

3세대 디지털 사이니지를 위한 IEEE802.11n 광대역 무선랜에 대한 채널 간섭 분석

고호정*

Channel Interference Analysis of Wideband WLAN Based IEEE802.11n for 3rd Generation Digital Signage

Hojeong Ko* Regular Members

요 약

본 논문에서는 3세대 디지털 사이니지 대용량 고속 서비스 제공에 필요한 IEEE802.11n 표준 기반 40MHz 채널 대역폭을 사용하는 광대역 무선랜에 대한 동일채널, 인접채널, 인적차폐(Body Blockage)에 의한 채널 간섭 영향을 분석 하였다. 모의실험 결과, 동일채널 간섭기기와는 63m 이상의 보호 이격거리에서 78개 이내의 간섭기기와 운용이 가능하고, 인접채널들과는 61m 이상에서 80개 이내, 간섭채널이 동시에 존재하는 멀티채널에서는 97m 이상의 보호 이격거리가 필요함을 확인 하였다. 또한 간섭완화 기법을 통해 동일채널 간섭에서 빔포밍 적용시 51m로 개선되었고, CR(Cognitive Radio) 적용시 40m로 개선됨을 확인 하였다. 인적차폐 영향시, 채널 대역폭 조절, 간섭 보호 비(C/I) 조절, 빔포밍, 전력제어 기법을 통해 인적차폐로 인한 감쇄가 완화됨을 확인 하였다.

Key Words : Wideband, Channel Bonding, Channel Interference, Body Blockage, Interference Mitigation

ABSTRACT

In this paper, we have analyzed the effects of co-channel, adjacent-channel, and the human shield(Body Blockage) for wideband WLAN based on the IEEE802.11n 40MHz channel bandwidth required for high speed digital signage service. Simulation results show that wideband WLAN can be operated with 78 interferers over 63m distance in co- channel, 80 interferer over 61m distance in adjacent channel. By applying the mitigation method for reducing the interference, we have confirmed that protection distance is improved to 51m using beamforming, and 40m using cognitive radio in co-channel interference. Also body blockage interference is reduced using adaptive channel bandwidth, C/I ratio, beamforming, power control mitigation methodology

I. 서 론

디지털 사이니지는 기능에 따라 1세대에서 3세대로 분류되며, 단순 노출형 1세대 디지털 사이니지(One Way Digital Signage), 참여형 2세대 디지털 사이니지(Interactive Digital Signage)를 거쳐 현재 능동형 양방향 서비스를 제공하는 상황인지형 3세대 디지털 사이니지 (Context-aware Digital Signage)로 진화 되고 있다[1]. 능동적 양방향 정보 서비스로 발전 되고 있는 상황에서 인터랙션 기능이 요구되는 정보를 유연하게 교환 할 수 있는 통신 기술이 필요하며, 지금 까지 무선랜, 블루투스, 지그비등의 무선통신 기술이 검토 및 적용되고 있지만, 통신 과정에서 각 무선통신 모듈 간 또는

인접 동일 대역 시스템으로 부터의 간섭으로 인해 정보 오류가 발생할 수 있다. 이를 위해 2.4 GHz ISM 대역의 전파 간섭 연구가 진행되어 오기는 했으나, 채널 본딩(Channel Bonding)을 통해서 40MHz 채널 대역폭을 사용하여 대용량 고속 서비스를 제공하는 IEEE802.11n 표준 기반 광대역 무선랜에 대한 전파 채널 간섭분석은 현재 없는 상황이다. IEEE 802.11n 기반의 광대역 무선랜은 사용자들의 속도 개선을 위해서 기존 IEEE802.11n 표준에 40MHz 채널 대역폭을 가진 물리 계층, MIMO, MAC 계층의 프레임 집적 기술을 추가하여 데이터 전송률을 기존 54Mbps에서 600Mbps로 크게 향상 시켰다.

