

무선랜의 MAC 계층 멀티캐스트에 관한 연구

이윤석*, 정민수*

*경남대학교 컴퓨터공학과

e-mail:lysis2jt@naver.com

msjung@kyungnam.ac.kr

A Study on MAC Layer Multicast in Wireless LAN's

Yun-Seok Lee*, Min-Soo Jung*

*Dept of Computer Engineering, Kyungnam University

요 약

유비쿼터스 사회로 발전해 감에 따라 다양한 서비스를 특정 사용자에게 제공하는 그룹 서비스의 중요성이 부각되고 있다. 이러한 그룹 서비스를 제공하는 멀티캐스트는 다양한 계층에서 논의 및 개발 되고 있다. 하지만 이런 활발한 멀티캐스트에 대한 논의에도 불구하고 아직 MAC 계층에서의 멀티캐스트는 무선랜 환경의 브로드캐스트 특성에 의해 아직도 많은 프로토콜들이 연구되고 있다. 본 논문에서는 이러한 802.11 표준에서 정의하고 있는 멀티캐스트 기법과, 기존의 논문에서 제시된 MAC 계층의 멀티캐스트 기법의 장단점을 확인하고, 효율적인 MAC 계층에서의 멀티캐스트 프로토콜을 제안한다.

키워드 : MAC, Multicast, Wireless LAN

I. 서론

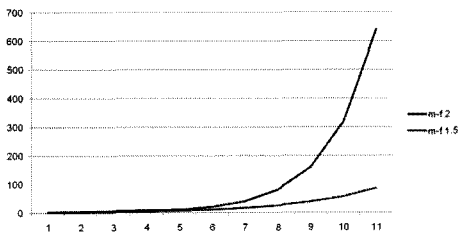
유비쿼터스 사회에서의 네트워크는, 현재의 주를 이루는 유선 환경이 아닌, 개인의 네트워크 환경을 반영하는 무선 네트워크 환경으로 변화 발전할 것이다. 무선 환경에서의 데이터 송수신은 유니캐스트, 멀티캐스트, 브로드캐스트로 구분되며, 이러한 무선 환경에서의 다양한 서비스는, 가입자와 비가입자의 구분되어 제공될 것이고, 가입자에게 제공되는 서비스는 멀티캐스트를 통해 이루어 질 것이다. 이러한 멀티캐스트에 관한 연구는 여러 계층에서 이루어 지고 있으나, 실제 IEEE 802.11표준에서 MAC계층에서의 멀티캐스트에 대한 연구는 아직 부족한 실정이다[1,2]. 무선랜 환경에서의 멀티캐스트는 기본적으로 CSMA/CA와 유사한 환경으로 동작하며 이러한 형태의 통신은, A,B,C의 세 노드가 존재할 때, A는 C를 발견하지 못하고, C는 A를 발견하지 못 하는 Hidden Terminal 문제가 발생하게 된다[2]. 또한 노드간의 충돌과 형평성, 그리고 전송의 효율성 측면에서 몇 가지

문제점을 내포한다. 이러한 형태의 무선랜 환경에서의 멀티캐스트는, 각 노드의 브로드캐스트의 특징에 의해 서로 충돌이 발생하는 것을 고려하여야 하며, 멀티캐스트는 각각의 그룹에 속한 노드들에 대하여 발생하는 송·수신시의 충돌 및 경쟁시간을 충분히 고려하여야 한다. 본 논문에서는 이러한 무선랜 MAC 계층에서의 멀티캐스트 특징을 분석하고 그 특징에 맞게 설계된 몇 가지 멀티캐스트 방법들을 확인, 멀티캐스트 프로토콜의 특징과 장단점을 비교 분석해 본다. 그리고 제시된 LBP프로토콜에 그룹정보를 추가하여 신뢰성 및 효율성을 향상시킬 수 있다.

II. IEEE 802.11표준에 따른 멀티캐스트

IEEE 802.11 표준에서 MAC 계층의 통신은 유니캐스트와 멀티캐스트에 관해 정의를 하고 있다[1]. 먼저 유니캐스트는 RTS(Request-to-Send) 프레임과 CTS(Clear-to-Send) 프레임의 교환으로 송·수신할 채널

