

무선 센서 네트워크에서 신속하고 신뢰적인 긴급정보 전송 기법에 관한 연구

이한선⁰ 정광수
광운대학교 전자공학부
hslee⁰@adams.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr

A Fast and Reliable Transmission Scheme for Urgent Information in Wireless Sensor Networks

Hansun Lee⁰ Kwangsue Chung
School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

요 약

무선 센서 네트워크에서는 화재경보와 습도정보와 같이 긴급한 정보는 다른 정보보다 신뢰적이고 낮은 지연시간을 갖게 전송되어야 한다. 본 논문에서는 긴급정보를 신속하고 신뢰적으로 전송하기 위한 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 가용한 다중경로를 선택하고 RTS에 기입하여 순차적으로 CTS를 수신함으로써 채널 에러율에 강하고, 충돌영역에 따라 세 영역으로부터 CTS를 수신하기 때문에 높은 채널 에러율에서 신속하게 패킷을 전송하도록 하였다. 또한 ns-2 시뮬레이터를 이용한 실험을 통하여 제안한 기법의 성능을 CMTA MAC과 비교를 하였고, 실험 결과를 통해 제안하는 기법이 보다 신속하고 신뢰적인 전송을 하는 것을 확인하였다.

1. 서론

최근 정보통신 기술의 비약적인 발전으로 기존 계산기로써의 컴퓨터는 정보단말로써 발전하여 우리의 생활에 밀접한 영향을 주고 있다. 정보통신 기술의 진보는 유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous computing)이라는 새로운 정보통신 혁명을 야기하게 되었고, 사회 발전의 흐름과 끊임없이 환경을 인간 친화적으로 바꾸고 싶어 하는 인간의 욕구와 맞물려 무선 센서 네트워크의 필요성이 제기되고 있다.

무선 센서 네트워크란 센서가 달려 있어 센싱이 가능하고 센싱된 정보를 가공할 수 있는 프로세서가 달려 있으며 이를 전송할 수 있는 무선 송수신기를 갖춘 소형 장치, 즉 센서 노드로 구성된 네트워크를 의미한다. 기존의 네트워크와 다르게 의사소통의 수단이 아니라 다수의 센서 노드를 이용하여 환경의 변화, 수질 오염, 지진 활동, 건물의 구조적 상태 등에 대한 정보를 수집하는 것을 목적으로 한다[1].

대다수의 무선 센서 네트워크에 관한 연구는 모든 정보를 같은 특성으로 보고 패킷을 전송하였다. 그러나 우리의 생활을 조금 더 안전하고 편안하기 위해 센서 노드를 배치할 때 보안이나 재해, 환경, 건강상태에 따라 다양한 종류의 정보를 전송하게 된다. 무선 센서 네트워크에서는 화재경보와 습도정보와 같이 긴급한 정보와 그

지 않은 정보가 같은 네트워크를 통해서 전달되게 되고, 명백히 이런 정보들은 같게 처리될 수 없다. 긴급 정보는 다른 정보보다 신뢰적이고 낮은 지연시간을 갖게 전송되어야 한다[2].

무선 센서 네트워크에서 신뢰적인 전송을 위해 QoS(Quality of services)를 제공하기 위한 기법으로 다중경로와 다중패킷을 전송하는 방법[3][4]과 휴간 브로드캐스트[5], 혼잡제어기법[6] 등 다양한 방법이 소개되었다. 그러나 이런 방법들은 다소 복잡한 통신방법이나 계산 등이 필요하였으나 본 논문에서 제안하는 기법은 긴급정보를 전송하기 위해 간단한 기법으로 높은 신뢰성과 낮은 지연시간을 갖는 것을 목적으로 한다.

본 논문의 2장에서는 무선 센서 네트워크 환경에서 신뢰성과 낮은 지연시간을 갖기 위한 관련 연구에 대하여 기술하였고, 3장에서는 기존 연구들의 단점을 개선하기 위해 새롭게 제안한 기법에 대해 기술하였으며, 4장에서는 시뮬레이터를 이용하여 제안한 알고리즘의 성능을 검증하고 기존 프로토콜과의 성능 비교 결과를 기술하였다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺었다.

