

# 센서 오류를 이용한 USN 라우팅 알고리즘에 대한 연구

김성진\*, 옥지웅\*, 김응모\*  
 \*성균관대학교 컴퓨터공학과  
 e-mail:mnisj@ece.skku.ac.kr

## A study of routing algorithm for USN using sensor error

Sung-Jin Kim\*, Jee-Woong Ok\*, Ung-mo Kim\*,  
 \*Dept of Computer Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

한정된 배터리 전원을 사용하는 무선 센서네트워크에서 노드의 수명유지를 위해 전력 소모량은 매우 중요한 문제이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 계층적 클러스터링 기법을 적용한 라우팅 기법들이 연구되고 있다. 열악한 환경에서 작동하는 센서 노드의 오류는 전송에서 발생하는 오류뿐만 아니라 센서 자체의 오류도 포함하지만 기존의 라우팅 기법에서는 이를 배제하고 있다. 본 논문에서는 데이터마닝을 이용하여 센서의 오류를 탐지하고 센서의 오류를 포함한 센서 노드를 클러스터 헤드로 사용하여 에너지 집약적인 기능을 담당하는 라우팅 알고리즘을 제안한다. 센서 노드의 빠른 교체가 이루어질 수 없는 상황이나, 해당 센서 노드에서 수집되는 데이터가 교체 비용보다 효용성의 측면에서 떨어질 경우에는 일정기간 네트워크의 전력 소모를 전담하도록 하여 전체 센서네트워크의 생존성을 높일 수 있다.

### 1. 서론

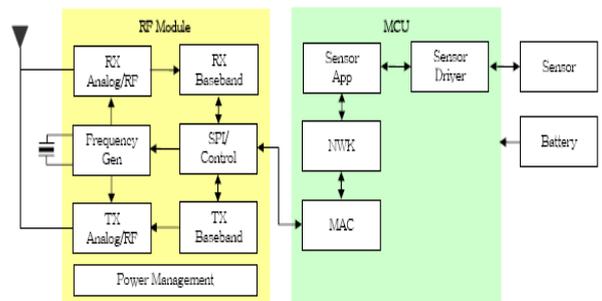
최근 정보산업과 이동통신 기술이 발전함에 따라 주변에 있는 모든 물체에 컴퓨터를 내장하여 인간의 삶에 보이지 않게 컴퓨팅을 제공하는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing)을 개념으로 하여, RF(Radio Frequency)를 이용해 전달하는 무선 센서 네트워크 기술 USN(Ubiquitous Sensor Network)이 시도되고 있다[1]. 센서 노드는 주변 환경을 감시하고 데이터를 수집하는 용도로 사용되고 있으며, 다양한 환경에서 센서 노드들은 통신 채널에 의한 오류, 하드웨어 잡음에 의한 오류, 센서 수신에 의해 발생할 수 있는 오류 등에 노출되어 있으며, 이러한 오류들에 대해서 신뢰할 수 있는 데이터를 수집하는 것은 무선 통신에서 가장 중요한 목표 중 하나이다. 더욱이, 초기 설치 이후의 추가적인 관리를 최소화해야 하는 센서 네트워크에서는 더욱 중요한 문제일 수밖에 없다. 이러한 문제를 해결하기 위한 다양한 라우팅 프로토콜 및 클러스터링 기법들이 연구되고 있다. LEACH, TEEN 등의 기법들은 센서 네트워크의 에너지 효율 향상을 위해 클러스터 헤더와 멤버 간 계층적 구조의 클러스터를 구성하는 기법으로 제안한 기법과 유사하지만, 센서 노드의 센서 수신 오류를 배제한 채로 단순 센서의 에너지만을 고려하여 클러스터 헤드를 선출한다는 점에서 개선의 여지가 있다[4][5][6][7]. 그러므로 본 논문에서는 수집된 데이터를 기반으로 센서의 오류를 탐지하여 오류로 판단되는

센서 노드를 교체하는 시점까지 클러스터의 헤더로 사용하여 전송에 필요한 전력을 소모하게 하고, 나머지 센서 노드들의 전력 소모를 감소시키는 방법을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 센서 노드의 구조와 기존의 계층적 라우팅 프로토콜에 대해 기술한다. 3장에서는 수집된 데이터를 바탕으로 센서 오류탐지를 통한 라우팅 방안에 대해 기술한 후 마지막으로 4장에서 결론을 맺고자 한다.

