

이 기종 센서 네트워크에서 분산 환경 지원을 위한 데이터 처리 메커니즘

남춘성*, 구용기*, 신동렬*

*성균관대학교 전자전기 컴퓨터 공학과

E-mail:{namgun99, cutedual, drshin}@skku.edu

Data Processing Mechanism For Supporting Distributed Environment In Heterogeneous Sensor Networks

Choon-Sung Nam*, Yong-Ki Ku* and Dong-Ryeol Shin*

*School of Inforamtion and Communication

Engineering, SungKyunkwan University

요 약

환경정보를 감시하기 위한 각 센서 네트워크들은 사용목적에 따라 다양한 센서를 이용하여 자가 구성적인 네트워크를 형성한다. 이전의 센서 네트워크 응용 프로그램 개발 방법은 센싱 데이터에 대한 단일화된 형식을 가지지 않았기 때문에, 온도, 습도, 조도 등의 센싱 데이터 단위나 형식이 다양하게 표현되었으므로 센서 네트워크 응용 프로그램을 개발하는데 어려움이 있다. 이러한 이유로 각 응용 프로그램에 종속적인 데이터는 다른 센서 네트워크와의 공유도 용이하지 못하다. 이에 센서 노드로부터 수집된 다양한 원데이터(raw-data)를 원활하게 교환 할 수 있는 데이터 처리 중심의 미들웨어 개발이 필요하다. 이에 우리는 센서 노드로부터 측정된 데이터 및 요구사항을 단일화 하기 위한 표현으로 XML로 작성하고, 웹을 통해 센서 데이터를 활용할 수 있는 데이터 처리 중심의 센서 네트워크 미들웨어를 제안한다.

1. 서론

센서 네트워크는 특정 지역에 센서 노드들이 분포하여 주위 환경 값을 획득하여 스스로 네트워크를 형성하여 전송하는 네트워크이다. 센서 노드들이 측정할 수 있는 환경 값들은 다양하기 때문에 응용 프로그램 또한 다양하게 개발되고 있다. 또한, 하드웨어부터 어플리케이션까지 다양한 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

전통적인 시스템에서 미들웨어는 운영체제와 응용 프로그램 사이에 존재하는 소프트웨어 계층을 의미한다. 센서 네트워크에서의 미들웨어는 커널레벨이 아닌 응용 영역에서 사용자 혹은 상위 응용에게 인터페이스를 제공하는 전통적인 의미 이외에도 센서 네트워크가 가지는 특성을 고려하여야 한다. 센서 네트워크가 미들웨어 설계 및 개발 시 고려해야 할 특성은 다음과 같이 열거할 수 있다. 첫 번째로, 센서 노드의 에너지와 CPU, 메모리 등의 제약을 고려하여 자원 사용을 최소화하는 메커니즘을 제공해야 한다. 두 번째로, 센서 네트워크의 규모와 이동성을

고려하여 안정적인 동작을 보장할 수 있도록 고려되어야 한다. 세 번째로, 다양한 종류의 하드웨어와 네트워크들의 동작, 재설정, 통신 등을 지원하기 위한 프로그래밍 모델이 고려되어야 하며, 가능한 실제 환경 변화에 대처하기 위한 실시간 서비스가 제공되어야 한다. 네 번째로, 응용 레벨의 지식을 네트워크의 운용에 이용할 수 있는 메커니즘이 고려되어야 하고, 중복된 데이터를 줄일 수 있는 데이터 융합을 지원해야 한다. 마지막으로 QoS 지원 및 보안도 센서 네트워크 미들웨어 설계시 고려해야 할 사항이다 [2].

위와 같은 센서 네트워크의 특성을 고려하여 설계된 센서 네트워크 미들웨어는 센서가 측정된 데이터를 바탕으로 응용 프로그램의 개발, 배포, 관리, 실행을 지원하는 기능을 가진다. 즉, 상위 레벨의 복잡한 센싱 태스크(task)를 체계화하여 태스크와 네트워크가 통신 할 수 있는 기능, 태스크들을 센서 노드들의 협업을 통해 분산 처리하는 기능, 각 센서 노드의 데이터 통합할 수 있는 퓨전 기능, 데이터 전달 기능을 포함한다. 또한 이기종성을 지원할 수

있는 추상화 기능도 포함한다[3].

