무선센서네트워크에서 부하 균등 분산 기법을 적용한 에너지 효율적인 데이터 수집 방법

안민준, 배동주, 추현승
성균관대학교 정보통신공학부
e-mail: triplen21c@gmail.com, mirine27@skku.edu, choo@skku.edu

Energy-efficient Data Collection Using Fair Load Balancing in Wireless Sensor Networks

Minjoon Ahn, Dongju Bae, and Hyunseung Choo
School of Information and Communication Engineering Sungkyunkwan University

요 약

무선센서네트워크에서 각 센서노드는 한정된 배터리 자원을 갖기 때문에, 에너지 소비를 균등하게 하여 전체 네트워크의 라이프타임을 늘리는 것이 중요하다. 네트워크 라이프타임을 증가시키기 위한 여러 스케줄링 기법들이 제안되었지만, 여전히 특정 센서노드가 일찍 방전되는 문제점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 각 센서노드의 사용률을 균등하게 분산하여, 모든 센서노드가 에너지를 골고루 소비하도록 하는 방법을 소개한다. 부모노드에 여러 자식노드들이 연결되어 있을 때, 리니어프로그래밍을 통해 링크의 흐름량을 결정함으로써 각 부모노드들의 이용률을 고르게 분산한다. 링크의 흐름률에 따라 각 주기별로 트리의 모양을 다르게 변경하는데, 라이프타임을 최대화하기 위한 트리 구성 방식을 제안한다.

1. 서 론

무선센서네트워크 환경에서 각 센서 노드는 한정된 배터리 자원을 가져, 에너지 효율적인 데이터 전송이 중요하다[1]. [2]에서는 각 센서노드는 자신의 가까운 이웃과만 통신을 하고, 싱크노드에 전송할 때 순서를 기다리는 방식으로 에너지 효율성을 고려하였다. 하지만, 기존의 에너지 효율을 고려하는 기법들은 주로 네트워크내의 총 에너지 소비량에 주목하였다. 하지만 특정센서노드의 사용률이 집중되어 먼저 방전된다면 전체 네트워크의 연결성을 보장할 수 없기 때문에 특히 데이터 수집을 위한 환경에서는 모든 노드가 에너지를 골고루 소비하여 네트워크의 라이프타임을 최대화 하는 것이 중요하다.

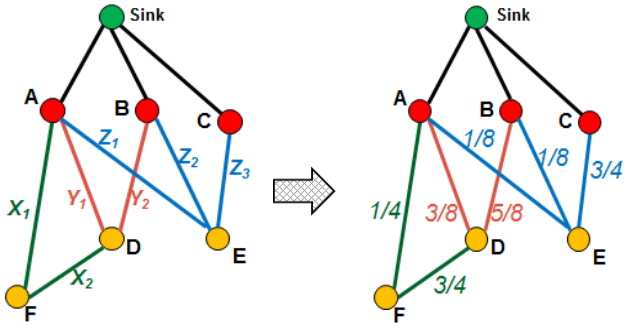
본 논문에서는 각 센서노드의 사용률을 균등하게 분산하기 위한 방법으로, 리니어프로그래밍을 통해 자식노드들로부터의 링크를 흐름양을 조절하여 모든 부모노드들이 균등하게 에너지를 소비하도록 하는 방법을 소개한다[3]. 그리고 링크의 흐름양에 따라 각 주기별로 다른 모양의 트리를 구성하는 데, 트리를 구성할 때 라이프타임을 최대화하기 위한 트리 할당 방식을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 관련연구인 리니어프로그래밍을 통한 부하분산 기법에 대해 소개하고, 3장에서는 라이프타임을 최대화 하기 위한 주기별 트리의 구성 방식을 기술한다. 마지막으로 4장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 리니어프로그래밍을 적용한 부하분산 기법

[3]에서는 모든 부모노드의 균등한 에너지 소비를 위해 리니어프로그래밍을 통해 균등하게 부하를 분산하는 방법을 제안하였다. 모든 센서노드들중에 에너지를 가장 많이 소비하는 특정 센서노드의 에너지 소비를 최소화하기 위한 목적의 리니어프로그래밍을 수행하여 각 링크의 흐름량을 결정한다.



(a) (b)

<그림 1. (a)네트워크 구성, (b)부하 분산된 링크의 흐름량>

그림 1의 (a)와 같이 초기에 네트워크가 구성되었다고 하면, 부모노드인 A,B,C,D노드의 경우 자식노드로부터 데이터를 수신해야 한다. 자식노드가 한 주기동안 생성하는 데이터의 양이 1이고, 부모노드가 이를 수집하여 자신이 수

집한 데이터와 완벽히 병합할 수 있다면, 최적화된 부하분산을 하기위한 식은 다음과 같다. (UN: Usage of node N)

$$U_A = X_1 + Y_1 + Z_1 \qquad X_1 + X_2 = 1$$
$$U_B = Y_2 + Y_2 \qquad Y_1 + Y_2 = 1$$
$$U_C = Z_3 \qquad Z_1 + Z_2 + Z_3 = 1$$
$$U_D = X_2$$

$$\text{Min}(\text{Max}(U_A, U_B, U_C, U_D))$$

위의 식을 리니어프로그래밍을 이용해 계산하게 되면 그림 1의 (b)와 같은 링크의 이용률이 나오게 되는데, 부모노드인 A,B,C,D노드 모두 처리하는 양이 3/4로 동일함을 확인할 수 있다. 부하가 분산된 이용률을 토대로 아래의 표 1과 같이, 매 주기별 트리의 구성을 달리하여 에너지의 소비를 균등하게 한다.

