

차세대 무선랜 네트워크를 위한 간섭제어 및 QoS 관리기술 현황

Overview of Interference Management and QoS Control Techniques for
Next Generation WLAN Networks

고광진 (G.Z. Ko)	스펙트럼공학연구소 선임연구원
강현덕 (H.D. Kang)	스펙트럼공학연구소 선임연구원
오진형 (J.H. Oh)	스펙트럼공학연구소 연구원
김이교르 (I. Kim)	스펙트럼공학연구소 연구원
송명선 (M.S. Song)	스펙트럼공학연구소 실장
최재익 (C.J. Choi)	스펙트럼공학연구소 책임연구원

최근 스마트폰의 보급에 따라 모바일 관련 서비스의 급격한 시장성장으로 인한 무선랜 사용이 급속하게 증가하고 있다. 이로 인한 사용자의 증가는 사용기기의 고밀도화를 야기하였고, 이에 따른 전송신호에 대한 심각한 간섭증가 및 서비스 품질 저하를 초래했다. 본고에서는 현재 무선랜 네트워크의 성능저하의 주요 문제점인, 간섭증가에 대한 해결책으로 고려되고 있는 간섭회피기술과 간섭정렬기술에 대해 살펴본다. 또한 이동통신시스템의 트래픽 분산망으로, 무선랜 네트워크가 제공할 수 있는 성능측면에서 중요하게 고려되고 있는 QoS(Quality of Service) 관리기술에 대해 무선랜 표준그룹의 최근 기술에 대해 살펴보고자 한다. 이들 세 분야에 대한 종합적인 기술개발이 진행될 때 차세대 무선랜 네트워크의 요구되는 성능이 확보될 것이다.

2014
Electronics and
Telecommunications
Trends

방송통신미디어 기술 특집

- I. 서론
- II. 간섭회피기술
- III. 간섭정렬기술
- IV. QoS 관리기술
- V. 결론

1. 서론

최근 스마트폰의 보급에 따라 모바일 관련 서비스의 급격한 시장성장으로 인한 무선랜(WLAN: Wireless Local Area Network, IEEE 802.11, WiFi) 사용이 급속하게 증가하고 있다. 특히, 서비스의 고밀도화 경향이 세계적으로 두드러진 한국에서는 기존 2.4GHz 대역의 무선랜의 AP(Access Point) 간 상호간섭 및 주파수 자원 부족현상이 극심함에 따라, 2011년 초 방송통신위원회에서 무선랜 권장동작주파수를 설정하여 주파수 중첩을 감소시키는 주파수 사용 가이드라인을 배포하였으며 [1], 유사한 문제가 IEEE 802.11n/11ac가 동작하는 5GHz 대역에서도 조만간 발생할 것이라는 전망이 TTA(Telecommunications Technology Association)에서 제기되었다. 따라서, 각종 스마트기기 사용 및 클라우드 컴퓨팅 등으로 인한 무선랜 자체 트래픽의 급증뿐만 아니라, 기존 셀룰러 트래픽의 QoS(Quality of Service) 개선을 위한 무선랜 네트워크로의 다양한 분담을 시도하는 셀룰러 오프로딩 기술 등으로 인하여 현 무선랜 사용 주파수 자원이 가까운 시일 내에 고갈될 것으로 예상되며, 이에 따라 무선랜 시스템 간 및 무선랜과 이종 서비스 간의 빈번한 간섭문제 역시 중대한 서비스 품질의 저해요인이 될 것으로 예상된다.

이와 같이 현재까지의 무선랜 네트워크의 문제점은 크게 동작대역 주파수 자원의 부족, 간섭문제, 원활한 셀룰러 오프로딩을 지원하는 QoS 문제로 요약할 수 있으며, 중대한 서비스 저해를 완화시키기 위해서는 세 분야에 대한 해결책을 동시에 준비해야 할 것이다.

주파수 자원의 부족문제에 대한 해결책은 무선랜 시스템이 사용하는 대역을 확장하는 것이다. 이러한 해결책은 이미 미국에서는 FCC(Federal Communications Commission)를 중심으로 여러 차례 해결책을 준비하고 IEEE 802.n에서도 표준이 완료 또는 진행 되고 있다. 예를 들면, TVWS 대역에서의 IEEE 802.11af 표준을

통한 무선랜 대역의 확장, 5GHz 대역의 ITS시스템과의 공동사용을 위한 FCC의 NPRM(Notice of Proposed Rule Making) 공표[2], 3.65GHz 대역에서의 동작을 위한 IEEE 802.11y, 1GHz 이하에서의 동작(IEEE 802.11ah), 60GHz 이상에서의 802.11ad 후속 표준을 위한 SG 생성 [3] 등 표준화 활동을 활발히 수행하고 있다.

기존의 무선랜 네트워크가 사용자가 증가함에 따라 전송률 등의 성능이 크게 감소하게 된다[4][5]. 이는 무선랜 시스템이 기본적으로 시분할 접속제어로 분류되는 CSMA/CA(Carrier Sensing Multiple Access/Contention Avoidance) 방식으로 데이터를 전송하기 때문에 인접 네트워크가 감지되면 인접네트워크의 활동시간만큼 동일 대역의 주파수 자원을 나누어 써야 하기 때문이다. 현재까지 보고된 바에 따르면, 2.4GHz 대역의 경우, 동경 시부야역의 경우 140여개의 AP가[5], 서울 COEX의 경우 277개의 AP가 동작하고 있다[6]. 이와 같이 특정 지역에 다수의 AP가 동작하게 되면 AP 간 커버리지 중첩으로 인한 성능저하가 발생하게 되는데 이를 간단하게 BSS(Basic Service Set) 중첩문제, 즉 OBSS(Overlapped Basic Service Set)라 부른다. OBSS 문제는 각 AP 및 AP에 접속(Association)되어 있는 STA(Station)에게 인접 BSS의 신호의 영향을 직접적으로 받기 때문에 인접 AP의 개수만큼 원하지 않는 신호 즉 간섭을 받게 되어 동일 시간에 전송되는 신호 간 충돌로 인한 전송률 감소가 발생되며, 이를 무선랜 간섭문제라 한다. 간섭문제를 완화시킬 수 있는 기술은 각 사용자가 사용할 수 있는 대역을 지능적으로 겹치지 않게 나누어 사용하거나 사용되지 않는 다른 채널로 채널전환을 수행하는 기술, 같은 대역을 사용하더라도 다른 사용자의 간섭을 적게 느끼며 통신하는 기술 등으로 분류할 수 있으며, 각각 간섭 회피(Interference Avoidance)기술, 간섭정렬(Interference Alignment)기술이라 한다.

