

# 무선 센서 네트워크에서 혼잡 패턴을 고려한 전송률 조절 기법

강경현<sup>o</sup>, 정광수

광운대학교 전자통신공학과

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

## A Rate Control Scheme Considering Congestion Patterns in Wireless Sensor Networks

Kyung Hyun Kang<sup>o</sup>, Kwangsue Chung

School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

### 1. 서론

무선 센서 네트워크는 마이크로 컨트롤러, 무선 송수신기, 센싱 모듈을 포함한 소형의 센서 노드들로 구성된다. 각 노드에서 센싱한 정보는 여러 노드를 거쳐 데이터 수집 노드인 싱크 노드로 전달된다. 초기의 무선 센서 네트워크는 감시 정찰, 적군 탐지 등의 군사 응용을 목적으로 시작되었지만, 점차적으로 환경 모니터링, 건물에서의 위험 진단 응용, 의료 서비스 응용 등 여러 분야에서 다양하게 사용되고 있다 [1].

무선 센서 네트워크에서 가장 많이 사용되는 응용 중 하나는 타겟 모니터링이다. 타겟 모니터링은 응용에서 미리 정의한 타겟이 감지되었을 때 감지된 정보를 높은 전송률로 싱크 노드에게 전달하여 사용자에게 이를 알리는 것을 목적으로 한다. 타겟 모니터링의 데이터는 이벤트 데이터와 주기적 데이터로 나누어진다. 각 노드에서 이벤트 데이터가 한꺼번에 싱크 노드로 전달될 때, 네트워크의 구간에서 네트워크 혼잡이 발생할 수 있다. 네트워크 혼잡이 발생하면 병목 구간의 노드에서 패킷 손실이 발생하게 되고, 혼잡이 지속되면 노드가 전송하는 대부분의 패킷이 손실되는 네트워크 붕괴 현상이 발생하게 된다. 따라서 효과적인 혼잡 제어는 무선 센서 네트워크에서 고려해야 할 중요한 요소 중 하나이다. 무선 센서 네트워크에서 혼잡을 제어하기 위한 가장 대표적인 방법은 각 노드의 전송률을 적응적으로 조절하여 혼잡을 완화하는 것이다. 전송률 조절 기법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 싱크 노드에서 혼잡 상황을 인지하고 소스 노드의 전송률을 조절하는 End-to-end 기반 전송률 조절 기법이고, 다른 하나는 각 노드에서 혼잡을 판단해 전송률을 조절하는 Hop-by-hop 기반 전송률 조절 기법이다 [2]. End-to-end 기반 전송률 조절 기법은 전체 네트워크를 고려하여 각 노드의 적절한 전송률을 파악할 수 있지만 혼잡에 대한 대응시간이 느리다는 단점이 있다. 본 논문에서는 이 점을 고려해 각 노드에서 Hop-by-hop 기반으로 전송률을 조절하는 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 기존에 제안되었던 기법들과는 달리 각 노드에서 혼잡 패턴에 따라 자식 노드의 전송률을 조절함으로써 이벤트 데이터의 처리율을 향상시킬 수 있다.

### 2. 본론

무선 센서 네트워크에서 미리 정의한 타겟이 감지되면 감지된 이벤트 주변의 노드들이 한꺼번에 이벤트 정보를 싱크 노드로 전달하게 된다. 이 때 네트워크의 병목 구간에서 혼잡이 발생할 수 있다. 그림 1에서 노드 a, 노드 b가 타겟을 감지하고 이벤트 데이터를 싱크 노드로 전달할 때, 노드 i나 노드 j와 같이 하나의 노드가 여러 개의 자식 노드를 갖는 병목 구간에서 혼잡이 발생하게 된다. 혼잡이 지속됨에 따라 노드 i나 노드 j에서의 패킷 손실이 많아지게 되고, 이벤트 데이터가 싱크 노드에까지 전달되지 못하는 문제가 발생한다. 이를 방지하기 위해 본 논문에서는 혼잡 패턴을 고려한 Hop-by-hop 전송률 조절 기법을 제안한다. 제안하는 기법에서, 각 노드는 CN (Congestion Notification) 비트를 통해 혼잡 패턴을 구분한다. 각각의 노드는 부모 노드로 패킷을 전송할 때 CN 비트와 자신의 현재 전송률을 패킷의 헤더에 포함하여 전송한다. 각 노드는 혼잡이 발생할 때마다 CN 비트 값을 1씩 증가시키고, 혼잡하지 않은 경우에는 비트 값을 1씩 감소시킨다.

