

## 고해상도 멀티미디어 스트리밍 서비스 지원을 위한 초고속 무선랜 기술 분석 및 전망

김동완\* · 황규성\*\*

### 1. 서 론

스마트폰, 태블릿 PC의 사용이 대중화됨에 따라, 이동 중 무선 휴대 단말을 통한 고해상도 멀티미디어 서비스 이용에 대한 사용자의 요구가 증대되고 있다. 무선 단말에서 고해상도 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해 WCDMA [1], WiBro [2], LTE [3]와 같은 통신망을 이용한 안정적 서비스 지원 방안이 제안 되었지만, 이러한 통신망의 경우 높은 망 구축 비용으로 인하여 사업자의 과도한 부담이 발생하기 때문에, 저렴한 설치비용으로 망을 구축할 수 있는 IEEE 802.11 무선 LAN [4]을 통한 멀티미디어 스트리밍 서비스의 지원이 대안으로 각광 받고 있다.

초기 제안된 IEEE 802.11 무선 LAN은 낮은 전송율과 “best-effort” 서비스를 위한 CSMA/CA (Carrier Sensing Multiple Access/ Collision Avoidance)방식으로 인하여 고해상도 멀티미디어 스트리밍 서비스에 적합하지 않았다. 하지만 IEEE 802.11a [5] /b/g와 같이 채널의 상황에 따라 전송률을 달리 하는 멀티 레이트 무선 LAN이 제

안되고, 기존 무선 LAN이 “best effort“ 트래픽의 지원을 주된 목적으로 한 것과 달리 차별화된 QoS (Quality of Service)에 따라 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 를 기반으로 서비스의 지원을 달리 하는 IEEE 802.11e [6]가 소개되면서, 무선 랜을 통한 멀티미디어 스트리밍 서비스가 보편화되기 시작하였다. 또한 무선 랜을 통해 멀티미디어 스트리밍 서비스를 보다 효율적으로 지원하기 위한 멀티캐스트 기법에 대한 활발한 연구도 진행되고 있다.

초기 제안된 멀티 레이트 무선 랜인 IEEE 802.11a/g는 채널의 상태에 따라 최대 54Mbps의 전송율을 지원한다. 또한 보다 높은 전송율을 지원하기 위해 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 기술 및 주파수 확장 기법을 적용한 IEEE 802.11n [7]이 제안되었으며, IEEE 802.11n은 최대 600 Mbps의 전송률을 지원한다. 더욱이 고화질 멀티미디어 서비스가 보편화됨에 따라, 보다 높은 전송율의 지원이 필요하게 되었고, 최근에는 수 Gbps의 전송율을 지원하는 IEEE 802.11ac [8]가 제안되었다. IEEE 802.11ac는 기존 전송율을 높이는 방법과 더불어 256 QAM과 같은 higher degree modulation 기법을 적용하여 수 Gbps에 이르는 높은 전송율을 지원한다.

또한 단수의 송신자가 멀티캐스트 그룹에 가입

※ 교신저자(Corresponding Author) : 황규성, 주소 : 경북 경산 하양읍 경일대학교(712-701), 전화: 053)850-7289, E-mail: kshwang@kiu.ac.kr

\* 고려대학교 전기전자전파공학과 박사과정  
(E-mail : dongwank@korea.ac.kr)

\*\* 경일대학교 컴퓨터공학과 조교수

된 복수의 수신자에 데이터를 동시에 전송하는 멀티캐스트는 IPTV와 같은 멀티미디어 스트리밍 서비스에 적합한 방법으로 각광받아 왔다. 하지만 멀티캐스트는 다수의 수신자에게 동시에 데이터를 보내기 위해서 낮은 전송율만을 지원한다는 문제점과 더불어 데이터 전송의 신뢰성에 대한 문제점이 제기되고 있다.

