

무선LAN 간섭현상 해소를 위한 최근 연구동향

이승환, Xiaoying Lei, 이승형
광운대학교

요약

최근 무선LAN의 폭발적인 수요 및 공급 증가에 따라 무선LAN의 간섭현상이 큰 문제로 대두되고 있으며, 이에 따라 무선LAN의 간섭현상을 줄이기 위해 연구가 활발히 진행되고 있다. 본고에서는 무선LAN의 간섭현상을 줄이기 위한 최근의 연구동향을 분석하고, 시뮬레이션을 통하여 무선LAN 간섭현상이 네트워크 성능에 어떠한 영향을 미치는지를 평가한다.

I. 서론

무선 네트워크의 특징인 자유로운 이동성, 망 구축에 필요한 비용 감소 그리고 확장성과 같은 장점으로 인해 무선 네트워크 통신의 수요가 폭발적으로 증가하고 있다[1]. 무선 네트워크의 수요의 증가에 따라 무선 통신 시스템간의 간섭문제 또한 큰 문제로 부각되고 있다.

과거 무선LAN 기술은 유선 네트워크를 구축할 수 없는 환경에서 제한적으로 사용되어진 기술이었으나 1999년 IEEE 802.11b, 11a의 표준규격이 완성되고 제품들 간의 상호 운용성이 보장되면서 무선LAN 시장은 급격하게 성장하였다. 최근 스마트폰 (smart phone), 스마트 패드(smart pad), 스마트 태블릿(smart tablet) 등의 스마트 단말기 사용자들이 늘어남에 따라 무선LAN 통신망이 빠르게 구축되었고 이에 따른 무선LAN 신호 간섭의 문제가 커지고 있다.

무선LAN이 사용하고 있는 주파수 대역인 2.4GHz / 5GHz는 ISM(Industrial, Scientific, Medical) 대역을 사용한다. ISM 대역은 산업, 과학, 의료용의 용도로 사용되기 때문에 전파사용료를 지불하지 않기 때문에 다양한 통신 시스템이 이 주파수 대역을 사용하고 있다. <표 1>에서 2.4GHz / 5GHz 무선LAN의 사용 현황을 보면 무선LAN과의 간섭요인으로 다양한 타 시스템이 존재하는 것을 알 수 있다[2].

표 1. 2.4GHz / 5GHz 무선LAN 비교[2]

	2.4GHz 무선LAN	5GHz 무선LAN
주파수 이용 현황	2.4~2.4835GHz (약 83MHz)	5.15~5.25GHz(실내) 5.25~5.35GHz(실내외) 5.47~5.65GHz(실내외) 5.725~5.825GHz(실내외) (총 480MHz)
채널 수 (20MHz)	4개	19개
간섭 요인	블루투스, 지그비, RTLS, 코드 없는 전화, 무선 AV	레이더, DSRC
출력 제한	10mW/MHz (약 EIRP 1W 이하)	10mW/MHz (약 EIRP 1W 이하)
커버리지	100m 이하	50m 이하

이러한 타 시스템과의 간섭현상과 무선LAN간의 간섭현상은 무선LAN의 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 최근 무선LAN의 간섭현상을 줄이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 무선LAN의 간섭현상에 대한 연구동향 및 시뮬레이션을 통한 성능평가에 대해 기술하고자 한다. 논문의 구성은 2장에서는 무선LAN의 간섭현상을 줄이기 위한 다양한 관련 연구에 대해 기술하고, 3장에서는 시뮬레이션을 통한 무선LAN의 간섭현상 분석에 대해 기술하고, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 관련연구

1. Interference Aware MAC[3]

이 연구에서는 인프라스트럭처 네트워크와 애드 혹 네트워크에서 간섭현상을 줄일 수 있는 Interference Aware MAC (IA-MAC)을 제안하였다. IA-MAC에서는 모든 노드들은 RTS/CTS 메커니즘을 사용하여 전송매체에 접근하는데 CTS 패킷에 기존의 방식과 다르게 추가적인 정보를 함께 보낸다. 노드가 RTS 패킷을 수신했을 때 SINR (Signal to Interference and Noise Ratio)과 파워레벨의 정보를 CTS 패킷에 추가하여 전송한다. CTS패킷을 받은 노드들은 SINR과 파워레벨을 근거로 자

신의 통신이 이웃 노드에게 간섭을 발생시킬 수 있는지를 예측하고 NAV (Network Allocation Vector) 설정여부를 정한다.