### 2. 관련 연구

#### 1. 센서 노드의 구성요소



(그림 1) 센서 노드 구성요소 [8]

센서 노드의 구성은 제어부(MCU), 무선통신부(RF

Module), 센서부(Sensor), 전원부(Battery)로 이루어진다. 제어부는 노드에 부착된 센서의 데이터 처리 및 외부 인터페이스를 위한 SPI, UART, I2C 등의 주변장치, timer, power control 등으로 구성된다. 무선통신부는 송수신 형태 및 주파수, 기능에 따라 다양하게 이루어지고 있으며, low duty cycle 적용 및 wake-up circuit 기술 등의 센서 노드의 전력 소모를 감소하기 위한 저전력 기술 개발이 진행되고 있다. 센서부는 물리적 또는 환경계의 현상을 정량적으로 측정하여 정보를 검출하는 소자 및 시스템으로서 센서 노드의 중요한 구성요소이다. 센서부의 이상은 데이터의 신뢰도를 떨어뜨리므로 센서의 오류를 탐지하는 것은 센서 네트워크의 중요한 문제이다. 전원부는 센서 노드에 장기적으로 안정적인 전력을 공급하여 네트워크의 생존을 가능하게 하는 부분으로 효율적인 관리가 필요하다.

## 2. LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy)

LEACH는 클러스터링 기반 라우팅 기법으로, 클러스터 헤드가 클러스터의 멤버 노드들로부터 데이터를 수집하여 데이터 가공 과정을 통해 데이터를 모아서 직접 싱크로 전달한다. 이 기법의 특징은 네트워크에 있는 모든 센서 노드들에 에너지 소비를 공정하게 분산시키기 위해, 에너지 집약적인 기능을 하는 클러스터 헤드를 무작위로 순환시키고, 전체적인 통신비용을 줄이기 위해 클러스터 헤드에서 클러스터내의 데이터를 모아 지역적으로 데이터를 가공하는 것이다. LEACH의 동작은 라운드라는 시간 단위로 이루어진다. 각 라운드는 크게 클러스터가 구성되는 설정(setup) 단계와 여러 개의 TDMA 프레임으로 구성되는 지속 상태(steady-state) 단계로 이루어진다. 설정 단계의 시작에서 모든 노드는 자신이 현 라운드동안 클러스터 헤드가 될 수 있을지에 대해 이전 라운드동안 클러스터 헤드였는지의 여부와 이상적 클러스터 헤드 수에 기반을 두고 결정한다. 현 라운드동안, 클러스터 헤드가 되기로 결정한 경우, 이를 이웃 센서 노드들에 알린다. 이를 수신한 비클러스터 헤드 노드들은 수신 강도 등의 파라미터를 기반으로 클러스터 헤드를 결정하며, 이를 클러스터 헤드로 전송하여 클러스터가 구성된다. 클러스터가 형성되면, 클러스터 헤드는 클러스터 멤버들의 데이터 전송 순서를 지시하는 TDMA 스케줄을 방송하고, 지속 상태 단계로 간다. 지속 상태 단계에서 각 클러스터 멤버 노드들은 자신의 전송 슬롯에서만 데이터를 전송하고 나머지 슬롯들에서는 sleep 모드로 가서 전력 소모를 줄인다. LEACH에서는 클러스터 내부에서는 TDMA를 사용하여 노드간 간섭을 피하고, 클러스터간의 간섭을 피하기 위하여 각 클러스터들이 서로 다른 확산 코드를 사용하는 방법을 채택한다[2]

