

무선센서 네트워크에서 센서 노드의 에너지 소비와 네트워크 수명 분석

김성철* · 박현주*

*상명대학교

Analysis of Energy Consumption and Network Lifetime for Wireless Sensor Networks

Seong Cheol Kim* · Hyun Joo Park*

*Sangmyung University

E-mail : sckim@smu.ac.kr

요 약

배터리에 의해 동작하는 무선 센서로 이루어진 네트워크에서 에너지를 절약하는 메커니즘이 매우 중요하다. 본 연구에서는 클러스터 기반의 무선 센서 네트워크에서 각 센서 노드에서의 에너지 소비에 대한 모델링을 통해 에너지를 절약하면서 각 노드에서 요구되는 QoS를 인식하는 MAC 프로토콜의 조건에 대해 분석하였다. 제안된 방식을 통하여 기존에 제안된 프로토콜들의 장단점을 분석한 후에 이를 통해 무선 네트워크의 수명을 연장할 수 있는 방안을 제안하였다.

ABSTRACT

Energy saving mechanism is very important in a battery-powered wireless sensor networks. In this paper we derived the energy consumption model of each sensor node and the conditions of proving the QoS requirements. Through the analysis of energy consumption of each sensor node, we suggest the method to prolong lifetime of WSNs

키워드

무선센서네트워크, 클러스터, 에너지 절약, 서비스의 질(QoS)

1. 서 론

무선 센서 네트워크는 제한된 에너지를 갖는 노드들로 구성되어 있기 때문에 네트워크가 구성된 후에는 지속적인 에너지 공급이 어려운 한계를 지니고 있다[2]. 따라서 제한된 에너지 자원을 효율적으로 사용하여 네트워크의 수명을 최대화하는 것이 필요하다. 그 동안 연구되어진 많은 방법들 중에 전체 센서 네트워크를 작은 클러스터로 나누어 관리의 유용성 및 중복된 노드들은 수면 모드로 만들어 에너지를 절약할 수 있는 클러스터링 기반의 방식이 주목받고 연구되어져 왔다[1][2][3]. 이 방식에서는 클러스터 내에서 모든 데이터의 전송에 관한 클러스터 헤드와 오직 클러스터 헤드에게만 데이터를 전송하는 멤버 노드들이 존재한다. 멤버 노드들은 전송할 데이터를 클러스터 헤드에게 전송하고, 클러

스터 헤드는 클러스터 멤버 노드들이 보낸 데이터를 병합하여 싱크(sink) 노드로 전송한다. 클러스터 헤드만이 싱크 노드와 통신을 함으로써 전송 횟수를 줄여 에너지를 절약할 수 있다. 이 방식에서는 클러스터 헤드의 선정이 에너지 효율적인 사용에 매우 중요하다. 왜냐하면 클러스터 헤드는 클러스터 내의 모든 데이터 전송에 관여하므로 다른 멤버 노드들 보다 많은 에너지를 소모하기 때문이다. WSNs에서 일부 노드의 에너지 고갈은 전체 네트워크의 수명을 단축시킬 수 있는 요인이기 때문이다. 효율적인 클러스터 헤드 선정과 관련된 기존의 연구 중 LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy) [1] 프로토콜은 임의의 확률을 사용하여 공정한 클러스터 헤드를 선정한다. 또한 HEED (Hybrid Energy Efficient Distributed)[2] 프로토콜에서는

LEACH에서 잔여 에너지 정보를 추가하여 보다 효율적으로 클러스터 헤드를 선정한다. 뿐만 아니라 EACHS (Energy Adaptive Cluster-Head Selection) [6] 프로토콜은 노드들의 평균 에너지, 노드 각각의 잔여 에너지 그리고 이전 라운드에서의 소모 에너지 정보를 이용하여 클러스터 헤드를 선정하는데 다른 노드보다 에너지가 많으면 클러스터 헤드 선정 확률이 높게 되고, 에너지가 적으면 확률이 낮아지도록 조정변수를 사용한다. 본 논문에서는 기존에 연구되었던 CSE (Cluster-head Selection using Experience information) 클러스터링 방식[4]을 기반으로 에너지 효율적인 사용 및 네트워크 수명에 대한 분석이 이루어진다.