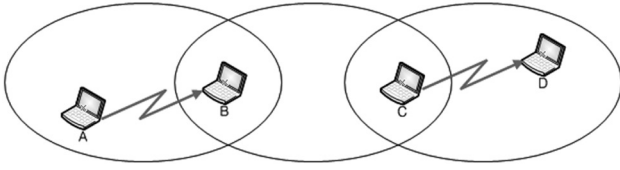


그림 1. 간섭현상 발생 시나리오[3]

〈그림 1〉에서 노드 A, B, C, D는 체인토폴로지로 구성된 무선네트워크이다. 노드 B와 노드 C의 전송영역이 겹쳐있는 상황이다. 노드 A가 B에게 RTS를 보내면 B는 CTS로 응답한다. 노드 C는 노드 B가 보내는 CTS를 받을 수 있어서 이에 저장된 SINR와 파워레벨을 근거로 자신이 전송하는 것이 B의 수신에 간섭을 주는지를 예측할 수 있다. 노드 B가 A에게 RTS를 받을 때 파워를 P_B^{RTS} , 노이즈와 간섭의 합은 I_B^{CTS} 로 정의한다. $SINR_B = P_B^{RTS} / I_B^{CTS}$ 로 계산된 SINR는 CTS패킷에 정보를 포함해서 보낸다. 노드 C가 B에게 온 CTS 받을 때 파워를 P_C^{CTS} 로 정의한다. 노드 B가 C에게 패킷을 받을 때 패킷의 파워가 P_C^{CTS} 로 정의한다. 결과적으로 C는 B의 SINR를 아래와 같은 식(1)로 예측할 수 있다.

$$SINR_B^{ext} = \frac{P_B^{RTS}}{I_B^{CTS} + P_C^{CTS}} = \frac{P_B^{RTS} SINR_B}{P_B^{RTS} + P_C^{CTS} SINR_B} \quad (1)$$

만약에 예측된 $SINR_B^{ext}$ 가 시스템에서 정하는 한계치보다 크면 노드 C는 NAV로 설정하여 전송을 하지 않고, 그렇지 않은 경우에 노드 C는 데이터를 전송한다. IA-MAC는 서로의 전송영역 안에 있지만 서로 간섭을 발생시키지 않는 경우에 전송을 할 수 있도록 메커니즘을 제안하여 네트워크의 사용률을 향상 시켰다.

2. 전력관리 기법을 사용한 간섭감소 연구[4]

이 연구에서는 전력관리(power control) 채널을 사용하여 노드들의 전력 정보를 전송하여 서로의 간섭을 줄이는 방식을 제안하였다.

그림2와 같이 노드 A와 노드 B는 근접한 거리에 있고 노드 C와 노드 D는 상대적으로 먼 거리에 존재하는 경우에서 노드 A와 노드 B가 서로 통신하는 것은 노드 C에게 영향을 미치지 않고 C가 감지할 수도 없다. 그러나 노드 C와 노드 D가 통신하는 것은 노드 B가 전송범위 안에 존재하기 때문에 노드 B에게 영향을 미칠 수 있고 또한 노드 B가 노드 C와 노드 D의 통신을 감

지 할 수도 있다. 결과적으로 노드 B가 노드 C와 노드 D에게 간섭을 받아서 전송하는 기회 많이 줄어들게 되고 노드 B에서 간섭에 의해 데이터 처리량이 줄어든다.

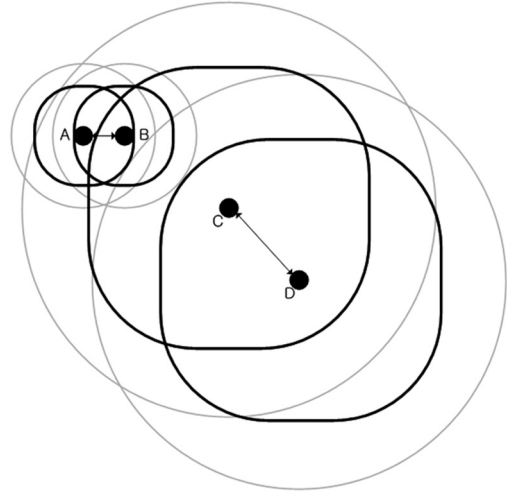


그림2. 비대칭 링크의 문제점[4]