QoS 관리기술은 무선랜 시스템의 오래된 이슈 중의 하나인데 이는 비록 무선랜 표준에서 QoS를 향상시키

기 위해 예약방식(Reservation)의 자원할당을 정의하고 있으나 대부분의 무선랜 Chipset은 경쟁방식만 구현되어 있기 때문에 경쟁방식하에서의 QoS 관리가 무선랜 QoS 관리의 주요 전제가 되는 실정이다. 최근 무선랜 네트워크가 셀룰러 시스템의 트래픽을 분산시키는 주요 해결책으로 고려되고 있는 시점에서 무선랜 네트워크의 QoS에 대한 신뢰성 제공은 주요 관점이라는 점에서 차세대 이동통신(5G) 및 무선랜 조합의 통합 네트워크의 한축을 담당하는데 주요 이슈라 할 수 있다[7]. QoS와 관련된 무선랜 표준화 그룹에서는 2005년 802.11e 표준을 통한 AC(Access Category) 개념을 도입하여 차등화된 트래픽 클래스(Traffic Class)를 통한 차등화된 서비스를 제공하였고, 이후 802.11n의 전송률(Throughput) 개선, 802.11s의 메쉬 네트워킹(Mesh Networking) 기술, 802.11z의 AP 독립적 링크 설정(DLS: Direct Link Setup), 802.11ah의 Smart Grid 접속, 802.11ai의 빠른 초기 접속(Fast Initial Link Setup) 등의 특수기능 등을 추가하였다. 무엇보다도 2012년 표준화가 완료된 802.11aa 표준에서 실시간 비디오 등 실시간 서비스에 대한 QoS 향상에 관한 직접적이며 실질적인 기술을 표준화하였다.

본고에서는 차세대 무선랜을 위한 현재까지의 논의된 문제 중 보다 중요하게 네트워크 성능에 영향을 미치는 간섭문제에 대한 해결책 중 II장에서는 간섭회피기술, III장에서는 간섭정렬기술에 대해 논의한다. 또한 무선랜 서비스의 신뢰성을 확보하는데 중요한 요소인 QoS 관리기술에 대해 IV장에서 논의할 것이며, V장에서는 본고에서 논의된 기술에 대한 추가 논점들에 대해 정리할 것이다.

II. 간섭회피기술

무선랜이 사용하는 비면허 대역은 무선랜뿐만 아니라

Bluetooth, Zigbee 등의 다양한 비면허 기기들이 함께 사용되는 대역이기 때문에, 다양한 무선기기들 간의 간섭은 필연적으로 발생되며, 2.4GHz 대역의 경우 무선랜 간 간섭 또한 심각한 상황이다. 또한 2013년 완료된 무선랜 표준규격인 IEEE802.11ac에서는 20MHz/40MHz의 대역을 사용한 IEEE802.11n에 비하여 더 넓은 주파수 대역인 20MHz/40MHz/80MHz/160MHz 대역을 사용할 수 있어, 인접 AP 간 부분 중첩 또는 완전 중첩되는 채널을 사용할 가능성이 더욱 높아지고 있어 인접 AP 간 부분 대역 간섭문제 역시 해결되어야 할 중요한 문제로 인식되고 있다.

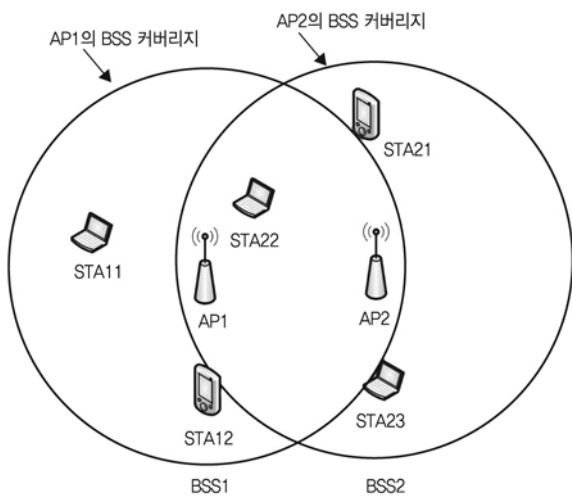
무선랜에서 사용되고 있는 기존의 간섭회피 방식으로 CSMA/CA, CCA/LBT 등이 있다. CSMA/CA는 채널 사용 전 채널을 센싱하고 랜덤 백오프를 통해 채널 사용을 시작함으로써, 채널을 사용하고자 하는 무선랜 기기 간 간섭 발생을 최소화하며, 송수신 기기 간에 RTS(Ready-to-Send) 및 CTS(Clear-to-Send) 제어 패킷을 교환하여 은닉 노드문제(Hidden node problem)와 노출 노드문제(Exposed node problem)로 인한 간섭을 해결할 수도 있으나, 무선랜 기기의 밀도가 증가하여 많은 수의 인접 AP가 주변에 존재하는 상황에서의 간섭을 효과적으로 해결하기 어렵다. CCA/LBT는 에너지 센싱(Energy detection) 및 캐리어 센싱(Carrier sensing)을 통해 비 무선랜 신호 및 무선랜 프리엠블(Preamble)을 검출하고, 채널 사용여부를 판단함으로써 무선랜 기기 및 다른 비면허 기기와의 간섭을 최소화한다. 하지만 이 방식은 현재 송신자 스스로 데이터를 전송할 수 있는 상황인지 아닌지에 대한 판단 가능하며, 현재 채널에 몇 개의 AP가 존재하는지, 사용 채널 중첩으로 인한 부분 대역 간섭상황 여부 등의 다양한 간섭상황에 대한 보다 정확한 판단은 어렵다.