2. 관련연구

무선 센서 네트워크에서 긴급정보를 전송하기 위해서는 높은 신뢰성과 낮은 지연시간을 갖는 전송 프로토콜이 요구된다.

SPEED[7]는 실시간 통신을 위한 프로토콜로 unicast, area-multicast, area-anycast, 세 가지의 전송 서비스를

* 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.

지원한다. 중단간 실시간 통신을 위해서 전송속도를 유지하며 네트워크를 통해 전달된다.

ReInForm[4]은 다중경로를 사용하여 신뢰적으로 정보를 전달하는 기법으로 네트워크상에 중복된 패킷을 전송함으로써 신뢰성을 채널의 에러율에 따라 다중경로의 수를 조정함으로써 신뢰성을 보장한다.

3. 본론

무선 네트워크 환경에서 프레임 전송을 위한 MAC (Media access control) 프로토콜은 전송할 프레임에 라우팅 프로토콜에 의해 지정된 노드로 홉간 전송을 하게 된다. 그러나 일반적인 무선 센서 네트워크는 센서노드에서 싱크노드 또는 싱크노드에서 센서노드로 데이터를 전송하게 된다. 또한 데이터를 전송하게 되는 경로는 다양하게 결정될 수 있다.

본 논문에서는 RTS/CTS를 사용하는 CSMA기반의 MAC 프로토콜에서 가용한 다중경로 중 순차적으로 선택하여 충돌을 회피하는 기법을 제안한다.

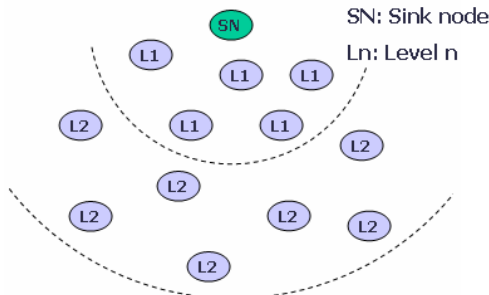


그림3.1 라우팅 레벨 설정

센서노드에서 이벤트가 발생 시 라우팅경로를 설정하고 정보를 보내게 되면 많은 전송시간이 필요하게 된다. 전송시간을 줄이기 위해 제안하는 기법은 그림3.1과 같이 싱크노드를 통한 라우팅 레벨을 설정한다. 이벤트가 발생하면 레벨을 따라 싱크노드로 패킷을 전송하게 된다.

3.1 순차적 CTS

높은 채널 에러율을 가지는 무선회선에서 RTS/CTS를 사용하여 패킷을 전송하는 MAC 프로토콜은 CTS 수신에 실패하면 랜덤 백오프 시간 후에 다시 RTS를 전송하게 된다. 이때 같은 경로로 재전송하기 때문에 패킷 전송에 실패할 확률을 가지고 있다. 무선 센서네트워크에서는 싱크노드까지 패킷을 전송할 수 있는 다중경로가 존재하기 때문에 CTS 수신을 실패하였을 때 다른 노드로부터 CTS를 받을 수 있는 순차적 CTS 기법을 제안한다.

순차적 CTS 기법은 RTS를 전송할 때 하나의 노드 주소만 기입하지 않고 가용한 다중경로의 노드주소를 여러 개 기입함으로써 하나의 노드로부터 CTS를 수신하지

