

유비쿼터스 콘텐츠 서비스를 위한 센서 네트워크 관리 기술 동향

김도현 (제주대학교), 안병구 (홍익대학교)

I. 서론

최근 유비쿼터스 환경을 실현하기 위해 센서 네트워크를 물류, 환경제어, 홈 네트워크, 헬스케어, 교통 등의 다양한 응용 분야에 적용하고 있다. 이에 따라 수많은 센서 네트워크가 구축되고, 점진적으로 센서 네트워크의 규모가 커질 것으로 예상된다. 그리고 온도, 습도, 조도, 풍량/풍속 등의 센서와 더불어 카메라, 마이크 등의 다양한 유형의 센서를 이용한 이질적인 다중 센서 네트워크가 구축될 것으로 전망된다. 이와 같은 이질적인 다중 센서 네트워크는 실시간 상황 정보뿐만 아니라 음향 및 영상 정보에 해당하는 유비쿼터스 콘텐츠를 사용자에게 제공할 것으로 예상된다.

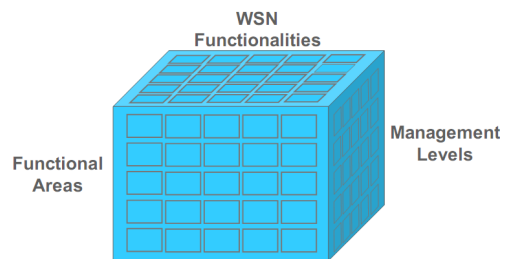
유비쿼터스 콘텐츠 서비스를 제공하기 위해서는 전송 네트워크뿐만 아니라 단말 영역에 해당하는 센서 노드와 센서 네트워크의 유지 관리가 필요하다. 센서 네트워크 관리에서는 노드 상태(배터리 수준 및 통신 전력 등), 네트워크 토폴로지, 무선 대역폭, 연결 상태 및 적용 범위 그리고 센서 노드의 노출 범위 등의 정보를 수집한다. 또한 센서 네트워크 관리에서는 에너지 효율, 네트워크 재구성, 데이터 전송 트래픽 등을 감시하거나 센서 노드의 데이터 수집을 제어한다. 따라서 다양한 다중 센서 기반의 수많은 네트워크를 효과적으로 구축하고 유지 관리하기 위해 기존 센서 네트워크 관리 기술의 분석과 체계적인 관리 기술 연구가 필요하다.

본 논문에서는 유비쿼터스 콘텐츠 서비스를 제공하기 위한 기존의 센서 네트워크 관리 기술의 연구 현황과 개발 동향을 분석한다. 이를 위해 먼저 센서 네트워크 관리 구조와 프로토콜 중심으로 국내외 관리 기술 동향을 살펴본다. 그리고 기존의 센서 네트워크 관리 도구를 고찰하고, 향후 센서 네트워크 관리 기술의 개발 방향을 기술한다.

II. 센서 네트워크 관리 구조

현재 유비쿼터스 콘텐츠 서비스를 제공하기 위한 센서 네트워크 관리 구조는 개념적인 접근에 의해 제시되고 있으며, 대표적으로 MANNA (A Management Architecture for Wireless Sensor Networks), WinMS, Agilla 등이 있다.

MANNA는 기능적인 관리 구조로서 제안된 정책 기반의 무선 센서 네트워크 관리 방안이다. MANNA는 MIB(Management Information Base)를 갱신하고 분석함으로써 무선 센서 네트워크를 동적으로 관리한다. 즉, MIB에 센서 네트워크의 상태 정보를 유지하며, 특정한 조건이 발생하면 정책에 의해 미리 정의되어 있는 관리 기능을 실행한다. MANNA는 MNMP (MANNA Network Management Protocol)를 사용하여 관리 개체들 사이에 관리 정보를 교환하며, 주로 클러스터 헤드 (cluster-head)가 지역 관리 정보를 요약하여 싱크 노드에 전달한다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 MANNA는 관리 기능 영역 (Management functional area), 관리 수준 (Management levels) 및 무선 센서 네트워크 기능성(functionalities)의 세 가지로 나누고 있다. 그리고 MANNA에서는 센서 네트워크의 토폴로지 지도, 통신 가능 영역 지도, 잔존 에너지 지도, 센싱 가능 영역 지도, 보안 상태 지도 등을 갖고 있다. 관



