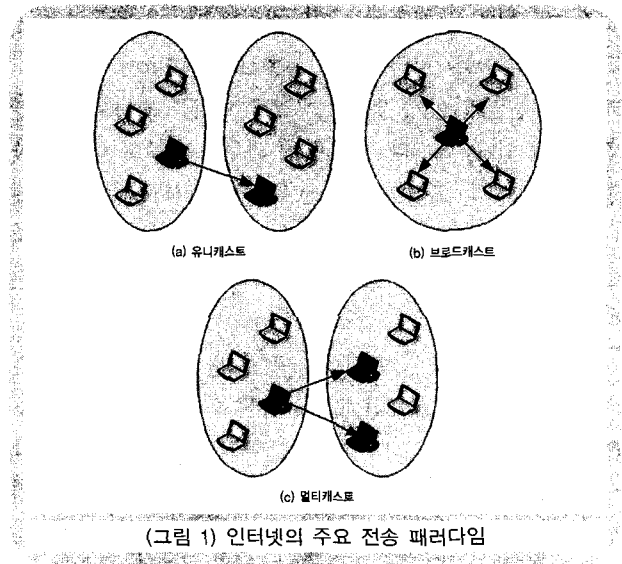


IEEE 802.11 무선랜의 MAC 계층 멀티캐스트 기법에 관한 조사

권태경 | 최낙중 | 최성준 | 이문영
서울대학교

요약

최근 다양한 멀티미디어 응용 및 시나리오가 등장함에 따라 멀티캐스트 전송 기법의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 본고에서는 무선랜의 MAC 계층 멀티캐스트 기법에 초점을 맞추어 현재 IEEE 802.11 표준에서 정의하는 멀티캐스트 기법은 어떻게 동작하며 그 한계점은 무엇인지 살펴본다. 그리고 본고에서 명시된 문제점을 해결하기 위하여 활용 가능한 IEEE 802.11 무선랜 MAC 계층의 다양한 멀티캐스트 기법 중 대표적인 관련 연구들과 그 문제점을 함께 알아본다. 마지막으로 효율적인 IEEE 802.11 MAC 계층 멀티캐스트 기법을 설계할 때 고려해야 할 요구 사항을 정리한다.



1. 서론

인터넷의 전송 방식은 전송에 참여하는 송신자와 수신자의 관점에 따라 유니캐스트, 브로드캐스트, 멀티캐스트로 구분할 수 있다.

유니캐스트는 하나의 송신자와 다른 하나의 수신자 사이의 일대일 통신을 지원하는 패러다임(그림 1a)으로 대부분의 인터넷 응용 프로그램은 유니캐스트 전송 방식을 기반으로 동작한다. 그러나 그룹 통신을 위하여 다수의 특정 수신자들에게 동일한 데이터를 전송하고자 할 경우, 유니캐스트 전송 방식을 사용한다면 동일한 데이터를 각 수신자에게 따로 전송을 해야 하기 때문에 데이터 중복 전송으로 인하여

네트워크의 효율성이 저하된다. 이러한 문제는 수신자의 수가 증가할수록 더욱 심각해지게 된다. 반면, 멀티캐스트는 하나 이상의 송신자와 다수의 특정 수신자들 사이의 효율적인 일대다 혹은 다대다 통신을 지원하는 패러다임으로 인터넷 화상 회의 등의 응용 시나리오에서 활용가능하다(그림 1c). 즉, 송신자는 다수의 수신자에게 한 번에 데이터가 전송 되도록 하여, 동일한 데이터의 중복 전송으로 인한 네트워크 자원 낭비를 최소화할 수 있게 된다. 마지막으로 브로드캐스트는 하나의 송신자가 다른 모든 수신자에게 데이터를 전송하는 방식으로 멀티캐스트의 특별한 형태라고 볼 수 있다(그림 1b).

멀티캐스트 개념은 링크 계층, IP 계층, 응용 계층 등 다양

한 네트워크 프로토콜 계층에서 구현이 가능하다. IP 계층에서는 DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)나 PIM (Protocol Independent Multicast) 같은 수많은 멀티캐스트 라우팅 알고리즘이 제안되었다. 또한 IP 계층의 멀티캐스트 라우팅 프로토콜을 지원하기 위하여 인터넷 라우터들은 IGMP (Internet Group Management Protocol)를 사용한다. 그러나 인터넷의 모든 사용자가 IP 계층에서 멀티캐스트를 지원받기 위해서는 모든 인터넷 라우터들의 멀티캐스트 기능 추가를 필요로 한다. 인터넷 인프라에 해당하는 모든 인터넷 라우터에 멀티캐스트 기능을 추가한다는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 이런 문제를 해결하기 위하여 비교적 최근에 응용 계층에서 멀티캐스트 기능을 제공하는 종단간(end-to-end) 멀티캐스트 혹은 오버레이(overlay) 멀티캐스트라는 대안이 등장하게 되었고, 현재도 활발히 연구가 진행되고 있다. 그러나 이에 반해 대부분의 무선 링크 계층 전송 매체는 방송(broadcasting) 특성을 가지고 있기 때문에 단순한 브로드캐스트 기법으로만 정의되어 있을 뿐, 효율적인 링크 계층 멀티캐스트 기법에 대한 연구는 거의 없는 편이다.