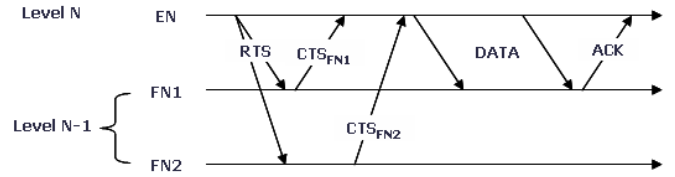


그림3.2 순차적 CTS 기법의 동작

못하였을 경우 다음 노드로부터 CTS를 받게 한다. 그림 3.2와같이 이벤트가 발생한 노드 EN은 패킷전송을 위해 상위 레벨의 포워딩 노드 FN1과 FN2의 주소로 RTS를 전송한다. 노드 주소가 지정된 순서대로 노드 FN1, FN2는 각각 CTS_{FN1}과 CTS_{FN2}를 순차적으로 전송하게 된다. 노드 EN이 CTS_{FN1}을 수신하였으면 패킷 데이터를 전송한다. 만약 노드 FN1이 CTS_{FN1}을 전송하지 못하였거나 노드 EN이 수신하지 못하였다면 노드 FN2는 CTS_{FN2}을 전송하고 이를 수신한 노드 EN은 패킷 데이터를 전송하게 된다.

RTS 전송으로 데이터 패킷을 전송할 수 있는 확률을 계산하면 식3.1과 같다. P_{RTS}는 RTS 전송확률이고 P_{CTS}는 CTS를 수신할 확률이다. 한번의 RTS 시도로 데이터 패킷을 보낼 확률은 하나의 노드를 지정해서 보낼 때 보다 가용 다중경로의 여러 노드를 선택해서 보낼 때 더 높게 된다.

$$\sum_{i=0}^R (1 - P_{RTS})^i (1 - P_{CTS})^3 - 1) P_{RTS} (P_{CTS}^3 - 3P_{CTS}^2 + 3P_{CTS}) \geq \sum_{i=0}^R (1 - P_{RTS})^i P_{RTS} P_{CTS} \quad (3.1)$$

3.2 가용한 다중경로 선택

가용 다중경로상의 노드를 RTS에 기입하여 순차적으로 CTS를 받을 때, 공간적으로 같은 위치에 있으면 패킷 전송을 다시 실패할 확률 높다. 따라서 공간적으로 패킷 전송에 실패할 확률이 적은 노드를 선택하는 것이 중요하다. 무선 센서 네트워크는 주기적 또는 일시적으로 많은 트래픽이 발생되는데 주변 트래픽에 따른 충돌영역을 그림3.3과 같이 나타낼 수 있다.

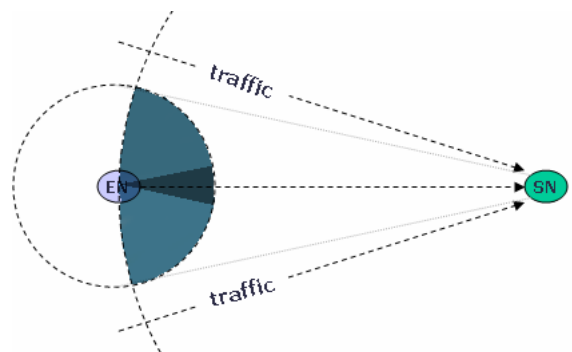
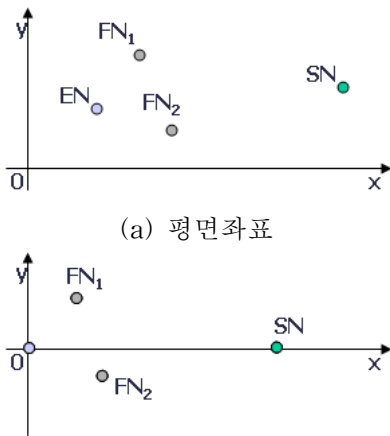


그림3.3 주변 트래픽에 따른 충돌영역 비교

충돌영역은 크게 세부분으로 가운데 부분은 양쪽 트래픽에 의해 충돌 가능성이 있으며 그 이외 부분은 하나의 트래픽에 의해서만 충돌 가능성이 있다. 따라서 세 영역의 노드를 선택하여 순차적으로 CTS를 받음으로써 성공적인 패킷 전송의 확률을 높일 수 있다.

가용한 다중경로 중, 구분되는 충돌영역에 따라 노드를 효율적으로 선택하기 위해서 노드의 좌표를 그림3.4의 (a)와 같은 평면좌표를 그림3.4의 (b)와 같이 패킷을 전송하는 노드 EN을 원점으로 싱크노드 SN을 x축상으로 이동하여 계산한다.



