

USN 환경에서 TEEN 프로토콜 개선에 관한 연구

박선화*, 이세인**
연세대학교 컴퓨터과학과
미디어시스템 연구실
e-mail:shpark@msl.yonsei.ac.kr
yuyurou@kurene.yonsei.ac.kr

A Study on Improvement of TEEN in USN Environment

Sun-hwa Park*, Se-in Lee**
*Dept of Computer Science, Yonsei University
**Dept of Computer Science, Yonsei University

요 약

무선 센서 네트워크 환경에서는 수많은 노드들이 광범위한 영역에 걸쳐 이벤트 정보를 전송한다. 센서들이 이벤트 정보를 정확하고 빠르게 전송하기 위하여 가능한 경로를 탐색하는 라우팅 프로토콜이 반드시 필요하다. 온도와 같은 주변 환경의 급격한 변화를 잘 탐지하도록 설계된 클러스터 기반 계층적 라우팅 프로토콜인 TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)을 채택하여 분석하고 단점을 개선하고자 하였다. 따라서 새로운 개념인 SRS(Self Rescue Signal)를 TEEN 프로세스에 적용하여 이벤트 발생 정보를 알 수 없다는 점을 개선하기 위한 방법을 연구하였다.

키워드 : USN, Routing Protocol Algorithm, TEEN, Dangerous Value, Threshold Value, 임계값, 자기구조신호, 클러스터

I. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)이란 컴퓨팅 시스템이 일상생활의 사물에 완전히 흡수되어 언제 어디서든지 사용자의 특별한 인식 없이도 정보를 처리함으로써 사람과 컴퓨터가 상호작용 할 수 있도록 돕는 새로운 IT 패러다임이다. 유비쿼터스의 개념을 최초로 정의한 마크 와이저(Mark Weiser)에 의하면 '사람을 포함한 현실 공간에 존재하는 모든 대상물들을 기능적, 공간적으로 연결하여 사용자에게 필요한 정보나 서비스를 즉시에 제공할 수 있는 기반 기술'이라 정의되기도 한다[1][2].

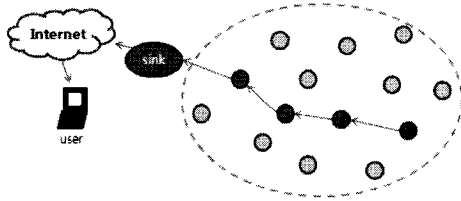
사람과 사물의 상호작용을 하기 위해서는 무선 네트워크가 지원되는 환경이 기반 되어야만 한다. 이러한 네트환경은 많은 객체로 하여금 유기적인 연결을 통하여 서로 통신을 가능하게 한다. USN(Ubiquitous Sensor Network)는 사물이나 생활공간에 부착된 태그나 센서로부터 사물 및 환경 정보를 감지, 저장, 가공, 통합하고 상황인식 정보 및 지식 콘텐츠 생성을 통하여 언제, 어디서, 누구나 원하는 맞춤형 지식 서비스를 자유로이 이용할 수 있는 첨단 지능형 사회의 기

반 인프라이다[3]. 온도, 소리, 촉각, 움직임 등 인지하는 센서를 사용하여 다른 객체와 통신하고 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 기술인 USN은 사회 전반에 걸쳐 국방, 의료, 교육, 교통 뿐 만 아니라 다양한 분야로의 응용이 가능하다.

본 논문에서는 무선 네트워크의 특징을 알아보고 ad-hoc 네트워크와의 비교를 통하여 USN의 효율적인 구축을 위해 필요한 요소들을 생각해 보았다. 따라서 전송 데이터의 정확성 뿐 만 아니라 에너지 효율성, 노드간의 상호 협력적인 신호 처리를 위하여 계층적 라우팅(Hierarchical Routing) 프로토콜에 대한 조사를 통하여 TEEN 프로토콜을 분석하고 개선하는 알고리즘을 제안하고자 한다.

