향상된 모니터링을 위한 센서 망 라이프타임 연장기법

이동훈° 박수창 김상하
충남대학교 컴퓨터 공학과
{dhlee°, winter}@cclab.cnu.ac.kr, shkim@cnu.ac.kr

A method of long lived sensor network for improved monitoring

Donghun Lee° Soochang Park Sangha Kim
Chungnam national university computer engineering

요 약

수 많은 노드들이 협력적인 작업을 통하여 이루어지는 무선 센서 망에서는 노드 하나 하나의 제한된 에너지를 효율적으로 사용하고 보다 오랜 시간 동안 망을 유지하는 것이 큰 이슈이다. 하지만 센서 망 안에 위치한 노드 하나 하나를 고려할 때 망이 유지되고 있다고 하더라도 그 노드가 목적된 지역을 모니터링 하지 못한다면 그 지역에서는 망이 유지되는 것이 의미가 없다. 따라서 본 논문에서는 센서 망의 라이프 타임 연장을 목적된 지역을 계속해서 모니터링 할 수 있을 때 망의 유지 시간 연장 이라는 관점에서 해석할 것이다. 이러한 관점에서 기존의 센서 망 유지 프로토콜에서 망이 유지되는 한 모니터링 또한 계속해서 할 수 있는 방법을 제안한다.

1. 서론

센서를 특정한 지역에 뿌리는 기본적인 이유는 그 지역에서 일어나는 어떤 현상을 관측하기 위함이다. 관심이 되는 지역이 매우 넓거나, 사람이 직접 관측을 하기 어려운 지역, 또는 기간 망을 새로 구축하기 어려운 경우에 무선 센서 망을 구성하게 된다. 예를 들어 산불 조기 경보 시스템을 구축할 경우에 매우 넓은 지역인 산 전체를 지속적으로 감시 해야 하기 때문에 유선 망을 구축하거나, 사람이 직접 관측하는 방법을 택할 수 없다. 전투지역이나 오염지역, 바다속도 등 특정 현상을 관측 하거나 데이터를 수집하기 위해서도 무선 센서 망을 구성하여야 한다.

이러한 무선 센서망은 적게는 수 십에서 많게는 수 만개의 임의로 뿌려지는 센서 노드들로 구성되는데[1], 각 센서 노드는 아주 제한된 에너지를 갖고 있기 때문에 노드들이 어떻게 협력적으로 활동을 하여서 전체 센서 망을 길게 유지할 것인가에 대한 연구가 현재까지 많이 이루어 졌다[2][3][4].

그러나 위에서 언급한 기존의 연구들은 센서 노드들간의 협력적인 작업을 통한 전체 센서 망에 대한 라이프 타임 연장을 목적으로 하였기 때문에 센서의 기본 임무인 관측 지역에 대한 모니터링을 고려하지 않고 있다. 때문에 센서 망이 유지되고 있는 지역이라 하더라도(활성 노드의 전송 범위에 속해있는 지역이라 하더라도) 그 지역의 활성 노드에 속해있는 다른 노드들이 실패되어 모니터링 영역을 모두 센싱할 수 없다면 그 센서망은 모니터링 관점에서 유지되고 있다라고 말 할 수 없을 것이며 수동적인 센싱 모드(passive sensing mode)[7]에서는 잘못된 정보를 사용자에게 전달 할 수도 있을 것이다. 결국 효율적인 프로토콜을 사용하여 망의 라이프 타임을 연장 하였다 하더라도 해당하는 지역에서 모니터링을 할 수 없다면 진정한 의미의 라이프 타임의 연장이라고 볼 수 없다.

본 논문에서는 라이프 타임의 연장을 기존의 모니터링 지역을 계속해서 모니터링 할 수 있을 때 센서 망의 유지 시간 연장 이라는 관점에서 해석할 것이다.

2장 에서는 관련연구를 알아보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 메커니즘을 설명하고, 4장에서는 결론을 5장에서는 이후의 연구방향에 대하여 설명할 것이다.

2. 관련 연구

PEAS는 매우 많은 수의 예상치 못한 실패가 일어날 수 있는 값싼 센서노드들로 구성된 센서 망을 가정으로 한다. 각 노드는 세 가지의 작업 상태가 있어서 슬리핑

(Sleeping), 프로빙(Probing), 워킹(Working) 상태를 적절한 시간에 전이하며, 이중 프로빙 상태를 위하여 각 노드가 전송범위를 조절할 수 있다는 가정을 갖고 있다.

간단히 PEAS의 메커니즘을 살펴보자. 각 노드는 초기에 슬리핑 상태에 있다가 계산된 일정 시간 후 프로빙 상태로 전이되어 자신의 프로빙 범위에 프로빙 메시지를 뿌린다. 프로빙 메시지에 대한 응답이 올 경우 자신의 주위에 활성 노드가 있음을 인지하고 다시 슬리핑 모드로 돌아간다. 만약 프로빙 메시지에 대한 응답이 없으면 워킹 상태로 들어가서 자신이 활성 노드가 된다.