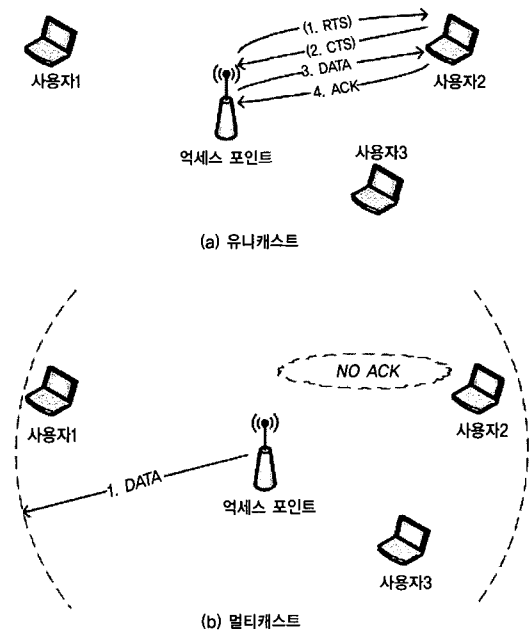
인터넷 사용자의 무선 접속을 지원하는 기술의 대표적인 예로 핫스팟 지역의 무선랜을 생각할 수 있다. 대부분의 무선랜 환경은 IEEE 802.11 표준[1]을 따르고 있으며, 사용자들의 대역폭 요구가 늘어나고, 더 많은 사용자들을 수용하기 위하여 IEEE 802.11n [2] 워킹 그룹은 차세대 무선랜을 위하여 링크 계층 상위 프로토콜에게 최소한 100Mbps 이상의 전송 속도를 지원할 수 있는 새로운 물리 계층과 MAC 계층¹⁾의 표준을 개발하고 있다. 그러나 추후 높은 대역폭을 제공하는 IEEE 802.11 무선랜 기술이 가능하더라도 현재 IEEE 802.11 표준에서 정의하고 있는 MAC 계층 멀티캐스팅 기법으로는 높은 대역폭을 효율적으로 사용하지 못한다. 인터넷 사용자들의 VoD (Video On-Demand) 등 멀티미디어 전송에 대한 요구 사항이 지속적으로 증가하고 있는 환경에서 효율적인 멀티미디어 전송을 위해서는 인터넷 인프라 구간에서의 멀티캐스트 전송뿐만 아니라 최종 인터넷 사용자에게 전달되는 마지막 무선 구간에서의 효율적인 멀티캐스트

역시 전체 멀티캐스트 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 효율적인 MAC 계층 멀티캐스팅 기법에 대한 고찰이 필요한 시점이다.

본고에서는 먼저 현재 IEEE 802.11 표준에서 정의하고 있는 MAC 계층 멀티캐스트 기법의 동작 과정을 살펴보고 새로운 MAC 계층 멀티캐스트 기법 개발을 위한 핵심적인 요구 사항을 정의한다. 그리고 정의된 요구 사항과 관련하여 대표적인 기존 연구를 분석하고, 본고를 마무리 짓는다.

II. IEEE 802.11 표준의 멀티캐스트 기법과 한계점

IEEE 802.11 표준은 MAC 계층²⁾의 유니캐스트와 멀티캐스트 기법에 대한 정의를 포함하고 있다.



(그림 2) IEEE 802.11 무선랜 표준의 전송 기법

01. IEEE 2.11 표준에서 정의하는 MAC 계층은 링크 계층의 하위 부분을 지칭한다. 본고에서는 링크 계층과 MAC 계층을 동일한 의미로 사용한다.

02. IEEE 802.11 표준은 무선 채널 접근 기법으로 DCF (Distributed Coordination Function)와 PCF (Point Coordination Function)를 정의하고 있다. 대부분의 제품에서는 기본적인 채널 접근 기법인 DCF가 구현되어 있으면, 선택적인 채널 접근 기법인 PCF는 구현되어 있지 않다. 따라서 본고에서는 DCF 기법 동작을 기본으로 가정한다.

유니캐스트의 경우, 채널 경쟁에서 승리한 송신자가 데이터 프레임을 전송하고, 성공적으로 데이터 프레임을 받은 수신자는 ACK 프레임을 전송한다(그림 2a). 송신자는 데이터 프레임을 송신하고 일정 시간 내에 ACK 프레임의 정상적인 수신이 없다면, 해당 데이터 프레임의 재전송을 시도한다. 즉, 피드백 정보를 바탕으로 신뢰성 있는 통신을 지원한다. 또한 일정 범위 내의 임의의 시간을 기다린 다음 전송을 시도하기 때문에 각 사용자에게 공유된 무선 채널에 대한 공평한 채널 접근 기회를 확률적으로 부여한다. 이 때 임의의 시간은 경쟁 윈도우(contention window) 범위 내에서 선택되며, 재전송을 시도할 경우에는 경쟁 윈도우를 이전 크기의 2배로 증가시키는 이진 지수 백오프(exponential backoff) 기법을 사용한다. 전송이 성공적으로 이루어지면 경쟁 윈도우는 다시 최소값으로 설정된다.