특히 채널 본딩을 통한 40MHz 채널 대역폭은 그림 1과

*서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 방송통신융합프로그램, 고호정 hojeong.ko@samsung.com
접수일자 : 2016년 02월 15일, 수정완료일자 : 2016년 03월 22일, 최종게재확정일자 : 2016년 03월 25일

같이 기존 802.11 물리계층의 데이터 전송을 하는데 사용하던 20MHz 채널 대역폭을 두배로 넓혀서, 하나의 20MHz 채널 대역폭을 사용하는 것에 비해 물리 계층에서의 데이터 전송률을 두배로 높일 수 있다. 이를 통해 무선랜의 전송 속도가 급격히 증가 하여 고속의 콘텐츠 서비스를 제공할 수 있다[2][3].

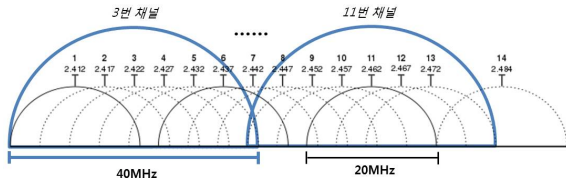


그림 1. 2.4GHz 대역 IEEE802.11n 무선랜 채널 분당

하지만, 고속의 데이터 전송 과정에서 인접 채널로부터 간섭을 받을 수 있으며, 이와 관련해서 본 논문에서는 새로운 기술 응용 트렌드로 대두 되고 있는 인터랙티브한 디지털 사이니지 대용량 고속 서비스 제공을 위한 IEEE802.11n 표준 기반 40MHz 채널 대역폭을 사용하는 광대역 무선랜에 대해서 동일채널, 인접채널, 인적차폐(Body Blockage)에 의한 채널 간섭 영향을 분석 하고자 한다. 논문의 구성은 2장 전과 간섭 시나리오 모델에서는 채널 간섭 분석을 위한 거리 및 밀도 시나리오 모델을 설명하고, 3장 IEEE 802.11n 광대역 무선랜 전과 간섭 분석에서는 모의실험을 통해 동일채널, 인접채널, 인적차폐에 대한 간섭 영향을 알아보고, 이를 완화하기 위한 기법을 적용하여 간섭이 완화됨을 확인한다. 4장에서는 본 논문의 결론을 내고 마친다.

II. 채널 간섭 시나리오 모델

전과간섭 시나리오 모델은 크게 그림 2의 거리에 따른 시나리오와 그림 3의 밀도에 따른 시나리오로 구분되며, 간섭 원에 의해 간섭을 받는 희생원은 Victim Receiver(Vr), 간섭의 영향이 없는 희망 신호를 Vr로 송신하는 기기를 Wanted Transmitter(Wt), Vr에 간섭을 발생 시키는 간섭원을 Interfering Transmitter (It), 간섭 없는 희망 신호를 It로부터 수신하는 기기를 Wanted Receiver(Wr)로 정의한다.

거리 시나리오는 Wt와 It의 셀 반경을 이용하여 워스트 케이스(Worst Case)를 고려하여, 최대 서비스 반경에 각각 Vr과 Wr를 위치 시키고 Vr와 It사이의 거리 d를 변경하여 간섭확률이 0%인 지점부터 Vr의 간섭허용치를 만족하는 구간을 확인 한다. 이 구간을 간섭 유효구간이라 정의한다. 밀도 시나리오에서는 거리 시나리오를 통해 얻어진 간섭유효구간면적을 유효간섭영역(Secure Interference Area)이라 정의하고, 유효간섭 영역 내에서 It의 밀도를 변경해가며 간섭 확률을 측정한다. 이때, It는 유효간섭영역에서 랜덤 하게

분포하며, Vr의 간섭허용치를 만족하는 범위 내에서 동시에 운용이 가능한 It의 최대 개수를 확인한다[4].