에 대한 경쟁을 수행한다[1,2]. 이러한 경쟁은, 충돌 발생시 일정 시간을 대기한 후 재전송을 시도하는 형태로 진행되며, 이때 임의의 시간은 경쟁 윈도우 범위 내에서 선택되며, 재전송을 시도할 경우에는 경쟁 윈도우의 값을 이전 값의 2배로 증가시키는 이진 지수 백오프(BEB: binary exponential backoff)알고리즘을 사용하여 경쟁 윈도우를 증가시킨다[3]. BEB 알고리즘의 계산 식은 $F_{dec}(X) = BO_{min}$ 이고 $F_{inc}(x) = \text{MIN}(2x, BO_{max})$ 이다[3]. 이때 BO는 백오프 값으로 BO_{min} 과 BO_{max} 로 구분할 수 있으며, 각각의 값이 실제 경쟁 윈도우가 가지는 최소값과 최대값으로, 최대값이 정해져 있지 않다면, 최초 경쟁에 의해 실패한 노드는 무한정 대기하는 결과를 가져 올 수 있다[3]. 또한 BEB 알고리즘의 경우에는 2의 배수로 증가하기 때문에 아래 그림1 과 같이 경쟁이 심화되면, 그 값이 기하급수적으로 증가하게 된다. 이러한 형태의 증가를 방지하기 위하여, 2의 배수로 증가하는 것이 아닌 1.5의 배수로 증가하는 알고리즘을 사용하기도 한다[3].

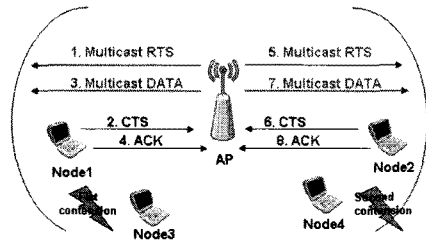


〈그림1〉경쟁에 따른 BEB알고리즘의 백오프 값

그리고 IEEE 802.11 표준에 따른 멀티캐스트의 경우에는 실제 멀티캐스트를 송신하고자 하는 형태의 멀티캐스트 RTS를 송신 후에는 아무런 응답도 요청하지 않는다[1,2,3]. 이러한 응답을 요청하지 않는 형태의 멀티캐스트는 신뢰성의 문제를 가진다[1,2,3]. 각각의 데이터를 송신한 후 그 데이터에 대한 수신완료의 응답을 가지지 않는다면, 손실된 데이터의 경우에 대한 확인 및 복구 작업이 수행 될 수 없고, 만약 응답 신호인 ACK를 요청할 경우에는 수신측에서 발생하는 충돌 문제를 해결해야 하는 단점이 발생한다. 또한 이러한 수신측의 충돌을 해결하기 위해서 또다시 채널 경쟁을 수행하게 된다면, 노드의 수가 적은 환경에서의 경쟁은 빠른 형태의 데이터 송신이 가능할 지도 모르나, 노드의 수가 많을 경우에는, 모든 노드들이, ACK 응답신호를 송신하기 위해서 경쟁을 치러야하기에 지연이 발생하게 된다. 또한 각각의 노드들의 채널 상태가 다르기 때문에 전송하려는 속도도 문제가 된다. 만약 고속으로 멀티캐스트 데이터를 송신할 경우에, 저속의 노드는 그것을 수신할 수 없는 문제가 발생하게 된다. 그러므로 일반적인 멀티캐스트의 데이터 송신은 모든 노드들이 성공적으로 데이터를 수신할 수 있도록 가장 낮은 속도로 전송하게 된다[1,2].

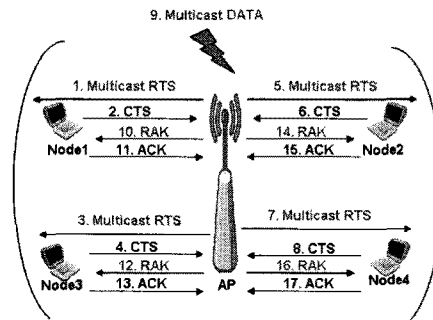
III. MAC 계층에서의 멀티캐스트 기법

IEEE 802.11 표준에 따른 무선 랜 환경에서의 데이터 송수신 기법에서는 RTS와 CTS의 교환에 의한 데이터 송수신을 수행한다. 하지만 이러한 형태의 송수신은 유니캐스트에서만 유용하다. 왜냐하면 멀티캐스트에서의 RTS와 CTS 교환은 먼저 멀티캐스트를 위한 RTS를 송신하였을 때 각각의 노드가 그에 대한 응답으로 CTS를 송신할 때, 수신하는 액세스 포인트 또는 베이스 스테이션에서 충돌이 발생하게 된다. 이러한 충돌을 방지하기 위해서 제안된 프로토콜이 바로 BMW(Broadcast Medium Window)이다[2,4]. 이는 그림 2에서 보는 것과 같이 각각의 노드에 멀티캐스트 RTS를 송신하고 그에대한 CTS를 모든 노드들에게 수신하는 형태이다. 이러한 형태의 충돌을 방지하는 프로토콜의 경우에는 신뢰성은 확보할 수 있으나, 처리량 면에 있어서는 데이터를 송수신 하는 과정에서의 모든 노드들이 매번 경쟁을 거쳐야하기 때문에 낮은 처리량을 가진다[2,4].