반면 멀티캐스트는 아무런 피드백 정보를 이용하지 않는다(그림 2b). 채널 경쟁에서 승리한 송신자가 데이터 프레임을 전송을 끝내게 되면 수신자들이 정상적으로 데이터를 받았는지 확인 과정을 거치지 않는다. 따라서 일반적인 IEEE 802.11 무선랜 환경에서 피드백이 없는 멀티캐스트 기법은 수신자의 채널 상태에 따라 최적의 전송 속도를 결정하고 전송하는 것이 불가능하기 때문에, 가능한 무선랜 내의 모든 사용자들이 데이터를 성공적으로 수신할 수 있도록 가장 낮은 전송 속도로 전송하게 된다. 이 때 성공적으로 수신하지 못한 사용자들을 위한 추가적인 동작 기능은 없다. 또한 재전송을 시도하지 않기 때문에 항상 최소값의 경쟁 윈도우를 가지고 백오프 동작을 수행한다. 즉, 현재 IEEE 802.11 표준을 따르면 MAC 계층의 멀티캐스트는 피드백이 없는 단순한 브로드캐스트로 정의되며, 새로운 요구 사항을 가진 다양한 멀티미디어 응용 시나리오를 지원하기에는 한계를 드러내고 있다.

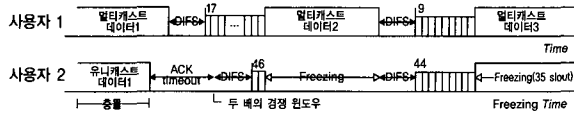
그 첫 번째 문제점은 신뢰성 문제이다. IEEE 802.11 멀티캐스트 기법은 성공적인 데이터 수신 여부를 알 수 없기 때문에 재전송과 같은 데이터 손실에 대한 복구 기법이 없다. 비록 특정한 멀티미디어 응용들이 어느 정도의 데이터 손실을 허용한다고 하더라도 전송 중 오류 발생 확률이 높은 무선 채널에서는 그 성능이 현저하게 저하될 수 있다. 또한 데이터 손실을 허용하지 않는 파일 공유와 같은 응용들의 경우, 하위 계층의 효율적인 멀티캐스트 지원이 없다면 응용 계층

의 자체적인 데이터 손실 복구 기법이 네트워크 부하에 부정적인 영향을 미칠 것이다.

두 번째 문제점은 효율성 문제이다. IEEE 802.11 계열 표준은 다중 전송 속도를 지원한다. 예를 들어, IEEE 802.11a 표준은 5GHz 대역에서 6Mbps부터 54Mbps까지의 전송 속도를 지원한다. 시시각각 변화하는 무선 채널의 상태에 따라 높은 처리율(throughput)을 달성하기 위하여 전송 속도를 동적으로 선택할 수 있다. 최근에 다중 전송 속도를 위한 다양한 알고리즘이 제안되었으나 대부분의 연구는 유니캐스트 전송에 초점을 맞추고 있다.

일반적으로 IEEE 802.11 무선랜의 액세스 포인트(AP)는 멀티캐스트를 위하여 가장 낮은 전송 속도를 고정적으로 사용한다. 가능한 모든 사용자들에게 오류 없이 전달하기 위하여 해당 무선랜이 지원하는 가장 낮은 전송 속도를 사용하는 것이다. 고정된 낮은 전송 속도를 사용하는 것은 높은 전송 속도의 사용자에 비하여 공유 자원인 무선 채널 점유 시간을 상대적으로 증가시키기 때문에 전체적인 무선랜의 효율성을 저하시킨다. 따라서 더욱 폭넓은 범위에서 다양한 전송 속도를 지원하는 차세대 무선랜 표준이 등장하게 되면 더욱 심각한 무선랜 성능 이상(performance anomaly) 현상 [3]을 일으키게 될 것이다.

마지막 문제점은 형평성 문제이다. IEEE 802.11 표준은 이진 지수 백오프 기법을 사용하여 경쟁 윈도우의 크기를 조정한다. IEEE 802.11 표준에서 정의하는 멀티캐스트 기법은 ACK 프레임과 같은 피드백 정보의 부재로 인하여 데이터 충돌을 감지할 수 없고, 재전송도 시도하지 않는다. 따라서 데이터 충돌을 감지하고 재전송시 지수적으로 경쟁 윈도우를 증가시키는 유니캐스트 기법과는 달리 경쟁 윈도우가 최소값을 가진다. 이런 환경에서(그림 3)과 같이 멀티캐스트와 유니캐스트 데이터 사이의 충돌이 발생한 경우를 살펴보면, 유니캐스트는 재전송 시도를 위하여 자신의 경쟁 윈도우를 두 배로 증가시키지만, 멀티캐스트는 충돌된 데이터 대신 다음 데이터 전송을 위하여 최소값의 경쟁 윈도우를 사용한다. 따라서 충돌이 발생한 다음 무선 채널 획득을 위한 경쟁에서 멀티캐스트가 유니캐스트보다 상대적으로 유리한 위치를 선점하게 된다. 즉, 네트워크가 혼잡한 상황에서는 고정된 최소값을 윈도우로 사용하는 멀티캐스트로 인하여 유니캐스트와의 형평성에 큰 문제가 발생한다.