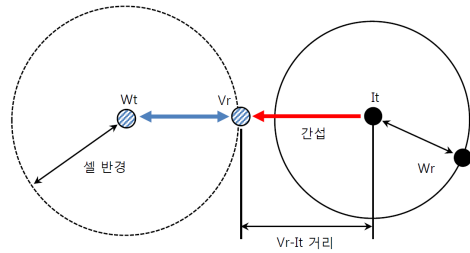


그림 2. 채널 간섭 거리 시나리오 모델

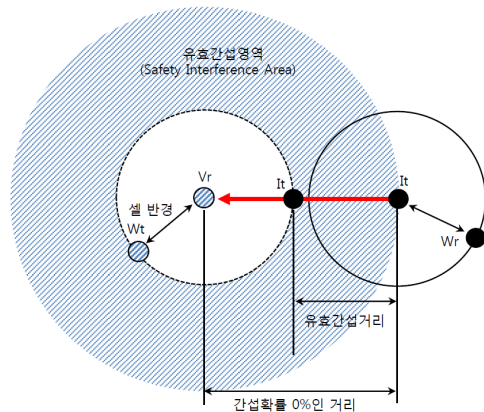


그림 3. 채널 간섭 밀도 시나리오 모델

III. IEEE 802.11n 광대역 무선랜 채널 간섭 분석

1. 간섭 시나리오

IEEE 802.11n 표준 기반 무선랜은 전송속도, 주변 통신 환경에 따라 20 MHz 및 40MHz 채널 대역폭에서 미디어접근 제어 MAC과 물리계층 기능을 수행 할 수 있는 AP 및 단말기로 구성된다. 그림 4에서 보는 바와 같이 디지털 사이니지의 무선랜 AP는 고속 통신 서비스가 가능한 근접 거리에서 40MHz 대역폭을 통해 대용량 콘텐츠를 인접한 모바일 스마트 디바이스에 전송 하고, 이를 수신하는 과정에서 인접한 무선랜으로부터 간섭을 받아 전송 에러가 발생하는 시나리오를 나타낸다.

간섭을 받는 희생원을 디지털 사이니지의 무선랜 AP와 통신을 하는 스마트 디바이스로 정의하고, 인접한 주변에서 광대역 서비스를 제공하는 무선랜을 간섭원으로 정의 한다. 또한 그림 5에서 보는 바와 같이 무선랜 AP와 스마트 디바이스가 데이터 전송 도중 인적 차폐로 인해 통신 링크의 간섭 확률이 증가 하여 신호 대 잡음비가 더욱 낮아지게 되는데, 이에 대한 간섭 영향도 다루기로 한다. 시나리오에서 Vr

: 디지털 사이니지 무선랜 AP와 통신을 하는 스마트 디바이스, I_t : 인접 간섭 무선랜 디바이스, W_t : V_r 에 신호를 송신하는 디지털 사이니지 무선랜 AP, W_r : I_t 로부터 신호를 수신하는 디바이스로 정의 한다.