한번 활성 상태로 들어간 노드는 에너지가 다 소모되거나 예상치 못한 실패가 발생할 때까지 활성 노드로 남게 된다. 그러나 전송 범위보다 상당히 작은 범위의 센싱이 필요하다고 해서 프로빙 범위를 센싱범위에 맞춘다면 PEAS 자체가 에너지 면에서 상당히 비 효율적이게 된다. 따라서 통신의 효율을 높이고, 빈틈없는 모니터링 위해서는 다른 메커니즘이 필요하다.

이러한 문제를 해결하기 위한 방법을 3장에서 설명한다.

3. 제안 메커니즘

2장에서 살펴보았던 PEAS에서 활성 노드의 주변 노드들이 모니터링을 하지 못함으로 해서 문제가 되는 경우는 센싱된 값이 프로빙 범위를 대표하는 값이지 못할 경우에 발생된다. 그러나 활성 노드가 일정시간 센싱에 필요한 에너지와 그 센싱값을 주변의 활성 노드에게 전송할 최소한의 에너지만을 남겨두고 활성 노드로서의 임무를 마친다면 자신의 전송범위 안에 센서 망에 연결되어 있는 활성 노드가 존재하는 한 지속적으로 관심된 지역의 모니터링을 할 수 있을 것이다.

3.1 가정

첫째로 각 센서는 인터럽트에 의하여 CPU와 라디오를 슬립 상태에서 액티브 상태로 전이 시킬 수 있다는 가정을 한다. 이 가정은 MSP430 패밀리(Family)[6]와 같은 모트들이 만족하고 있다.

둘째로 센서 노드에서 모니터링 한 값이 전송 범위 또는 프로빙 범위를 대표할 수 없다는 가정을 한다. 어떤 응용에서는 전송 범위중 특정한 부분에서 센싱된 값이 전체를 대표할 수 없는 값일 수 있다. 때문에 센싱 값이 대표할 수 있는 범위는 전송 범위보다 작은 범위라고 가정한다.

표 1. Rockwell Wins의 전력소모 [5]

MCU 모드	센서 모드	라디오 모드	전력 소모 (mW)
액티브	켬	송신(13.8mW)	942.6
액티브	켬	수신	751.6
액티브	켬	휴지(Idle)	727.5
액티브	켬	슬립	416.3
액티브	켬	제거	383.0
액티브	제거	제거	360.0
슬립	켬	제거	64.0

셋째로 센싱에 드는 에너지가 매우 작다고 가정한다. 표 1. 은 이와 같은 가정이 타당한 것임을 보여주고 있다.

3.2 메커니즘

본 논문에서는 기존의 프로토콜과는 다르게 관심 지역에 뿌려진 모든 노드가 센서망이 유지 되는 시간 동안 모니터링 또한 가능한 길게 할 수 있도록 센서망을 유지하는 프로토콜과 별개로 노드를 네트웍 모드(network mode)와 센싱 모드(sensing mode)의 두 가지 모드로 나눈다.

첫 번째 네트웍 모드에서는 노드는 센서망을 유지하는 프로토콜에 적극적으로 참여한다. 그리고 활성 노드로 작동 하고 있을 때 자신 주변의 센싱 모드의 노드들과 활성 노드가 아닌 네트웍 모드의 노드들이 보내는 주기적인 메시지를 저장하여 주기적인 메시지가 오지 않을 경우 해당 지역이 모니터링 되고 있지 않음을 싱크에 알리며, 주변의 활성노드가 아닌 네트웍 모드에 있는 노드들의 메시지를 이용하여 자신의 한계치 에너지를 계산한다. 그리고 남은 에너지가 계산된 일정 한계치에 도달하게 되면 센싱 모드로 넘어간다.

두 번째 센싱 모드에서는 노드는 센서망을 유지하는 프로토콜에 참여하지 않는다. 때문에 라디오와 프로세서를 슬립모드에 놓고, 센서만을 켜놓는다. 자신이 위치한 지역을 모니터링하고 이벤트가 발생했을 경우에 주변에 브로

드 캐스팅을 하며 주기적으로 자신이 해당 지역을 센싱하고 있음을 알리는 메시지를 주변에 브로드 캐스팅 한다. 이 메시지로 센서 망에서는 관심 지역이 계속 모니터링 되고 있는 지를 알 수 있다.