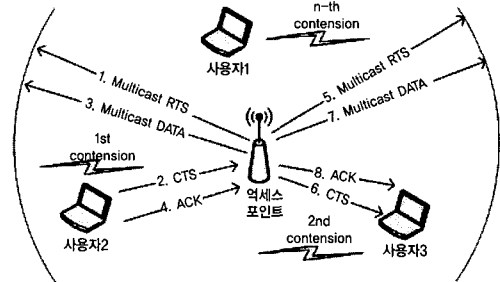


(그림 3) 유니캐스트와 멀티캐스트의 경쟁

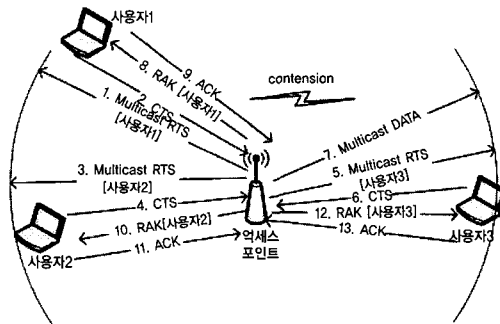
III. 신뢰성 향상을 위한 제2계층 멀티캐스트 기법

기존 연구 [4]은 브로드캐스트/멀티캐스트 데이터를 전송할 때 MAC 계층에서 신뢰성을 보장해 주기 위해서 RTS (Request-To-Send)/CTS (Clear-To-Send) 같은 컨트롤 프레임을 이용하는 기법과 CTS 대신 NAK (Not Acknowledged) 프레임을 이용하는 BSMA (Broadcast Support Multiple Access) 프로토콜을 제안하였다. 그러나 멀티캐스트 RTS 프레임에 대해서 다수의 수신자가 동시에 CTS 프레임을 보낼 가능성이 있기 때문에 CTS 충돌 문제가 발생할 수 있다. 따라서 멀티캐스트 데이터 전송 후 매번 경쟁을 거친 다음, RTS/ACK 프레임을 수신하는 BMW (Broadcast Medium Window) 프로토콜이 제안되었다. 그러나 BMW 프로토콜 역시 컨트롤 프레임을 주고받을 때 매번 경쟁을 하는 비효율성 때문에 이를 개선한 BMMM (Batch Mode Multicast MAC) 프로토콜이 기존 연구 [5]에서 소개되었다. BMMM 프로토콜에서는 송신자가 각 수신자에게 순차적으로 RTS 프레임을 보내고 CTS 프레임을 받는 과정을 거친 후, 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 그 후 신뢰성 보장을 위해서 순차적으로 RAK (Request for ACK) 프레임을 각 수신자에게 보내어 ACK 프레임을 받게 된다. (그림 4)는 BMW 프로토콜과 BMMM 프로토콜의 차이를 보여준다. BMMM 프로토콜은 컨트롤 프레임을 전송하는데 소용되는 경쟁 시간을 줄였으며, RAK 프레임은 기존의 ACK 프레임과 동일한 프레임을 사용하기 때문에 IEEE 802.11 프로토콜과 공존이 가능한 장점이 있다.

안정적인 멀티캐스트 전송을 위하여 기존 연구 [6]에서는 LBP (Leader-Based Protocol)를 제안하였다. LBP는 멀티캐스트 데이터를 전송할 때 송신자와 사전에 선출된 멀티캐스트



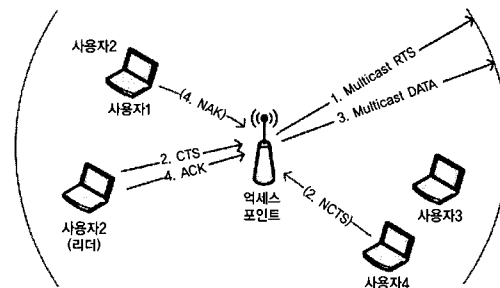
a) BMW



b) BMMM

(그림 4) BMW 프로토콜과 BMMM 프로토콜의 동작

트 그룹을 대표하는 리더 사이에 CTS 프레임과 ACK 프레임을 유니캐스트와 유사하게 사용한다.

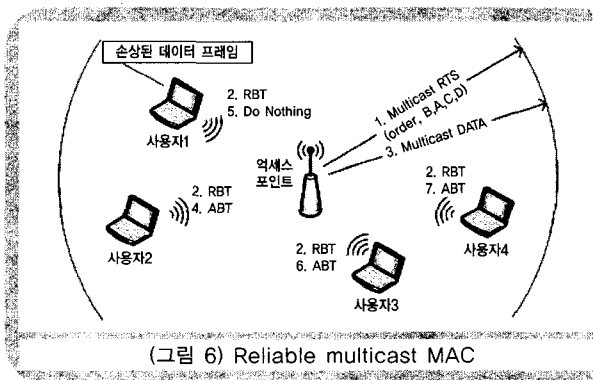


(그림 5) Leader-based protocol

우선 멀티캐스트 데이터를 전송하고자 하는 송신자는 multicast-RTS 프레임을 전송한다(그림 5). RTS 프레임을 수신한 리더는 멀티캐스트 그룹을 대표하여 CTS 프레임을 보내며, 이 때 다른 멤버들은 특별한 동작 없이 대기한다. 만약 멀티캐스트 데이터를 받을 준비가 되어 있지 않다면 NCTS 프레임을 보내 송신자가 리더의 CTS 프레임을 듣는 것을 고