그림 1에서 노드 i가 j로 패킷을 전송할 때, 노드 i와 j에서 모두 혼잡이 발생하지 않았을 경우 식 (1)에서처럼 노드 i는 초기의 전송률로 데이터를 전송한다. 노드 j에게 전달하는 CN 비트 값은 '00'으로 표시하여 부모 노드로 전송한다. 노드 j가 혼잡 상태에 있고 노드 i의 CN 값이 '00'일 경우, 노드 j는 노드 i에서 일시적 혼잡이 일어났음을 감지하여 식 (2)에서처럼 노드 i의 전송률을  $\alpha$ 만큼 감소시킨다.

$R_t(i)$ 는  $t$  시간에서의 노드  $i$ 의 전송률을 의미하고,  $R_{t+1}(i)$ 는 노드  $j$ 에 의해 조정된  $(t+1)$ 시간에서의 전송률을 의미한다.  $R_{t+1}(i)$  값은 노드  $j$ 의 Acknowledgement 메시지에 포함되어 노드  $i$ 로 전송된다.  $CN_j$ 는 노드  $j$ 의 CN 값을 의미한다.

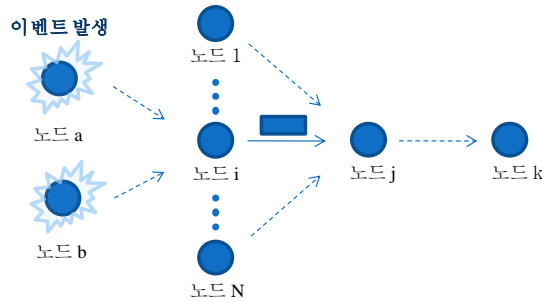


그림 1. 혼잡 발생의 예

$$R_{t+1}(i) = R_{initial}(i) \tag{1}$$

$$R_{t+1}(i) = R_t(i) - \alpha, \quad CN_j = '01' \tag{2}$$

노드  $j$ 에서 수신한 노드  $i$ 의 CN 비트 값이 '01'일 때, 노드  $j$ 는 자신 뿐 아니라 노드  $i$ 에서도 혼잡이 발생했다는 것을 인지한다. 지속적 혼잡을 막기 위해 노드  $j$ 는 노드  $i$ 의 전송률을  $\alpha$  만큼 증가시키고, 노드  $i$ 의 이웃 노드, 즉  $i$ 를 제외한 노드 1부터 노드  $N$ 까지의 전송률을  $\alpha$  만큼 감소시킨다. 이와 같은 전송률 조절을 식 (3), (4)를 통해 나타내었다.  $C_j$ 는  $j$ 의 자식 노드, 즉 노드  $i$ 와 노드  $i$ 의 이웃 노드를 의미한다. 노드  $i$ 와  $j$ 에서 혼잡이 연속적으로 발생했으므로 노드  $j$ 는 CN을 '10'으로 설정하여 노드  $k$ 로 전송한다.

$$R_{t+1}(n) = \sum_{n=1, n \neq i}^N R_t(n) - \alpha, \quad n \in C_j \tag{3}$$

$$R_{t+1}(i) = R_t(i) + \alpha, \quad CN_j = '10' \tag{4}$$

노드  $j$ 에서 수신한 노드  $i$ 의 CN 비트 값이 '10'일 경우, 노드  $j$ 는 노드  $i$  부근에서 연속적으로 혼잡이 발생했음을 인지한다. 혼잡 구간의 데이터를 신속히 처리해 주기 위해  $i$ 의 이웃 노드의 전송률을 배수적으로 줄이고, 노드  $i$ 의 전송률을 높여준다. 노드  $i$ 의 이웃 노드의 전송률을 줄임으로써 혼잡한 노드의 전송률은 더 높아지게 되며, 이를 통해 빠르게 혼잡을 완화시킬 수 있다.

### 3. 결론

전송률 조절 기법은 무선 센서 네트워크에서 혼잡으로 인한 패킷 손실을 막기 위한 기법 중 하나이다. 본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서의 혼잡 문제를 해결하기 위해 Hop-by-hop 기반 전송률 조절 기법을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 기법은 기존의 Hop-by-hop 기법들과는 달리 각 노드에서 혼잡 패턴에 따라 자식 노드의 전송률을 조절함으로써 이벤트 데이터의 처리율을 향상시킬 수 있다. 향후 과제으로써, 대규모 센서 네트워크 환경에서의 전송률 조절 기법을 연구하고자 한다.

### Acknowledgement

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비 지원 (07국토정보C03)에 의해 수행되었습니다.

### 참고문헌

- [1] J. Kang, Y. Zhang, and B. Nath, "TARA: Topology Aware Resource Adaptation to Alleviate Congestion in Sensor Networks," *IEEE Transaction on Parallel and Distributed Systems*, vol. 18, no. 7, pp. 919-931, July 2007.
- [2] J. Paek and R. Govindan, "RCRT: Rate-Controlled Reliable Transport for Wireless Sensor Networks," *In Proceedings of the 5th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*, pp. 305-319, November 2007.