II. 관련 연구

USN이란 센서 노드로 구성된 무선 네트워크를 일컫는다. 이것은 또한 WSN(Wireless Sensor Network)라고 불리기도 한다.



(그림 1) USN 형태

무선 네트워크 안에서의 센서 노드들은 지리적으로 넓은 공간에 퍼져 있으며 각 노드들은 임의로 주변 환경 정보를 수집하고 Sink 노드(목적 노드)로 다시 라우팅 해준다. 데이터가 소스 노드부터 목적 노드까지 안전하게 전달되기 위해서는 라우팅 프로토콜이 가능한 경로를 결정하여야 한다. Sink 노드는 인터넷이나 위성을 통하여 사용자와 통신한다.

USN은 현존하는 ad-hoc네트워크의 형태를 취하지만 네트워크 스케일, 에너지 효율성, 노드의 상태 등 여러 면에서 다음과 같은 특징들을 갖는다[4].

- 센서 노드는 ad-hoc네트워크에 비하여 매우 많은 노드를 가진다.
- 센서 노드는 주로 브로드캐스트 통신 패러다임을 사용하는 반면, 대부분의 ad-hoc네트워크는 점대 점 네트워크에 기반을 두었다.
- 센서 노드는 매우 적은 전력을 소비해야 하며, 장시간 작동되어야 한다.
- 센서 네트워크의 토폴로지는 빈번하게 바뀐다.
- 센서 노드는 고장이 나기 쉽다.
- 센서 노드는 낮은 연산 능력과 저장 공간을 갖는다.
- 센서 노드는 개수가 많기 때문에 전역적인 식별자(ID)를 가지고 있지 않다.

무선 통신에서는 센서의 수명이 큰 비중을 차지하고 있다. 이전 연구에 따르면, 센스의 배터리는 통상 6개월에서 2년여 기간 동안 동작 가능하더라도 배치 환경에 따라 하루 만에 축전지의 전원을 모두 소모해 버릴 수 있다고 한다[5]. 그러므로 다른 노드로부터 아무리 정보를 잘 전송 받는다고 할지라도 효율적인 전원 사용이 고려되지 않는다면 무용지물이다. 따라서 USN의 효율적인 구축을 위해서는 전송 데이터의 정확성 뿐 만 아니라 에너지 효율성, 노드간의 상호 협력적인 신호 처리 및 노드 스스로 네트워크를 구성할 수 있는 능력을 갖도록 하는 방안이 연구되어야 한다.

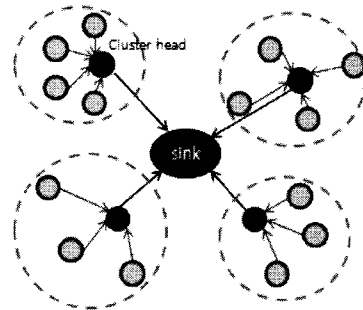
현존하는 무선 센서 네트워크 기술은 응용에 따라 크게 Proactive 네트워크와 Reactive 네트워크로 분류된다[6]. 센서 네트워크 수행은 이러한 네트워크 조직에 의해 영향을 받으므로 어떤 종류의 응용분야에 네트워크를 이용할지 구분하는 것은 매우 중요하다. 먼저 Proactive 네트워크는 네트워크 계층을 주기적으로 업데이트하고 항상 최적의 경로를 갖고 있다. 여러 노드들 사이에서 특정한 경로를 찾는 것이

아닌 가장 효율적인 경로를 찾기 때문에 에너지 소비가 적다. 하지만 비교적 정기적인 업데이트로 인하여 고정된 만큼의 정보가 오고 가지만 패킷의 감소 때문에 네트워크 과부하가 되는 단점을 가진다. 반면에, Reactive 네트워크는 필요할 때만 경로를 검색한다. 일반적으로 특정한 경로가 채택되고 나면 그 경로는 더 이상 존재하지 않기에 정기적인 업데이트에 의한 고정된 정보의 소통이 존재하지 않는다.

무선 센서 네트워크 라우팅 기술은 크게 플랫 라우팅(Flat Routing)과 계층적 라우팅(Hierarchical Routing) 프로토콜로 나누어진다.