본 논문에서는 IEEE 802.11 무선랜을 통한 고해상도 멀티미디어 스트리밍 서비스 지원 방안에 대해서 살펴본다. 먼저 고해상도 멀티 미디어 스트리밍 서비스를 위해, 전송율을 높이기 위한 대표적인 방법인 AMC (Adaptive Modulation and Coding)에 대해 살펴 본 후, 멀티 레이트 환경에서의 멀티캐스트 기법에 대해서 설명한다. 마지막으로, 안정적인 멀티미디어 스트리밍 서비스 지원을 위해 제안된 IEEE 802.11aa에 대해서 살펴본다.

## 2. Multi-rate 무선랜 기술 동향

IEEE 802.11a 무선 랜은 OFDM 방식을 처음으로 적용한 무선랜으로 채널의 상태에 따라 전송율을 달리하며 최대 54Mbps의 전송율을 지원한다. 멀티 레이트 무선 랜인 IEEE 802.11a에서는 송신 노드가 현재 채널 상황에 적절한 레이트로 수신 노드에게 데이터를 전송하여야 한다. 이 때 송신 노드가 선택한 레이트는 수신 노드에 의해 정확히 디코딩될 수 있는 레이트이어야 하며, 각 레이트에 따라 모듈레이션 기법과 코드 레이트는 달리 선택된다. 표 1은 IEEE 802.11a에서 정의한 8가지 레이트에 대한 표이며, 표 1에서 확인할 수 있듯이 수신 노드가 받는 수신 프레임의 신호 세기 (수신 감도)에 따라 송신 노드가 보낼 수 있는 전송율이 달라짐을 확인할 수 있다. 즉 송신 노드는 현재 채널 환경에 알맞은 모듈레이션 기법과 코드 레이

표. 1 IEEE 802.11a 8가지 모드

모드	모듈레이션	코드 레이트	데이터 레이트	수신 감도
1	BPSK	1/2	6Mbps	-90 dBm
2	BPSK	3/4	9Mbps	-89 dBm
3	QPSK	1/2	12Mbps	-87 dBm
4	QPSK	3/4	18Mbps	-85 dBm
5	16 QAM	1/2	24Mbps	-82 dBm
6	16 QAM	3/4	36Mbps	-78 dBm
7	64 QAM	2/3	48Mbps	-72 dBm
8	64 QAM	3/4	54Mbps	-70 dBm

트를 선택함으로써 채널 환경에 최적화된 레이트로 데이터를 전송하게 된다. 이러한 기법을 AMC라 일컫는다. IEEE 802.11a에서는 송신 노드와 수신 노드간의 거리가 가까워서 수신 감도가 -70dBm 이상일 경우에는 64QAM 모듈레이션 기법과 convolution code rate 3/4를 이용하여 54Mbps의 전송율을 지원하며, 송신자와 수신자간의 거리가 멀어서 수신 감도가 -90dBm 이하일 경우에는 BPSK와 convolution code rate 1/2를 사용함으로써 전송율은 낮게 보내는 대신 보다 안정적인 방법으로 데이터를 전송함으로써 AMC를 수행한다.

멀티 레이트 무선랜에서 AMC를 수행하기 위해서는 송신 노드는 수신 노드의 채널 상황을 정확히 알아야 하며, 수신 노드의 채널 상황을 정확히 알기 위한 방법은 크게 두 가지 카테고리로 나누어진다.

첫 번째 카테고리는 과거 패킷 전송의 성공 여부를 통해 수신 노드의 채널 상황을 판단하는 방법이다. 대표적인 방법은 ARF (Auto Rate Fallback) [9] 이다. ARF에서는 송신 노드가 이전에 전송한 데이터에 대한 ack 패킷을 연속적으로 받은 경우 현재 채널 상황이 충분히 좋은 것으로 판단하여, 앞으로 보낼 패킷에 대해서는 현재 사용하고 있는

전송율보다 높은 전송율을 사용하여 데이터를 전송한다. 반면에 이전에 전송한 데이터에 대한 ack 패킷을 받지 못한 경우, 송신 노드는 현재 채널 상황이 좋지 않기 때문에 수신 노드가 패킷을 받지 못한 것으로 판단하여 기존에 사용하던 전송율보다 낮은 전송율로 데이터를 송신한다.