<그림 1> MANNA의 관리 구조

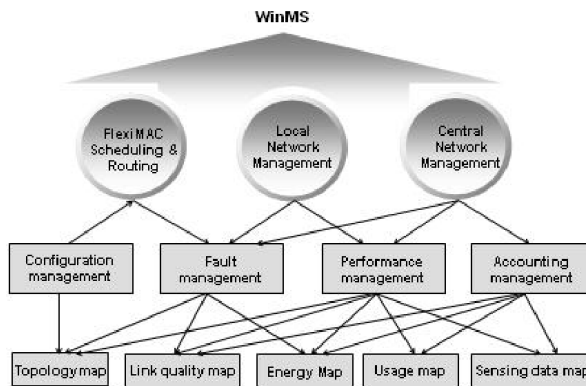
리 서비스는 에너지 지도와 네트워크 토폴로지 지도 등의 센서 네트워크 모델로부터 얻은 정보를 기반으로 순서에 따라 관리서비스를 적용한다. MANNA에서는 MIB의 최신 관리 정보를 유지하기 위해 질의의 정확한 주기를 결정한다. 또한 MANNA에서는 네트워크 관리 구조를 에이전트 기반 프레임워크를 사용하여 센서 네트워크를 관리하고자 한다. 이때 에이전트는 센서노드로부터 관리 정보를 수집하고 기본 위치로 돌아가는 정보를 운반한다^[1].

MANNA에서는 관리 개체들 간의 정보 교환을 관리하기 위한 경량화 된 네트워크 관리 프로토콜을 제시하고 있다. 센서 노드는 클러스터에 위치하며, 각 클러스터는 지역 관리 에이전트 역할을 수행하는 클러스터 헤드가 있으며, 센서 노드로부터 받은 관리 데이터를 수집한다. 클러스터 헤드는 싱크 노드에 직접 관리 데이터를 전송한다. MANNA에서는 이벤트 기반의 오류 관리 기능을 제공할 수 있으며, 센서 네트워크를 분석하여 결함을 감지한다. 이를 통하여 지역 유지보수 서비스와 실패 감지 서비스를 제공한다. 중앙 관리자는 토폴로지 지도, 에너지 감지 영역과 통신 감지 영역을 사용하여 오류 탐지 관리 서비스를 실행한다.

WinMS는 적응적 정책 기반 관리 시스템을 제안하고 있으며, 현재 진행 중인 이벤트 처리뿐만 아니라 예측 서비스를 제공한다. 향후 발생할 이벤트 순서를 예상하고 네트워크의 성능을 유지하고, 효과적인 네트워크 노드 작업을 수행한다. 센서 네트워크 변화에 적응할 수 있다. 그리고 사용자는 이벤트가 트리거로 사용되는 센서 노드, 관리 매개 변수의 임계값을 사전 정의하고 관리 작업을 미리 지정하여 이벤트를 발생시킬 수 있다.

WinMS는 지역 네트워크 관리 방식에서는 개별 센서 노드로 수행하는 관리를 제공하며, 토폴로지 변경 및 이벤트 탐지와 같은 자신의 이웃 네트워크 현황을 관리한다. 중앙 네트워크 관리 방식은 센서 네트워크의 기본 정보를 갖고 있으며, 예방 관리와 유지 보수를 실행한다. 이때 중앙 관리자는 MIB 파일에 유지 관리를 위한 센서 네트워크 상태를 저장하고, 센싱 데이터를 분석하여 상관 관계를 도출하고, 이벤트를 감지한다. WinMS의 FlexiMAC은 TDMA 기반의 프로토콜을 제공하며, 느슨한 슬롯 구조를 사용한다. WinMS의 장점은 경량 TDMA 프로토콜, 에너지 효율 관리 기능, 지역 복구 기능, 지역 자동 자기 구성 및 자기 안정화 등이 있다. WinMS는 데이터 수집 트리 노드 일정을 구축하기 위한 초기 설치 비용이 네트워크 밀도에 비례한다^[2]. <그림 2>에서는 WinMS 구조를 보여주고 있다.

Agilla는 사용자에게 센서 네트워크 응용의 특정 작업을 수행하는 모바일 에이전트를 배포하는 미들웨어이다. Agilla는 다중 에이전트에 의해 센서 노드를 감시할 수 있다. Agilla