차세대 무선랜의 간섭회피는 다음의 두 가지 측면이 고려되어야 한다. 첫째는 이종 무선랜 간의 간섭회피, 즉 다양한 무선랜 표준규격의 인접 AP 간 BSS의 중첩

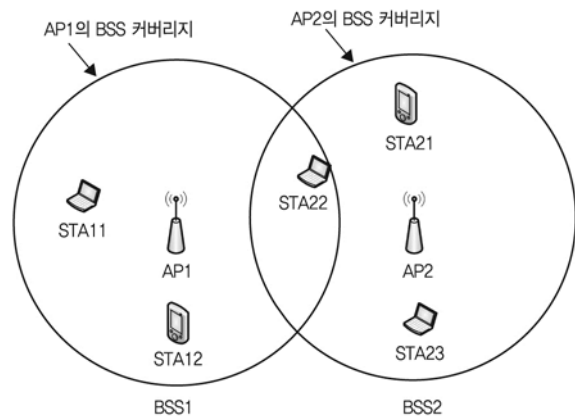
으로 인한 간섭회피이며, 두 번째는 무선랜과 무선랜 이외의 다른 비면허 기기 간의 간섭회피이다.

이중 무선랜 간 간섭회피를 위해서는 이웃 AP 간 간섭을 최소화하기 위해 해당 AP가 자신에게 간섭을 줄 수 있는 영역에 존재하는 인접 AP의 존재를 파악하는 것이 매우 중요하다. 왜냐하면, 이는 곧 인접 AP와의 OBSS에 의한 해당 AP에서의 간섭회피의 대상을 파악하는 문제이기 때문이다. 인접 AP는 디스커버리는 다음의 두 가지 경우를 고려할 수 있다. (그림 1)은 AP1 및 AP2가 각각의 BSS 커버리지가 중첩되어 동일 채널 사용이 서로 간섭을 줄 수 있는 인접한 AP 관계이며 AP1 및 AP2의 BSS 커버리지가 두 AP가 서로의 신호를 검출할 수 있는 경우를 나타낸다. 이 경우 AP1과 AP2는 서로 은닉(Hidden) AP 관계가 아니며, 기존 무선랜에서 사용하는 Beacon 신호, Probe request 및 Probe response 신호를 이용하여 인접 AP를 파악하는 것이 용이하다.

한편, (그림 2)의 경우 AP1 및 AP2가 각각의 BSS 커버리지가 중첩되어 동일 및 중첩 동작 채널을 사용할 경우 서로 간섭을 줄 수 있는 인접한 AP 관계이나, (그림 1)과는 다르게 두 AP가 서로의 Beacon 신호를 직접 검출할 수 없는 각각의 BSS 커버리지 밖에 존재하는 경우



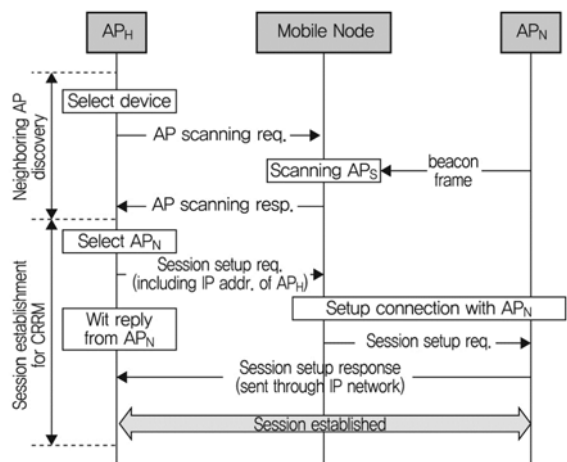
(그림 1) AP 간 직접 서로의 신호를 검출할 수 있는 경우



(그림 2) AP 간 직접 서로의 신호를 검출할 수 없는 경우

를 나타낸다. 이 경우 AP1과 AP2는 서로의 신호를 직접 송수신하여 서로의 존재를 파악할 수 없으므로 은닉 AP 관계이며, 동일 및 중첩된 동작 채널 사용 시 발생하는 두 AP의 BSS 간의 간섭을 피하기 위해서는 서로의 존재를 알아야 하며, 차세대 무선랜에서는 이를 위한 인접 AP 디스커버리를 위한 방안이 반드시 고려되어야 한다.

인접 AP에 대한 정보를 획득하는 것과 함께 차세대 무선랜의 간섭회피기술에서 필요한 것은 인접 AP와의 정보교환을 통한 간섭회피 성능을 극대화 하는 것이다. 기존의 무선랜 시스템이 비효율적인 이유는 AP가 STA에 대한 정보가 부족하기 때문이며 이는 간섭회피 성능



(그림 3) AP 간 디스커버리 및 세션 설정을 위한 절차[2]

향상의 주된 이유이다. AP가 광범한(Large scale) 채널 상태정보(Channel state information)와 AP를 기준으로 한 STA의 상대적인 위치, 다양한 종류의 트래픽의 통계적 특성을 파악한다면 인접 AP와의 간섭회피를 극대화하고 무선랜 시스템의 효율을 향상시킬 수 있다[8].

AP 디스커버리 및 AP 간 정보교환을 위한 세션 설정 메커니즘의 예는 (그림 3)과 같다[9]. 이 방식은 해당 AP(AP₁)가 mobile node, 즉 STA으로부터 인접 AP(AP_N)의 정보를 획득한 후, 해당 STA으로 해당 AP의 IP주소를 포함한 세션 셋업(Set up) 요청메시지를 전송한다. 이 메시지를 수신한 해당 STA은 인접 AP로 접속(Association) 후 이 메시지 인접 AP로 전송하며, 이를 수신한 인접 AP는 해당 AP로 세션 셋업 응답메시지를 IP 네트워크를 이용해 전송하여 두 AP 간 세션을 설정함으로써 정보교환이 가능해 진다.