두 번째 카테고리는 SNR (Signal to Noise Ratio) 기반으로 수신 노드의 채널 상황을 판단하는 방법이다. 대표적인 방법은 RBAR (Receiver Based Auto Rate) [10] 이다. RBAR에서는 송신 노드와 수신 노드가 RTS (Request To Send), CTS (Clear To Send) 패킷을 활용하여 패킷 전송 전 수신 노드의 채널 상황을 측정한다. 즉, 데이터 패킷 전송 전 송신 노드가 수신 노드에게 보낸 RTS 패킷의 수신 세기를 통해 수신 노드는 현재 자신의 채널 상태를 알 수 있게 되고, 수신 노드는 CTS 패킷을 통해 송신 노드에게 자신의 채널 상태를 알려줌으로써 송신 노드는 수신 노드의 채널 상황을 정확하게 파악할 수 있다. ARF 방법이 ack 패킷을 통해 간접적으로 수신 노드의 채널 환경을 측정하는 것과 달리, RBAR 방법은 RTS/CTS 패킷을 통해 직접적으로 수신 노드의 채널 환경을 측정하므로 RBAR 방법이 ARF 방법에 비해 보다 채널 상황을 정확히 측정할 수 있는 장점을 가진다. 하지만 RBAR 방법은 데이터 패킷 전송 전 RTS/CTS 패킷 교환을 통해 채널 환경을 측정하기 때문에 채널 환경 측정을 위한 오버헤드가 상대적으로 크다. 더욱이 데이터는 수십~수백 Mbps의 높은 전송율로 전송하는데 비해, RTS/CTS 패킷은 네트워크에서 정의된 기본 전송율로 전송하므로 상대적인 오버헤드가 더 크게 된다. 따라서 패킷 전송 레이트가 높아질수록 RBAR 방식보다는 ARF와 같이 추가적인 오버헤드가 필요하지 않은 멀티레이트 무선랜 방식이 선호되고 있다.

### 3. Multi-rate 무선 랜에서의 멀티캐스트

멀티캐스트는 같은 내용의 데이터를 여러 명의 특정한 그룹의 수신자들에게 동시에 전송하는 방식으로, IPTV와 같이 다수의 사용자에게 동일한 콘텐츠를 제공하는 멀티미디어 스트리밍 서비스에 적합한 서비스로 소개되어 왔다. 하지만 단수의 송신 노드는 복수의 멀티캐스트 그룹 수신 노드들의 채널 상황을 알 수 없기에, IEEE 802.11 표준에서는 멀티캐스트 사용 시 네트워크에서 정의한 기본 전송율을 사용하도록 정의하고 있다. 또한 다수의 수신 노드들이 하나의 송신 노드에 동시에 ack 패킷을 보낼 경우, 송신 노드에서 ack 패킷간의 충돌의 위험이 크므로 멀티캐스트에서는 ack 패킷을 사용하지 않는 것으로 정의하고 있다. 표준에서 정의한 멀티캐스트는 멀티 레이트 환경을 활용하지 않고 ack 패킷을 보내지 않는다는 두 가지 특징으로 인하여 무선 랜을 이용한 멀티캐스트는 다수의 수신 노드들에게 동시에 데이터를 송신할 수 있는 장점을 가짐에도 불구하고 낮은 전송율만을 지원하고 신뢰성 있는 전송을 지원하지 못한다는 문제점을 가진다.

이러한 문제점의 해결을 위해 제안된 대표적인 방법은 LM-ARF (Leader-based Multicast with the Auto Rate Fallback) [11] 방법이다. [11]에서는 하나의 리더 노드가 다수의 수신 노드의 채널 상황을 대표하여 송신 노드와 통신한다. 즉 송신 노드는 다수의 수신 노드들에게 패킷을 동시에 전송하면서, 수신 노드의 대표자인 리더 노드와 NAK 기반의 ARQ 방법과 ARF 방법을 사용하여 멀티 레이트 무선랜을 활용한다. 또한 RSS (Rate Selecting Schedule) [12]에서는 멀티캐스트 패킷과 유니캐스트 패킷이 혼재해 있을 경우, 채널 상황이 좋을 때에는 멀티 레이트 무선랜 환경을 활용하여 높은 전송율로 유니캐스트 패킷을 전송

하고 채널 상황이 좋지 않을 경우에는 기본 전송율로 멀티 캐스트 패킷을 전송함으로써, 채널 상황에 따라 송신하는 패킷의 종류를 달리하는 기법의 제시하였다. 즉 [12]에서는 IEEE 802.11 표준의 변경 없이, 멀티 레이트 환경에서 멀티 캐스트를 지원함으로써 네트워크 성능을 향상시켰다.