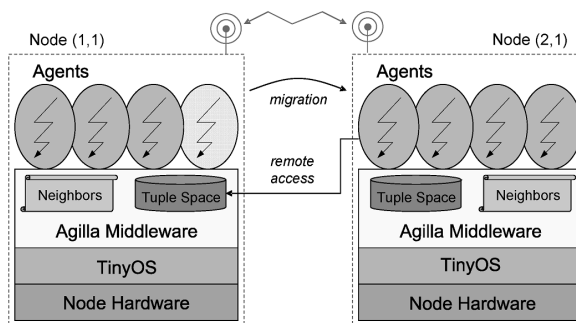


<그림 2> WinMS 구조

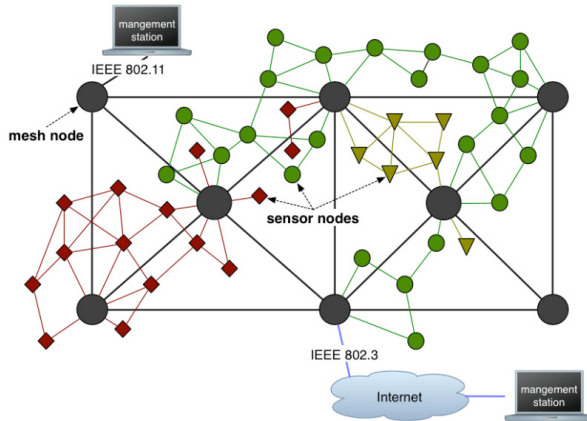
의 튜플 공간에 센서 노드는 미리 정의된 자신의 정보 집합을 포함하고 있으며, 지역 에이전트에서 이 정보를 공유한다. 그리고 튜플 공간에 특정 이벤트를 등록하여 이벤트가 탐지될 경우 튜플 공간을 적절하게 수정하여 에이전트에 이벤트를 보고한다. 따라서 에이전트는 센서 노드로부터 네트워크의 상태를 지속적으로 감시한다. <그림 3>에서는 Agilla 구조를 나타내고 있다^[3].

MARWIS(Management Architecture for Heterogeneous Wireless Sensor Network)는 이기종의 센서 네트워크를 관리하기 위해 제안된 구조이다. MARWIS는 이기종 네트워크를 관리하기 위하여 동일한 종류의 노드들을 하나의 SSN(Smaller Sensor Sub-network)으로 나누며, SSN들 간에는 WMS (Wireless Mesh Network)가 백본 및 통신 게이트웨이로 동작한다. MARWIS는 이러한 계층적인 구조를 이용하여 이질적인 네트워크를 관리할 수 있다. 그리고 지연시간이나 패킷 손실과 같은 통신 성능 관리를 집중적으로 수행한다. 그러나 네트워크 관리를 위해 사전에 네트워크 자원을 예약하지 않으며, 관리 기능을 수행하기 위해 추가적으로 메시 노드들을 배치하고 네트워크를 구성해야 하는 부담이 있다. MARWIS는 모니터링, 재설정, 프로그램 코드 업데이트와 같은 관리 기능을 지원한다^[4]. <그림 4>에서는 MARWIS 구조를 보여주고 있다.

센서 네트워크에서 효율적인 데이터 전송 및 관리를 수행



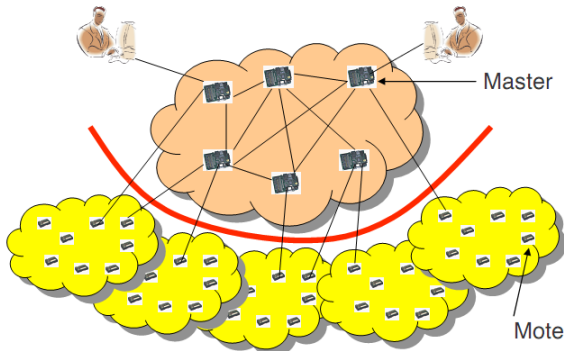
<그림 3> Agilla 구조



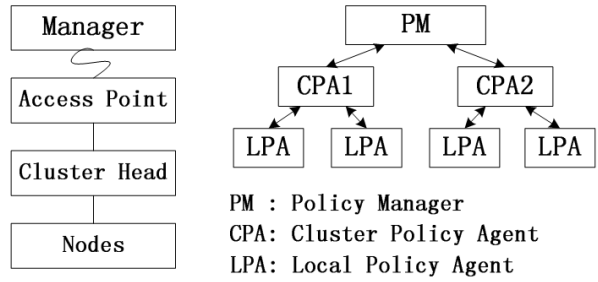
〈그림 4〉 MARWIS 구조

하기 위해 Tenet(Tiered Embedded Networks)은 네트워크 관리 프로토콜로서 네트워크를 두 개의 계층으로 구성한다. 하위 계층인 모트 계층에서는 센서노드로 이루어진 클러스터로 구성되며, 마스터 계층에서의 명령을 수행하고 처리 결과를 반환한다. 마스터 노드들은 메시 네트워크를 통해 사용자에게 네트워크의 상태를 제공한다^[5]. 〈그림 5〉에서는 Tenet 구조를 나타내고 있다.