의적으로 방해한다. 멀티캐스트 송신자는 CTS 프레임을 성공적으로 수신한다면 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 성공적으로 멀티캐스트 데이터를 수신한 리더는 ACK 프레임을 전송하며, CTS 프레임과 마찬가지로 멀티캐스트 데이터를 성공적으로 수신하지 못한 다른 사용자들이 있다면 NAK 프레임을 전송해 송신자의 ACK 프레임 수신을 고의적으로 방해한다. 즉, 멀티캐스트 그룹의 대표를 선정하여 리더가 멀티캐스트 데이터 전송에 대한 신뢰성을 보장한다. 그러나 멀티캐스트 그룹의 리더를 선출하는 방법을 다루지 않았고, 다중 전송 속도 기법을 다루지 않았기 때문에 여전히 낮은 처리량을 보이는 문제가 존재한다.

기존 연구 [7]는 busy tone³⁾을 이용하여 신뢰성 향상을 꾀하는 RMAC (Reliable multicast MAC) 프로토콜을 제안하였다. RMAC 프로토콜에서는 RBT (Receiver Busy Tone)와 ABT (Acknowledgement Busy Tone) 두 가지 busy tone을 도입하였다. 또한, 멀티캐스트 그룹에 속한 사용자들에게 멀티캐스트 데이터의 수신 여부에 대한 피드백 전송 순서를 지정해 주기 위해서 MRTS (Multicast Request-To-Send)라는 새로운 프레임을 정의하였다. MRTS 프레임은 멀티캐스트 그룹의 사용자들의 MAC 주소의 리스트를 가지고 있다. 해당 리스트는 차후 ABT 신호를 보내는 순서를 의미한다.



우선 멀티캐스트 데이터를 보내려는 송신자는 MRTS 프레임을 보냄으로써 무선 채널을 확보한다(그림 6). MRTS 프레임을 받은 수신자들은 자신의 주소가 해당 리스트에 존재하는지를 확인하고, 만약 수신자 그룹에 속한다면 RBT 신호를

보내 받을 준비가 되었음을 알린다. 멀티캐스트 송신자는 RBT 신호를 감지하여 하나 이상의 노드가 받을 준비가 되어 있음을 인지하고 해당 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 수신자들은 성공적인 멀티캐스트 데이터 수신을 알리기 위해 MRTS 프레임에서 지정해준 순서를 따라 ABT 신호를 보낸다. ABT 신호는 감지가 가능할 정도의 작은 시간이면 충분하며, 송신자는 ABT 신호를 차례대로 감지함으로써 어떤 수신자가 멀티캐스트 데이터를 성공적으로 받지 못했는지를 파악하고, 재전송을 여부를 결정한다. RMAC 프로토콜은 데이터 채널과는 다른 대역의 두 신호를 사용함으로써 오버헤드를 최소한으로 줄이면서도 신뢰성을 향상시킨다는 장점이 있다. 그러나 busy tone이나 MRTS 프레임 등은 IEEE 802.11 표준과 어긋나는 방법을 이용하고 있으며, 처리량 향상이나 형평성 향상을 위한 기법을 다루지 않고 있다.

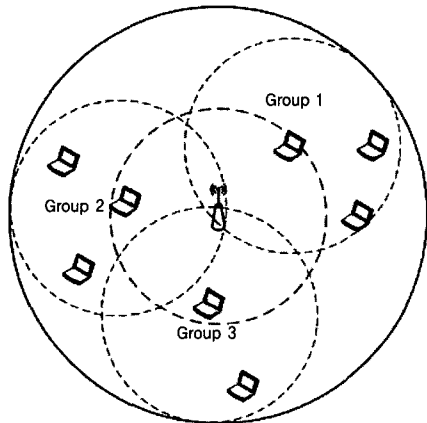
IV. 처리량 향상을 위한 제2계층 멀티캐스트 기법

기존 연구 [8]에서는 멀티캐스트를 위한 다중 전송 속도 기법인 ARSM (Auto Rate Selection Mechanism)을 제안하였다. ARSM은 액세스 포인트가 멀티캐스트 데이터 수신자들로부터 받은 무선 채널 상태와 관련된 피드백을 바탕으로 동적으로 멀티캐스트 전송 속도를 선택하여 전체 처리량을 높인다. 기본적으로 신뢰성 확보를 위하여 LBP 기법을 사용한다. 그러나 멀티캐스트 전송 도중 연속적인 전송 실패 횟수가 정해진 수치를 넘어서게 되면 멀티캐스트 전송 속도를 조절하기 위해 MP (Multicast Probe) 프레임을 전송하는데, 해당 MP 프레임은 MAC 계층에 새로 도입된 프레임으로서 현재 리더의 무선 채널 SNR (Signal-to-Noise Ratio) 값을 포함하고 있다. MP 프레임을 받은 각 멀티캐스트 수신자들은 자신의 무선 채널 SNR 값을 Multicast Response (MR) 프레임에 담아 전송함으로써 액세스 포인트가 가장 낮은 SNR 값을 선택할 수 있도록 한다. 이 때 다수의 멀티캐스트 수신자들이 전송하는 MR 프레임들 사이에 충돌이 발생할 수 있기 때

03_ Busy tone은 데이터 채널과는 다른 아주 좁은 대역으로 전송되는 신호로서 데이터 채널과 독립적으로 송수신할 수 있다. 특히, busy tone 존재 유무만 파악하여 활용이 가능하기 때문에 충돌이나 비트 에러에 무관하다는 장점이 있다.