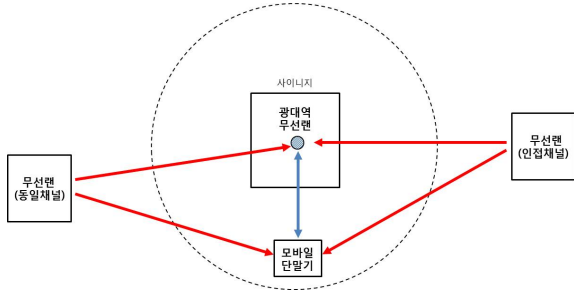


그림 4. 광대역 무선랜 전파 간섭 시나리오

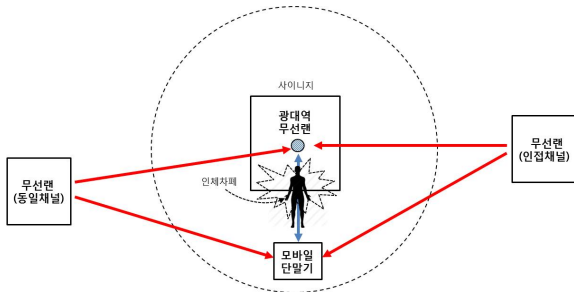


그림 5. 인체 차폐(Body Blockage) 간섭 시나리오

2. 모의실험 및 분석

본 절에서는 모의실험을 통해 간섭 시나리오를 구성하고 간섭 영향을 확인하였다. 표 1은 모의실험을 위해서 가정된 무선랜의 주요 파라미터를 나타내며, 40MHz 채널 대역폭에서 송신 전력 15dBm, 안테나 이득 6dBi, 간섭 보호비 C/I 21dB, 수신 감도 -73dBm을 갖는다. 그림 6은 40MHz 광대역 무선랜의 스펙트럼 방사 마스크 특성을 나타낸다[5].

간섭환경에서 무선랜(V_r, W_t)은 3번 채널인 2,422 MHz를 점유 하고 있는 상태를 가정하였고, 이때 주변 무선랜으로 부터의 동일채널, 인접채널에 대해 간섭 거리 및 밀도를 모의실험 하였다. 또한 위 결과를 바탕으로 간섭 완화 기법인 빔포밍, 무선인지를 적용하여 간섭 완화를 확인 하였고, 마지막으로 인적 차폐 영향을 분석 하였다. 전파 채널 모델은 W_t-V_r 간은 근거리 가시거리 LOS 환경을 고려하여, 자유공간 전송 손실 채널 모델을 사용 하였고, I_t-V_r 간은 확장형 하타 모델 (Extended Hata Model)의 대도시(Urban) 실외(Outdoor)환경을 가정하였으며, 모의실험은 간섭 원인 중 가장 큰 영향을 미치는 불요파(Unwanted Signal)에 의한 간섭 영향만을 다루었다. 모의실험은 ECO(European Communication Office)에서 몬테카를로 방법을 기반으로 개발한 SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte- Carlo Analysis Tool)을 사용하였다[6].

표 1. 무선랜 주요 항목

주요 항목	값	단위
주파수	2,422(3ch)	MHz
채널 대역폭	40	MHz
수신 감도	-73	dBm
간섭 보호비(C/I)	21	dB
잡음 전력	-94	dBm
안테나 높이	2.5	m
안테나 수평각	0~360	Degree
안테나 이득	6	dBi
송신 전력	15	dBm