이 연구에서는 비대칭 링크에서 간섭현상을 줄이기 위해 전력관리 방식을 사용한 메커니즘을 제안하였다. 이 메커니즘에서 전력관리 정보를 보내는 전력관리 채널을 새롭게 추가하였다. 모든 노드들이 데이터 패킷을 보내기 전에 RTS/CTS를 교환하며 이를 통해 신호와 노이즈의 강도를 예측하게 된다. 수신파워 및 노이즈파워를 P_r 와 P_n 로 정의하고 채널의 디코딩 성공 한계치를 SIR_{th} 로 정의하면 노드의 노이즈 레벨을 $P_r / (SIR_{th} - P_n)$ 로 계산할 수 있다. 수신노드는 계산한 정보를 전력관리 채널에서 이웃노드들에게 전송하여 이웃노드들이 수신된 전력 정보를 바탕으로 자신이 앞으로 전송할 데이터가 이웃노드의 수신에 간섭을 줄 수 있는지를 예측한다. 간섭현상 발생 가능성이 있는 노드들은 NAV를 설정하여 송신 하지 않고 기다리게 되며 간섭현상을 발생 가능성이 없는 노드들은 자신의 데이터 전송을 동시에 진행할 수 있다.

전력관리 채널은 ACK의 수신으로 인해서 발생하는 간섭을 해결하기 위해 무선LAN의 4단계 hand shake 구조 대신 3단계 hand shake 구조를 제안하였다. 즉, 기존의 방식과 다르게 수신자가 데이터를 성공적으로 받고 난 후 ACK 패킷을 전송하지 않은 것이다. 송신자에게 데이터를 성공적으로 받았다는 것을 알리기 위해 패킷의 관련된 정보(session ID 및 sequence number)를 다음 CTS 패킷을 보낼 때 CTS에 저장해서 보낸다. 이 연구는 위에서 설명한 두 방식을 사용하여 무선LAN에서 발생하는 간섭현상을 줄여 네트워크의 성능을 향상시킨다.

3. 동일채널 간섭 방지 알고리즘[5]

이 연구에서는 같은 주파수 대역을 사용하는 두 개의 무선LAN BSS(Basic Service Set)에서의 간섭을 줄이는 방법을 제안하였다. 노드들은 EDT(Energy Detect Threshold)와 DF(Defer Threshold)을 사용하여 채널이 사용되는 것을 감지하게 된다. EDT의 값이 DF보다 작기 때문에 탐지할 수 있는 반경은 더 커지게 된다. <그림 3>은 이웃 BSS와의 동일채널 간섭이 발생하는 상황이다. 각각의 BSS는 4개의 노드들을 포함하고 STA1.0과 STA2.0은 서로 간섭이 발생하는 반경 안에 위치하고 있다. STA2.0은 AP1의 EDT 거리 안에 포함되고 DF 거리의 밖에 존재한다. 이러한 상황에서는 STA 2.0과 AP2와의 데이터 전송은 STA1.0과 AP1과의 통신에 간섭을 주게 된다. STA2.0은 AP1의 히든 터미널 관계에 있게 된다.

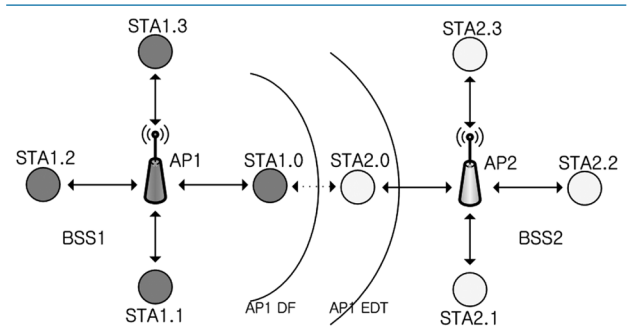


그림 3. 이웃 BSS와의 동일채널 간섭현상[5]

이 논문에서는 이러한 동일채널에서의 간섭현상을 줄이는 알고리즘을 제안하였다. RTS/CTS 방식은 위에서 발생하는 히든 터미널 문제를 해결할 수 있지만 오버헤드가 발생하게 된다. 각각의 노드들은 간섭이 발생할 수 있는 인접 BSS의 전송을 모니터링하고 간섭 신호를 탐지하게 되면 AP에게 자기 자신이 IP (Interference-Prone) 노드, 즉 간섭이 발생할 상황에 있는 노드라고 알리게 된다. AP는 IP노드에게 데이터를 전송하는 경우에만 RTS/CTS 방식을 사용하여 데이터를 전송하게 된다. 그리고 에너지 탐지 거리를 DF에서 EDT로 늘려서 AP1은 STA2.0의 상태를 파악하게 된다. STA2.0이 AP2와 통신하는 경우에 AP1은 백오프 시간을 늘려 충돌을 피하게 된다. 이 연구에서는 이웃한 BSS간의 센싱을 사용하여 서로의 간섭을 줄이는 방법을 제안하였다.

