무선 센서네트워크에서 coverage 가시화 기법 및 수명예측 모니터링 시스템

박선미, 백성진, 양수현, 김권환, 송은하, 박두순*, 정영식
원광대학교 컴퓨터공학과
e-mail:ssun@wku.ac.kr

The Monitoring System for Prediction Life-time and Visualization scheme of Coverage on WSN

Sun-mi Park, Sung-jin Baek, Su-Hyun Yang, Kwon-Hwan Kim,
Eun-Ha Song, Doo-Soon Park*,Young-Sik Jeong
Dept of Computer Engineering, Wonkwang University
*Div. of Computer Science and Engineering, SoonChunHyang University

요 약

저 전력 무선 센서 네트워크와 마이크로 센서를 결합하여 환경이나 상황을 인지하고 모니터링을 통해 수집된 정보를 사람에게 전하는 WSN(Wireless Sensor Network) 기술에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 논문은 바이너리 모델을 사용하여 단순 탐지 확률을 표현하는 기존 시뮬레이터들의 Coverage 표현의 한계를 극복하기 위해 Heat-map을 이용한 시뮬레이터를 개발했다. 이 시스템은 기존 바이너리 모델을 확장하고, GIS를 사용하여 지형정보를 함께 가시화함으로써 서비스 지형에 대한 센서 네트워크 구성뿐만 아니라 수명예측 메커니즘을 이용한 에너지 소모에 따른 노드의 수명을 가시화 한다.

1. 서론

WSN(Wireless Sensor Network)의 활용이 증가하면서 최근 많은 관련 연구가 진행되고 있다. 특히 WSN의 배터리 수명 연장을 위한 저전력 동작설계의 중요성이 대두되면서 다양한 시뮬레이터들이 개발되었다. 대표적으로 효율적인 패킷을 설계하고 검증하는 도구로 시뮬레이션 라이브러리인 GloMoSim[1]과 GloMoSim의 차기 버전으로써 대규모 무선 네트워크 시뮬레이터인 QualNet[2], JAVA 기반 오픈소스 시뮬레이션 J-Sim[3] 이외에 TOSSIM[4], NS2[5], SWANS[6]등이 있다. 하지만 대부분의 시뮬레이터가 실제 필드에 구성하는 WSN 동작과는 다소 상이하며, 센서 노드가 소비하는 전류를 고려하지 않은 설계로 수명 예측 및 잔여 에너지를 표현하는데 한계를 보였다.

이에 본 논문은 기존 개발된 시뮬레이터의 기능에 다중 이동객체 기법과, Heat-map을 적용하여 기존 시뮬레이터의 한계점을 보완을 위해 Coverage와 노드의 수명 예측이 용이한 모니터링 시스템 H-CROWD(Hyper-Current Reduction state Observer on WSN Device)를 제안한다.

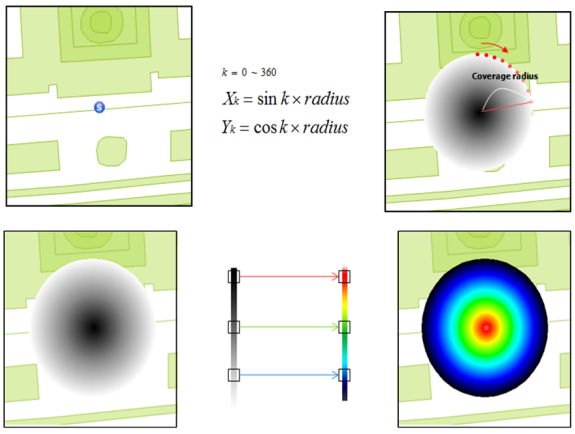
2. Coverage 가시화 기법

2.1 이동객체 기법

다중 이동 객체는 이동 능력을 가진 탐지 객체로 센서 네트워크와 상호작용한다. 다중 이동객체 기법은 기존의 센서 네트워크 시뮬레이터가 터미널 노드에서 임의적으로 이벤트를 발생시키는 것과는 다르게 능동적으로 센서 노드에 이벤트를 발생시킴으로써, 실제 센서 네트워크와 유사한 운영 환경을 생성하여 센서 네트워크에서 소모되는 에너지량의 확인이 가능하며, 전체 네트워크의 수명을 예측할 수 있다.