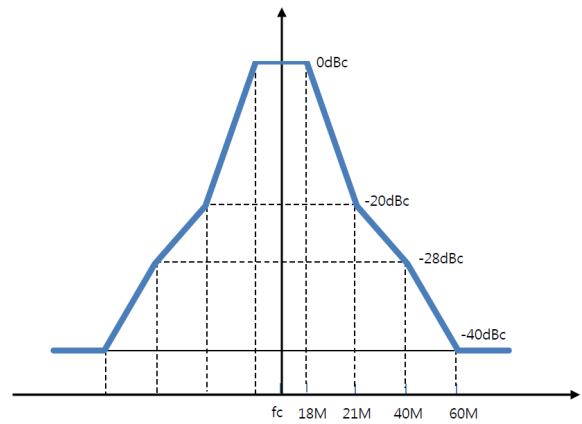


그림 6. 2.4GHz 무선랜 스펙트럼 방사 마스크_40MHz

(1) 동일 채널(Co-Channel) 간섭

그림 7은 V_r (디지털 사이니지의 무선랜 AP와 통신을 하는 스마트 디바이스)을 W_t (디지털 사이니지 F의 무선랜 AP)로 부터 서비스 반경 10m 지점에 위치시키고, I_t 와 V_r 의 이격 거리에 따른 간섭 확률을 나타낸다. 여기서 서비스 반경 10m는 광대역 고속 서비스를 제공 할 수 있는 안정적인 거리로 가정 하였다. 일반적으로 간섭분석에서 간섭확률이 25% 이내면 적합하다고 판단[7]하고, 본 연구에서는 간섭 확률이 5% 이내 일 때의 간섭 거리와 밀도를 구하였다. 간섭 허용치를 5%로 가정 한다면, 3번 채널 2,422MHz을 가지고 통신 하고 있는 V_r 에 대한 동일 3번 채널 I_t 간의 간섭 확률이 0~5% 되는 유효 보호 이격 거리는 약 63m~200m가 된다. 그림 8은 그림 7의 간섭 유효 이격거리 내에서의 I_t 밀도 모의실험 결과를 나타낸다. 그림 3에서 설명한 것 처럼, V_r 과의 유효간섭영역 (SIA)내에서 동일 채널을 갖는 I_t 가 랜덤 하게 분포 하게 된다. 그림 8로 부터 간섭 허용치 5%내에서 V_r 은 유효간섭영역에서 동일 채널을 갖는 78개의 무선랜 간섭 기기와 운용이 가능함을 알 수 있다.