센서 네트워크를 관리하기 위한 정책 기반 관리의 계층적 모바일 에이전트가 제안되고 있다. 그것은 센서 노드의 에너지와 컴퓨팅 능력을 사용하기 위해 모바일 에이전트는 사용자의 관리 정책과 규칙을 미리 지정한다. 센서 노드에서는 각 규칙이 조건과 관리 작업이 만족할 경우 조건이 수행된다. 〈그림 6〉은 정책 관리의 계층적 관리 구조를 보여주는 있으며, 이 시스템은 정책 관리자(PM : Policy Manager), 클러스터 정책 에이전트(CPM : Cluster Policy Manager), 지방 정책 에이전트(LPM : Local Policy Manager) 등의 3 단계로 구성되어 있다. 정책 관리자가 클러스터 정책 에이전트와 지방 정책 에이전트의 관리 조건을 변경할 수 있다. 클러스터 정책 에이전트는 최상의 자원에 있으며, 여러 지방 정책 에이전트를 관리한다. 지방 정책 에이전트가 관리 센서 노드에 지역 정책을 이용하여 네트워크 역학, 부하 분석 구성, 모니터링,



〈그림 5〉 Tenet 구조

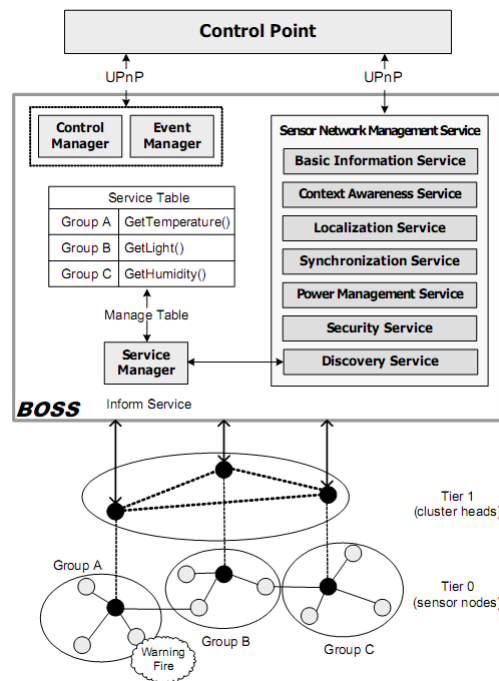


〈그림 6〉 정책 관리의 계층적 관리 구조

필터링 및 보고 등의 기능을 수행한다^[6].

BOSS(Bridge Of the Sensor)는 한국과학기술원에서 제안한 표준 서비스 디스커버리 프로토콜인 UPnP기반의 센서 네트워크 관리를 위한 프레임워크이다. UPnP는 센서 네트워크의 별다른 설정이 필요하지 않으며, 센서 노드는 제한된 자원에서 UPnP를 사용하여 프레임워크는 구성한다. UPnP 에이전트는 베이스 스테이션(base station)에서 구현되고, UPnP 컨트롤러와 non-UPnP 센서 노드 사이에 존재한다.

BOSS 에이전트는 UPnP 디바이스, 센서 네트워크 서비스를 위한 서비스 기술(descriptions) 그리고 관리를 XML로 정의하고 있다. 플랫폼으로 Xscale 기반의 베이스 스테이션을 구현하고, 버클리 센서 노드인 MICA2를 사용하고 있다. 〈그림 7〉은 BOSS 구조를 보여주고 있다. BOSS에서는 기본 네트워크 정보, 지역 동기화 및 전원 관리 관련 정보를 제공하고 있으며, 센서 노드 장치, 센서 노드의 수를 포함한 네트워크 토폴로지 등의 기본 네트워크 상태 정보를 검색할 수 있다. 전원 관리 서비스는 관리자가 남아있는 전력을 확인하고

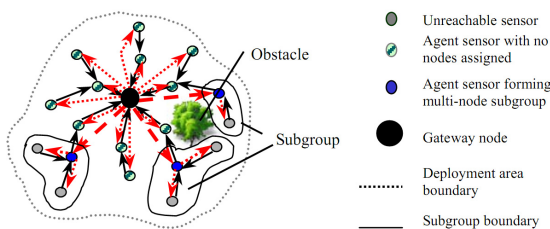


〈그림 7〉 BOSS 구조

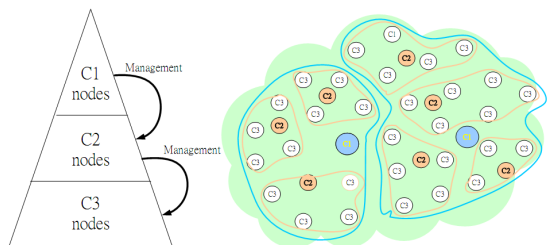
센서의 작동 모드를 변경하여 센서 노드의 전원을 관리할 수 있다^[7].

M. Younis 등은 에이전트 센서 노드를 이용한 센서의 모니터링과 관리를 제안한다. 에이전트 센서 노드는 관리 메시지가 도달하지 않는 센서들에게 관리 메시지를 전달하고 모니터링하는 역할을 수행한다^[8]. <그림 8>에서는 센서 네트워크의 에이전트 센서 노드 기반의 관리 구조를 나타내고 있다.