4. Two-level 캐리어 센싱 메커니즘[6]

이 연구에서는 중복된 BSS간의 간섭을 줄이는 메커니즘을 제안했다. <그림 4>의 간섭 시나리오는 두 BSS가 서로 전송 범위 안에 있으며 일부 노드들이 겹쳐진 전송범위에 위치하고 있고,

AP들이 서로의 전송범위에 있지 않아서 이웃 AP의 전송을 센싱할 수 없는 경우이다. 이런 경우에는 간섭이 발생하게 되는데 이 연구에서는 이러한 간섭 상황에서 BSS간 간섭을 줄이는 메커니즘을 제안하였다.

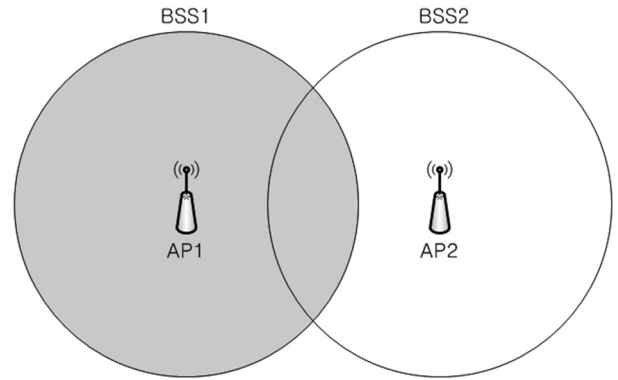


그림 4. 중복된 BSS 간섭 시나리오[6]

<그림 4>와 같은 간섭 상황에서 BSS간 간섭을 줄이기 위해 이 연구에서는 two-level 캐리어 센싱, 즉 PHY계층과 MAC 계층 모두 캐리어 센싱을 하는 방안을 제안하였다. PHY계층에서 캐리어 센싱하는 것은 일정시간동안 채널이 사용되지 않고 있는 것을 감지하는 것이다. MAC 계층에서는 가상 캐리어 센싱을 하는데, IEEE 802.11 표준에 있는 NAV를 사용하여 새로운 self-BSS NAV (SBNNAV)과 overlapping-BSS NAV (OBNAV) 두 개 NAV를 추가 했다.

SBNNAV는 기존의 NAV의 동작방식과 같다. OBNAV는 DCF (Distributed Coordination Function) 방식의 노드들은 OBNAV-CP를 사용하고 PCF (Point Coordination Function) 노드들은 OBNAV-CFP를 사용한다. DCF 노드들이 다른 BSS에 속하는 노드끼리 서로 전송하는 데이터 패킷을 센싱하게 되면 duration 값을 기준으로 OBNAV-CP를 설정한다. PCF 노드들은 CFPDurRemaining 파라미터를 기준으로 OBNAV-CFP를 설정하게 된다. 또한 중복 된 BSS의 수를 저장하기 위해 노드들이 OB 카운터를 사용한다. <그림 5>에서 PCF 방식으로 동작하는 노드들이 받은 CF-End 패킷의 수가 OB 카운터와 같을 때만 OBNAV-CFP를 갱신한다.

노드들이 채널에 접근할 때, DCF 노드는 NAV 값이 0이 되면

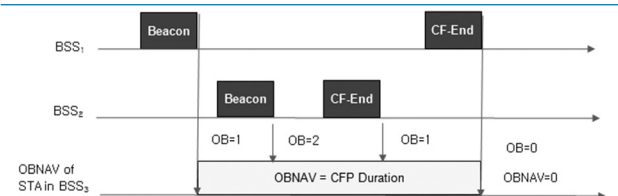


그림 5. 중복된 BSS의 NAV 설정[6]

채널에 접근할 수 있다. NAV 값이 SBNV와 OBNAV과 비교하여 큰 값으로 설정한다. <그림 6>에서 PCF 노드는 AP에게 폴링을 받으면 우선 PHY계층의 캐리어 센싱을 한다. 그리고 SBNV와 OBNAV의 값을 확인하여 모두 0인 경우에 채널에 접근하여 간섭 구간에서의 노드 간 간섭현상을 줄이게 된다. 이 연구에서는 PHY계층의 캐리어 센싱과 MAC계층의 가상 캐리어 센싱을 수행함으로써 중복된 BSS에서 발생하는 간섭현상을 줄이게 된다.