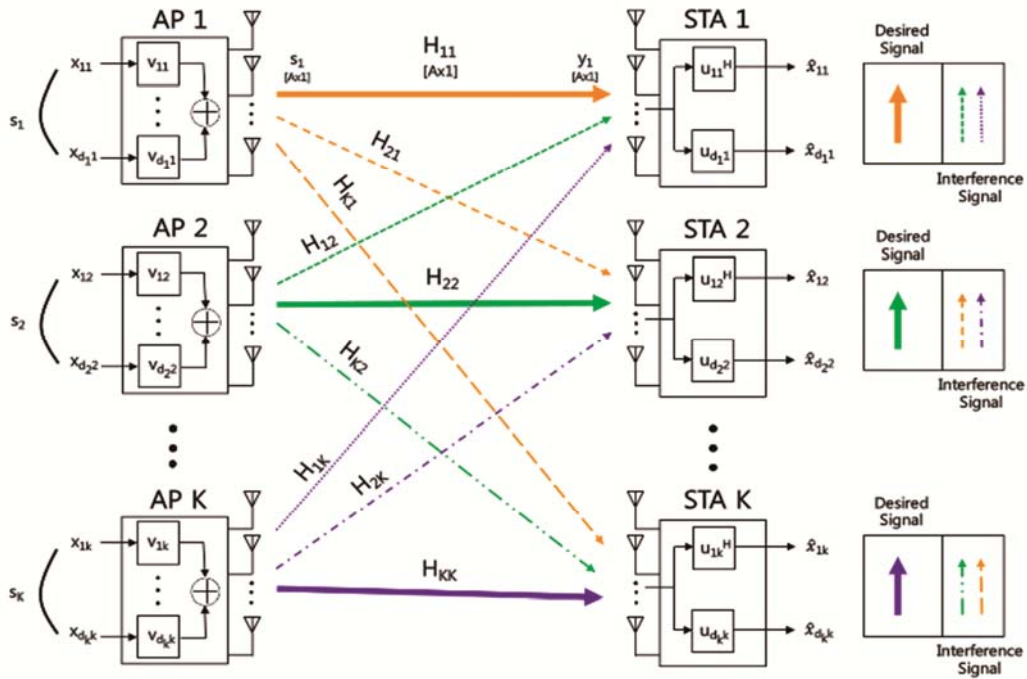
무선랜과 무선랜 이외의 다른 비면허 기기 간의 간섭회피를 위해서는 스펙트럼 센싱에 의한 채널의 사용 가능여부만을 판단하는 기존의 방식이 가지는 한계를 극복하고 간섭회피 및 공유 효율을 극대화하기 위해 무선랜과 비면허 기기 간에 간섭회피를 위한 정보를 교환하는 방안이 필요하다. 특히 5GHz 대역에 비해 무선랜 이외의 비면허 기기가 많이 사용되는 2.4GHz 대역은 그 필요성이 더욱 크다. 예를 들어, 비면허 주파수 공유기기 간 자원관리를 위한 IEEE802.19.1 표준기술에서는 비면허 이기종 주파수 공유기기 간 메시지 교환을 기반으로 하는 간섭회피 기술을 제안하였다[10]. 상호공존 인에이블러(CE: Coexistence Enabler), 상호공존 매니저(CM: Coexistence Manager), 상호공존 디스커버리 및 정보 서버(CDIS: Coexistence Discovery and Information Server)의 세 가지 개체로 구성된 상호공존 시스템을 CE를 통해 접속된 주파수 공유기기는 인접 주파수 공유기기들에 대한 정보와 그에 따른 무선 환경 정보(Radio environment information)를 CM으로부터 획득하고 이를 간섭회피에 이용함으로써 간섭완화 및 채

널 사용효율을 극대화할 수 있다.

III. 간섭정렬기술

1. 간섭정렬기술 도입 개요

서론에서 언급하였듯이, 모바일 서비스의 사용량이 급증하면서 언제 어디서나 인터넷에 접속하기 용이해졌다. 특히, 무선랜 서비스는 무료로 제공되기 때문에 무선랜 서비스를 통해 인터넷에 접속하고자 하는 사용자들은 날이 갈수록 증가되고 있는 상황이다. 많은 사람들이 다수의 스마트 기기를 통한 인터넷 접속을 원하기 때문에 통신사업자 및 일반 개인들은 많은 수의 AP를 곳곳에 설치해왔다. 협소한 공간에 많은 AP가 설치되니 다수의 사용자가 밀집되거나 인접 BSS와의 거리가 짧아지게 되었다. 기본적으로 많은 수의 기기들이 무선랜 채널을 점유하게 되면 사용 가능한 채널의 수가 부족하게 되고, 좁은 공간에 많은 AP가 설치되다 보니 BSS 간에 간섭이 발생할 수 있으며, 이에 따라 사용자가 수신하는 성능은 저하될 가능성이 있다. 이러한 간섭문제를 해결하기 위해 기존의 통신시스템에서는 시간, 주파수 자원을 다수의 사용자들에게 겹치지 않게 할당하여 나누어 사용하는 방식으로 간섭제어를 수행해왔다. 시간을 나누어 사용하는 방식은 시분할 다중 접속방식(TDMA: Time Division Multiple Access)이라고 하며, 주파수를 나누어 사용하는 방식은 주파수분할 다중 접속방식(FDMA: Frequency Division Multiple Access)이라고 한다. 최근에는 다수의 안테나를 이용한 공간자원을 이용하여 각각의 사용자들을 공간적으로 분리함으로써 여러 사용자에게 동시에 전송을 수행하여 대역효율(Spectral Efficiency)을 향상시키는 공간분할 다중 접속방식(SDMA: Space Division Multiple Access)이 제안되고 있다. SDMA는 MU-MIMO(Multi-user Multi Input Multi Output)라고도 불리며, IEEE 802.11ac 무선랜



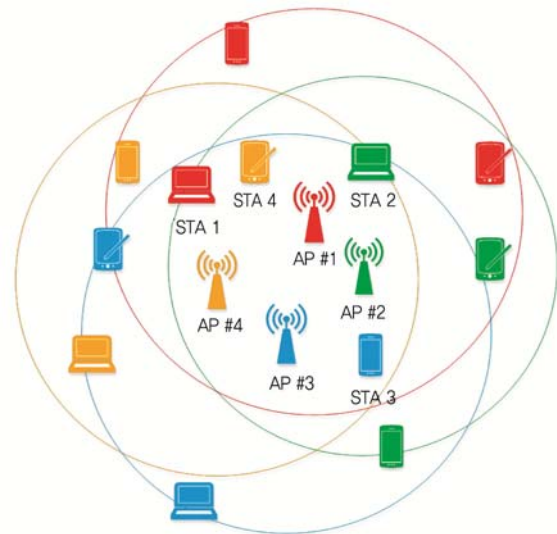
(그림 4) K 사용자 간섭채널환경

표준 및 3GPP LTE(Long Term Evolution)-A 표준에도 채택되었다. 하지만 기존의 다양한 다중 접속방식들은 단일 AP와 해당 BSS에 속한 STA들 간의 링크들을 가정하기 때문에 다수의 AP와 다수의 STA이 존재하는 K개의 BSS가 존재하는 K 사용자 간섭채널환경에서는 전체 채널용량이 저하되는 문제가 있다. 이러한 간섭채널에서의 인접 AP로부터의 간섭으로 인한 시스템 용량제약을 극복하기 위해 다수의 AP와 다수의 사용자들이 다중 안테나를 사용하여 간섭을 제어하는 방식인 간섭정렬기술이 최근에 각광을 받고 있다.

