

무선 센서 네트워크에서 가변 주기를 이용한 적응적인 전송파워 제어 기법

이정욱⁰, 정광수

광운대학교 전자통신공학과

jwlee@adams.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr

Adaptive Transmission Power Control Scheme Using Variable Period in Wireless Sensor Networks

Jungwook Lee⁰, Kwangsue Chung

School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

1. 서론

무선 센서 네트워크의 노드는 여러 가지 자원의 제약을 받는다. 무선 링크는 다양한 외부환경의 요인으로 매우 불안정하여 패킷의 손실이 빈번하게 발생한다. 또한 노드는 배터리 전원을 공급받기 때문에 에너지의 제약을 받는다. 특히, 대부분의 에너지 소모가 발생하는 송수신 유닛의 에너지 소모를 최소화할 필요가 있다. 이와 같은 제약을 극복하기 위해 전송파워 제어를 통하여 송수신 유닛에서 발생하는 에너지 소모를 줄임에 동시에, 노드들 간의 간섭을 최소화하는 연구들이 진행되어 왔다[1]. 주기적으로 링크 상태를 파악하고 전송파워를 제어하는 기법들이 제안되었으나, 링크 품질 측정과 전송파워를 제어하는 오버헤드는 링크의 상태에 관계 없이 주기적으로 발생되기 때문에 동적으로 대처할 수 없는 문제점이 있다[2]. 예컨대 사람이 많은 낮 시간에는 멀티패스 페이딩이 일어날 확률이 높아져 링크 품질이 매우 불규칙할 수 있다. 따라서 빈번하게 링크 정보를 업데이트 하고 민첩하게 전송파워를 제어하는 것이 효율적일 수 있다. 이와 반대로 안정한 링크 상태가 지속되는 경우에는 이와 같은 빈번한 업데이트는 불필요하게 다량의 트래픽을 발생시켜서 프로토콜의 오버헤드가 증가된다.

본 논문에서는 링크의 품질변화에 따른 동적인 전송파워 제어 기법과 전송파워 제어 주기를 변경하는 기법을 제안한다. 이를 통하여 링크가 불안정할 때에는 전송파워 제어 주기를 감소시켜 민첩하게 링크 품질을 유지하며, 링크가 안정할 때는 전송파워 제어에 주기를 증가시켜 이에 따른 프로토콜의 오버헤드를 줄이고자 하였다.

2. 본론

비컨 패킷을 기반으로 하는 대부분의 링크 품질 측정 기법에서는 주기적으로 비컨을 브로드캐스팅 한다. 제안하는 가변주기 전송파워 제어 기법은 크게 두 가지 단계로 이루어진다. RSSI기반으로 링크의 품질을 측정하는 단계와 이를 기반으로 전송파워를 제어하는 단계이다. 이 두 단계는 네트워크가 동작하는 동안 서로가 피드백을 하여 변화하는 링크 품질에 적응할 수 있도록 한다. 또한 링크 품질에 따라 가변적으로 주기를 설정하여 에너지 효율을 높이고 패킷 손실을 방지할 수 있다.

RSSI를 기반으로 링크의 품질을 측정하는 단계에서는 각각의 노드들이 주기적인 비컨 메시지를 통해 이웃 노드의 링크 품질을 측정하고 변화가 있을 경우에 피드백의 주기를 변경할 수 있다. 마찬가지로 데이터를 전송할 시에 이와 같은 링크 품질을 측정하게 된다. 하지만 데이터 전송을 통한 링크 품질 측정은 응용에서 요구되는 데이터 전송 주기에 의존하기 때문에 가변적인 주기 조절의 제약이 따른다. 따라서 데이터 전송을 통한 링크 품질 측정은 비컨 메시지를 통한 링크 품질 측정의 피드백 주기로 변경할 때에만 참조될 수 있는 트리거 신호로 이용될 수 있다.

전송파워를 제어하는 단계에서는 RSSI의 상한 임계값과 하한 임계값을 비교하여 전송파워를 유지하거나 조절할 수 있도록 한다. 즉, 데이터 전송이나 주기적인 비컨을 통해 감지된 링크 품질이 임계값 범위 안에 해당될 경우(Reasonable Connected Region)에는 현재의 전송파워를 유지한다. 또한 이와 같이 안정한 링크에서는 불필요한 오버헤드를 줄이기 위하여 링크 품질을 측정하고 전송파워를 제어하는 피드백과정의 주기를 지속적으로 증가 시켜 설정한 최대값을 주기로 변경을 시도한다. 하한 임계값의 이하로 측정 되었을 때(Transitional Region)에 기준 노드는 해당하는 노드의 전송파워를 증가시키며, 상한 임계값의 이상으로 측정 되었을 때(Excessive Connected Region)에는 전송파워를 감소시킨다. 이와 같이 불안정한 링크나 과도한 전송파워로 설정된 링크에서는 피드백과정의 주기를 최소화하여 변화된 링크 품질에 빠르게 적응될 수 있도록 한다. 또한 과도한 링크 품질의 변화로 노드가 연결이 실패 되었을 때는 전송파워를 최대로 설정하여 이웃 노드와의 연결을 시도한다.