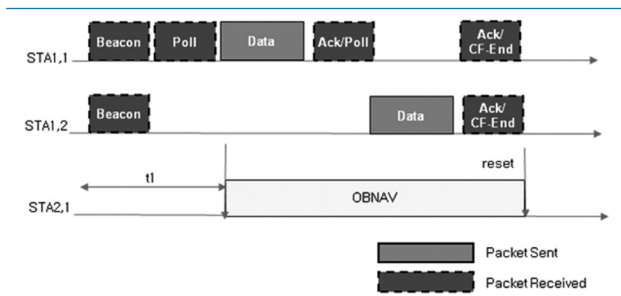


그림 6. 간섭 구간에 노드의 동작 방식[6]

5. Known Interference Cancellation[7]

이 연구에서는 패킷의 중복수신 방법을 사용한 Known Interference Cancellation(KIC) 메커니즘을 이용하여 간섭이 발생된 패킷을 회복시키는 방식을 제안하였다.

<그림 7>은 두 AP가 세 개의 노드에게 같은 데이터를 멀티캐스트하고 있는 경우이다. 두 AP가 서로 히든 터미널관계에 있기 때문에 동시에 데이터를 전송할 때 Client2에서 충돌이 발생한다. 그러나 두 AP가 전송하는 데이터가 같음으로써 Client2는 KIC를 적용해서 패킷을 회복시킬 수 있다. <그림 7>에서 AP1은 패킷 P_k 를 AP2는 패킷 P_{k+1} 를 전송하고 있는 경우에,

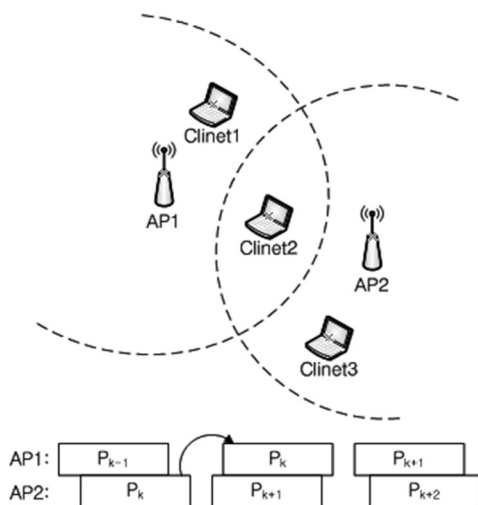


그림 7. 멀티캐스트 방식에서 간섭발생 현상[7]

Client2는 이미 AP2에게 P_k 받았기 때문에 KIC를 적용하여 패킷을 회복시킨다.

KIC가 동작하기 위해서는 수신노드들은 중복으로 받은 패킷을 캐시에 저장해 놓아야한다. 중복으로 받은 패킷들이 서로 다른 송신자에게 왔기 때문에 헤드와 CRC가 다르다. 전송되는 패킷의 헤드부분 및 페이로드의 일정 부분을 패킷의 끝에 붙여서 보내고 만약 간섭이 발생하여 패킷이 충돌되면 이 정보를 바탕으로 캐시에 있는 패킷을 가져온다.

KIC-enabled한 노드가 패킷을 받게 되면 우선 정상적인 방식으로 패킷을 해독하는데 CRC에 실패하게 되면 패킷의 헤드부분 및 끝부분에 저장되어 있는 헤드정보를 비교한다. 만약에 일치하지 않으면 받은 패킷이 서로 간섭하는 패킷으로 인지하게 된다. 수신노드가 패킷의 끝에 저장해 놓은 페이로드의 일부를 캐시에 있는 패킷의 페이로드랑 비교하는데, 만약 같다면 수신자는 캐시에 있는 패킷의 페이로드와 간섭이 발생하는 패킷의 끝부분에 저장되어있는 헤드정보를 결합해서 패킷을 회복시킨다. 이 연구에서는 KIC 메커니즘을 사용하여 간섭이 발생하는 패킷을 회복시킴으로써 간섭현상을 줄이는 방법을 제안하였다.