노드	주기별 트리의 구성							
	1주기	2주기	3주기	4주기	5주기	6주기	7주기	8주기
A	S	S	S	S	S	S	S	S
B	S	S	S	S	S	S	S	S
C	S	S	S	S	S	S	S	S
D	A	A	A	B	B	B	B	B
E	A	B	C	C	C	C	C	C
F	A	A	D	D	D	D	D	D

<표 1. 부하 분산이 적용된 주기별 트리의 구성>

3. 제안기법

3.1 동기 및 가정사항

기존의 리니어프로그래밍을 이용한 부하분산 기법에서는 링크의 흐름량에 따라 매 주기별 트리의 구성을 다르게 할 때, 연속 할당 방식을 사용하여 네트워크의 라이프타임을 단축시키는 문제점이 있다. 위의 표 1을 보면 노드 D의 경우 총 여덟 주기 중에 A노드로 세 번, B노드로 다섯 번을 전송하게 된다. 연속할당 방식에 따라, 먼저 A노드로 먼저 연속으로 세 번 전송하고 A노드의 할당량이 끝난 후에야 B노드로 나머지 다섯 번을 연속으로 전송한다. 그림 1의 예시에서는 여덟 주기만 존재하지만 백 주기까지 존재하는 경우를 고려해보면, 위처럼 연속 할당 방식을 사용한 경우 앞 쪽 주기에 배치된 노드의 에너지가 일찍 소비되어 죽는 현상이 발생할 수 있다. 이러한 단점을 보완하기 위한 트리의 구성방법을 제안한다.

본 논문에서는 다음과 같은 가정을 한다.

○싱크노드는 네트워크 초기구성 단계에서 네트워크 구성 상태를 파악 할 수 있다.

○각 센서노드에는 싱크노드에 의해 미리 계산된 스케줄과 전송 규칙이 할당되어 있다.

3.2 제안 알고리즘

제안기법에서는 연속 할당 방식을 최대한 피해 트리를 구성함으로써, 라이프타임을 좀 더 연장하는 기법을 제안한다. 표 2는 동일한 링크가 연속으로 활성화 되지 않도록 최대한 피하여 트리를 구성한 방식이다. 총 주기의 수가 작을

노드	주기별 트리의 구성							
	1주기	2주기	3주기	4주기	5주기	6주기	7주기	8주기
A	S	S	S	S	S	S	S	S
B	S	S	S	S	S	S	S	S
C	S	S	S	S	S	S	S	S
D	A	B	A	B	A	B	B	B
E	A	B	C	C	C	C	C	C
F	A	D	A	D	D	D	D	D

<표 2. 연속 할당 방식을 피한 트리구성>

경우에는 라이프타임 측면에서 큰 성능향상이 없지만, 총 주기의 수가 많아질수록 성능향상이 많아진다. 각각 50주기동안 사용할 에너지만 남아있는 두 노드 A와 B가 있다고 할 때, 동일한 사용률이 할당 되어 있다면, 연속 할당 방식의 경우 50주기 까지 밖에 라이프타임이 지속되지 못하지만 연속 할당을 최대한 피하여 트리를 구성한 방식의 경우 100주기까지 라이프타임의 지속이 가능하다.

4. 결 론

특정 센서노드에 에너지 소비가 집중되어 일찍 방전되면, 전체 네트워크의 연결성이 보장되지 않아 데이터 수집과정에 문제가 생긴다. 본 논문에서 우리는 한정된 에너지를 가진 무선센서네트워크에서 리니어프로그래밍을 이용하여 모든 센서노드의 부하를 골고루 분산함으로써, 네트워크 라이프타임을 최대화 하는 방법을 살펴보았다. 또한, 각 링크의 흐름양에 따라 트리를 구성할 때, 연속 할당 방식을 최대한 피하는 방법으로 트리를 구성하여 네트워크 라이프타임의 증가가 가능하다. 각 주기별로 서로 다른 모양의 트리를 구성함으로써, 모든 센서노드가 에너지를 골고루 소비하여 네트워크 라이프타임이 증가한다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 지식경제부(정보통신산업진흥원) 대학ITRC, 교육과학기술부(한국연구재단) 중점연구소지원사업, 교육과학기술부(한국연구재단) WCU사업의 일부지원으로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1021-0008), 2010-0020210, No. R31-2008-000-10062-0). 책임저자: 추현승

참고문헌

[1] I. Akylidiz, W. Su, Y Sankarasubramanizm, and E. Cayirci, "A Survey on Sensor Networks," IEEE Communications Magazine, pp. 102-116, 2002.

[2] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, "Energyefficient communication protocol for wireless microsensor networks," in Proceedings of the Hawaii Internatioanl Conference on System Sciences HICSS, Jan. 2000.

[3] H. Lee and A. Keshavarzian, "Towards energy optimal and reliable data collection via collision-free scheduling in wireless sensor networks," in INFOCOM, 2008