(a) 평면좌표
(b) EN을 원점, SN을 x축상으로 이동
그림3.4 노드 위치좌표 변환

노드 EN을 원점으로 이동은 식3.2와 같고, 싱크노드 SN을 x축상으로 이동은 식3.3, 식3.4 같이 나타낼 수 있다. 결과적으로 x축, 싱크노드 SN과 노드 EN을 잇는 직선과 FD와의 거리는 FD의 y_{θ} 가 된다.

가용한 다중경로 중에 RTS에 기입할 노드는 싱크노드와 가장 가까운, 0에 가장 가까운 y_{θ} 를 가지는 노드와 최대, 최소값을 가지는 노드로 결정한다.:

$$x' = x - x_{EN}, y' = y - y_{EN} \quad (3.2)$$

$$\cos \theta = \frac{x'_{SN}}{\sqrt{x'^2_{SN} + y'^2_{SN}}}, \sin \theta = \frac{y'_{SN}}{\sqrt{x'^2_{SN} + y'^2_{SN}}} \quad (3.3)$$

$$x_{\theta} = \cos \theta x - \sin \theta y, y_{\theta} = \sin \theta x + \cos \theta y \quad (3.4)$$

4. 실험 및 성능평가

본 장에서는 새로 제안한 FCPP의 성능 평가를 위해 LBNL(Lawrence berkely national laboratory)의 ns-2(Network simulator)[9]를 사용하여 다양한 실험을 수행하였다.

4.1 실험환경

본 실험은 100m x 100m 크기의 네트워크 영역을 가정하고, 그림4.1과 같이 토폴로지를 구성하였다. 제안한 기법과 성능을 비교하기 위해 기존의 CSMA MAC을 사용하였고 라우팅 프로토콜로는 AODV를 사용하였다. 이벤트노드 EN에서는 200bytes의 하나의 정보를 싱크노드 SN으로 전송한다.

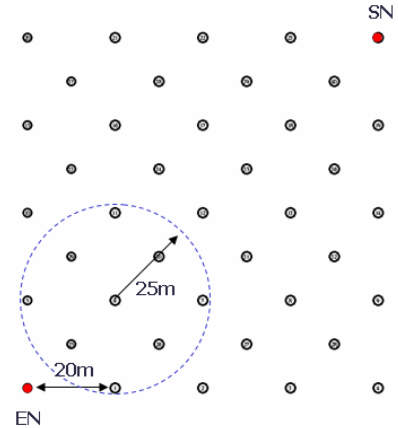


그림4.1 실험환경

4.2 성능실험

본 논문에서 제안하는 기법은 가용한 다중경로를 선택하고 RTS에 기입하여 순차적으로 CTS를 수신함으로써 채널 에러율에 강하고, 충돌영역에 따라 세 영역으로부터 CTS를 수신하기 때문에 높은 채널 에러율에서 신속하게 패킷을 전송하도록 한다. 따라서 기존의 CSMA MAC과 채널 에러율에 따른 종단간 지연시간과 전송 패킷수를 비교하여 성능 검증은 하였다.

그림4.2는 채널 에러율에 따른 종단간 지연시간을 보여준다. 채널 에러율이 25% 이하일 경우, CSMA MAC과 거의 비슷한 지연시간을 갖는다. 그러나 채널 에러율이 25% 이상 높은 에러율을 갖을 때는 보다 적은 전송 지연시간을 갖는 것을 확인할 수 있다.