2.2 Heat-map

Heat-map[7]은 GIS 분석기법들 중 Density 기법에 비해 속도가 빠른 기법으로 2차원 맵 데이터에서 특정 데이터 값에 대해 색을 이용하여 표현하는 기법이다. Heat-map은 크게 마스크 생성과 색상화의 두 단계를 거쳐 완성된다.



(그림 1)마스크 영역 생성 및 색상화 과정

"이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2010-0017023와 2010-0022589)"

(그림 1)에서 첫 번째 그림은 Coverage와 노드 에너지에 의한 마스크 영역 생성을 보여주고 있으며, 아래는 마스크 영역의 색상화 과정을 보여주고 있다.

본 논문에서는 마스크 생성 이전에 GIS 리소스에서 사용하는 좌표계를 가시화를 위한 화면 좌표계로 변환한다. 센서 노드의 coverage를 표현하는데 가우스 분포와 유사한 마스크를 생성하고 적용하여 센서의 탐지를 표현하는 Heat-map 생성자를 설계한다. 또한 무채색은 마스크 영역으로 두고 노드의 중심점에서 가장자리로 부여되는 팩터에 따라 색상화 하는 단계를 거치면서 단색 표현식별의 문제를 해결 하여 Heat-map을 완성한다.

3. 수명예측 메커니즘

센서 노드는 Active mode와 Sleep mode를 얼마나 자주 번갈아 수행할지에 대한 Wake-up 주기를 가지며, 각 모드의 전류 소모량은 서로 다른 특징을 갖는다는 것을 기반으로 수명의 단위를 시간으로 부여하고 예상 수명을 계산한다. 노드에 장착된 배터리[8]는 전류 소모 가능 시간에 대한 용량과 노드의 동작 보장을 위한 최소 전류량을 포함하고 있으며 최소 전류량에 미치지 못하면 노드의 수명은 끝난다.

본 논문은 Sleep mode인 경우에도 불구하고 동작 보장으로 인해 버려지는 잔여 용량을 에너지로 정의하여 사용하고, 이를 통해 수명을 표현하고 잔여 에너지가 Active mode의 전류 소모량에 미치지 못하는 경우 수명이 끝난 것으로 한다. (식 1)은 수명 예측을 위한 메커니즘에서 요구되는 식이다.

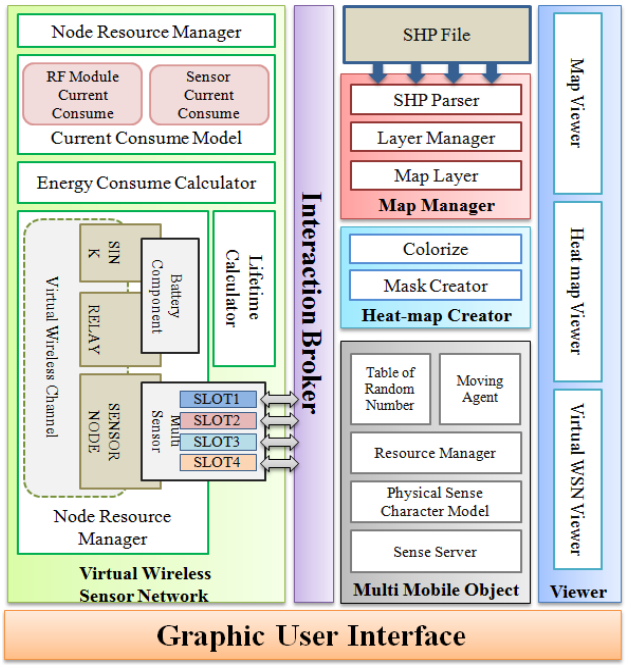
$$L = \frac{E}{\{(I_A \times A_T \times C_T) + (I_S \times T_0 - I_S \times A_T \times C_T)\}}$$
$$C_T = \frac{T_0}{W} \qquad \text{(식 1)}$$