## 3. TEEN (Threshold-sensitive Energy Efficient sensor Network protocol)

TEEN은 센서 노드들이 주기적으로 전송할 데이터를 가지지 않는다는 점을 제외하고, LEACH와 유사하게 동작한다. LEACH가 사전적 센서 네트워크에 적합한 특성을 가지지만, TEEN은 시간 임계적인 데이터를 처리한다는 점에서 반응적 센서 네트워크에 적합하다. TEEN에서 센서 노드들은 클러스터 결정시간에 클러스터 헤드가 방송한 임계값인  $H_t$ 와  $S_t$ 에 기반을 두고 현재 감지된 데이터를 전송할지를 결정한다. 즉, 감지된 데이터의 값이 처음으로  $H_t$ 를 초과하면, 이를 저장하여, 해당 시간 슬롯에 전송한다. 이후에는 감지된 데이터의 값이 저장된 값보다  $S_t$ 이상 큰 경우에 저장하고, 해당 시간 슬롯에 전송한다. TEEN은 지진, 폭발 등과 같은 응용에서 요구되는 시간 임계적인 데이터가 실시간적으로 전달되고, 임계값이 클러스터 형성 결정 시간에 방송되므로 응용에 따라 사용자가 에너지 소비와 센서 네트워크 상태 판단의 정확성을 조절할 수 있다는 특징을 가진다. 반면에, 감지된 데이터의 값이 임계치에 도달하지 않는 경우 네트워크로부터 데이터를 얻어낼 수가 없어 모든 노드가 수명을 다한 경우에도 네트워크의 상태를 판단할 수 없고, 클러스터내에서 TDMA 스케줄링을 사용하여 시계 임계적 데이터의 보고에 지연을 가지며 모든 노드들이 해당 슬롯에 전송할 데이터를 가지는 것이 아니므로 자원이 낭비될 수 있다[3].

## 3. 센서 오류탐지를 통한 라우팅 방안

센서 노드는 제어부(MCU), 무선통신부(RF Module), 센서부(Sensor), 전원부(Battery)로 이루어진다. 센서 네트워크 데이터의 신뢰성을 보장하기 위해서는 모든 센서 노드의 구성요소가 정상적으로 작동하여야 한다. 하지만 열악한 환경에서 작동하는 센서 노드의 경우 제한된 전력을 모두 사용하기 전에 센서의 이상이 발생할 수 있다. 센서부의 이상을 탐지하기 위해서는 베이스 스테이션에서 수집된 자료를 바탕으로 과거로 거슬러 올라가는 통계적 분석을 한다. 측정된 센서 노드 데이터들의 인과관계를 밝히고 센서 노드의 예측값을 구한다[9]. 요구되는 QoS에 따라 오차범위를 결정하고 일정기간 오차범위를 벗어나는 데이터를 발생시키는 센서 노드를 센서의 오류로 판단하고, 점검 혹은 교체를 하도록 한다. 데이터가 수신되는 상태에서 오류로 판단이 되는 경우이므로 센서부의 이상일 가능성이 많으며, 이러한 경우 해당 센서 노드를 클러스터의 헤드로 고정적으로 결정하여 에너지 집약적인 기능을 수행하도록 한다. 센서의 이상으로 판단된 센서 노드를 클러스터의 헤드로 결정하면 클러스터 헤드를 결정하기 위하여 나머지 센서 노드들이 이웃 센서 노드들과 통신하는 전력 소모를 줄일 수 있으며, 나머지 센서 노드들이 지속 상태를 유지할 필요를 없애주므로 전력 소모를 줄일 수 있다. 본 논문에서 제시하는 라우팅 방안은 기존 LEACH와 TEEN같은 클러스터링 기반 라우팅 기법을 사용할 때

참고문헌

[1] 박우준, 김건욱, “저전력 무선 센서네트워크를 위한 비터비 알고리즘의 적용 및 분석”, 전자공학회 논문지, 2007-44TC-6-1.

[2] P.Lettieri, C. Fragouli and M. Srivastava. "Low power error control for wireless links." in Proceedings of 3rd annual ACM/IEEE Intl. conference on Mobile computing and networking(MOBICOM), 1997.

[3] M.Jiang, J. Li and Y. C. Tay. "Cluster based routing protocol(CBRP)." IETF MANET Working Group, Internet-Draft, July 1999.

[4] W.Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishanan. "Energy-Efficient Communication Protocols for Wireless Microsensor Network (LEACH)." Proc. of the 33rd Hawaii International Conference on systems Science-Volume 8, pp.3005-3014, January 04-07, 2000.