2. 간섭정렬기술 소개

간섭정렬기술이란, 다수의 송신기와 다수의 수신기가 다중 안테나를 이용하여 동일 부공간(Sub-Space)으로 여러 송신기에서 수신되는 간섭들을 정렬시킨 뒤 이와 직교하는 간섭이 없는 공간으로 데이터를 송수신함으로써 간섭 없이 다수의 송신기와 수신기가 전송을 수행할

수 있는 기법을 의미한다. (그림 4)에서 확인할 수 있듯이, K개의 송신 AP와 K개의 수신 STA이 각각 인접한 영역에 위치하여 서로 간섭을 야기하는 환경에서 송신 프리코딩 매트릭스(Precoding matrix)와 수신 디코딩

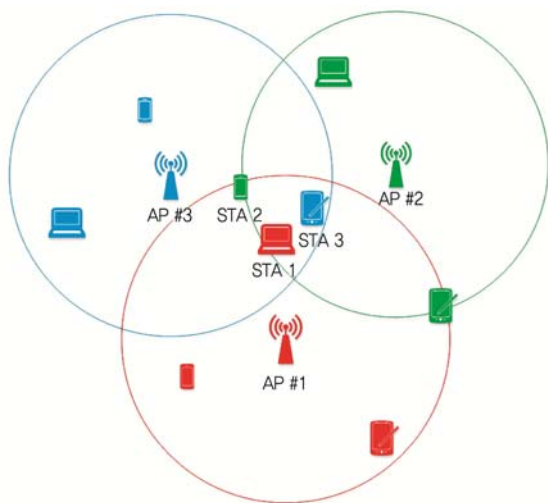


(그림 5) OBSS 무선랜 노드 배치

매트릭스(Decoding matrix)를 채널 상태정보(CSI: Channel State Information)를 바탕으로 적절히 설정하면 (그림 4)의 오른쪽과 같이 각 수신 STA에서 원하는 신호를 간섭 없이 분리해낼 수 있다.

무선랜 환경에서 간섭정렬기술을 통해 획득 가능한 측정요소로는 크게 대역효율(Spectral efficiency) 향상과 안정적 전송률(Robustness) 향상을 꼽을 수 있다. 무선랜 AP의 지리적 배치 및 CSMA/CA 작동여부에 따라 획득 가능한 metric이 달라지게 된다. (그림 5)를 보면, AP 들이 중첩된 영역에 위치하여 동일 채널을 사용하면 기존 무선랜 프로토콜인 CSMA/CA가 동작하게 되어 시간 영역에서 전송을 나누어 하게 된다. 이러한 환경에서 간섭정렬이 적용된다면 동일 채널을 동일 시간에 사용하게 됨으로써 대역효율을 향상시킬 수 있게 된다. 또한 (그림 6)과 같이 AP들이 서로 중첩된 영역에 위치하지 않는 경우에 각 AP들이 동일 채널을 사용하는 경우 서로 은닉 노드 관계이기 때문에 CSMA/CA가 동작되지 않으며 중첩된 영역에 속한 STA들은 간섭을 받을 수 밖에 없다. 이러한 환경에서 간섭정렬이 적용된다면 중첩 영역에 속한 STA들이 안정성이 향상된 전송을 받을 수 있을 것으로 예상된다.

위에서 언급한 바와 같이 간섭정렬기술은 다양한 형



(그림 6) OBSS 무선랜 노드 배치

태의 성능향상을 가져올 수 있다. 최근 들어 이러한 간섭정렬 성능향상에 대하여 연구한 논문들이 많이 출판되고 있으며, 본 장에서는 주요한 논문 결과에 대해 소개하고자 한다.

간섭정렬 연구는 대표적으로 다중 안테나 환경에서 적용된 결과가 대부분이며, 본 장에서는 SU-MIMO (Single-User Multi Input Multi Output)와 MU-MIMO 환경에서의 결과로 구분할 수 있다.

University of California, Irvine의 Jafar 연구그룹에서는 SU-MIMO 간섭채널환경에서 자유도(Degrees of Freedom)를 통해 간섭정렬 성능을 분석하였으며[11], 고려대에서는 세 명의 사용자 간섭채널환경에서 동작 가능한 선형 프리코더(Precoder)와 디코더(Decoder)를 설계하여 총전송률(Sum-rate) 성능을 도출하였다[12]. 또한, University of Texas at Austin의 Heath 연구그룹에서는 송신기와 수신기간의 반복적인 전송을 통해 분산적인 방식으로 간섭정렬 프리코더와 디코더를 생성하여 총전송률 성능을 보였다. 참고문헌 [11], [12], [13]과 [14]에서 설명한 선형 프리코더와 디코더 생성의 경우에는 전역 채널 정보(Global CSI)를 알아야 한다는 취약점이 있지만 참고문헌 [13]과 [14]에서 제시한 분산적 간섭정렬(Distributed IA) 방식의 경우에는 지역 채널정보(Local CSI)만으로 간섭정렬 프리코더와 디코더를 생성할 수 있다는 장점이 있다. 하지만, 특정 통신시스템에 적용하기 위해서는 프리코더와 디코더가 채널이 변화하기 이전에 바로 적용되어야 하기 때문에 반복적인 전송을 통해 프리코더와 디코더를 생성하는 분산적 간섭정렬 방식보다는 생성된 채널을 바탕으로 한번에 프리코더와 디코더를 도출하는 선형 간섭정렬 방식이 적합할 것으로 예측된다.