플랫 라우팅 프로토콜은 일반적으로 모든 노드들이 같은 기능을 수행하도록 설계 된다. IP기반 플랫 라우팅 알고리즘은 넓은 범위의 센서 네트워크에 적합하지 않다.

반면에 클러스터 기반 라우팅에는 크게 두 종류인 센서 노드와 클라이언트 노드가 있으며, 센서 노드들은 논리적인 클러스터 집합으로 분류가 된다. 각 클러스터에서 특정한 한 노드는 클러스터 헤드로서의 역할을 하고 다른 노드들은 클라이언트로 간주된다. 따라서 각 클라이언트 노드들은 데이터 패킷을 클러스터 헤드의 역할을 하는 노드에게 전달한다. 클러스터 헤드 노드는 다른 노드로부터 모든 데이터를 수집하여 싱크 노드에게 전송한다. 뿐만 아니라, 클러스터 기반 라우팅은 에너지 소비와 통신 면에서 효율적이라는 장점을 가지고 있다.



(그림 2) 클러스터 기반 라우팅 프로토콜

클러스터 기반 라우팅은 두 가지 기법으로 접근 할 수 있다. 첫 번째는 무작위로 아무 노드나 클러스터 헤드 노드로 선택하여 싱크와의 통신에서 에너지 소비를 다른 센서 노드들에게 분산 할 수 있는 LEACH(Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)라는 센서 네트워크가 있다. 두 번째는 온도와 같은 주변 환경의 급격한 변화를 잘 탐지하도록 설계된 계층적 프로토콜인 TEEN(Threshold sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)이며, 시간이 중요한 요소로 작용할 때 효율적인 방법이다.

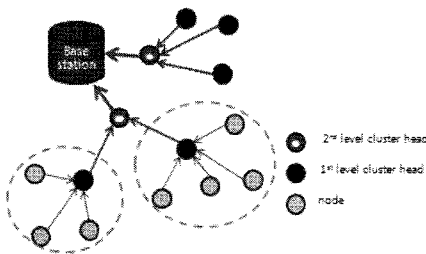
III. 본론

센서들의 특징들로 인하여 대부분의 센서 네트워크 라우팅 프로토콜은 센서들의 생존율을 높이기 위해 에너지를 줄이기 위한 연구에 집중이 되었다. 본 논문에서는 센서 네트워크의 특징 분석을 통하여 센서 노드생존시간을 늘리고자 한다. 따라서 클러스터 기반 라우팅 방법 중 TEEN을 채택하여 단점을 분석하여 개선하였다.

TEEN은 데이터 중심 매커니즘을 사용할 뿐만 아니라 계층적인 접근을 추구한다. 클러스터들이 형성된 후, 클러스터 헤드는 노드들에 경성 임계값(hard threshold)과 연성 임계값(soft threshold)을 알린다. 경성 임계값은 센서 노드를 그것의 트랜스미터와 교환하고 클러스터 헤드에 전송 가능한 최소값이다. 따라서 경성 임계값은 노드들이 센싱된 속성이 관심 영역에 있을 때만 전송될 수 있게끔 해주기 때문에 전송의 횟수가 급격하게 줄어들게 된다. 만약 어떤 한 노드가 경성 임계값을 넘는다면 속성들의 변화가 연성 임계값보다 같거나 훨씬 클 때만 데이터를 전송한다. 결과적으로 센싱된 속성 값에 변화가 아주 적거나 없다면 연성 임계값에 의한 전송 횟수는 계속해서 줄어들 것이다. 패킷의 전송 수를 조절하기 위하여 경성 임계값과 연성 임계값을 적용할 수 있다.

하지만 TEEN 프로토콜은 다음과 같은 단점을 가지고 있다.

- 임계값에 근접하지 않았기 때문에 사용자가 어떠한 데이터도 받을 수 없을 때, 주기적으로 보고를 필요로 하는 응용 시스템에는 적합하지 않다.
- TEEN은 센서들의 생존 여부에 대해 알지 못한다.
- Base Station이 노드들의 생존 여부에 대하여 할 수 있는 방법이 전혀 없다.