제안하는 가변 주기를 이용한 전송파워 제어 기법의 성능평가를 위하여 안정한 링크 품질과 불안정한 링크 품질의 특성을 모델링한 환경에서 전송파워의 변경 주기를 달리하여 실험을 하였다. 데이터 전송 주기는 8초로 설정하였으며 전송파워의 변경주기는 1, 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 300초로 각각의 주기에서 3000초 동안 실험하였다. 실험 결과는 그림1과 같다. 변화가 심할 경우에는 전송파워의 변경주기가 120초 이하일 때는 90%이상의 PRR을 보여주었지만, 그 이상일 때부터는 PRR이 최대 38%까지 떨어지는 것을 알 수 있다. 이를 통하여 링크가 불안정할수록 전송파워의 변경주기를 빠르게 가져야 변화된 링크에 빠르게 적응하여 신뢰성을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다. 이와 반대로 링크가 안정한 경우에는 실험한 각각의 전송파워 변경 주기에서 90%이상의 PRR을 보여주었으며, 전송파워 변경주기에 덜 민감한 것을 알 수 있다. 따라서 링크가 안정할 때 주기를 짧게 가져가는 방법은 에너지나 트래픽 측면에서 효율적이지 못할 수 있다.

그림 2는 기존의 주기적인 링크 전송파워 제어 기법인 DTPC(Dynamic Transmission Power Control)의 주기를 1초, 30초 단위로 설정하여 제안한 가변주기 전송파워 제어 기법과의 비컨의 발생횟수를 비교한 것이다. 100m의 정사각형 공간에서 15개의 노드를 랜덤하게 배치하고 총 3000초 동안 10회의 실험을 반복하였다. DTPC의 1초의 주기와 300초 주기는 각각 3000, 100회의 비컨을 발생시켰으며, 제안한 기법은 평균 800회의 비컨을 발생하였다. 1초 주기의 DTPC는 PRR에 대한 실험 결과에서 평균 98%의 수신율을 보여주었지만 전송파워 변경 횟수는 에너지소비와 프로토콜의 오버헤드에 비례한다고 볼 수 있기 때문에 3000개의 전송파워 변경 횟수는 비효율적이라고 판단할 수 있다. 반대로 30초 주기의 DTPC는 프로토콜의 오버헤드를 개선할 수 있지만 PRR의 값이 69%로 현저하게 감소되었다. 따라서 제안한 적응적인 가변주기 전송파워 제어 기법이 그림2와 같은 링크 품질이 시간에 따라 변화하는 환경에서 좀더 효율적으로 전송파워를 조절하여 신뢰성을 향상시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

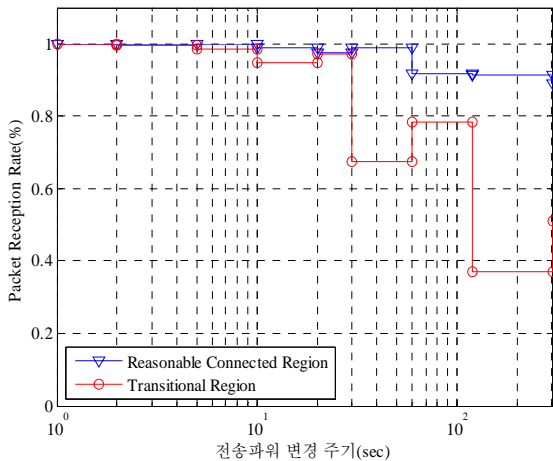


그림 1. 전송파워 변경 주기에 따른 PRR

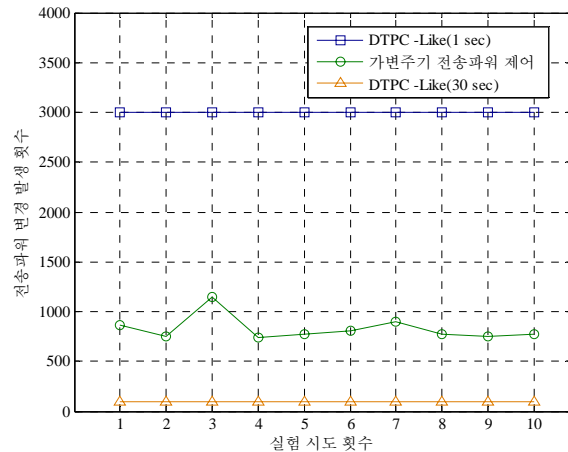


그림 2. 전송파워 변경 주기에 따른 전송파워 변경 발생횟수

3. 결론

본 논문에서는 시간에 따라 변화하는 무선 링크의 변화 특성을 파악하였으며, 이와 같은 환경에서 기존에 제안된 일정한 주기의 전송파워 제어 기법이 적합하지 않다는 것을 확인하였다. 또한 RSSI와 PRR을 상관관계를 밝히는 실험에서 링크 품질의 변화여부를 판단할 수 있는 임계값을 도출할 수 있었다. 제안한 적응적인 가변 주기 전송파워 제어 기법은 데이터 및 비컨 패킷을 통하여 임계값을 기준으로 링크 품질의 변화를 판단하였으며 변화 여부에 따라 전송파워 제어 주기를 적응적으로 변경함으로써 신뢰성과 에너지 효율을 개선하였다.

Acknowledgement

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT성장동력기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다 [2008-S-041-01, u-City용 센서네트워크 PHY/MAC 개발]. 연구비 지원에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] I. Khemapech, A. Miller, and I. Duncan, "A Survey of Transmission Power Control in Wireless Sensor Networks," In Proceeding of Annual Postgraduate Symposium on The Convergence of Telecommunications, Networking and Broadcasting, pp.15-20, June 2007.
- [2] J. Jeong, D. Cullar and J. Oh, "Empirical Analysis of Transmission Power Control Algorithms for Wireless Sensor Networks," Technical Report No.UCB/EECS-2005-16, University of California at Berkeley, November 2005.