BSS당 채널 용량향상을 위해 각 BSS가 MU-MIMO로 작동할 때 인접 BSS 간의 간섭이 발생하는 경우에도 간섭정렬기술을 통해 간섭을 제거할 수 있다. 참고문헌 [15]에서는 인접한 2개의 셀이 각각 MU-MIMO로 하향

링크(Downlink) 전송을 수행하고 있을 때, 간섭정렬 프리코더와 디코더를 생성하는 방법에 대해 기술하고 있으며, 기존의 다양한 다중 안테나를 이용한 간섭 저감기법과의 획득 가능한 sum-rate 비교그래프를 제시하고 있다. 또한, 3개 이상의 셀이 MU-MIMO 전송을 하향 링크로 수행하고 있을 때 간섭정렬을 통한 간섭제거 기술에 대한 소개가 참고문헌 [16]에 제안되었다. 참고문헌 [16]에서는 3개 이상의 셀에서의 zero-forcing 기반 프리코더와 간섭채널(Interference channel)을 정렬하기 위한 디코더를 생성하고 기존의 MU-MIMO에서 주로 사용된 Block Diagonalization + TDMA 방식과의 비교를 수행하였다. 추가적으로 간섭 노드의 수, 스트림(Stream)의 수에 따라 본 알고리즘을 동작시키기 위해 필요한 안테나 수의 조건도 함께 제시하였다.

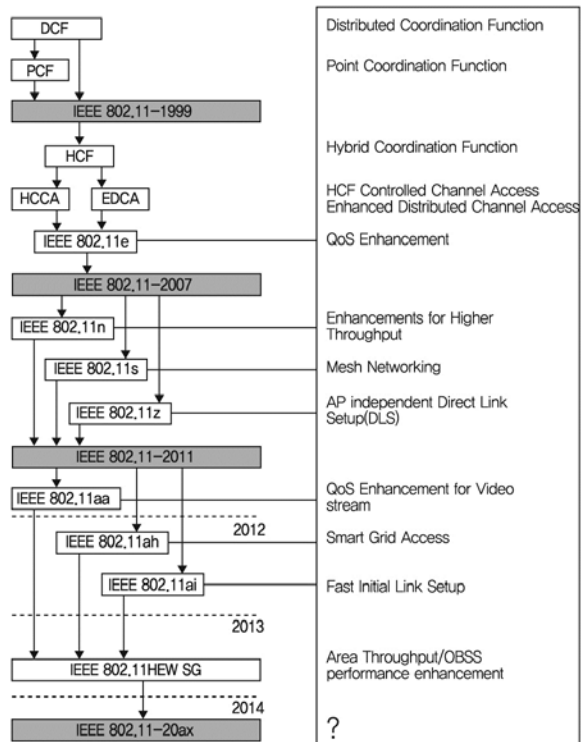
위에서 언급한 내용 이외에도 간섭정렬 분야에 대한 연구는 계속적으로 진행되고 있으며, 차세대 무선랜 시스템 및 5세대 이동통신 표준에서도 많은 관심을 갖고 있는 상황이기 때문에 지속적인 연구가 필요하다고 판단되며 향후 대표적인 차세대 무선랜 기술 중에 하나가 될 것으로 예상된다.

IV. QoS 관리기술

서론에서 간략히 언급한 QoS 향상과 관련된 802.11 그룹의 표준화 진행상황을 (그림 7)에 정리하였다. 802.11 그룹에서 진행한 표준 중에 802.11e 표준 이후에 직접적으로 QoS 향상 자체를 다룬 표준은 802.11aa이다. 따라서 본 장에서는 802.11aa 표준의 주요 기능에 대해 정리하고 추가로 보완되어야 할 사항들에 대해 살펴보고자 한다.

1. IEEE 802.11aa의 주요 기능

IEEE 802.11aa는 실시간 비디오 전송 트래픽에 대한



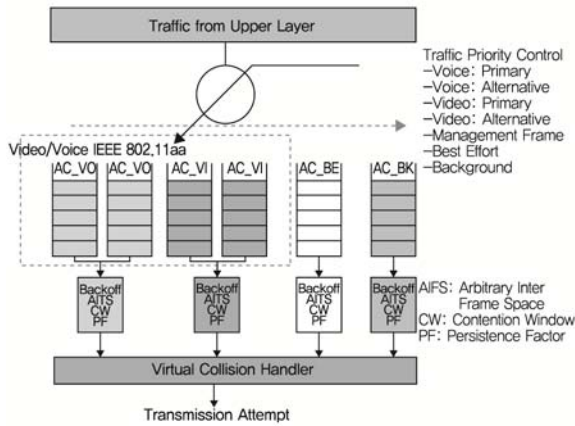
(그림 7) IEEE 802.11 MAC 계층 표준화 흐름

QoS 향상 및 OBSS 문제에 대한 해결방안 수립이라는 목표로 2012년 표준을 완료하였다. 당초 다수의 문제가 제기 되었으나, 최종적으로 표준에 포함된 기술은 다음 세가지 기술이다.

가. SCS(Stream Classification Service)

IEEE 802.11aa에서는 IEEE 802.11e에서 정의된 AC보다 2개가 많은 총 6개의 AC를 정의한다. 실시간 트래픽에 대한 보다 높은 우선순위를 제공하기 2개의 AC 즉 실시간 음성(Audio), 영상(Video)서비스에 대해 각 한 개씩의 AC를 추가하여 같은 실시간 음성, 영상서비스 프레임들 간에 차등화가 가능하게 하였다(그림 8) 참조).