문에 백오프 타이머를 조절하는 방법을 이용한다. MP 프레임에 포함되어 있는 리더의 SNR 값보다 자신의 SNR 값이 작다면 작은 백오프 값을 선택하고, 자신의 SNR 값이 크다면 큰 백오프 값을 선택하는 것이다. 이런 방법을 통해 가장 무선 채널 상태가 좋지 않은 노드의 MR 프레임이 전송될 확률이 높아지게 된다. 그런 다음 액세스 포인트는 새로 설정된 SNR 값으로 적절한 멀티캐스트 전송 속도를 선택하고, 멀티캐스트 데이터 전송을 수행한다. ARSM은 신뢰성을 보장할 뿐만 아니라 처리량의 이득을 볼 수 있는 장점이 있지만, 새로운 MAC 계층 컨트롤 프레임 도입해야 하기 때문에 현 802.11 표준과 호환되지 않는 문제가 있다.

한편 기존 연구 [9]에서 제안한 그룹 기반 릴레이 멀티캐스트 기법은 그룹을 나누어 멀티캐스트 처리량의 향상을 꾀했다. 신호의 품질을 결정하는 요인으로서 중요한 것 중의 하나가 송신자와 수신자간의 거리인데, 이 거리에 따라 전송할 수 있는 속도가 달라진다. 따라서 액세스 포인트로부터 멀리 있는 수신자에게도 데이터를 성공적으로 전송하기 위해 전송 속도를 낮추기 보다는 가까이 있는 수신자에게 다중 홉으로 릴레이하는 것이 전송 속도를 낮추지 않으면서도 멀티캐스트가 가능한 방법이 되겠다(그림 7).



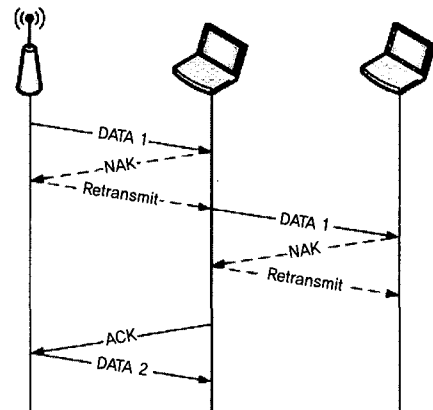
(그림 7) 그룹 기반 릴레이 멀티캐스트 기법

그룹 기반 릴레이 멀티캐스트 기법은 크게 그룹을 나누는 방법과 멀티캐스트 방법으로 나누어진다. 그룹을 나누기 위해 액세스 포인트로부터 가장 멀리 있는 노드와의 거리를 기준으로 삼아 멀티캐스트 수신자들을 두 부류로 나눈다.

액세스 포인트와 수신자들 사이의 거리는 신호의 세기에 따라 함수 관계에 의해 정의된다고 가정하고 있는데, 이는 신호의 세기가 전송 속도를 결정한다는 뜻이다.

액세스 포인트로부터 기준 거리의 반 이내에 있는 수신자들은 릴레이를 담당하는 노드가 되고 이보다 더 떨어져 있는 수신자들은 릴레이의 수혜를 받는 수신자들로 정한다. 우선 릴레이의 수혜를 받는 수신자들은 릴레이가 필요하다는 메시지를 전송한다. 릴레이를 하는 수신자들은 이 메시지를 받고 액세스 포인트에서 바로 그 수신자들로 가는 것보다 자신이 릴레이 해주는 것이 더 나은 속도를 보장할 수 있다면, 그 수신자를 자신이 담당하는 수신자로 결정한다. 이후에 릴레이를 담당하는 수신자들은 이러한 정보들을 수집하여 액세스 포인트에 보고하며, 액세스 포인트는 적절한 기준에 따라 릴레이 수신자들에게 그들이 담당할 수신자들 알려준다.

그룹 구성이 끝나면 멀티캐스트를 위해 액세스 포인트는 릴레이 담당 수신자들에게 멀티캐스트 데이터를 전송한다. 만약 릴레이 담당 수신자가 올바르게 데이터를 수신하지 못했다면, 그들은 NAK 프레임을 전송하여 액세스 포인트의 재전송을 유도한다(그림 8).



(그림 8) 그룹 기반 릴레이 멀티캐스트 기법 전송 예제

이렇게 액세스 포인트가 릴레이 담당 수신자들에게 무사히 전송을 마치게 되면 다음 멀티캐스트 전송을 준비할 뿐만 아니라 멀리 있는 릴레이 수혜 수신자들은 신경 쓰지 않는다. 이는 그 수신자들은 릴레이 담당 수신자들의 몫이기 때문이

다. 여기서도 NAK 프레임을 이용한 피드백을 통하여 오류가 발생한 멀티캐스트 데이터를 재전송할 수 있도록 한다. 그룹 기반 릴레이 멀티캐스트 기법은 릴레이를 통해 전송 거리를 줄임으로써 처리량의 향상을 볼 수 있는 프로토콜이지만, 그룹 관리의 복잡함과 IEEE 802.11 표준에 부합하지 않는 많은 프레임들의 사용으로 인하여 실용적인 문제가 있다고 하겠다.