#### 4. IEEE 802.11 aa 표준 기술 동향

IEEE 802.11aa [13] 는 IEEE 802.11 무선랜을 기반으로 안정적인 오디오/비디오 스트리밍 전송을 목표로 정의되고 있다. 2009년 4월 Draft 0.01 버전이 완료되었으며, 2012년 12월 31일 PAR 만료를 목표로 표준화 진행이 되고 있다. IEEE 802.11aa에서는 채널의 용량이 오디오/비디오 스트리밍 서비스를 하기에 충분하지 않을 때, 적절한 패킷의 버림을 통한 graceful degradation에 대해 다루고 있고, 멀티캐스트/브로드캐스트 오디오/비디오 스트리밍 서비스에 대한 링크 안정도 향상 및 낮은 지터 특성에 관한 표준을 제정하고 있다.

IEEE 802.11aa에서는 오디오/비디오 스트리밍 서비스를 효율적인 멀티캐스트를 통해 지원하기 위해 GATS (Group Addressed Transmission Service)를 정의하였다. GATS는 기존 IEEE

802.11에서 정의된 멀티캐스트 방법 대비 크게 세 가지 방법을 추가적으로 지원한다. 첫 번째는 DMS (Directed Multicast Service)이다. 기본적으로 DMS는 멀티캐스트를 유니캐스트로 변경시켜 서비스하는 방법으로 송신 노드는 각각의 수신 노드들에게 유니캐스트로 패킷을 전송한다. 유니캐스트로 패킷을 전송하기에 송신 노드는 수신 노드로부터 ack 패킷을 수신할 수 있으며, ack 패킷을 받지 못할 경우 재전송 역시 가능하다. 두 번째는 Groupcast with Retries (GCR) Unsolicited Retries이다. 기존의 IEEE 802.11 표준에서는 멀티캐스트 패킷에 대해서 ack 패킷의 사용을 정의하지 않았고, 재전송에 대한 정의를 하지 않았기에 멀티캐스트 데이터 전달의 신뢰성을 확보할 수 없었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 IEEE 802.11aa에서는 정해진 시간 동안 멀티캐스트 데이터를 연속적으로 반복하여 전송함으로써 보다 안정적인 데이터 전송을 지원한다. 세 번째는 Groupcast with Retries (GCR) Block Ack이다. GCR Block Ack은 송신 노드가 수신 노드 중 한 노드에게 Block Ack Request를 보내고 해당 패킷을 받은 노드가 Block Ack을 보내는 방법이다. 그림 1은 위에서 언급한 세 가지 방법에 대해 도시한 그림이다.