센서 네트워크들은 지역적 혹은 센싱 데이터가 다양하기 때문에 각각 응용 프로그램에 종속적인 시스템을 구성한다. 이와 같은 경우 센서로부터 전송되는 데이터를 표준화된 형식으로 처리하지 않기 때문에 그 단위나 표현방식에 따라서 응용 프로그램이 처리하는 데 있어 어려움이 있으며, 사용자별 요구사항을 처리하기가 어렵다. 그리고 다른 네트워크와의 데이터 공유 또한 용이하지 못하다. 따라서 응용 프로그램은 상황에 따라 단일화된 데이터를 요구하고 있다. 이에 본 논문은 센서 네트워크 간의 원활한 통신을 지원해 주는 미들웨어 개발이 필요하며, 특히 센서 노드로부터 얻어지는 다양한 원 데이터를 응용 서비스에 사용할 수 있는 정보로의 변환이 중요하다. 센서 노드로부터 측정된 데이터 및 모든 처리를 기술 할 수 있는 표현을 XML로 작성하고, 웹을 통한 센서 데이터의 활용 할 수 있는 운영체제와 어플리케이션 사이에 존재하는 전통적인 미들웨어가 아닌 다양한 센서 네트워크를 통합 관리할 수 있는 센서 네트워크 미들웨어를 제안한다.

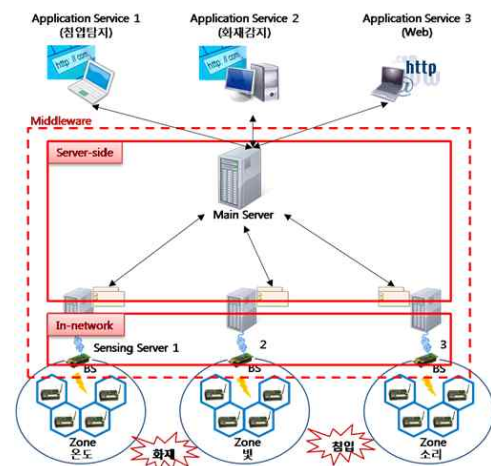
2. 관련연구

센서 네트워크는 센서 노드의 제한된 에너지, 파워, 저장장치, 통신 대역폭으로 인하여 센싱 데이터를 다른 시스템(데이터 저장 시스템)에서 관리한다. 이러한 센싱 데이터는 사용자에게 서비스를 제공하기 위한 데이터로 사용될 수 있도록 응용 서비스에 전달되어야 한다. 최근의 센서 네트워크에서의 데이터는 XML을 통해 정보 저장 및 시스템 간의 전송 메시지로 널리 사용될 뿐 아니라 다양한 형식의 데이터를 통합 처리하는 시스템의 공통 데이터 모델로 사용되고 있다.[4]. 이러한 공통 데이터 모델은 응용 서비스와 서비스 요청자간의 표준화된 메시지 형태로 주고 받을 수 있어야 하며, 다음과 같은 요구를 만족 하여야 한다. 첫째, 단일화된 데이터 모델을 정립하기 위해서 다양한 센서 데이터를 사용가능 하여야 한다. 기존의 연구에서는 특정한 EPC 호환 센서 데이터만을 고려하였고[5], 센서 포맷에 따라 각각의 테이블을 생성[6]하는 문제점을 가졌기 때문에 이러한 방법이 요구된다. 또한 센서 데이터에 관한 메시지 표준으로 발표된 SensorML[7]은 실제 응용 서비스에서는 불필요한 센서의 입/출력 인터페이스나 데이터 알고리즘을 포함하고 있어 센서