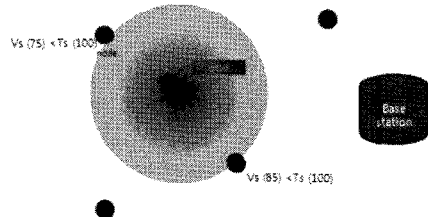
〈그림 3〉 TEEN 프로토콜 구조

TEEN기반 네트워크에서는 Base Station이 다른 센서 노드들 보다 먼저 노드들이 죽었을 때 그 정보를 알지 못한다. 그러므로 특정 영역에서 이벤트가 발생했을 때 근처의 죽은 노드 네트워크 때문에 이벤트 정보를 놓치게 되어 Base Station 또한 이벤트 정보에 대하여 알 수 없다. 하지만 민감한 네트워크(Reactive Network)에서는 가능한 모든 이벤트 정보를 탐지하여야 하기 때문에 Base Station이 노드의 생

존 여부를 알 수 없다는 사실은 TEEN의 심각한 문제점이다. 따라서 TEEN의 문제점을 보완하기 위하여 SRS(Self Rescued Signal)개념을 도입하고자 한다. 민감한 네트워크(Reactive Network)에서는 모든 노드들이 같은 때이거나 거의 비슷한 때에 죽는 사실이 매우 중요하다. 그래야만 전체 네트워크의 수행이 유지되기 때문이다. 하지만 TEEN에서는 센서의 죽음을 알 수 없고 네트워크 또한 센서의 죽음에 반응할 수 없다.

그러므로 센서 노드들의 죽는 시간을 일정하게 하고자 새로운 개념인 SRS(Self Rescue Signal)을 TEEN 프로세스에 적용하였다. 이를 TEEN기반 자기구조 신호 알고리즘(Algorithm for Self Rescue Signal based TEEN)이라 이름 지었으며 세 가지 가정을 두었다.

- 센서 노드는 위치 정보를 갖고 있지 않다.
- 모든 노드들이 Base Station에 접근 할 수 있다.
- 신호의 세기는 거리에 비례한다.



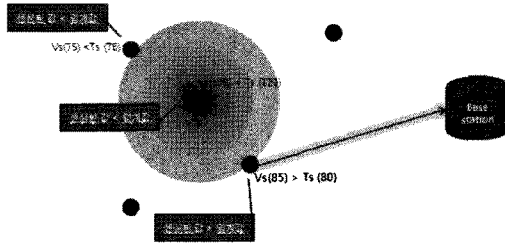
〈그림 4〉 기존 이벤트 정보 탐지 방식

모든 노드들은 20%의 위험치(dangerous value)를 갖고 있고 임계값은 100으로 설정하였다. 어떤 노드의 에너지가 위험치보다 낮아지면 자기 구조 신호를 주위의 다른 노드들에게 전송한다. 〈그림4〉와 같이 구조신호를 보낸 노드로부터 거리가 가까울수록 센싱된 값의 가중치는 커진다. 하지만 센싱된 값이 임계값 100보다 작기 때문에 이벤트 정보를 Base Station에 전송할 수 없다. 따라서 구조 신호를 보낸 노드는 죽기 전에 자신의 임계값을 100%에서 120%로 증가시키고 구조 신호를 받은 다른 노드들은 거리에 따라 본인의 임계값을 감소시킨다. 따라서 이벤트가 발생하였을 때 임계값보다 큰 값이 센싱되면 Base Station으로 이벤트 정보를 전송하게 된다.