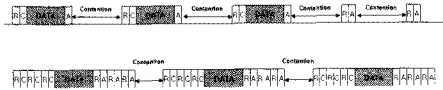
〈그림 2〉 BMW 프로토콜 동작 방식

BMW 프로토콜의 가장 큰 문제는 모든 노드가 프레임 교환할 때 항상 경쟁을 수행해야 한다는 것이다. 이러한 경쟁 횟수가 증가하는 것을 방지하기 위해 나온 프로토콜이 바로 BMMM(Batch Mode Multicast MAC)이다. 이는 아래 그림 3에서 보는 것과 같이 각각의 노드에게 순차적으로 RTS 프레임을 송신하고 그에 대한 CTS를 수신함으로써 경쟁을 BMW 프로토콜에 비해 상대적으로 줄일 수 있다[2,3].



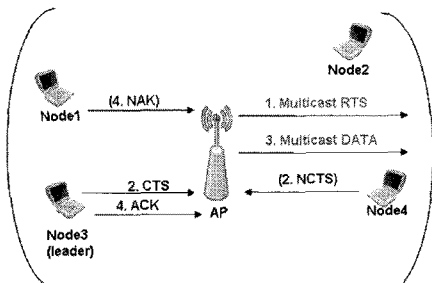
〈그림 3〉BMMM 프로토콜 동작 방식

이와 같은 BMMMPROTO콜에서는 데이터의 송수신에 대한 신뢰성을 확보하기 위해 보내는 RAK(Request for ACK) 프레임과 ACK 프레임 교환에 의한 단일 데이터 프레임의 양이 그림 5와 같이 증가하게 된다. 만약 하나의 노드에서 데이터 수신시에 오류가 발생하여 재 전송을 요청한다면 BMMMPROTO콜에서는 BMW 프로토콜의 프레임보다 큰 형태의 데이터를 송신해야 하고, 각각의 노드들에 대해 RAK와 ACK 프레임을 수신해야 하는 오버헤드가 존재하게 된다(2,4).



〈그림 5〉 BMW와 BMMMPROTO콜의 전송 예

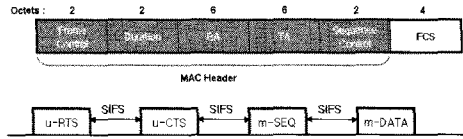
위의 그림 5와 같이 BMW와 BMMMPROTO콜의 경우에는 다수의 노드가 존재하는 베이스 스테이션의 경우에는 각각의 노드에 대한 멀티캐스트 데이터를 처리하기 위한 경쟁이 확대되거나, 전송할 데이터 프레임이 상대적으로 길어지는 문제가 발생하게 된다. 이러한 단점을 개선한 것이 바로 아래 그림 6의 LBP(Leader-Based Protocol)이다(2). 이 LBP 프로토콜은 멀티캐스트 데이터를 전송할 때 사전에 선출된 그룹의 대표와 CTS와 ACK를 경쟁을 수행함으로써, BMW보다는 상대적으로 적은 경쟁을 수행하고, BMMMPROTO콜보다는 상대적으로 적은 양의 프레임을 가지고 멀티캐스트 데이터를 송신할 수 있는 장점이 있다(2,5,6).



〈그림 6〉 LBP 프로토콜

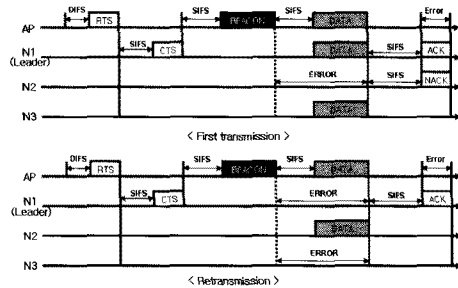
이러한 LBP 프로토콜은 베이스 스테이션에서 멀티캐스트 RTS를 리더에게 송신하게 되고 리더는 이에 대한 응답으로 CTS를 송신한다. 이후 멀티캐스트 데이터를 송신하고 그에 대한 응답으로 ACK를 기다리는 구조이다. 그리고 준비되지 않는 노드는 베이스스테이션으로 NCTS또는 NACK 프레임을 통해 데이터 CTS 또는 ACK 프레임 수신에 의도적으로 방해한다(2,5,6). 이와같은 LBP의 경우 리더를 선출하는 방법에 관한 내용이 논의되어야 하며, 멀티캐스트 RTS를 송신하는 동안 숨겨진 터미널의 문제가 발생할 수 있고, 채널의 에러율이 높을 경우에 성능이 낮아지는 단점이 있다(2,5,6).

