

IEEE 802.11 기반 무선망에서의 저전력 브로드캐스트 기법*

최종무^o 고영배 김재훈

아주대학교 정보통신전문대학원

{zootman^o, youngko, jaikim}@ajou.ac.kr

Energy-efficient Broadcast scheme in IEEE 802.11 based Wireless Networks

Jong-Mu Choi^o Young-Bae Ko Jai-Hoon Kim

Graduate School of Information and Communication, Ajou University

요 약

IEEE 802.11에서는 브로드캐스트 프레임 보낼 때 Basic access procedure를 따른다. 즉, 브로드캐스트 프레임 보내기 전에 RTS / CTS 프레임의 교환을 하지 않아서 신뢰성을 보장할 수 없기 때문에 또한 충돌로 유실된 프레임에 대해 상위 계층에서의 재전송을 만들어 낼 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 기법들이 제안되었다. 본 논문은 기존에 제안된 알고리즘의 문제점을 알아보고, IEEE 802.11에서의 자원을 예약율을 높일 수 있는 새로운 브로드캐스트 기법을 제안한다. 제안된 저전력 브로드캐스트 기법은 프레임 충돌을 방지하여 재전송을 피할 수 있기 때문에 단말기의 에너지 소비 효율측면에서도 이득을 가져 올 수 있음을 수학적 분석을 통하여 확인하였다.

1. 개요

IEEE 802.11은 브로드캐스트 프레임 (broadcast frame)을 보내기 전에 RTS/CTS를 교환하지 않음으로 해서 자원을 예약하지 않는다. 또한 MAC 계층에서의 ACK 프레임을 사용하지 않아서 충돌에 의한 브로드캐스트 프레임에 대한 신뢰성을 보장할 수가 없다[1].

이러한 단점을 극복하고자 IEEE 802.11에서 안정성을 보장해 줄 수 있는 브로드캐스트 기법들이 제안되었다[2-5]. 기존 기법은 (1) 자원의 예약을 보장해 줄 수 있는 기법과 (2) 브로드캐스트 프레임 전송 후 충돌로 인해 에러가 난 프레임을 알아내어 재전송을 보장해 줄 수 있는 두 가지 기법으로 나눌 수 있다. 그러나, 이러한 기법들은 너무 많은 제어 프레임 또는 재전송에 의한 재전송 데이터 프레임을 야기 시켜서 에너지 소모측면에서 비효율적이다. 에너지 효율 측면에서의 단점을 극복하고자, 본 논문은 제어 프레임의 수를 감소시키고 자원의 예약을 보장하여

신뢰성을 극복할 수 있는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 제어 프레임 수의 단축으로 기존에 제안된 기법들보다 에너지 소비 효율 측면에서 좋은 성능을 보여준다.

2. 관련 연구

본 장에서는 IEEE 802.11 에서 브로드캐스트 프레임에 대한 신뢰성을 보장해주기 위해 제안된 기법들에 대하여 알아 본 후 기존 알고리즘들의 가지고 있는 문제점을 제시한다.

IEEE 802.11에서 브로드캐스트 서비스의 신뢰성을 보장해주기 위해 기존에 제안된 기법들은 브로드캐스트 프레임을 전송하기 전에 RTS / CTS같은 프레임 교환하여 자원을 예약할 수 있도록 시도를 하였다[2-4].

그러나, 브로드캐스트 서비스에서는 수신 노드 수의 증가로 인해 CTS를 송수신하기 위한 문제가 야기될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 수신 노드 중 하나를 정하여 그 노드로부터만 CTS 및 ACK를 받는 기법이 제안되었다[2]. 이 기법은 충돌이 난 노드들로부터 전송 확인을 받을 수 없다는 단점을 가지고 있어서, NAK를

* 본 논문은 2002년도 한국학술진흥재단 신진교수연구과제지원사업의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2002-003-D00262)

사용하여 충돌을 알릴 수 있는 기법이 제안되었다[3]. 이 기법은 송신 노드가 브로드캐스트 프레임을 보낸 후 일정시간 동안 타이머를 구동시켜 충돌이 난 노드로부터 NAK를 받으면 재전송하고, 충돌없이 타이머가 경과 되면 다음 프레임을 전송 하는 방식으로 이미 통신 자원이 예약되어 있는 노드로부터 자원 예약에 대한 확인을 받지 못하여 패킷을 충돌을 막을 수는 없다. 이러한 단점을 극복할 수 있는 다른 방법으로는 브로드캐스트 RTS 프레임에 대하여 모든 수신 노드들이 스케줄러를 통해 순차적으로 CTS를 보내는 BMW (Broadcast Medium Window) 기법이 제안되었다[4][5]. BMW 에서는 전송된 브로드캐스트 프레임에 대해서도 각각의 수신 노드들은 또 다시 돌아가면서 ACK프레임을 보냄으로 브로드캐스트 서비스에 대한 신뢰성을 증가 시킬 수는 있으나, 응답시간 및 프레임의 수가 수신하는 노드의 수만큼 증가될 수 있는 문제점을 가지고 있다.