[5] A. Manjeshwar and D.Agrawal, "TEEN: a Routing Protocol for Enhanced Efficient in Wireless Sensor Networks." Proc. of the 15th International Parallel and Distributed Processing Symposium, pp. 2009-2015, 2001.

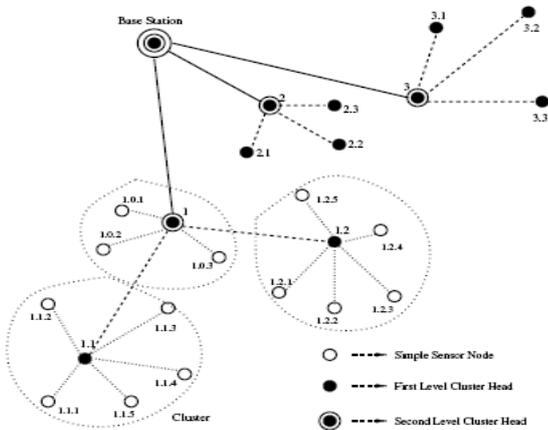
[6] 조용현, 이향택, 노병희, 유승화, “무선 센서망에서 에너지 효율적인 클러스터 재구성을 위한 동적 헤드 선출 방법.” 한국통신학회논문, 05-30-11A-11.

[7] 윤찬영, “원격의료지원을 위한 USN 라우팅 알고리즘에 대한 연구”, 한국콘텐츠학회 2006 추계종합학술대회 논문집 Vol. 4. No. 2.

[8] 김지은, 김세한, 정운철, 김내수, “USN 센서노드 기술 동향”, 전자통신동향분석 제22권 제3호 2007년 6월.

[9] 노맹석, “통계적 기법을 이용한 데이터 마이닝”, J.Basic Sci. Res. Kyungsan Univ. 4(1), 91-98, 2000.

부가적으로 사용하여 센서의 오류가 발생한 경우에 나머지 노드들의 생존성을 높여주는 역할을 한다. 기본적으로 기존 라우팅 기법에 의존하며, 이상이 있는 센서 노드가 있는 클러스터에서만 적용하여 나머지 센서 노드들로 이루어진 클러스터에서는 별도의 과정이 필요하지 않도록 한다. 센서에 이상이 있는 센서 노드의 빠른 교체가 이루어질 수 없는 상황이나, 해당 센서 노드에서 수집되는 데이터가 교체 비용보다 효율성의 측면에서 떨어질 경우에는 일정기간 네트워크의 전력 소모를 전담하도록 하는 것이 더욱 효과적일 수 있다. 농작물 관리 센서 네트워크를 구성하는 경우와 같이 급격한 데이터의 변화가 없는 센서 네트워크를 구성하면, 센서의 오류를 포함하는 클러스터를 일정기간 유지하여 나머지 노드들의 전력 소모를 절감할 수 있다.



(그림 2) 계층적 클러스터링 기반의 센서 네트워크 [5]

4. 결론

기존의 USN 라우팅 기법은 센서의 전력만을 고려한 채 연구되어 왔지만, 센서 노드의 구성 요소 중 센서의 오류를 고려하지 않았다. 이는 전송이 큰 전력 소모를 차지하는 센서 네트워크에서 신뢰도가 낮은 데이터를 전송하는 낭비를 초래한다. 따라서 이처럼 센서의 오류가 있는 센서 노드를 전송을 전담하는 클러스터의 헤드로 사용하여 나머지 센서 노드들에서 필요 없는 전력 소모를 줄이게 하고 전체 센서 네트워크의 생존성을 높이는 방안을 제안했다. 제안된 라우팅 기법은 센서의 오류가 발생하는 특수한 경우에 사용되는 기법이지만 열악한 환경에서 장시간 노출되어 있는 센서 노드에서의 센서의 오류는 발생할 수 있으며, 이러한 경우에는 나머지 노드가 상대적으로 전력 소모를 감소할 수 있을 것으로 사료된다. 향후 연구로는 오류가 있는 센서의 교체 비용과 나머지 노드의 생존성을 높이므로 얻는 비용을 비교하여 교체 시점을 결정하는 연구가 필요하고, 제안된 방법을 실제 센서 네트워크에 적용함으로써 일반화된 타당성을 검증하는 것이 필요하다.