Chie-An Lee는 지능적 자기 구성 (Intelligent self-organization) 관리 기법을 제안하고 있다. 센서 노드들은 각각의 기능에 따라 3개의 수준으로 구분된다. 하위 수준의 노드들은 상위 수준의 노드들에 의해 관리되는 계층적 관리 구조를 가진다. 상위 수준의 노드가 어떻게 하위 수준의 노드와의 경쟁으로 클러스터를 형성하는지를 제시하고 있다^[9]. <그림 9>에서는 센서 네트워크의 자기 구성 구조를 보여주고 있다.



<그림 8> 에이전트 센서 노드 기반의 관리 구조



<그림 9> 센서 네트워크의 자기 구성 구조

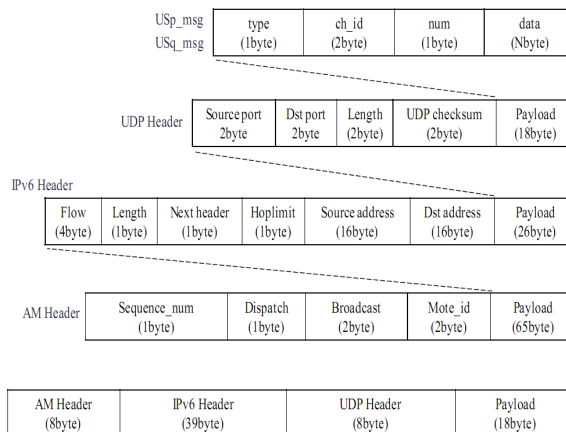
Ⅲ. 센서 네트워크 관리 프로토콜

현재 인터넷 기반의 관리 프로토콜인 SNMP(Simple Network Management Protocol)를 이용한 센서 네트워크 관리에 대한 연구가 진행되고 있다. 인터넷을 기반으로 하는 기존의 네트워크에서는 표준화된 SNMP를 사용하는 것과 달리, 센서 네트워크에서는 표준 관리 프로토콜이 없는 상태이다. 무선 센서 네트워크 관리를 위해서 SNMS(Sensor Network Management System), sNMP(Sensor Network Management Protocol) 등의 프로토콜이 제안되었는데, 이들 프로토콜 역시 센서 노드들이 IP 기반의 SNMP를 사용할 수 있다고 가정하거나 특정한 플랫폼에 종속적인 경우가 많다.

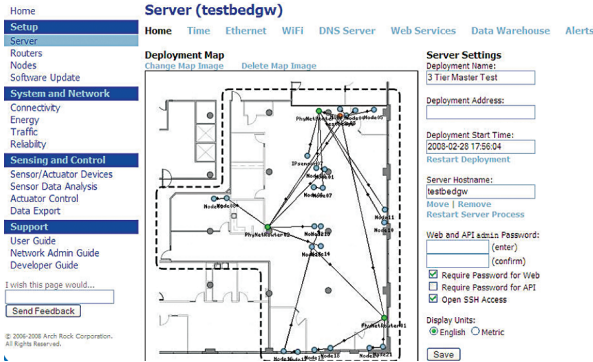
SNMS(Sensor Network Management System)는 센서 네트워크의 정상적인 상태를 모니터링하기 위한 대화식 시스템이다. SNMS는 질의 기반의 네트워크 상태 데이터 수집과 이벤트 로깅을 제공한다. 질의 기능은 사용자가 노드의 잔여 배터리 전력, 노드 주위의 온도와 습도 등 노드 환경의 물리 파라미터들을 수집하고 모니터링하며, 이벤트 로깅 기능은 이벤트 파라미터를 정의한 후 이벤트가 임계값에 도달하며 사용자에게 통보하는 역할을 수행한다. SNMS는 질의에 대한 오버헤드만을 가지므로 메모리 사용, 트래픽 발생, 및 에너지 소비를 최소화한다. 그러나 SNMS는 수동적인 모니터링 기능만을 제공하며 중앙 집중식 처리 방식으로 인해 네트워크 상태를 계속해서 폴링하는 단점이 있다^[10].

sNMP는 새롭게 정의한 센서 모델들을 통하여 MIB를 형성하는데, 네트워크 토폴로지, 에너지 지도, 사용량 패턴을 포함한다. 에너지 지도와 네트워크 토폴로지 사이의 상관관계는 네트워크에서 취약지역을 알아내는데 사용된다. sNMP의 TopDisc 프로토콜은 네트워크 상태 검색, 데이터 전파, 동작 주기 할당과 같은 관리 기능을 가진다. TopDisc 라우팅 접근법은 클러스터링 구조를 사용하므로 확장성에서는 장점을 가지고 있으며, 클러스터 헤드 선출 과정에서 발생하는 오버헤드로 인해 지연시간이나 에너지 측면에서는 유지비용이 높다^[11].