이러한 LBP 프로토콜을 개선한 ELBP(enhanced LBP)와 BLBP(Beacon-driven LBP)가 존재한다. 먼저 ELBP는 아래 그림 7과 같이 SEQ 프레임에 넣는다(5,6).



〈그림 7〉 SEQ 프레임의 위치

기존의 LBP 프로토콜의 경우에는 리더가 아닌 노드가 멀티캐스트 프레임을 제대로 수신하지 못하였을 경우에는 NAK를 통해 ACK 프레임 수신에 의도적으로 방해하였다. 이 경우 신뢰성을 확보하기 위해 재 전송 절차에 들어가게 되는데 재전송시에 특정 데이터의 순서를 요청하는 경우가 없다면 모든 데이터를 다시 송신하여야 한다(6). 이러한 형태의 문제를 해결하기 위해 SEQ 프레임을 삽입하여 RTS/CTS/SEQ의 교환 이후에 멀티캐스트 데이터를 송신한다. 그리고 ACK를 수신하지 못하면 다시 그 SEQ에 해당하는 데이터를 송신함으로써 재전송을 효과적으로 수행할 수 있다(6). 그리고 BLBP의 경우에는 아래 그림 8과 같이 BEACON을 사용하여 동기화를 맞추어 준다(5).



〈그림 8〉 BLBP의 동작 구조

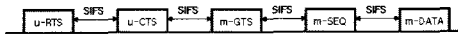
먼저 RTS/CTS 프레임 교환은 LBP와 동일하다(5). 그리고 beacon 프레임을 송신한다. 이 beacon 프레임을 수신한 각각의 리더가 아닌 노드들은 시간을 설정하고 데이터 프레임을 수신하기 위해 대기한다. 그리고 멀티캐스트 데이터를 수신하지 못하였을 경우에는 NACK를 송신하여 리더의 정상적 ACK를 방해하고 재전송 절차에 들어간 후, 성공적으로 데이터 수신을 완료하는 절차를 가진다(5).

이러한 형태의 LBP 기법은 IEEE 802.11 표준에서의 멀티캐스트 기법과는 달리 ACK 프레임을 통한 신뢰성을 확보하고, 또한 유니캐스트 데이터와 멀티캐스트 데이터가 혼재하는 환경에서는 멀티캐스트 데이터가 상대적으로 낮은 백오프 값을 가지므로 해서 발생하는 유니캐스트와의 형평성 문제를 리더와의 ACK 프레임 송수신을 통해서 해결할 수 있는 장점이 있다(2,6).

IV. 제안 LBP 프로토콜

멀티캐스트 데이터를 송·수신하는 과정에서의 데이터는 기본적으로 베이스스테이션 영역 내에서 브로드캐스트를 수행한다. 이 과정에서 발생할 수 있는 경쟁을 최소화 하고 유니캐스트와의 형평성을 확보하기 위해서 LBP 프로토콜을 사용할 수 있다. 하지만 BEB 알고리즘이 적용된 LBP 프로토콜의 경우에는 유니캐스트 데이터와 멀티캐스트와의 데이터 충돌시에 충돌이 지속적으로 증가하게 되면 그림 1에서와 같이 백오프 값이 기하급수적으로 증가되기 때문에 이에 대한 개선이 필요하다. 본 논문에서는 기존에 제시된 LBP 프로토콜에서 다수의 충돌이 발생시에 효과적인 백오프 값을 가질 수 있도록 BEB 알고리즘이 아닌 증가는 1.5배수로 증가를 하고 정상적으로 송 수신이 완료되었을 경우에는 1씩 감소하는 $F_{dec}(X)=MAX(x-1,BO_{min})$ 이고 $F_{inc}(x)=MIN(1.5x,BO_{max})$ 으로 설정할 것은 제안한다[3].

그리고 아래 그림 9와 같이 RTS/CTS교환이 이루어 지고 난 다음 그룹정보를 가진 프레임 GTS를 송신하여 각 노드들의 그룹에 대한 정보를 설정한다. 이와 같은 경우에 리더가 아닌 노드가 준비가 되지 않았을 경우에는 LBP 알고리즘에 의해 리더의 송신 CTS에서 준비가 되지 않았다는 NCTS를 송신하여 의도적 충돌을 발생시키게 되고 이것에 대한 문제가 없을 경우에는 BLBP 알고리즘과 같이 GTS이후 자신이 속한 그룹에 대한 명확한 설정을 이루어 내고 beacon에 의해 시간적 동기화를 이룬 뒤에 멀티캐스트 데이터를 송신하게 된다.