이와 같이 같은 종류의 트래픽 클래스에 대한 차등화를 시키는 이유는 같은 종류의 트래픽의 경우에도 각 프레임의 중요도가 다르기 때문이다. 예를 들면 H.264 비



(그림 8) IEEE 802.11 aa의 SCS 구조

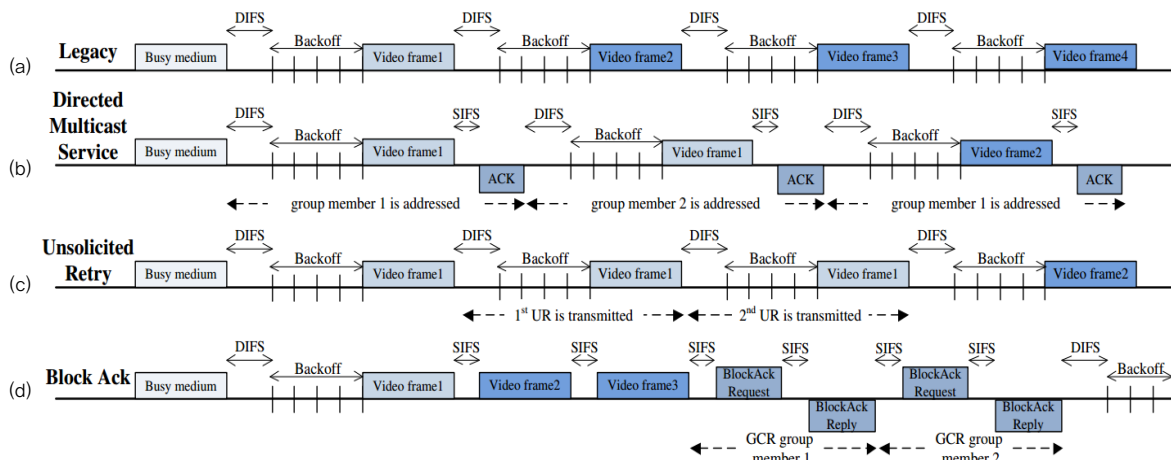
디오 프레임의 경우 I slice의 경우 B 또는 P slice 보다 프레임이 손실되었을 때 비디오의 성능저하가 크게 발생하기 때문에 VI_Primary queue를 통해 전송한다면 보다 높은 우선순위를 가지고 전송품질을 제어할 수 있다.

나. GCR(Group Cast with Retry)

IEEE 802.11aa 표준 이전에는 한 사용자가 다수의 사용자에게 같은 프레임을 전송하는 Multi-cast에 있어서 (그림 9 (a))와 같이 순차적으로 프레임을 전송하고 수신자로부터 AC(Acknowledgment) 프레임을 수신하

지 않았다. 때문에 전송률은 다른 (그림 9 (b)-(d)) 방식 보다 높았으나 서비스에 대한 신뢰성이 확보되지 않아 사용자가 증가하면 높은 FER(Frame Error Rate)을 나타내어 품질의 저하를 초래했다.

IEEE 802.11aa에서는 Multi-cast 서비스에 대한 신뢰성을 향상시키고자 GATS(Group Address Transmission Service)로 정의되는 Group Cast(Multi-cast와 동의어) 프로토콜에 대한 개발을 진행하였고 IEEE 802.1v에서 정의되었던 DMS(Directed Multicast Service) (그림 9 (b)) 방식을 포함하여 GCR-Unsolicited Retry (그림 9 (c)) 및 GCR with BA(Block ACK) (그림 9 (d)) 방식을 추가로 정의하였다. DMS 방식은 Unicast 즉 1대1 전송을 ACK 응답이 있게 수신자 수만큼 반복하여 전송하는 방식으로 매 비디오 프레임마다 ACK 프레임을 각 수신자로부터 수신하기 때문에 신뢰성은 높은 대신에 전송시간이 길다는 단점이 있다. GCR-Unsolicited Retry 방식은 각 수신자에게 동시에 같은 프레임을 사전에 정의된 횟수만큼 반복 전송하고 ACK를 받지 않는 방식으로 반복전송 횟수에 따라 신뢰도가 증가하나 그만큼 전송시간이 길어지는 단점이 있다. 마지막으로 GCR-BA 방식은 사전에 정의된 사이즈만큼의 연속적인 프레임 전송 후 1대1로 각 수신자에게 ACK를 수신하는 방식으



(그림 9) IEEE 802.11 표준에서의 Multicast ACK 방식들[17]

로 전송시간 및 신뢰성을 모두 확보할 수 있지만, 다수의 수신자로부터 ACK를 수신하는 구간에서 TXOP(Transmission Opportunity) 구간이 종료되면 신뢰성에 저하되는 문제가 있어 TXOP 구간에 대한 세밀한 설정이 필요하다는 단점이 있다.

다. OBSS

IEEE 802.11aa에서는 OBSS 환경을 제어하고자 AP 간 제어 메시지(Management Frame)교환을 통해 OBSS 환경에 있는 AP 간에 상호간에 동작정보를 공유하여 효율적인 조정을 할 수 있게 몇 가지 기능들을 정의하였다. 제어 메시지들은 AP 간 상호간에 전송범위 안에서는 직접적으로 전송하거나 OBSS 영역 내의 STA를 통하여 전송할 수 있다[18]. 각 AP는 QLoad Report Frame 또는 Protected QLoad Report Frame안에 QLoad Report element를 이용하여 인접 AP와 QoS load 정보를 공유할 수 있으며, 또한 QLoad Report element에는 admission control 정보나 Scheduling 방식, 비경쟁구간 TXOP 정보를 확장할 수 있어, 지능적인 자원할당 및 트래픽 제어기능을 제공할 수 있다. 아울러 OBSS AP 간 시간 구간에 대해서도 공유할 수 있는 기능을 제공하며, 이를 위해 Proportional 및 On-demand, 두 가지 공유 정책을 권장하고 있다.

또한 채널탐색을 통한 채널 선택과정(Procedure), 최적의 채널 선택방식에 대한 제안을 포함하고 있으나 구체적인 알고리즘은 표준범위 밖이므로 OBSS 문제에 대한 구체적인 실질적인 해결책은 추가로 연구되어야 할 부분이다.

VI. 결론

본고에서 현재 무선랜 네트워크의 성능저하에 주요한 이슈들에 대해 그 해결책을 살펴 보았다. 간섭회피에서

는 기존 무선랜에서 사용되고 있는 간섭회피 방안의 문제점을 고찰하고, 비면허 대역의 이중 무선랜 및 다른 비면허대역 기기간의 간섭을 효과적으로 완화시켜 주파수 이용 효율을 극대화하기 위해 차세대 무선랜에서 요구되는 간섭회피 방안을 제시하였다.