또한 IEEE 802.11aa은 Stream Classification

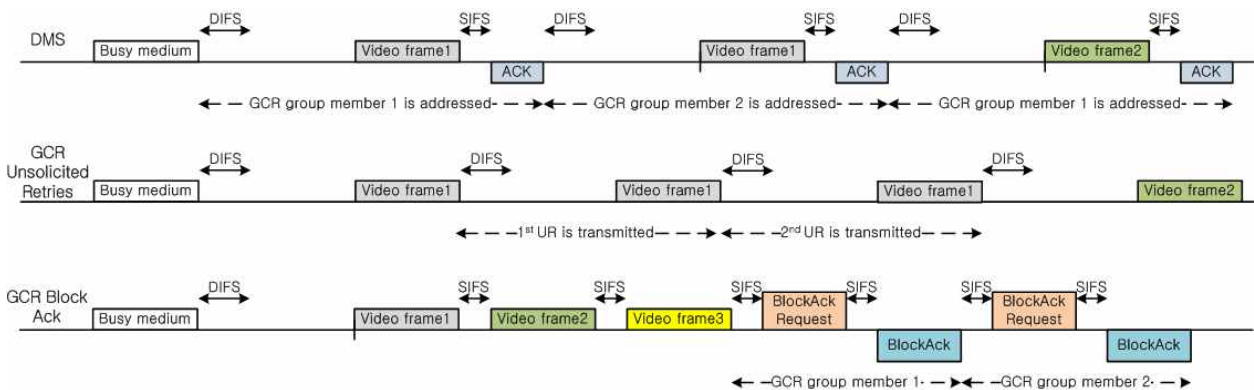


그림 1. IEEE 802.11aa GATS

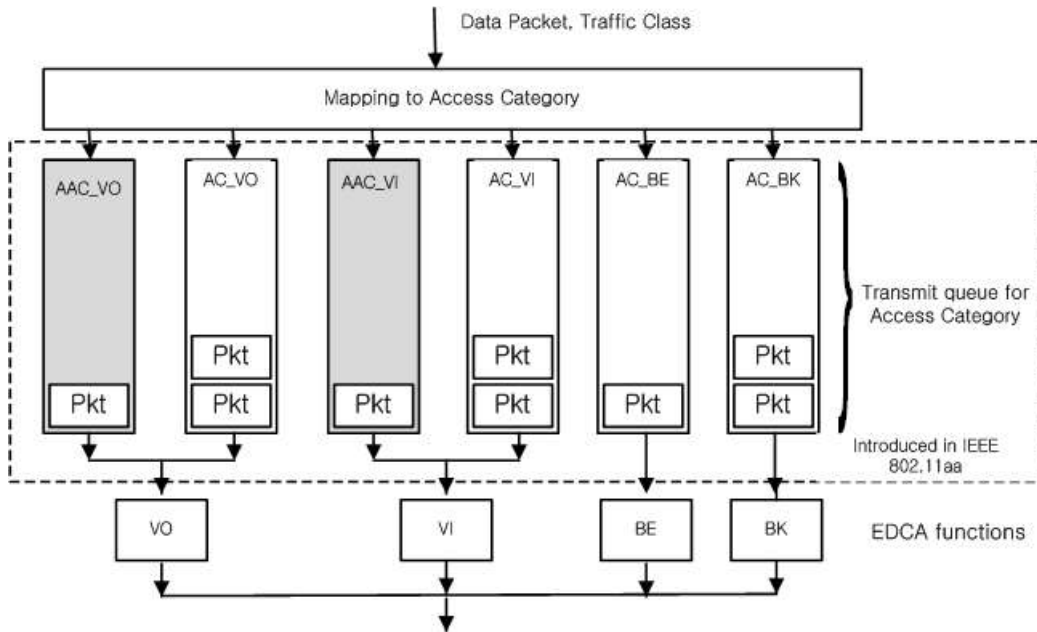


그림 2. IEEE 802.11aa EDCA functions

Service (SCS)를 통해 비디오/오디오 스트리밍 서비스의 graceful degradation을 지원한다. IEEE 802.11aa는 트래픽의 종류에 따라 차등적인 접속 방법을 제공하는 EDCA 기반으로 설계되었으며, 기존 EDCA가 4가지 카테고리로 트래픽의 우선 순위를 분리한 것과 달리, IEEE 802.11aa에서는 총 6가지로 트래픽의 우선 순위를 분류하였다. IEEE 802.11aa에서 확장하여 정의한 SCS에 대해서는 그림 2에 도시하였다. 그림 2에서 확인할 수 있듯이, 오디오와 비디오를 위한 추가적인 큐를 각각 정의하였다. 또한 AAC\_VO와 AAC\_VI에 저장된 패킷에 대해서는 Drop Eligibility Indicator (DEI)가 붙여진다. IEEE 802.11aa에서는 현재 밴드위스가 부족할 때 DEI를 통해 graceful degradation을 지원한다. 즉 비디오와 오디오 트래픽에서 특정 패킷이 의도적으로 버려지더라도 사용자가 느끼는 서비스의 질이 크게 나빠지지 않도록 하여 한정된 자원에서 사용자가 느끼는 서비스 질 저하는 최소화 되도록 지원한다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 고해상도 멀티미디어 스트리밍 서비스 지원을 위한 차세대 무선랜 관련 기술 및 동향에 대해 살펴보았다. 고해상도 멀티미디어 스트리밍 서비스를 지원하기 위해, 보다 높은 전송율을 지원하기 위해 멀티 레이트 무선랜이 소개되었다. 특히 무선랜을 통해 비디오/오디오 스트리밍 서비스를 효율적으로 지원하기 위해 IEEE 802.11aa가 정의되었으며, IEEE 802.11aa는 기존 대비 보다 안정적인 멀티캐스트를 지원하며 추가적인 큐의 정의를 통해 graceful degradation을 지원한다. 향후 무선랜을 통한 비디오/오디오 스트리밍 서비스는 보다 보편화될 것으로 예상되기에 IEEE 802.11aa 로 대표되는 무선랜을 통한 멀티미디어 서비스에 대한 폭넓은 이해가 필요한 시점이다.