데이터의 교환 시 상호호환성을 위한 메시지 구조의 정형화와 경량화가 필요하다는 단점을 가지고 있다. 둘째, 분산 환경이 고려되어야 한다. 분산 환경에서 로컬 데이터뿐만 아니라 원격 데이터를 지원해야 하기 때문에 다른 미들웨어와 센서 데이터를 공유할 수 있는 방법을 제공해야 한다. 셋째, 어플리케이션이 사용할 수 있는 고수준의 언어가 필요하다. 어플리케이션에서 요구하는 요구사항을 표현할 고수준의 언어(SQL)를 제공함으로써, 복잡한 이벤트를 발견하거나 처리할 수 있는 방법을 지원해야만 한다. 넷째, 특정 어플리케이션에 의존적이고 의미있는 데이터를 제공할 수 있어야 한다. 각 어플리케이션이 요구하는 센싱 데이터는 하나 혹은 그 이상의 센서 네트워크에서 수집된 데이터가 될 수 있다. 그러므로 이러한 데이터를 통합, 관리, 추출 함으로써 각 어플리케이션에서 요구하는 의존적인 데이터를 제공할 수 있어야만 한다.

이에 위와 같이 기존에 연구되었던 공통 데이터 모델의 문제점과 요구사항을 토대로 XML 기반의 센서 서비스의 메타데이터와 센싱 데이터를 요청 및 응답 할 수 있는 서비스 구조를 설계하고, 이러한 센서 데이터를 활용 및 지원할 할 수 있는 센서 네트워크 미들웨어를 제안한다.

3. 데이터 처리 기반 센서 미들웨어 설계



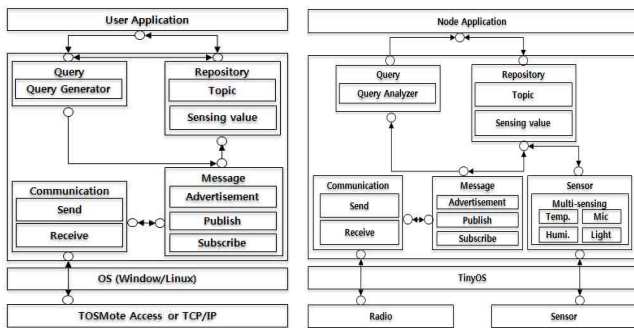
[그림 1] 제안하는 미들웨어 설계

우리가 제안하는 미들웨어 시스템은, [그림 1] 사용자에게 통합된 데이터 정보를 제공한다. 이에 미들웨어는 크게 두 가지로 구성할 수 있다. 센서 네트워크에서 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 통일된 XML데이터로 변환해 주어 메인서버에 전송하는

센싱서버와 각 센싱 버버로부터 XML형식의 데이터를 얻어 통합적인 데이터 관리 및 서비스 제공을 하는 메인서버로 구성된 Server-side 미들웨어와 수신자와 전송자를 분리하여 비동기적으로 필요한 데이터만을 수집하기 위한 Publish/Subscribe 기반의 In-network 미들웨어로 구성한다.

3.1. In-network 미들웨어

센서 노드들이 사용자의 요구(Subscriber)에 맞는 데이터만을 전송하기 위해서는 센서 네트워크내에 있는 센서 노드가 하나의 제공자(Publisher)로의 역할을 하게 된다. 따라서 이는 단일화된 형식을 기반으로 쿼리(query)와 같이 각 노드에 뿌려진다. 이를 통해 각 노드들은 자신의 상황에 맞는 이벤트 기반의 데이터 처리를 가능하게 하고, 수신자와 전송자를 분리하여 비동기적으로 동작함으로써, 필요시 언제든지 센싱 데이터를 처리할 수 있다. 이를 위한 컴포넌트 구성은 [그림 2]와 같다.