여기서 L은 노드의 수명으로 계산된 결과이며, E는 잔여 에너지다. I_A는 Active mode에서 소모되는 저류이고, I_S는 Sleep mode에서 소모되는 전류이다. A_T는 Active mode로 동작하는 시간이고, C_T는 구하고자 하는 단위 시간동안 노드가 동작하는 횟수이다. 노드의 동작 횟수는 단위시간 T_0를 Wake-up주기로 나누어 구한다.

4. H-CROWD 설계

H-CROWD의 설계는 센서 노드의 전류 소모 특징과 수명 예측을 지원하는 센서 네트워크를 설계하고, 센서 노드와 함께 GIS 리소스 및 노드의 수명을 Heat-map을 이용하여 색으로 가시화하는 H-CROWD를 설계한다. (그림 2)는 H-CROWD의 전체 구조도이다.

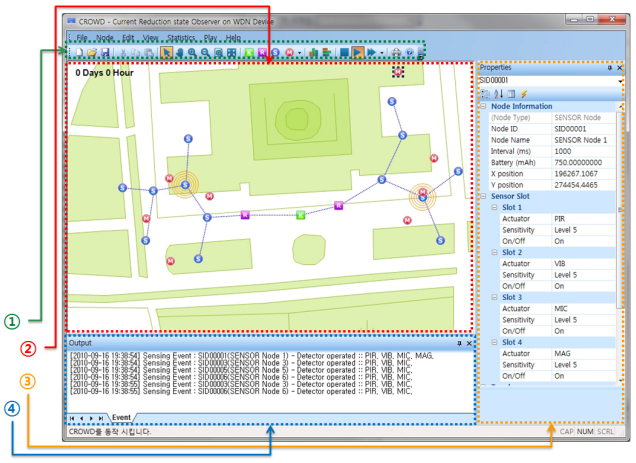
H-CROWD는 크게 전류 소모를 고려한 VWSN(Virtual WSN), 능동적으로 위치 좌표를 변경하며 센서 노드와 상호작용하는 MMO(Multi Mobile Object), MM(Map Manager), HC(Heat-map Creator)와 VM(Visualization Monitor) 프레임으로 구성되며, 전체 구조는 (그림 2)와 같다.



(그림 2) H-CROWD Architecture

5. 구현

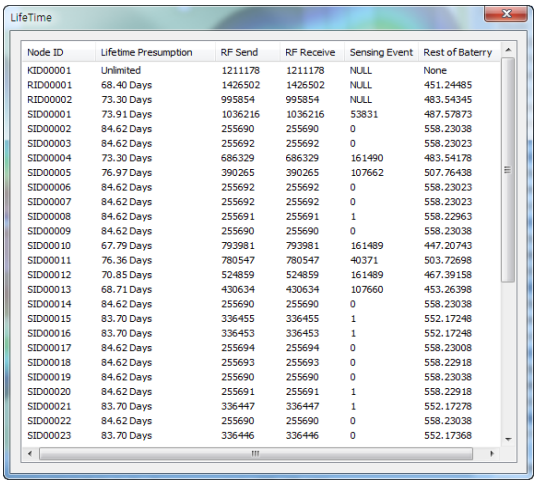
(그림 3)은 H-CROWD의 수행을 통한 가시화 화면으로써, 임의로 노드를 배치하고, 동작시킨 화면이다.