인터넷 기반 서비스 응용과 효율적으로 통합할 수 있는 서비스 관리 프로토콜 USMP (Ubiquitous Service Management Protocol)를 개발하고 있으며, USMP 프로토콜은 IP 기반의 서비스 관리 프로토콜로 기존 Tenet 프로토콜처럼 사용자의 명령이 게이트웨이 노드를 거쳐 하위 계층의 센서 노드들과의 통신을 하는 과정이 아닌 게이트웨이는 라우팅만을 수행한다. 그리고 사용자가 IP 인프라를 통해 센서 노드들과의 직접적인 통신을 할 수 있도록 지원한다. 또한 서로 다른 네트워크에 존재하는 노드들 간의 직접적인 통신도 가능하다^[12]. <그림 10>은 USMP 메시지 구조를 보여주고 있다.



<그림 10> USMP 메시지 구조



〈그림 14〉 PhyNet Server의 웹 화면

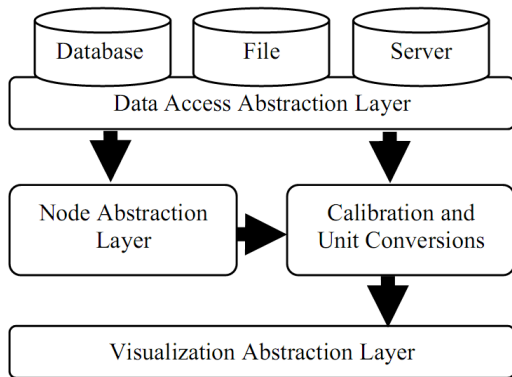
IV. 센서 네트워크 관리 도구

인터넷 웹이나 클라이언트/서버 기반으로 무선 센서 네트워크 관리를 위해서 MOTE-VIEW, PhyNet Server 등의 센서 네트워크 관리 도구들이 제안되었는데, 일부는 센서 네트워크 관리 및 가시화 도구로 상용되어 제공되고 있다.

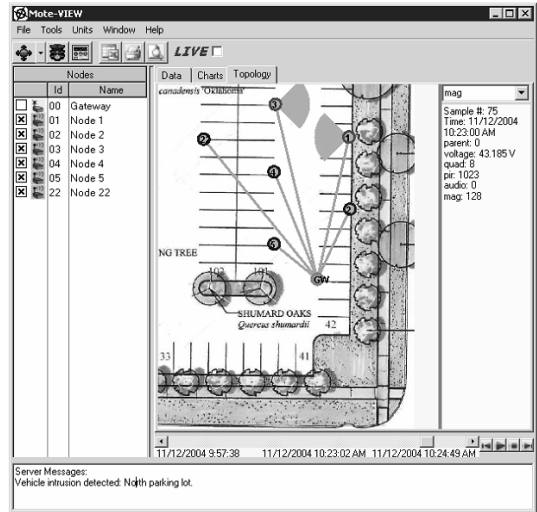
MOTE-VIEW는 센서 네트워크를 모니터링하기 위한 클라이언트 응용 소프트웨어로서, 센서 데이터를 데이터베이스에 저장하고, 이를 토폴로지 지도, 네트워크 및 센싱 데이터 그래프, 보고서 형식으로 가시화하여 제공한다^[13]. 〈그림 11〉에서는 MOTE-VIEW 구조를 보여주고 있다.

MOTE-VIEW는 모니터링 및 센서 네트워크 관리를 위한 시각화 도구이며, 센서 네트워크에 의해 생성되는 많은 양의 데이터를 분석하여 사용자에게 센서 노드의 상태를 표시한다. MOTE-VIEW는 모든 데이터 처리 및 관리에 중앙 서버에 의해 수행되는 중앙관리 접근 방식을 사용하고 있다.

MOTE-VIEW 구조는 4 계층으로 이루어져 있다. 첫 번째 계층은 데이터 접근 추상화 계층 센서 노드 데이터를 검색하는 데 사용되는 데이터베이스 서버 인터페이스이다. 두 번째는 메타 데이터 이름, 구성 센서 및 보정 계수 등을 저장하는 노드 추상화되어 있다. 이 계층은 사용자가 검색할 수 있도록 또는 무선 주파수, 전원 선택, 샘플 주기와 같은 노드에 관련된 매개 변수 설정을 수정할 수 있다. 세 번째 계층은 전환