II. 본 론

CSE[4]에서 각각의 노드들은 과거에 자신이 클러스터 헤드를 했었는지에 대한 정보 및 자신의 초기 에너지와 현재 보유하고 있는 에너지 정보를 가진다. 클러스터 헤더로 선정될 확률은 다음과 같다.

$$P_{ch(i)} = P_{sensing} * P_{(i)} * (E_{status} * w) \quad (1)$$

$E_{residual}$ 은 노드의 현재 에너지를 의미한다. 노드의 가중치 w 는 앞서 언급했던 과거의 클러스터 헤드 경험 정보와 전송할 데이터를 보유하고 있는 이웃 노드들의 정보를 사용하여 얻어지는데 아래의 식 (2)과 같다.

$$w = P_{history} * \frac{N_n}{N_m} \quad (2)$$

위 식에서 $P_{history}$ 는 과거의 클러스터 헤드 경험을 바탕으로 가중치 0부터 1 사이의 값을 가진다.

$$P_{ch(i)} = P_{sensing} * P_{(i)} * \left(\frac{E_{regidual}}{E_{max}} * (P_{history} * \frac{N_{sn}}{N_m}) \right) \quad (3)$$

하나의 클러스터 안에서 클러스터 헤드가 소모하는 에너지의 양은 다음과 같다[5].

$$E_{CH} = (E_{elec} + E_{DA}) * \frac{N}{k} * l + E_{extr} \quad (4)$$

만약 특정 라운드(round)에서 하나의 클러스터 헤드만 존재한다면 이므로 위의 식은

$$E_{CH} = (E_{elec} + E_{DA}) * N * l + E_{extr} \quad (5)$$

이 된다. 그러나 멤버 노드들은 수집된 데이터를 단지 클러스터 헤드에게 보내는 기능만 수행하므로 멤버 노드들에의 해 소모되는 에너지는 다음과 같이 표현되어 진다.

$$E_{mem} = E_{elec} * l + E_{extr} \quad (6)$$

하나의 라운드에서 소모되는 전체 에너지는

$$E_{rnd} = N_{frame} * E_{CH} + E_{mem} * (N-1) \quad (7)$$

만약 모든 노드들의 초기 에너지가 동일하다고 가정하면, 각 노드가 자신의 에너지를 다 소모할 때 까지 존재하는 라운드의 수는 다음과 같이 표현되어진다.

$$N_{trnd} = \frac{N * E_{strt}}{E_{rnd}} \quad (8)$$

각 센서 노드들이 초기에 동일한 양의 에너지 즉 E_{strt} 를 가진다고 가정하고 각 노드에서 보내는 데이터의 양이 주어진다면, 전체 네트워크 수명은 다음과 같이 표현되어 질수 있다.

$$T = \frac{E_{strt}}{E_{packet}} \quad (9)$$

위 식에서 T 는 전체 네트워크에서 하나의 노드가 에너지를 고갈할 때까지를 네트워크의 수명이라 정의될 때의 네트워크 수명을 나타내며, E_{packet} 은 하나의 노드에서 보내야 할 전체 데이터를 보내기 위해 필요한 에너지로 다음과 같이 표현되어질 수 있다.

$$E_{packet} = E_{tr} + E_{errors} \quad (10)$$

위 식에서 E_{tr} 은 순수 데이터 전송에 요구되는 에너지이며, E_{error} 는 전송 링크의 불확실성 등에 의해 전송 실패에 따르는 에너지를 말한다.

그러나 클러스터 헤더로 선정된 노드의 잔여 에너지가 앞의 식 (4)에 의해 요구되는 양보다 작거나 혹은 전송되어지는 데이터가 요구하는 QoS 값 보다 작을 때에는 클러스터 헤드선정 과정이 다시 이루어지게 된다.

V. 결 론

본 논문에서는 클러스 기반의 센서 노드에서 클러스터 헤드 선정 방안 및 각 센서 노드에서 소모되는 에너지에 대한 모델링이 이루어졌다. 이를 통하여 각 노드에서 요구되는 QoS 요구사항 및 잔여 에너지를 통한 네트워크 수명 예측이 이루어질 수 있다.

참고문헌

- [1] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energy-efficient routing protocols for wireless microsensor networks," in Proc. 33rd Hawaii Int. Conf. System Sciences(HICSS), Maui, HI, Jan.

- 2000.
- [2] Younis. O, Fahmy. S, "HEED: a hybrid, energy-efficient, distributed clustering approach for ad hoc sensor networks", Mobile Computing, IEEE Trans. on vol. 3, pp. 366-379, Oct. Dec. 2004.
 - [3] Liang Ying, Yu Haibin, "Energy Adaptive Cluster-Head Selection for Wireless Sensor networks", Pro. of the Sixth Int. Conf. on Parallel and Distributed Computing Applications and Technologies, pp. 634-638, Dec. 2005.
 - [4] 김형주, 김성철, "무선 센서 네트워크 환경에서 헤드 경험정보를 이용한 에너지 효율적인 클러스터 헤드 선정 알고리즘," 한국해양정보통신논문지, 제13권, 제3호, 2009.3.
 - [5] Abdul Sattar Maik, Jingmin Kuang, Liakang Liu, Wang Chong, "Energy Consumption & Lifetime Analysis in Cluster-based Wireless Sensor Networks for Periodic Monitoring Application," 2009 Int. Conf. on Networks Security, Wireless Communications and Trusted Computing, 2009