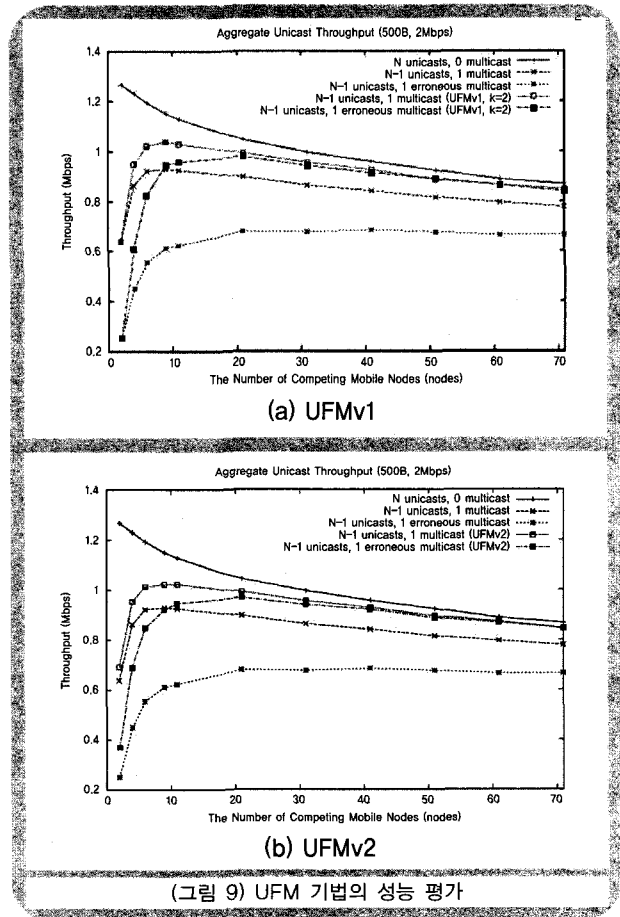
V. 형평성 향상을 위한 제2계층 멀티캐스트 기법

IEEE 802.11 표준에서 정의하는 멀티캐스트 기법은 ACK 프레임과 같은 피드백 기법이 사용되지 않기 때문에 이전에 언급한 것과 같이 유니캐스트와 형평성 문제가 발생하게 된다. 그리고 낮은 전송 속도를 고정적으로 사용하는 경우에 이것은 더욱 심각한 불균형 문제를 일으키게 된다. 형평성 향상을 위한 대안으로 LBP 기법을 사용할 수 있다. LBP 기법은 송신자에게 멀티캐스트 데이터 수신에 대한 ACK 프레임을 전송할 하나의 수신자를 선택하여 피드백이 가능하도록 해주기 때문에 신뢰성은 물론 유니캐스트 데이터와의 형평성도 보장할 수 있다. 가장 간단한 방법으로 멀티캐스트 데이터를 성공적으로 전송하지 못한 경우에는 유니캐스트와 동일한 이진 지수 백오프를 수행하는 것이다. 또한 성공적인 전송이 이루어진다면 경쟁 윈도우를 최소값으로 설정한다.

즉, 추가적인 피드백 기법을 추가한다면 신뢰성과 함께 기본적인 형평성도 어느 정도까지는 지원이 가능하다. 실례로 기존 연구 [10]의 실험 결과를 살펴보면 유니캐스트 데이터를 IEEE 802.11 표준 멀티캐스트 기법과 멀티캐스트 데이터를 위한 LBP 기법에 각각 경쟁시켰을 경우, 전자는 불균형 문제의 발생이 관측되었지만, 후자는 이러한 문제가 어느 정도 해소된 것을 확인할 수 있다

기존 연구 [11]에서는 피드백 기법의 추가 없이 멀티캐스트와 유니캐스트 데이터의 형평성을 향상시킬 수 있는 UFM (Unicast-Friendly Multicast) 기법을 제안하였다. UFM 기법의 기본적인 개념은 데이터 흐름(flow)의 개수를 추정하는

관련 연구를 활용하여 멀티캐스트와 경쟁하는 유니캐스트 수의 추정 값을 바탕으로 멀티캐스트도 유사하게 백오프를 수행한다는 것이다. 피드백 기법을 고려하지 않기 때문에 재전송이 없는 환경에서 형평성을 위한 멀티캐스트 백오프를 수행하기 위해서는 멀티캐스트 사용자의 경쟁 윈도우 값을 동적으로 적응시켜야 한다. 구체적인 구현 방안으로 유니캐스트 데이터의 평균 경쟁 윈도우 값을 예측하여 멀티캐스트 경쟁 윈도우를 유사한 값으로 설정하는 임의 충돌 추정 기법(UFMv1)과 수리적인 모델링을 통하여 멀티캐스트 경쟁 윈도우를 분석 결과 값으로 설정하는 분석 충돌 추정 기법(UFMv2)를 소개하고 있다.