〈그림 9〉 GTS 프레임의 삽입

그리고 멀티캐스트 데이터의 송신이후 신뢰성의 확보를 위한 ACK의 동작에서, 정확히 데이터를 수신하지 못한 노드는 NACK를 송신하게 되고 결과적으로 BLBP 프로토콜과 동일한 동작을 수행한다.

본 논문에서 제시하는 MAC 계층에서의 멀티캐스트는 신뢰성과 효율성, 그리고 형평성을 기반으로 하여 연구를 진행하였다. 먼저 신뢰성은 GTS를 통한 그룹 가입자에게만 데이터를 전달하는 프레임 삽입하였고, ACK를 통한 데이터의 명확한 수신을 확인하였으며, 효율성 측면에서는 LBP 알고리즘을 사용하여 경쟁을 최소화 하였고, 형평성 측면에서, 이진 지수적 증감을 사용하는 것이 아닌, 증감의 폭을 감소시킴으로써 유니캐스트와 멀티캐스트 데이터의 형평성을 가질 수 있게 하였다.

V. 결론

ISO802.11 무선랜 환경에서의 MAC 계층에서의 멀티캐

스트 기법이 기존 연구를 통해 제시되었다. 먼저 BMW 알고리즘의 경우에 짧은 프레임 사용함으로써 해서 평균 데이터 전송 시간을 BMMM 알고리즘에 비해 감소시킬 수는 있으나, 경쟁이 BMMM 알고리즘에 비해 상대적으로 높음으로 해서 노드들의 개수가 작은 무선 랜 환경에서 알맞은 프로토콜이다. 그리고 BMMM 알고리즘의 경우에는 BMW에 비해 상대적으로 경쟁은 짧으나 신뢰성 확보를 위한 각각의 데이터에 대한 응답을 요청함으로써 해서 데이터 프레임의 길이가 길어진다. 그리고 LBP 알고리즘의 경우에는 리더만의 응답을 요청함으로써 해서 응답에 대한 경쟁을 최소화 하고 신뢰성을 확보할 수 있다. 하지만 이 역시, 숨은 터미널의 문제가 발생하게 되고, 처리량이 낮은 문제를 가진다. 이를 해결하는 방법으로 ELBP와 BLBP 방법이 제시되나, 유니캐스트 데이터와의 형평성을 확보하기 위한 방법으로 기존의 BEB 알고리즘을 사용하기 때문에, 경쟁이 심한 곳 또는 유니캐스트와 멀티캐스트데이터가 빈번히 발생하는 곳에서는 BEB 알고리즘의 특성상 형평성을 확보하기가 어렵다. 그리하여 본 논문에서는 기존의 연구를 통해 검증된 1.5배의 증가와 1단위의 감소를 통한 기하급수적 증감을 해결하였으며, 그룹단위의 가입과 데이터의 효율적 결정을 위해 GTS 멀티캐스트 프레임을 제공함으로써 해서 신뢰성과 효율성을 확보하였다. 향후 GTS 프레임을 활용한 멀티캐스트 데이터 처리의 효율성과 신뢰성을 기존에 제시된 프로토콜과 시뮬레이션을 통한 비교 분석이 필요 할 것이다.

참고문헌

- [1] IEEE WG, Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications. IEEE 802.11 Standard, 1999.
- [2] 권태경, 최낙중, 최성준, 이문영, "IEEE 802.11 무선랜의 MAC 계층 멀티캐스트 기법에 관한 조사," 한국통신학회지 24권 6호, pp67-75, 2007. 6
- [3] Vaduvur Bharghavan, Alan Demers, Scott Shenker, Lixiz Zhang, "MACAW: A Media Access Protocol for Wireless LAN's," ACM, 1994
- [4] Yoodoc Song & 5, "An Analysis of Reliable MAC Layer Multicast in Wireless Networks," 2007 ICCIT, pp549-555, 2007
- [5] Zhao Li, Thorsten Herfet, "BLBP: A Beacon-driven Leader Based Protocol for MAC Layer Multicast Error Control in Wireless LANs," IEEE CNF, 2008
- [6] Chong-Wei bao, Wanjiun Liao, "Performance Analysis of Reliable MAC-Layer Multicast for IEEE 802.11 Wireless LANs," IEEE CNF, 2005