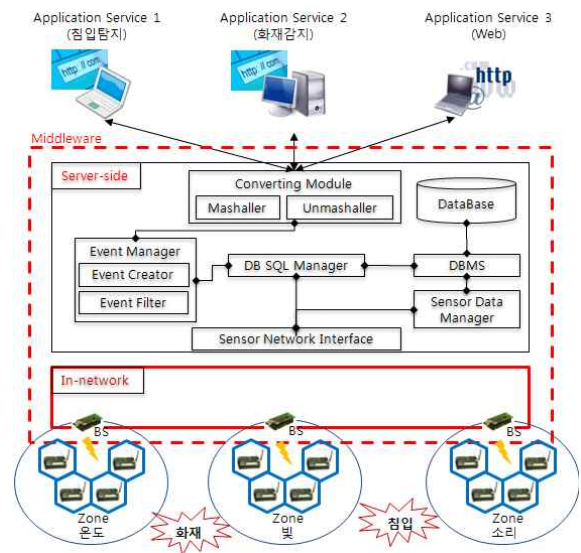
[그림 2] In-network 미들웨어 컴포넌트 설계

먼저, 센서 네트워크에 뿌려진 각 노드는 Advertisement 메시지를 생성하여 자신의 센싱 가능한 능력을 'Topic'이라는 항목으로 싱크 혹은 베이스 스테이션에 알린다. 그럼 사용자 응용 프로그램에서 요구하는 요구사항은 Topic를 보고 어떠한 센서 네트워크에서 요구사항을 만족할 수 있는 지 판단하고, 만약 이를 만족한다면 Subscribe 메시지로 변환하여 각 노드로 전송된다. 이를 수신한 각 노드는 자신의 능력에 맞는지 그리고 요구하는 사항에 맞추어 센싱 데이터를 송신한다. 이는 [그림 2]와 같이 베이스 스테이션과 노드에 각각 컴포넌트 형태로 설계되었다.

3.2. Server-side 미들웨어

다양한 사용자 응용 프로그램지원과 적절한

(Adaptive) 서비스를 제공하기 위한 메인서버와 센서로부터 수집된 데이터를 수집 및 저장하기 위한 센싱 서버로 이루어진다. 메인 서버는 다양한 응용 프로그램을 지원하기 위해 공통도니 메시지 타입(XML)과 사용자 인터페이스(API)를 제공한다. 또한, 상황에 맞는 적절한 서비스를 제공하기 위해서 각 요구사항을 이벤트화 시켜 이벤트 패턴을 생성 및 제공하여, 다양한 응용 프로그램의 요구를 충족하게 도와준다. 센싱 서버는 In-network 미들웨어에서 수집된 데이터를 바탕으로 메인서버와의 분산된 데이터 관리를 통해 메인서버의 부하를 줄이고, 각각 독립적인 센서 네트워크를 이루도록 도와준다.



[그림 3] Server-side 미들웨어 컴포넌트설계

[그림 3]에서와 같이, Server-side 미들웨어의 컴포넌트는 다음과 같이 5가지의 컴포넌트로 구성된다. XML 메시지를 공용 데이터 형식 및 사용자 요청 결과를 XML 객체로 변환하는 Converting Module, 응용 프로그램의 요청에 따라 이벤트 패턴을 생성하고, 요청되거나 등록된 이벤트 패턴을 비교 분석하는 Event Manager, 이벤트 패턴과 센서 데이터를 DB 저장형식으로 변환하고, 등록, 검색, 삭제, 저장등의 일을 처리하는 DB Manager, 센서 네트워크에 관한 메타 데이터와 센싱 데이터의 등록, 검색, 삭제, 저장을 담당하는 Sensor Data Manager, 마지막으로 센싱 서버와 메인 서버간의 통신을 위한 Sensor Network Interface가 있다. 이러한 컴포넌트를 통해 각 응용프로그램과 센서 네트워크는 독립적인 개발이 가능하게 한다.

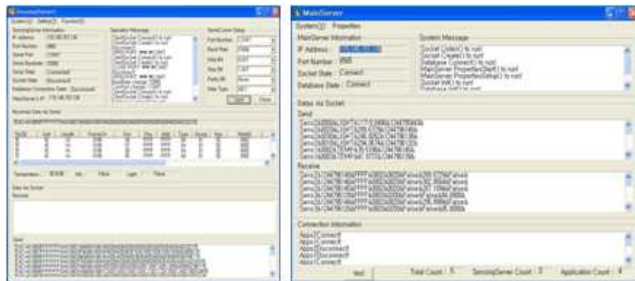
4. 제안한 미들웨어 구현

데이터 처리 기반의 미들웨어를 구현하기 위해서 다음과 같은 디바이스를 사용하였다.