6. 멀티 BSS 환경에서의 간섭완화 방법[8]

이 연구에서는 멀티 BSS 환경에서의 간섭을 줄이는 메커니즘을 제안 하였다. 간섭을 줄이기 위해 RTS/CTS 방식과 링크 스케줄링 방식을 사용하는 알고리즘을 제안하였다. 네트워크의 데이터 로드가 적을 경우에는 CSMA/CA 메커니즘을 사용하고 로드가 많은 경우에는 time slotted access 방식으로 채널에 접근하며 히든 터미널 문제가 있는 링크에서는 RTS/CTS를 적용하도록 제안하였다.

네트워크의 로드가 많은 경우에 간섭이 자주 발생하기 때문에 링크 스케줄링 방식을 사용하여 각 링크에게 타임 슬롯을 할당한다. 제안한 스케줄링 방식은 다운링크에게 제일 높은 우선 수위를 부여하고, 링크의 간섭 레벨에 따라서 다음 우선순위를 정한다. 링크에게 타임 슬롯을 할당하고 나서 서로 간섭을 일으키지 않은 다른 링크들이 같은 타임 슬롯에 송수신을 수행할 수 있다. 이처럼 하나의 링크에 간섭이 발생하지 않는 여러 개의 타임 슬롯을 할당하게 되면 하나의 타임 슬롯에 여러 개 링크가 동작할 수 있어서 네트워크 성능을 향상시킬 수 있다. 또한 링크의 공정성을 확보하기 위해 스케줄링 할 때 타임 슬롯의 수가 가장 적은 링크부터 스케줄링을 수행한다. 스케줄링 한 링크의 수가 시스템에 정한 최댓값에 도달할 경우 스케줄링 프로세스를 정지하고 스케줄링을 아직 하지 않은 링크 중에 히든 터미널 문제가 발생 가능한 링크들에게는 RTS/CTS 메커니즘을 사용

하도록 제안하였다.

제안된 메커니즘을 적용하기 위해서 3 개 모듈을 추가 하였다. 첫째는 링크의 간섭레벨을 정하는 모듈이다. 링크의 파워와 활동비율을 고려해서 식(2)와 같이 정의 할 수 있다.

$$\text{Interference Level}_{ki} = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^N \frac{L_{li} P_{li}}{R_{li}} \quad (2)$$

여기에 L_{li} 와 P_{li} 는 간섭노드로 부터 받은 프레임*i*의 길이 및 파워이다. R_{li} 는 간섭노드에게 프레임을 받을 때의 rate를 나타 내고 T는 측정하는데 소비 하는 시간이다. 둘째는 히든 터미널 을 감지하는 모듈이다. 노드끼리 서로의 동작을 감지할 수 있는지 먼저 검사하고 노드에게 전송한 패킷이 서로 충돌을 발생 시키는지를 확인하여 수집된 정보들을 중앙 관리노드에게 보낸다. 셋째는 AP로 부터 정보를 수집하거나 정보를 보내는 역할을 하는 중앙 관리노드이다. 이 세 가지 모듈을 사용해서 제안 한 방식이 동작하게 된다.

이 메커니즘은 RTS/CTS 메커니즘을 사용해서 히든 터미널 문제를 줄이며 링크 스케줄링 방식을 사용해서 서로 간섭하는 링크의 전송시간을 미리 배정하여 링크 간 간섭을 줄일 수 있다.

III. 시뮬레이션을 통한 간섭현상 분석

본 장에서는 무선LAN 사이에 발생하는 간섭현상 시나리오에 서 간섭현상에 따른 무선LAN의 성능을 시뮬레이션을 통해 분석한다. 시뮬레이션 시나리오는 인접해 있는 BSS에서 간섭 현상이 발생하는 1번의 같은 채널을 사용하는 경우와 간섭현상이 발생하지 않는 채널 1번과 7번의 다른 채널을 사용하는 경우에 대해서 성능을 평가하였다. 시뮬레이션의 토폴로지는 <그림 8> 과 같다. BSS1과 BSS2는 다섯 개 무선 노드들이 AP와 연결되며 노드들이 AP에게 데이터를 전송한다. 두 BSS가 인접해 있기 때문에 같은 채널을 사용하는 경우에 간섭이 발생하게 된다. 두 BSS모두 802.11b표준을 따라서 설정하였다. <표 2>는 시뮬 레이션에 사용했던 파라미터이다. 시뮬레이터는 OPNET을 사용하였다.