간섭정렬기술에 대한 현재까지 연구결과는 셀 간 간섭해결 및 주파수 효율을 향상시킬 수 있는 주요한 기술이라고 파악된다. 하지만 현재까지 진행된 연구 결과는 이론적 분석에 따른 성능을 파악한 것이며, 실제 구현을 위해서는 추가적인 연구가 많이 필요하다고 판단된다. 앞에서 언급한 이론적 분석 이외에 채널 추정 및 채널정보 교환방식, 효과적인 간섭정렬 프리코더와 디코더를 생성하는 연구 등 간섭정렬기술의 구현을 위한 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

QoS 향상 기술측면에서는 IEEE 802.11aa 표준을 중심으로 무선랜 표준화 그룹에서 주요하게 고려된 이슈들에 대해 개괄적으로 정리하였다. 비록 IEEE 802.11aa에서 실시간 서비스에 대한 우선순위 부여 및 신뢰성 향상을 보완하였지만 각 방식별 성능평가 및 동작환경에 대한 추가연구가 필요하다. 또한 AP 간 제어방식에 관해서는 802.11 그룹 이외에 다른 그룹과의 협력이 필요한 사안으로 구체적인 표준화가 어려운 실정임을 고려할 때 구현측면에서 접근해야 하는 이슈라 할 수 있다.

이와 같이 앞서 언급한 이슈들에 대한 입체적이고 종합적인 관리 방식에 대한 연구가 진행된다면 현재 무선랜의 네트워크의 사용자 증가로 인한 성능저하에 대한 면역력을 제공할 수 있을 것이다.

용어해설

간섭회피(Interference Avoidance) 간섭을 회피하기 위해 동일 채널 내의 사용자를 다른 채널 또는 다른 대역으로 이동시키거나 동작 채널을 간섭이 발생하지 않도록 효과적으로 배치하는 기술

간섭정렬(Interference Alignment) 송신자 이외에 수신되는 간섭신호에 대해 간섭을 제거 또는 완화시킬 목적으로 송신자 및 간섭원들이 협력하여 특정 수신자에게 수신되는 신호를 조정하여 전송하는 기술

약어 정리

AC	Access Category
CDIS	Coexistence Discovery and Information Server
CE	Coexistence Enabler
CM	Coexistence Manager
CSI	Channel State Information
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FER	Frame Error Rate
GATS	Group Address Transmission Service
GCR	Group Cast with Retry
MU-MIMO	Multi-user Multi Input Multi Output
NPRM	Notice of Proposed Rule Making
OBSS	Overlapped Basic Service Set
RTS	Ready-to-Send
SCS	Stream Classification Service
SDMA	Space Division Multiple Access
TDMA	Time Division Multiple Access
TTA	Telecommunications Technology Association
TXOP	Tx opportunity or Transmission opportunity
WLAN	Wireless Local Area Networks

참고문헌

- [1] 방송통신위원회, “2.4GHz 와이파이 혼신 최소화를 위한 가이드라인,” 2011. 12.
- [2] Rich Kennedy, “Industry Outline for NPRM FCC 13-22,” IEEE 802.11-13-0349-00, Mar. 2013
- [3] G. Basson et al., “Beyond 802.11ad – Ultra High Capacity and Throughput WLAN 2nd presentation,” IEEE 802.11-14-0136-02, Jan. 2014.
- [4] M. Cheong et al., “Wi-Fi interference measurements in Korea (Part II),” IEEE 802.11-14-0112-01, Mar. 2014.
- [5] K. Yunoki et al., “Understanding Current Situation of Public Wi-Fi Usage,” IEEE 802.11-13-0523-00, May 2013.
- [6] M. Cheong et al., “Wi-Fi interference measurements in Korea (Part I),” IEEE 802.11-13-0556-01, May 2013.
- [7] L. Caiou et al., “Carrier-oriented WIFI for cellular offload,” IEEE 802.11-12-1123-00, Sept. 2012.
- [8] Y. Li, et al., “A New Metric for Evaluating the Throughput Performance of HEW,” IEEE 802.11-14-0425-03, Mar. 18th, 2014
- [9] S. J. Bae et al., “Cooperative radio resource management mechanisms based on autonomous session establishment between APs in IEEE 802.11 WLAN,” *IEEE Telcon Spring Conf.*, Apr. 17th, 2013, pp. 303-307.
- [10] T. Baykas et al., “Developing a Standard for TV White Space Coexistence: Technical Challenges and Solution Approaches,” *IEEE Wireless Comm. Mag.*, Feb. 2012, pp. 10-22.
- [11] V.R. Cadambe and S. A. Jafar, “Interference Alignment and Degrees of Freedom of the K-User Interference Channel,” *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 54, no. 8, Aug. 2008, pp. 3425-3441.
- [12] H. J. Sung et al., “Linear precoder designs for K-user interference channels,” *IEEE Trans. Wireless Comm.*, vol. 9, no. 1, Jan. 2010, pp. 291-301.
- [13] S. W. Peters and R. W. Health, “Interference alignment via alternating minimization,” *IEEE International Conf. Acoustics, Speech Signal Process. 2009. ICASSP 2009*, Apr. 19-24th, 2009, pp. 2445-2448.
- [14] S. W. Peters and R. W. Health, “Cooperative Algorithms for MIMO Interference Channels,” *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 60, no. 1, Jan. 2011, pp. 206-218.
- [15] W. J. Shin et al., “On the Design of Interference Alignment Scheme for Two-Cell MIMO Interfering Broadcast Channels,” *IEEE Trans. Wireless Comm.*, vol. 10, no. 2, Feb. 2011, pp. 437-442.
- [16] H.-H. Lee, M.-J. Kim, and Y.-C. Ko, “Transceiver design based on interference alignment for MIMO interfering broadcast channels,” *Wireless Comm. Symposium*, Dec. 3-7th. 2012, pp. 5044-5049.
- [17] Pablo Salvador et al. “A First Implementation and Evaluation of the IEEE802.11aa Group Addressed Transmission Service,” <http://eprints.networks.imdea.org/694/>, 2011. 3.
- [18] IEEE SA, “Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 3: MAC Enhancements for Robust Audio Video Streaming,” IEEE Amendment 802.11aa, 2012.