[표 1] Server-side 미들웨어 컴포넌트설계

Sensor node	Micaz + MTS310
BaseStation	MIB520, H-mote
Sensing Server #1	Note Book(dual core급) - 온도 측정
Sensing Server #2	Note Book(dual core급) - 조도 측정
Sensing Server #3	Note Book(dual core급) - 소리 측정
Main Server	Pentium core 2 duo e6300 2G RAM
DataBase	My_sql 5.1.4

[표 1]에서와 같이 각 역할에 따라 3가지의 센서 네트워크(온도, 조도, 소리)를 구성하고, 이를 수집하고 응용 프로그램과 연계하기 위한 메인 서버를 하나 구현한다. 제공된 API와 XML 데이터 형식에 따라 응용프로그램을 화재감지, 침입탐지로 구분하여 설정하였다. 센서 노드로는 크로스보우사의 MicaZ와 베이스스테이션을 위한 MIB520과 H-mote를 사용하여 구현하였다.



(a) 센싱서버 (b) 메인서버

[그림 4] 센싱 서버와 메인 서버 구현



(a) 침입탐지 (b) 화재경보

[그림 5] 센싱 서버와 메인 서버 구현

5. 결론

우리가 제안하는 센서 네트워크 미들웨어는 여러 센서 네트워크와의 통신을 통하여 서버에 통합적인

데이터 서비스를 해주는 메커니즘이다. 각 센서 네트워크에는 센서 네트워크와 단일화된 데이터 전송 및 관리를 위한 센싱서버를 두어 데이터를 관리하고, 메인서버에서는 센싱서버와의 통신을 통해 다양한 종류의 데이터를 통합 관리하여 사용자에게 제공한다. 특히, 응용 프로그램 개발자는 센서 네트워크의 자원을 사용하는데 있어서, XML 스키마에서 정의된 단일화된 데이터 형식을 이용하여 센서 네트워크에 상관없이 사용자 어플리케이션의 독립적인 개발이 가능하다. 즉, 응용 프로그램 개발자는 미들웨어에서 제공해주는 API를 사용하여 개발함으로써 센서 네트워크 시스템 보다는 사용자의 요청에 따른 메인서버와의 데이터 전송만을 고려하여 응용 프로그램을 개발할 수 있다. 이에 제안한 방법은 센서 네트워크 어플리케이션의 개발을 용이하게 하고, 다양한 센서 네트워크 시스템과의 연동이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] Lan F. Akyildiz, Weilian Su, Yosesh Sankarasubramaniam, and Erdal Cayirci, "A Survey on Sensor Networks", IEEE Communication Magazine, pp. 102-114, August 2002
- [2] Miao-Miao Wang, Jian-Nong Cao, Jing Li, and Sajal K. Dasi, "Middleware for Wireless Sensor Networks : A Survey", Journal of computer science and technology, Vol.23, No.3, May 2008.
- [3] K. Römer, O. Kasten, and F. Mattern, "Middleware challenges for wireless sensor networks", ACM SIGMOBILE Mobile Communication and Communications Review, vol 6, no.2, 2002
- [4] W. Heinzelman, A. Murphy, H. Carvalho and M. Perillo. "Middleware to Support Sensor Network Applications". IEEE Network Magazine Special Issue. Volume 18. 6-14. Volume 18. 2004
- [5] M. J. Kim, "Mass Sensor Data Stream Processing Framework API Function Manual", Electronics and Telecommunication Research Institute, 2006
- [6] Karl Aberer, Manfred Hauswirth, Ali Salehi, "Infrastructure for data processing in large-scale interconnected sensor networks", MDM 2007
- [7] M. Botts, "An XML-based Sensor Model Language (SensorML) for Earth Observing Dynamic Sensors". Tech. rep., University of Alabama. March <http://vast.uah.edu/SensorML/>. 2002