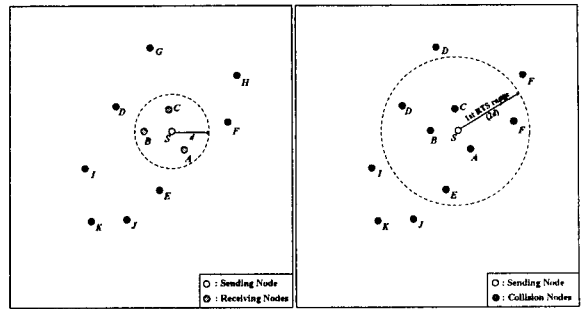
이러한 기존에 제안된 기법들은 너무 많은 제어 패킷의 교환과 재전송을 통한 패킷 교환의 증가로 에너지 제한을 가지고 있는 이동 단말기에 부적합하다고 볼 수 있다.

3. 저전력 브로드캐스트 기법

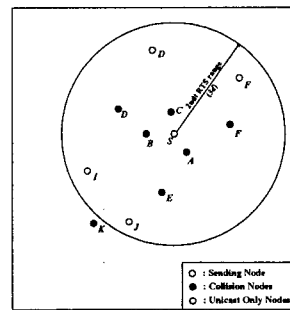
본 논문에서 제안하는 기법은 브로드캐스트 프레임에 대한 신뢰성을 증대시켜 줌으로서 재전송을 방지할 수 있는 저전력 브로드캐스트 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘의 기본 동작은 [그림 1]과 같다. [그림 1](a)는 초기 망의 형태를 보여주며, 점선으로 표시된 영역은 송신 노드 S가 브로드 캐스트 하려는 영역을 나타낸다.

노드 S가 브로드 캐스트 프레임을 전송하고자 할 때는 다음과 같이 동작한다.

1. [그림 1](b)에서 보는 바와 같이 송신 노드 S는 브로드 캐스트 영역이 가지고 있는 반지름 보다 2배 반지름을 가지는 영역만큼 브로드캐스트 RTS를 전송하여 수신 노드들이 CTS를 통한 자원 예약을 대신하여 준다. 첫 번째 RTS를 전송한 후 송신 노드 S는 타이머를 구동하여 다른 수신 노드로부터 응답이 없으면 다음 단계로 넘어간다.
2. [그림 1](c)에서 보듯이 두 번째 브로드캐스트 RTS프레임은 브로드캐스트 영역보다 3배 큰 반지름을 가지는 영역으로 전송되어 첫 번째 RTS를 수신한 영역의 인접 노드가 브로드캐스트 RTS를 전송하여 생길 수 있는 충돌을 방지한다. 첫 번째 RTS와 마찬가지로 타이머를 통한 자원 예약 여부를 확인 할 수 있다.



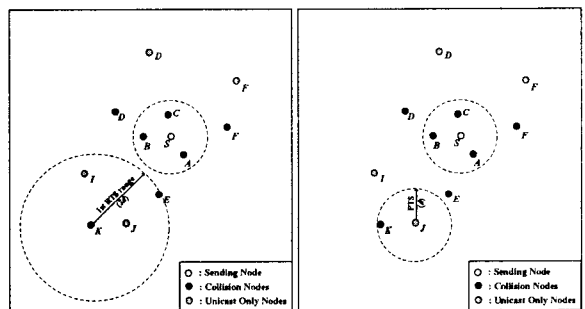
(a) 초기 망 구성 (b) 첫 번째 RTS의 전송



(c) 두 번째 RTS의 전송

[그림 1] 제안 기법을 통한 자원의 예약

첫 번째 RTS를 수신하지 못하고 두 번째 RTS만 수신한 노드들은 유니캐스트 서비스가 가능하며, 현재 진행 되고 있는 브로드캐스트 서비스의 자원 예약을 확인하기 위하여 다른 브로드캐스트 노드로부터 RTS를 수신한 경우 PTS (Prohibit the transmission)를 송신하여 자원 예약의 중복을 막을 수 있다. [그림 2]



(a) 자원 중복 예약 (b) PTS를 통한 자원예약거부

[그림 2] PTS를 통한 자원 예약 거부 기법

저전력 브로드캐스트 기법은 두 개의 RTS 전송을 통하여 자원 예약의 신뢰성을 보장하여 충돌가능성을

제거하여 재전송을 방지함으로써 бат데리로 전원을 공급을 받은 이동 단말기의 에너지 소모 측면에서의 성능을 향상시킬 수 있다.

