니지먼트 시스템을 사용한 센서노드는 센싱 횟수를 조절하여 유동적이고 지능적인 센싱을 하면서도, 불필요한 센싱과 데이터 전송 횟수를 줄여서 센서노드의 배터리 수명을 연장시킬 수 있다.

<표 1> 매니지먼트 시스템의 센싱 횟수 및 전송 횟수

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

5. 결 론

본 논문에서는 USN 환경에서 센서노드의 매니지먼트 시스템을 제안하였다. 제안된 센서노드에서의 매니지먼트 기능은 매우 실용적으로 센서노드의 수명을 연장시키면서도, 환경의 변화에 빠르게 대처하여 데이터를 전송하는 방법이다. 즉, 센싱 횟수를 조절하여 유동적이고 지능적인 센싱을 하면서도, 불필요한 센싱과 데이터 전송 횟수를 줄여 센서노드의 배터리 수명을 연장시킬 수 있는 것이다. 따라서 일반적인 센싱 방법보다 환경 변화에 따른 지능적인 대처가 가능한 효율적인 시스템이라고 할 수 있다. 또한 규칙적인 보고를 병행함으로써 센서 노드의 배터리 등과 같은 메타정보 데이터를 꾸준히 수집할 때에도 유용한 방법이다.

참고문헌

[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, 박종현, “USN미들웨어 기술개발동향”, 텔레매틱스, RFID/USN, GIS 융합기술 동향 특집 논문, 제22권, 제3호, 한국전자통신연구원, 2007년 6월.

[5] (주)현대정보기술, “UNS 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, 한국인터넷정보학회, 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] João Gama and Mohamed Medhat Gaber, Learning from Data Streams Processing Techniques in Sensor Networks, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007.

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