표2. 시뮬레이션 파라미터

Parameters		Value
WLAN	Transmit Power(W)	0.005 W
	Data Rate	11Mbps
	Channel(BSS1/BSS2)	Channel 1/1
	Channel(BSS1/BSS2)	Channel 1/7

Application	Transport Protocol	TCP
	File size(bytes)	5000
	Inter-request Time (seconds)	0.04
	Simulation time	180 sec

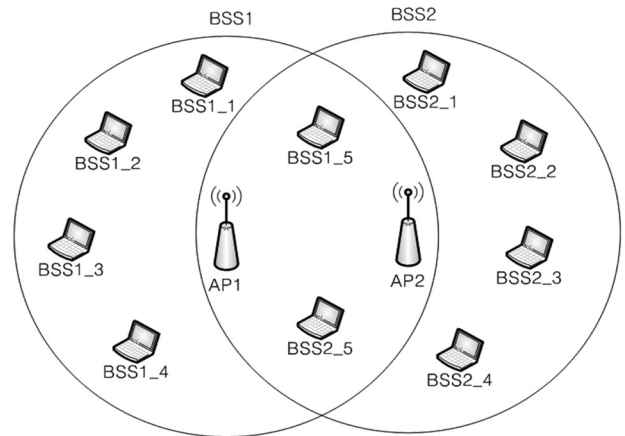


그림 8. 시뮬레이션 토폴로지

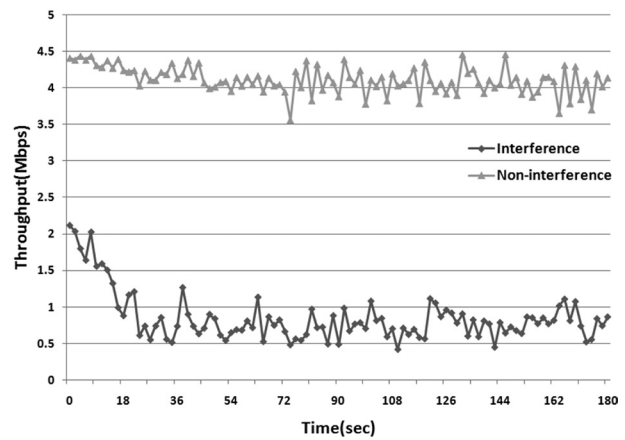


그림 9. 무선LAN 데이터 처리량

<그림 9>에서는 두 BSS간에 간섭이 발생하는 경우와 발생 하지 않은 경우에서 네트워크의 데이터 처리량의 결과이다. 두 BSS간의 간섭이 발생한 경우에는 네트워크의 데이터 처리량이 많이 떨어지는 것을 확인할 수 있다.

<그림 10>에서는 두 BSS간에 간섭이 발생하는 경우와 발생 하지 않은 경우에 네트워크의 재전송 시도의 차이를 보여준다. 간섭으로 인해 데이터를 전송하지 못하는 경우가 더 많이 발생하기 때문에 간섭이 발생하는 경우에 재전송 시도를 더 많이 하는 것을 확인할 수 있다.

<그림 11>은 두 BSS간에 간섭이 발생하는 경우와 발생하지 않은 경우에 네트워크의 딜레이의 차이를 보여준다. 간섭으로 인해 재전송이 일어나고 노드들이 전송매체에 접근하기 위해