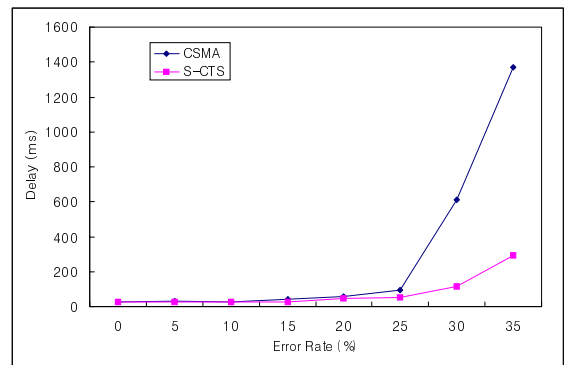


그림4.2 채널 에러율에 따른 종단간 지연시간

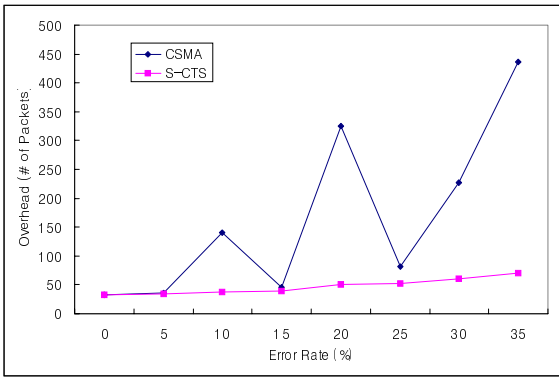


그림4.3 채널 에러율에 따른 송신 패킷 수

그림4.3은 채널 에러율에 따른 송신 패킷 수를 나타낸 그림이다. CSMA MAC은 채널 상황에 따라 전송 패킷 수의 큰 변화를 갖는 것을 보인다. 패킷 전송이 실패함에 따라 AODV 프로토콜을 사용하여 경로를 재설정하기 때문이다. 그러나 제안하는 기법은 싱크노드 SN에서부터 레벨에 의한 패킷 전송을 하기 때문에 적은 변화를 보인다.

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 무선 센서 네트워크에서 긴급정보를 신속하고 신뢰적으로 전송하기 위한 기법을 제안하였다. 제안하는 기법은 가용한 다중경로를 선택하고 RTS에 가입하여 순차적으로 CTS를 수신함으로써 채널 에러율에 강하고, 충돌영역에 따라 세 영역으로부터 CTS를 수신하기 때문에 높은 채널 에러율에서 신속하게 패킷을 전송하도록 하였다.

시뮬레이터를 이용한 실험을 통하여 제안한 기법의 성능을 CSMA MAC과 비교를 하였고, 실험 결과를 통해 제안하는 기법이 보다 신속하고 신뢰적인 전송을 하는 것을 확인하였다.

참고문헌

[1] 채동현, 한규호, 임경수, 안순신, "센서 네트워크의 개요 및 기술동향," 정보과학회 논문지, 제 22권, 제 12호, pp. 5-12, 2004. 12.

[2] T. Kawai, N. Wakamiya and M. Murata "A fast and reliable transmission mechanism of urgent information in sensor networks", The 3rd International Conference of Networked Sensing Systems, 2006. 6.

[3] S. Bhatnagar, B. Deb, and B. Nath, "'Service differentiation in sensor networks,'" in Proc. of the 4th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications, 2001. 9.

[4] B. Deb, S. Bhatnagar, and B. Nath, "'ReInForM: Reliable information forwarding using multiple paths in sensor networks,'" in Proc. of 28th Annual IEEE conference on Local Computer Networks (LCN 2003), pp. 406-415. 2003. 10.

[5] B. Deb, S. Bhatnagar, and B. Nath, "'Information assurance in sensor networks,'" in Proc. of the 2nd ACM international conference on Wireless sensor networks and applications, pp. 160-168. 2003. 9.

[6] Y. Sankarasubramaniam, B. Akan, and I. F. Akyildiz, "'ESRT: Eventto-Sink reliable transport in wireless sensor networks,'" in Proc. of the 4th ACM International symposium on Mobile ad hoc networking and computing (MobiHoc 2003), pp. 177-188. June 2003. 6.

[7] T. He, J. Stankovic, C. Lu, and T. Abdelzaher, "SPEED: A Real-Time Routing Protocol for Sensor Networks," University of Virginia Tech. Report CS-2002-09, 2002. 3.

[8] Fred Stann and John Heidemann, "RMST: Reliable Data Transport in Sensor Networks," Proceedings of the First International Workshop on Sensor Net Protocols and Application, pp. 102-112, 2003. 4.

[9] The network simulator ns-2, <http://www.isi.edu/nanam/ns/>