4. 성능평가

제안된 알고리즘의 평가를 위해 무선 망에서의 에너지 모델은 논문 [6]을 참고하였으며 전송거리 (d)에 따른 에너지 소모(E)는 식 (1)과 같이 표현 될 수 있다.

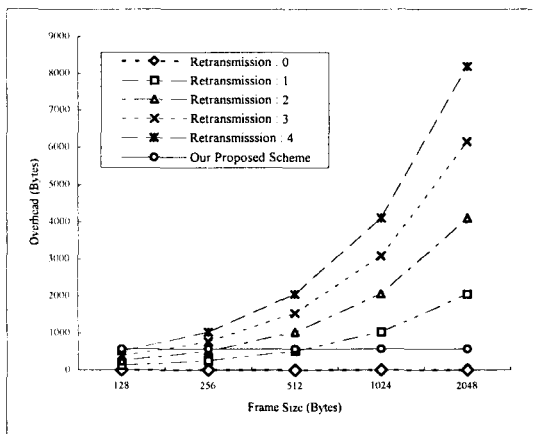
$$E = \varepsilon \cdot d^2 + c \dots (1)$$

(ε : 전기회로상에서 소모되는 전력, c : 환경 상수)

반지름이 d 인 영역에 브로드캐스트를 하려면 제안 기법에서는 RTS 프레임의 전송을 위해 아래와 같은 양의 에너지 (E_{prop})가 소모된다.

$$E_{prop} = \varepsilon \cdot (2d)^2 + c + \varepsilon \cdot (3d)^2 + c \\ = 13\varepsilon \cdot d^2 + 2c \approx 13E$$

따라서, 제안된 기법은 RTS 전송시 기존기법보다 13배 많은 에너지가 소모된다. 재전송에 의해 브로드캐스트의 신뢰성을 회복하는 기존 기법과 두 개의 RTS전송에 의한 제안 알고리즘의 에너지 성능 비교 결과는 [그림 3]과 같다. 위의 그래프에서 RTS 프레임의 크기는 44 바이트로 고정하였으며, 데이터 프레임의 크기의 변화 및 재전송 횟수에 따른 에너지 소모율을 보여 주고 있다.



[그림 3] 저전력 브로드캐스트 기법의 에너지 소비 성능

[그림 3]에서 보듯이 제안된 기법은 대부분의 경우 기존 기법에 비교하여 에너지 소모율 측면에서 좋은 성능을 나타내며, 자원의 예약의 불완전성을 통한 재전송의 증가, 데이터 프레임의 사이즈가 증가 할수록 더 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 IEEE 802.11 기반의 브로드캐스트 서비스의 신뢰성 및 에너지 소비 효율을 향상시킬 수 있는 기법을 제안 하였으면, 간단한 수학적 모델링을 통한 에너지 소비 효율 측면에서 성능 비교를 하였다. 제안된 알고리즘은 기존의 기법에 비하여 대부분의 경우 좋은 성능을 나타내었으며, 브로드캐스트 데이터의 사이즈가 크고 빈도가 잦은 무선 뉴스캐스트, 스포츠캐스트, 원격 교육 같은 서비스에 적합함을 알 수 있다.

또한 이 논문에서 제안된 기법은 단말의 이동성 및 트래픽 모델의 변형 등 다양한 무선 환경에서의 성능 평가를 통한 연구는 계속 되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] IEEE Computer Society LAN MAN Standards Committee, " Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specification," *IEEE 802.11 Standard*, Aug. 1999.
- [2] K. Tang and M. Gerla, " Random Access MAC for Efficient Broadcast Support in Ad Hoc Networks," *Proc. IEEE WCNC 2000*, Sep. 2000.
- [3] K. Tang and M. Gerla, " MAC Layer Broadcast Support in 802.11," *IEEE MILCOM 2000*, Oct. 2000.
- [4] K. Tang and M. Gerla, " MAC Reliable Broadcast in Ad Hoc Networks," *IEEE MILCOM 2001*, Oct. 2001.
- [5] M.-T. Sun, L. Huang, A. Arora and T.-H. Lai, " Reliable MAC Layer Multicast in IEEE 802.11 Wireless Networks," *ICNP 2002*, Aug. 2002.
- [6] W. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, " Energy-efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks," *IEEE Proc. of Hawaii Int' l conf. System Science*, Jan. 2000