〈그림 11〉 MOTE-VIEW 구조

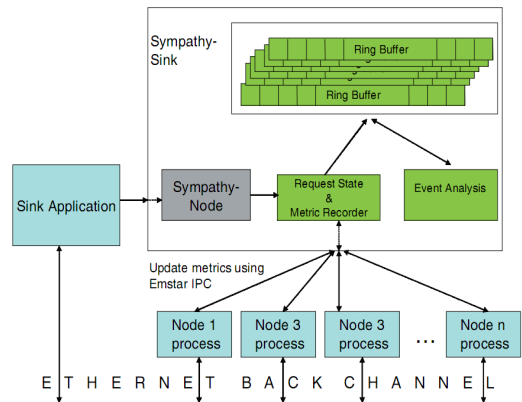


〈그림 12〉 MOTE-VIEW 화면

추상화과와 원시 센서 데이터를 사용자가 이해할 수 있는 형태로 변환한다. 마지막으로 시각화 추상화 계층의 텍스트 및 그래픽 디스플레이를 제공하고 스프레드시트, 네트워크 토폴로지의 형태로 링크 품질을 나타내고, 사용자는 시간적 맥락에서 이전 데이터를 검색할 수 있다^[13].

MOTE-VIEW는 색상 노드 또는 네트워크의 상태를 시각화하고, 베이스 스테이션은 일정 기간에 특정 노드에서 어떤 신호를 수신할 경우 색이 변경되고 수치 값이 표시된다. 〈그림 12〉에서는 MOTE-VIEW 화면을 나타내고 있다.

Sympathy는 센서 네트워크 응용에서 발생하는 오류의 원인을 파악하고, 네트워크 성능 통계를 수집하여 최소한의 메모리 오버헤드가 발생하도록 한다. 그리고 감지된 이벤트의 매트릭스를 분석하고, 현재 상황을 토대로 시공간적인 이벤트를 식별하는 디버깅 시스템이다. 그리고 Sympathy는 이벤트 간의 상관관계를 분석하여 오류 유형을 탐지한다. Sympathy는 이벤트가 발생할 경우 이것과 연관된 매트릭스를 갱신한다. 예를 들어 네트워크가 재구성하기 위해 이웃 목록



〈그림 13〉 Sympathy 구조

록, 노선 및 연결성 등과 관련된 정보를 변경하고, 루트를 수정하며, 링크 품질을 변경할 수 있다. Sympathy에서 싱크는 노드로부터 데이터를 수집하고 이벤트를 감지한다^[14]. <그림 13>에서는 Sympathy 구조를 보여주고 있다.

PhyNet Server는 Arch Rock사에서 만든 IP 기반의 무선 센서 네트워크 관리 서버로서, 다양한 모니터링 및 관리 기능을 제공한다. 또한 웹 서버가 내장되어 있으므로 관리자는 웹 브라우저를 통하여 쉽게 접근할 수 있다. 이기종의 센서 노드들을 지원할 수 있지만, 관리 대상은 모두 IP를 기반으로 하고 있다^[15]. <그림 14>에서는 PhyNet Server의 웹 화면을 나타내고 있다.

V. 향후 센서 네트워크 관리 기술

향후 유비쿼터스 콘텐츠 서비스를 제공하기 위해 센서 네트워크 구축이 증가하고 이기종 센서로 구성된 대규모 다중 센서 네트워크가 구축될 것이다. 다중 센서 네트워크의 센서 노드, 게이트웨이 등의 장비와 회선의 장애나 기타 외부적인 요인에 의해 발생하는 서비스 중단 사태는 센서 네트워크와 응용 서비스뿐만 아니라 국가와 사회에 심각한 영향을 발생할 수 있다. 이를 사전에 방지하기 위해서는 센서 네트워크 상태감시 및 유지보수뿐만 아니라 초기 센서 네트워크 계획 단계에서부터 사업 및 서비스 개념을 도입하여 체계적인 센서 네트워크 관리 기술에 대한 연구가 필요하다.

현재 대부분의 국내외 센서 네트워크 관리 연구가 SNMP 중심의 센서 노드의 관리 프로토콜과 센서 노드 가시화에 집중되고 있다. 그리고 기존의 센서 네트워크 관리 기술은 센서 네트워크의 특성을 제대로 반영하지 못하거나 특정 플랫폼에 종속된 경우가 많다. 특히, 대규모 다중 센서 네트워크 관리를 위해서는 이기종 센서 노드를 수용할 수 있는 통합된 공통 인터페이스뿐만 아니라 데이터 동기화 및 융합처리 기술을 개발할 것이다. 또한 기존의 SNMP 기반의 인터넷 관리나 애드 혹 네트워크 관리 기술과는 달리 센서 네트워크 고유의 특성 및 제한점을 고려한 독립적인 센서 네트워크 관리 기술을 개발하고, 통합된 지능적인 응용 서비스를 지원할 수 있는 다중 센서 네트워크 관리 기술의 표준화가 진행될 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업 [10033915, 대규모 다중 센서 기반 지능형 무인 감시를 위한 적응적 융합처리 기술] 수행되었음, 교

신저자: 김도현(제주대 컴퓨터공학과)