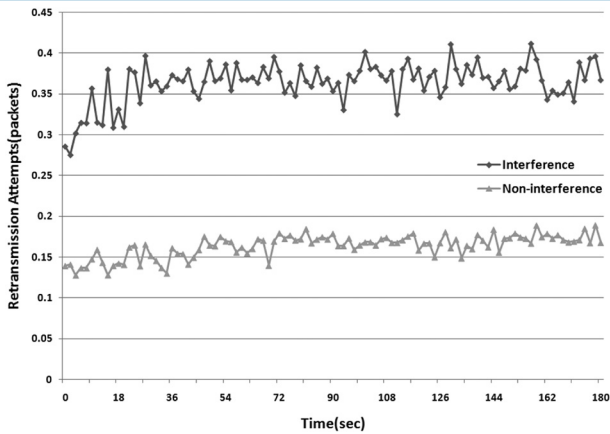


그림 10. 무선LAN 재전송 시도

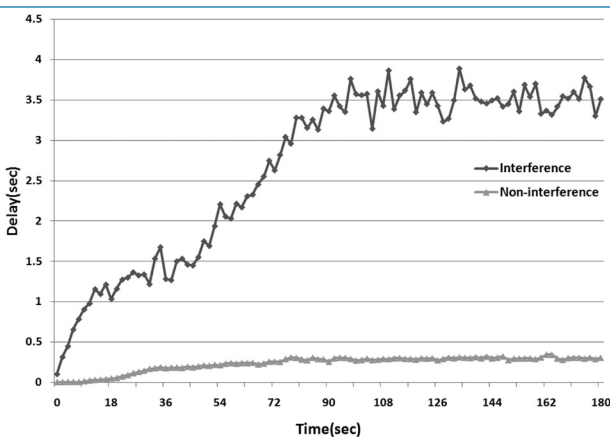


그림 11. 무선LAN 딜레이

발생하는 시간이 증가하게 되는 것을 확인할 수 있다. 시뮬레이션의 결과로 무선LAN 간의 간섭현상이 발생하게 되면 성능이 크게 저하되는 것을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본고에서는 무선LAN의 간섭현상에 관한 연구 동향과 무선LAN 간섭현상을 시뮬레이션을 통하여 성능을 측정하였다. 무선LAN의 간섭현상을 줄일 수 있는 다양한 방안이 관련 연구에서 제안되었다. 간섭이 발생할 확률이 있는 주변 노드들의 상태에 따라 간섭을 줄이며 통신할 수 있는 다양한 방법이 소개되었다. 시뮬레이션을 통하여 간섭현상이 발생할 경우 무선LAN의 성능이 크게 저하되는 것을 확인할 수 있었다.

앞으로 무선LAN의 수요가 더 증가될 것으로 예상되는 시점에서 무선LAN의 간섭현상에 관하여 더 많은 연구가 수행되어야 한다.

Acknowledgement

“이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(20120006799)”

참고 문헌

- [1] "Cisco Visual Networking Index (2012) Global mobile data traffic forecast, Update, 2011-2016," (http://www.cisco.com/en/US/netsol/ns827/networking_solutions_white_papers_list.html).
- [2] 정민호, 이석규, 방승찬 " 차세대 무선랜 최신 기술동향," 전자통신동향분석, 제27권 2호 pp. 1-10. 2012년 2월
- [3] M. Cesana, B. Maniezzo, P. Bergamo, and M. Gerla, "Interference Aware (IA) MAC: an Enhancement to IEEE802.11b DCF," IEEE Vehicular Technology Conference, 2003.
- [4] X. Lin, Y. Kwok, and V. Lau, "Power control for IEEE 802.11 ad hoc networks: issues and a new algorithm," Parallel Processing, pp. 249-256, 2003.
- [5] Li, Y et al. "Co-channel Interference Avoidance Algorithm in 802.11 Wireless LANs," VTC, pp. 2610-2614, 2005.
- [6] Y. Fang, D. Gu, A. B. McDonald, and J. Zhang. "A Two-level Carrier Sensing Mechanism for Overlapping BSS Problem in WLAN," LANMAN 2005, pp 1-6, 2005.
- [7] C. Qin, N. Santhapuri, S. Sen, and S. Nelakuditi, "Known interference cancellation: Resolving collisions due to repeated transmissions," IEEE WiMesh, pp. 1-6, 2010.
- [8] M. Abusubaih, "Joint rts/cts and time slotting for interference mitigation in multi-bss 802.11 wireless lans" The design and analysis of wireless systems and emerging computing architectures and systems, 38, pp. 672-680, 2012.

약 력



이 승 환

2008년 광운대학교 전자공학 학사
2010년 광운대학교 전자공학 석사
2010년~현재 광운대학교 전자공학 박사과정
관심분야: 무선LAN interference,
무선 라우팅 프로토콜



Xiaoying Lei

2006년 화북전력대학교 경영학과 학사
2010년 광운대학교 경영정보 석사
2010년~현재 광운대학교 전자공학과 박사과정
관심분야: 무선LAN MAC 프로토콜, 전력관리 기법



이 승 형

1988년 연세대학교 전자공학 공학사
1990년 연세대학교 전자공학 공학석사
1999년 University of Texas at Austin 공학박사
2000년~현재 광운대학교 전자융합공학과 교수
관심분야: 무선네트워크 프로토콜, 차세대 이동통신