(그림 3) H-CROWD 수행화면

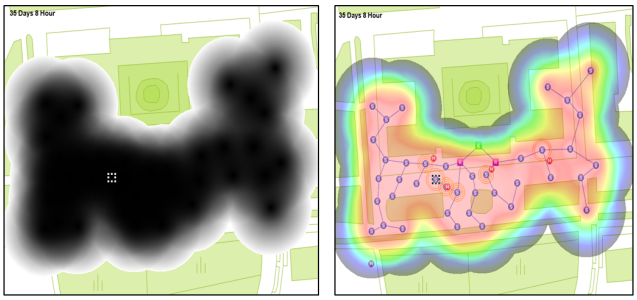
인터페이스는 가시화 Map을 조정하는 Map 도구와 노드 배치를 위한 노드 도구, 각 노드의 예상 수명을 확인할 수 있는 Lifetime 윈도우 링크 도구와 H-CROWD의 실행과 정지 및 속도를 조절하는 도구모음(①)과 본 논문의 주요 기능을 가시화 하는 View(②)가 있으며, View 영역 우측에는 노드의 속성정보 및 H-CROWD의 전체 속성정보를 가시화하는 속성 윈도우(③)와 View 영역 아래에는 센서

노드의 탐지 이벤트를 출력하는 출력윈도우(④)로 구성된다. 본 논문에서 구현한 H-CROWD는 (그림 3)과 같이 센서 네트워크를 설치한 서비스 지역의 동작 상태를 확인 할 수 있으며 앞서 설명한 수명 예측 메커니즘에 의해 (그림 4)와 같이 각 노드의 예상 수명의 추정이 가능하다.



(그림 4) 노드의 수명 예측

H-CROWD의 센서 노드는 coverage와 센서 탐지 확률을 Heat-map으로 가시화 하고 수명을 파이 그래프로 표현하여 남은 수명을 예측 한다. (그림 5)는 시각적 인지성을 높이기 위해 Heat-map의 색상화 단계 수행한 결과이다.



(그림 5) Heat-map의 가시화

6. 결론

본 논문에서 구현한 H-CROWD는 기존의 시뮬레이터가 패킷의 전송량으로 에너지 소모를 계산했던 것과는 다르게 전류 소모를 고려한 가상 무선 센서 네트워크 환경을 제공하여 잔여 에너지 감소의 물리적 특징을 반영한다. 또한 H-CROWD는 coverage를 표현할 때 단순 탐지 유무만을 표시하는 기존 바이너리 모델의 한계를 극복하기 위해 H-CROWD는 바이너리 모델을 확장한 형태로 Heat-map을 적용하여 에너지와 수명을 동시에 가시화하여 노드의 탐지 범위 안에서의 탐지 확률을 확인할 수 있었다.

향후에는 현재의 H-CROWD가 이동객체 2종류, 센서 4종류만을 지원하여 다양한 서비스 모델을 확인하지 못하는 한계를 극복하고자 좀 더 다양한 이동객체와 센서를 지원하고, 이동 객체에 이동 시나리오를 부여하여 센서와 상호작용하도록 하고자 한다. 또한 라우팅 프로토콜을 적용하여 Topology를 자동으로 구성하고 프로토콜의 에너지 효율을 확인할 수 있는 기능을 추가하고자 한다.

참고문헌

[1] GloMoSim. http://pcl.cs.ucla.edu/projects/glomosim

[2] Qualnet. http://qualnetworld.com/

[3] "J-Sim : A Simulation and Emulation Environment for Wireless Sensor Networks." http://www.j-sim.org/v1.3/sensor

[4] P. Levis, N. Lee, M. Welsh, and D. Culler. TOSSIM: "Accurate and Scalable Simulation of Entire TinyOS Applications.", Proceeding of First ACM Conference on Embedded Networked Sensor System, 2003.

[5] The Network Simulator - ns -2. http://www.isi.edu/nsnam /ns/

[6] Java in Simulation Time/Scalable Wireless Ad hoc Network Simulator. http://jist.ece.cornell.edu/

[7]L. Wilkinson, M. Friendly, "The History of the Cluster Heat Map," The American Statistician, 2009, vol. 63, issue 2, pp. 179-184.

[8] J. Rahme, K. Al Agha, "A state-based battery model for nodes`lifetime estimation in wireless sensor networks," Proceedings of the 10_{th} ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing?, New Orleans, LA, 2009.