참 고 문 헌

- [1] Linnyer Beatrys Ruiz, J. Marcos Nogueira, and Antonio A. F. Loureiro, "MANNA: A Management Architecture for Wireless Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 41, No. 2, pp. 116-125, Feb. 2003.
- [2] W. L. Lee, A. Datta, and R. Cardell-Oliver, "WinMS: Wireless Sensor Network-Management System," CSSE Technical Report, UWA- CSSE-06-001, 2006.
- [3] Fok, C., Roman, G., and Lu, C. "Agilla: A Mobile Agent Middleware for Self-Adaptive Wireless Sensor Networks," ACM Trans. Auton. Adapt. Syst. Vol. 4, No. 3, pp. 1-26, Jul. 2009.
- [4] Gerald Wagenknecht, Markus Anwander, Torsten Braun, and Thomas Staub, "MARWIS: A Management Architecture for Heterogeneous Wireless Sensor Networks," Proc. of the 6th International Conference on Wired/Wireless Internet Communications (WWIC 2008), Springer LNCS 5031, pp. 177-188, Tampere, Finland, May 28-30, 2008.
- [5] Omprakash Gnawali, Ben Greenstein, and Ki-Young Jang, "The Tenet Architecture for Tired Sensor Networks," Sensys'06, 2006.
- [6] Z. Ying and X. Debao, "Mobile Agent-based Policy Management for Wireless Sensor Networks," Proc. IEEE WCNM Conf., Sep. 2005
- [7] H. Song, D. Kim, K. Lee, and J. Sung, "Upnp-Based Sensor Network Management Architecture," Proc. ICMU Conf., Apr. 2005.
- [8] M. Younis, P. Munshi, "Architecture for Efficient Monitoring and Management of Sensor Networks," IFIP/IEEE E2EMON, Sep. 2003.
- [9] Chien-An Lee et al., "Intelligent Self-Organization Management Mechanism for Wireless Sensor Networks," <http://www1.rdoffice.ndhu.edu.tw/exchange/abroad/abroad93/CYC-paper.pdf>
- [10] Gilman Tolle and David Culler, "Design of an Application-Cooperative Management System for WSN," Proc. of the 2nd European Workshop on Wireless Sensor Networks (EWSN 2005), Istanbul, Turkey, Jan. 31 - Feb. 2, 2005.
- [11] B. Deb, S. Bhatnagar, and B. Nath, "A Topology Discovery Algorithm for Sensor Networks with Applications to Network Management," Tech. Rep. DCS-TR-441, Rutgers University, May 2001.



- [12] 정광현, 이동호, 신준호, 정광수, "IP-USN을 위한 서비스 관리 프로토콜," 한국정보과학회, 한국정보과학회 2009 한국컴퓨터종합학술대회 논문집 제36권 제1호 (D), pp. 258-262 2009.
- [13] Martin Turon, "MOTE-VIEW: A Sensor Network Monitoring and Management Tool," Proc. of the 2nd IEEE Workshop on Embedded Networked Sensors (EmNetS-II), pp. 11-18, Sydney, Australia, May 30-31, 2005.
- [14] N. Ramanathan, E. Kohler, and D. Estrin, "Towards a Debugging System for Sensor Networks," International Journal for Network Management, vol. 15, no. 4, pp. 223-234, 2005.
- [15] Arch Rock PhyNet Server, http://www.archrock.com/products/phynet_server.php



김도현

1988년 2월 경북대학교 전자공학(정보통신전공) 공학사
 1990년 2월 경북대학교 전자공학(정보통신전공) 공학석사
 2000년 8월 경북대학교 전자공학(정보통신전공) 공학박사
 1990년 3월~1995년 3월 국방과학연구소 C3I부 연구원
 1999년 3월~2004년 8월 천안대학교 정보통신학부 조교수
 2004년 8월~현재 제주대학교 컴퓨터공학과 부교수
 <관심분야> 모바일 컴퓨팅, 서비스 컴퓨팅



안병구

1988년 2월 경북대학교 전자공학 공학사
 1996년 1월 (미)Polytechnic University, Dept. of ECE, 공학석사
 2002년 8월 (미)New Jersey Institute of Technology (NJIT), Dept. of ECE, 공학박사
 1989년 12월~1993년 7월 포항산업과학기술연구원(RIST) 선임연구원
 1997년 3월~2002년7월 New Jersey Institute of Technology(NJIT) Lecturer & RA
 2008년 1월~현재 한국인터넷방송통신학회 부회장
 2010년 1월~현재 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 부회장
 2003년 3월~현재 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 교수
 <관심분야> Wireless Networks, Ad-hoc & Sensor Networks, Multicast & QoS Routing, Cross-Layer Technology, Cooperative Communication, Network Coding, VLC, Bioinformatics