## 참 고 문 헌

[1] 3rd Generation Partnership Project, Technical

specification group services and systems aspects; General packet radio service (GPRS); Service description; Stage 2. 3GPP, Tech. Rep. 3G TS 23.060 v4.1.0, 2001.

[ 2 ] TTAS.KO-06.0082/R1, "Specifications for 2.3 GHz band portable internet service: physical & medium access control layer," Dec. 2005.

[ 3 ] S. Sesia, I. Toufik, M. Baker., "LTE, The UMTS Long Term Evolution: From Theory to Practice", John Wiley & Sons, 1st edition 2009

[ 4 ] IEEE 802.11, Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications, IEEE Std. 802.11-1999, 1999.

[ 5 ] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: High-Speed Physical Layer in the 5 GHz Band, Sept. 1999.

[ 6 ] IEEE 802.11 WG, "Part 11: wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhancements," IEEE 802.11e/D8.0, Feb. 2004.

[ 7 ] IEEE Standard for Information Technology Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications - Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput, 2009.

[ 8 ] Perahia, E., "VHT below 6 GHz PAR plus 5C's," IEEE 802.11-08/807r4, September 2008, <https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/08/11-08-0807-04-0vht-6-ghz-par-nescom-form-plus-5cs.doc>

[ 9 ] A. Kamerman and L. Monteban, "WaveLAN II: A high-performance wireless LAN for the unlicensed band," Bell Labs Technical Journal, pp. 118-133, Summer 1997.

[10] Z. Lin, G. Malmgren, and J. Torsner. "System performance analysis of link adaptation in HiperLAN Type 2," in Proc. of VTC Fall., 2000.

[11] S. Choi, N. Choi, Y. Seok, T.Kwon, and Y. Choi. "Leader-based rate adaptive multicasting for wireless LANs," in Proc. IEEE GLOBECOM, 2007.

[12] D. Kim, W. Lim and J. Park, "Dual Queue based Rate Selecting Schedule for Throughput Enhancement in WLANs" in Proc. IEEE ISCAS, 2012.

[13] IEEE TGaa, Draft P802.11aa D0.0.3, "Amendment 8: MAC enhancements for Robust Audio Video Streaming", January 2010.



김 동 완

- 1999년~2003년 고려대학교 전기전자전파 공학과 학사
- 2004년~2006년 포항공과대학교 정보통신공학과 석사
- 2006년~현재 삼성전자 네트워크사업부 RU Lab. 책임연구원
- 2011년~현재 고려대학교 전기전자전파 공학과 박사과정
- 관심분야: 저전력 통신 회로 설계 및 프로토콜 설계



황 규 성

- 1998년~2004년 고려대학교 전기전자전파공학과 학사
- 2004년~2006년 고려대학교 전자컴퓨터공학과 석사
- 2006년~2010년 고려대학교 전자컴퓨터공학과 박사
- 2010년~2011년 전자부품연구원 선임연구원
- 2011년~현재 경일대학교 컴퓨터공학과 조교수
- 관심분야: 통신시스템, IT융합, 보안시스템