IV. 성능평가 및 분석

온도 감지 노드가 골고루 분포되어 있는 환경에서 화재가 발생하여 특정 노드가 이벤트 발생을 감지하게 된다. 노드의 에너지가 위험치 20%보다 낮아지면 구조 신호를 주위 노드들에게 전송하게 된다. 구조 신호를 받은 노드들은 거리에 따

라 가까울수록 임계값을 큰 폭으로 낮추어주게 된다. 따라서 <그림4>에서 센싱 값 75를 갖는 노드의 임계값을 100에서 78로 감소시키고, 센싱 값 85를 갖는 노드의 임계값 또한 100에서 80으로 감소시킨다. 또한 이벤트가 발생하기 직전 해당 노트는 에너지를 아끼기 위하여 본인의 임계값을 100에서 120으로 올린다.



<그림 5> 제안하는 알고리즘에서 이벤트 발생 상황

이벤트가 발생하였을 때 <그림5>에서 해당 노드는 자신의 임계값을 120으로 올리고 죽었기 때문에 이벤트 발생 정보를 보낼 수가 없으며 왼쪽 상단 노드의 경우 센싱된 값 75가 임계값 78보다 작기 때문에 Base Station에 이벤트 정보를 알릴 수 없다. 하지만 센싱된 값 85를 갖고 있는 우측 하단 노드의 경우 임계값 80보다 크기 때문에 이벤트 정보를 Base Station으로 전송하게 되어 Base Station 또한 이벤트가 발생하였음을 알 수 있게 된다.

V. 결론

제안하는 알고리즘을 통하여 TEEN의 가장 큰 결점인 센서 노드의 생존 여부를 모름으로 인해 발생하는 이벤트의 손실 문제를 해결 할 수 있다. 센서들의 전체적인 라이프 타임을 대체적으로 동시에 줄여 나가는 것과 더불어 이로 인하여 특정 센서가 먼저 죽어 특정 영역에 감지 불가능한 영역이 생기는 것을 막는 것을 가장 중요한 요소로 판단하였다. 이 알고리즘을 도입할 경우 센서들의 평균 수명을 평균화 시키는 것이 가능할 뿐 만 아니라 알고리즘이 센싱 불가능 영역을 줄여 발생한 이벤트를 놓치는 것을 방지할 수 있다. 하지만 센서 평균 수명 평균화를 위하여 노드들에 추가적인 행동이 따르게 되어 전체 수명 자체는 더 빨리 소진 될 것으로 예측된다. 따라서 이를 보완하기 위한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiHome.html>
- [2] 장세이, 우운택, "유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 위한 센싱 기술과 컨텍스트-인식 기술의 연구 동향", 정보과학회지 제21권 5호, (2003)
- [3] 표철식, 재종석, "차세대 RFID/USN 기술 발전 전망", RFID/USN, pp7-13, (2007)
- [4] Ian F. Akyildiz, et al. "A survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No.8, Aug. 2002, pp.102-114.
- [5] 최용식, 김성선, 신승호, "유비쿼터스 환경에서 센서 노드의 관리와 망 구성을 위한 RFID 미들웨어 프로토콜에 관한 연구", 2007.
- [6] 배정숙, 김성희, "무선 센서 네트워크에서의 라우팅 프로토콜," ITFIND 주간 기술동향, Vol. 1140, 2004.04.07.
- [7] Arati Manjeshwar, Dhama P. Agrawal. "TEEN : A Routing Protocol for Enhanced Efficiency in Wireless Sensor Networks". IEEE, 2001.
- [8] J. Rabaey, J. Ammer, J. L. da Silva Jr., and D. Patel, "Pico-Radio: Ad-hoc Wireless Networking of Ubiquitous Low-Energy Sensor/Monitor Nodes", Proceedings of the IEEE Computer Society Annual Workshop on VLSI (WVLSI'00), pp. 9-12, Orlando, Florida, April 2000.
- [9] Chunkai Yin, Ali Orooji, "Routing Protocols for Sensor Networks," ICWN 2006: 15-21.
- [10] K. Akkaya and M. Younis, "A survey on routing protocols for wireless sensor networks," Elsevier Ad Hoc Network Journal, vol. 3, no. 3, pp. 325-349, 2005.
- [11] MJ Handy, M. Haase, D. Timmermann. "Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy, with Deterministic Cluster-Head Selection," August 2002.