(그림 9)에서 살펴 볼 수 있듯이 UFM 기법은 피드백이 없는 환경에서도 멀티캐스트와 유니캐스트 사이의 형평성을 어느 정도 제공할 수 있다. 그러나 재전송 기법의 부재로 어

느 정도의 데이터 손실을 허용하는 응용에서만 활용이 가능하고, 다중 전송 속도를 고려하여 형평성 기준값을 계산하지 않기 때문에 전송 속도 기법과 결합될 경우에는 형평성 보장 수준이 떨어질 것이다.

VI. 결 론

본고에서는 IEEE 802.11 표준에서 정의하는 MAC 계층 멀티캐스트 기법의 동작 과정과 그 한계점을 살펴보았다. 또한 신뢰성, 효율성, 형평성을 해결하기 위하여 적용 가능한 대표적인 기존 연구들을 간략히 소개하였다.

차후 IEEE 802.11 무선랜 MAC 계층 멀티캐스트를 설계할 때 고려해야 할 문제 중 신뢰성에 대한 문제는 이전부터 충분히 그 중요성을 인식하고 다양한 연구 결과가 제시되었고, 효율성 지원을 위한 연구가 최근 높은 대역폭을 지원하는 차세대 무선랜이 등장함에 따라 활발히 진행되고 있다.

이에 반해 아직 형평성 문제는 아직 크게 언급되지 않고 있다. 그 이유는 신뢰성 보장을 위하여 피드백 기법이 추가된다면 어느 정도는 해결되기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 아직 신뢰성, 효율성, 형평성, 세 가지 문제를 모두 해결할 수 있는 기법은 없으며, 차후 IEEE 802.11 MAC 계층 멀티캐스트 기법 연구에 있어서 모두 고려되어야 할 필수 요구 사항들이다.



- [1] IEEE WG, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE 802.11 Standard, 1999.
- [2] IEEE WG, IEEE 802.11n/D0.02, Draft Amendment to Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Enhancements for Higher Throughput (February 2006).
- [3] Martin Heusse, Franck Rousseau, Gilles Berger-Sabbatel and Andrzej Duda, "Performance Anomaly of 802.11b," IEEE INFOCOM, San Francisco, USA, April 2003.
- [4] Ken Tang and Mario Gerla, "Random Access MAC for Efficient Broadcast Support in Ad Hoc Networks," IEEE WCNC, Chicago, USA, September 2000.
- [5] Min-Te Sun, Lifei Huang and A. Arora and Ten-Hwang Lai, "Reliable MAC Layer Multicast in IEEE 802.11 Wireless Networks," ICPP, Vancouver, British Columbia, Canada, August 2002.
- [6] Joy Kyri and Sneha Kumar Kasera, "Reliable Multicast in Multi-access Wireless LANs," IEEE INFOCOM, New York, USA, March 1999.
- [7] Weisheng Si and Chengzhi Li, "RMAC: A Reliable Multicast MAC Protocol for Wireless Ad Hoc Networks," ICPP, Montreal, Canada, August 2004.
- [8] Jos Villal n, Pedro Cuenca, Luis Orozco-Barbosa, Yongho Seok and Thierry Turletti. "Cross-Layer Architecture for Adaptive Video Multicast Streaming Over Multirate Wireless LANs," IEEE JSAC, VOL. 25, NO. 4, MAY 2007.
- [9] Yu-Hsun Chen and Eric Hsiao-Kuang Wu, "Group-based Relay for Reliable Multicast Service in Error-prone IEEE 802.11e WLANs," WASN, National Central University, Taiwan, August 2006.
- [10] Diego Dujovne and Thierry Turletti, "Multicast in 802.11 WLANs: An Experimental Study," ACM MSWiM, Torremolinos, Malaga, Spain, October 2006.
- [11] Nakjung Choi, Jiho Ryu, Yongho Seok, Yanghee Choi and Taekyoung Kwon, "Unicast-Friendly Multicast in IEEE 802.11 Wireless LANs," IEEE CCNC, Las Vegas, USA, January 2006.

약 력



1993년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
1995년 서울대학교 컴퓨터공학과 석사
2000년 서울대학교 컴퓨터공학과 박사
2005년 ~ 현재 서울대학교 컴퓨터공학과 조교수
관심분야: 무선 네트워크, 센서 네트워크, IP 이동성,
유비쿼터스 컴퓨팅

권 태 경



2002년 서울대학교 컴퓨터공학부 학사
2004년 서울대학교 컴퓨터공학부 석사
2004년 ~ 현재 서울대학교 컴퓨터공학부 박사과정
관심분야: 멀티홉 무선 네트워크, 무선랜 MAC 프로토콜,
이기종 망의 연동

최 낙 중



2000년 ~ 현재 서울대학교 컴퓨터공학부 학사과정
2002년 ~ 2005년 NHN(주) 검색 개발
관심분야: 무선랜 MAC 프로토콜, 센서 네트워크

최 성 준



2007년 한국과학기술원 전산학과 학사
2007년 ~ 현재 서울대학교 컴퓨터공학부 석사과정
관심분야: 매쉬 네트워크, 무선랜 MAC 프로토콜

이 문 영