그림 1.을 보면 성능 향상을 쉽게 알 수 있다. 노드 1이 활성 노드가 되어서 노드 A와 노드 2의 전송을 담당하다가 자신의 에너지가 일정 한계치에 도달하게 되면 스스로 라디오(Radio)를 끄고 더 이상 센서망의 활성 노드로 참여하지 않는다. 이후 노드 A가 활성 노드가 되었을 때도 노드 1은 자신의 유효 센싱 지역을 계속해서 모니터링 할 수 있다. 노드 2가 활성 노드가 되었을 때도 노드 1과 노드 A는 계속하여 해당 지역을 모니터링 할 수가 있다.

여기서 중요한 사항은 한계치를 어떤 수준에서 정할 것인가 이다. 한계치 에너지를 결정하는 요인은 활성 노드의 주변에 몇 개의 네트워크 모드 노드가 존재하는 지와 각 네트워크 모드 노드의 남은 에너지 잔량이 된다. 이것은 기존의 프로토콜의 동작 방식에서 정보를 얻을 수 있다. PEAS의 경우 활성 노드의 입장에서 봤을 때 서로 다른 몇 개의 프로빙 메시지가 오는가에 따라 주변의 네트웍 모드 개수를 알 수 있고, 각 프로빙 메시지에 남은 에너지 잔량을 넣어서 활성 모드로 보냄으로써 에너지의 잔량을 알 수 있다.

센싱 모드에서 드는 단위 시간당 평균적인 에너지: E_p

워킹 노드에서 드는 단위 시간당 평균적인 에너지: E_a

주변에 남아있는 능동 모드의 노드 개수: N

i 노드의에너지 잔량: E_i

이라고 하면 현재 활성 노드가 한계치 에너지를 갖고 센싱 모드로 살아야 하는 시간 T_p는 아래와 같다.

$$T_p = \frac{\sum_{i}^{N} E_i}{E_a} \qquad (1)$$

따라서 T^p시간을 센싱 모드로 살아가기 위해 필요한 에너지 E_{th}는 T_p에 E_p를 곱한 값이고, E_a 는 λE_p ($\lambda > 1$)로 나타낼 수 있기 때문에 E_{th}는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$E_{th} = \frac{\sum_{i}^{N} E_i}{\lambda} \qquad (2)$$

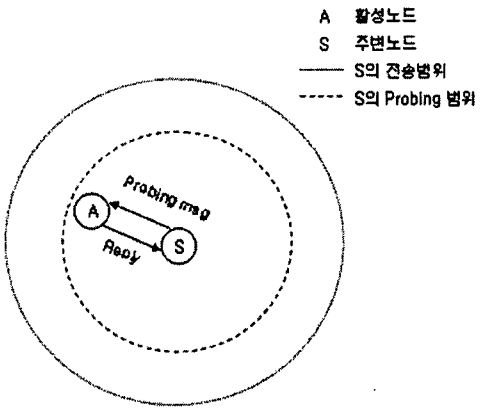

그림 1. PEAS의 메커니즘

4. 결론

현재까지 센서망의 수명 연장에 대한 많은 연구가 되고 있다. 하지만 센서의 기본 임무인 관심 있는 지역에 대한 모니터링은 배제 또는 축소되고, 오로지 센서망의 통신 유지의 시간 연장의 관점에서 문제를 해결하려고 하였다. 하지만 본 논문에서는 모니터링 지역을 계속해서 모니터링 할 수 있을 때, 센서망의 연장에 대한 방법을 논의하였다. 이는 센서의 기본 임무를 생각할 때 매우 적절한 것이며 반드시 센서망의 연구에서 포함 되어야 할 한 분야이다.

5. 향후 연구방향

실제 모트를 이용하여 적절한 E_{th} 의 최대 한계값을 정하고, 센서망이 유지되는 시간에 대하여 모니터링 되는 지역의 비율을 기존의 프로토콜과 비교하여 분석하는 과정이 향후 연구 과제로 남아있다.

참고문헌

[1] D. Estrin *et al.*, "Connecting the physical world with pervasive networks," Pervasive computing, IEEE, vol. 1, pp. 59-69, Jan. - March 2002.
[2] Y. Fan *et al.*, "PEAS: a robust energy conserving protocol for long-lived sensor networks," IEEE Distributed Computing Systems, 2003 proc., pp. 28-37, May. 2003.
[3] A. Cerpa and D. Estrin, "ASCENT: Adaptive Self-Configuring sEnsor Networks Topologies," Proc. of IEEE INFOCOM, Vol. 3, pp. 1278-1287, Jun. 2002.
[4] B. Chen *et al.*, "SPAN: An Energy Efficient Coordination Algorithm for Topology Maintenance in Ad Hoc Wireless Networks," Proc. Seventh Ann. ACM/IEEE Int'l Conf. Mobile Computing and Networking (MobiCom), pp. 85-96, July 2001.
[5] D. Estrin *et al.*, http://nesl.ee.ucla.edu/tutorials/mobicom02
[6] MSP430x1xx Family User's Guide, Texas Instruments product documentation, 2004.