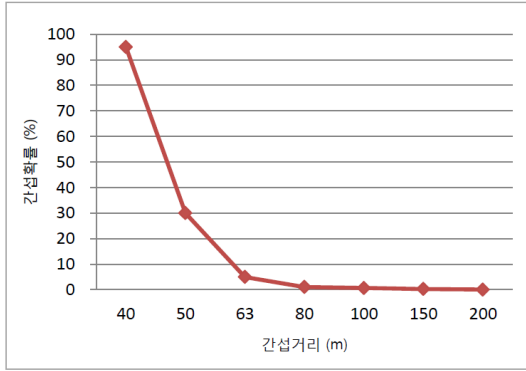


그림 7. 동일 채널에서 거리에 따른 간섭 확률

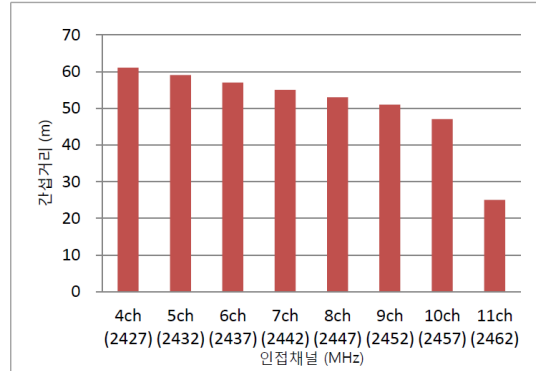


그림 9. 인접 채널의 거리에 따른 간섭 확률

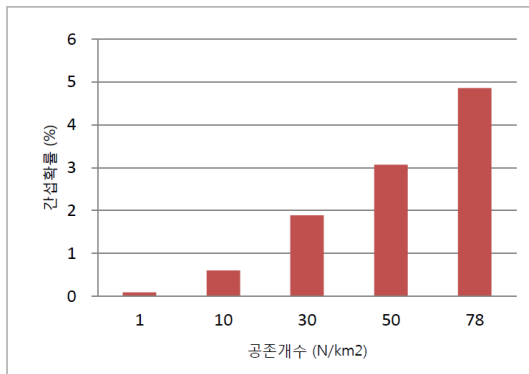


그림 8. 동일 채널에서 간섭원 밀도에 따른 간섭 확률

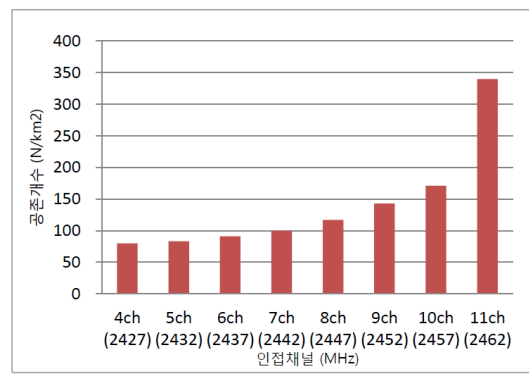


그림 10. 인접 채널의 유효 거리에서의 공존 개수

(2) 인접 채널(Adjacent-Channel) 간섭

그림 9, 10는 Vr이 3번 채널(2,422MHz)을 점유 하고 있는 상황에서, 인접 채널인 4~11 채널 각각에 대한 유효 보호 이격 거리와 밀도에 대한 모의 실험 결과를 나타내었다. 3번 채널을 갖는 Vr은 인접한 4번 채널을 갖는 간섭원과는 61m 이상의 보호 이격 거리에서 80개 이내에서 동시 운용이 가능하고, 5번 채널을 갖는 간섭원과는 59m 이상의 보호 이격 거리에서 83개 이내, 6번 채널을 갖는 간섭원과는 57m 이상의 보호 이격 거리에서 91개 이내, 7번 채널을 갖는 간섭원과는 55m 이상의 보호 이격 거리에서 100개 이내, 8번 채널을 갖는 간섭원과는 53m 이상의 보호 이격 거리에서 117개 이내, 9번 채널을 갖는 간섭원과는 51m 이상의 보호 이격 거리에서 143개 이내, 10번 채널을 갖는 간섭원과는 47m 이상의 보호 이격 거리에서 171개 이내, 11번 채널을 갖는 간섭원과는 25m 이상의 보호 이격 거리에서 340개 이내에서 동시 운용이 가능함을 알 수 있다. 최대 이격 주파수인 11채널(2,462MHz)에서도 25m 이상의 보호 이격 거리가 필요하게 되는데, 이는 스펙트럼 방사 마스크의 사이드로브 성분에 의해 발생하는 간섭 영향이다.

(3) 간섭 완화 기법 적용

① 빔포밍(Beamforming)

그림 11은 빔포밍을 위하여 사용된 안테나 방사 패턴을 나타낸다. 3dB 반치 전력 빔폭(Half Power Beam Width : HPBW)은 30도를 갖으며 전과 진행 방향에 대해서 지향성을 갖는 안테나이다. Vr와 It가 동일 채널 3번을 갖는 간섭 환경에서 유효 보호 이격 거리는 기존에 등방성 옴니 안테나를 사용할 때 약 63m~200m이었지만, 빔포밍 기법을 적용 하였을 경우, 그림 16과 같이 유효 보호 이격 거리는 약 51m~200m로 개선됨을 알 수 있다. 실험에 사용된 빔 패턴 보다 지향성이 더욱 우수하고 부엽(Side Lobe) 성분이 개선된 패턴을 사용할 경우 더욱 낮은 유효 보호 이격 거리를 얻을 수 있을 것이다.

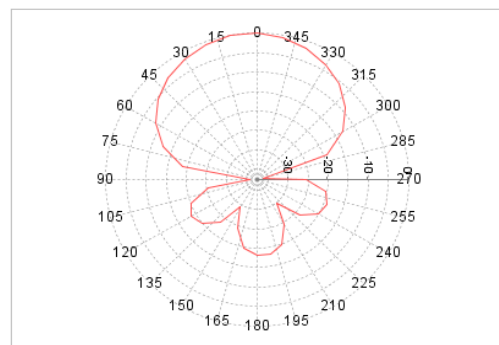


그림 11. 빔포밍 안테나 수평 패턴

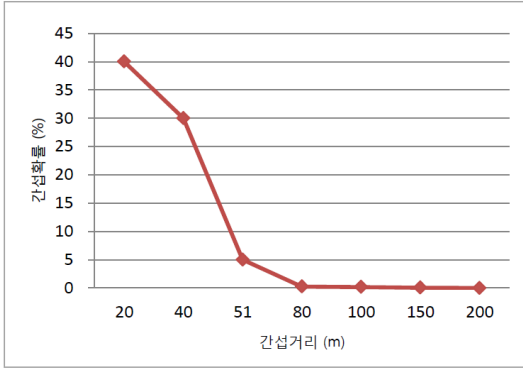


그림 12. 동일 채널에서 거리에 따른 간섭 확률_빔포밍

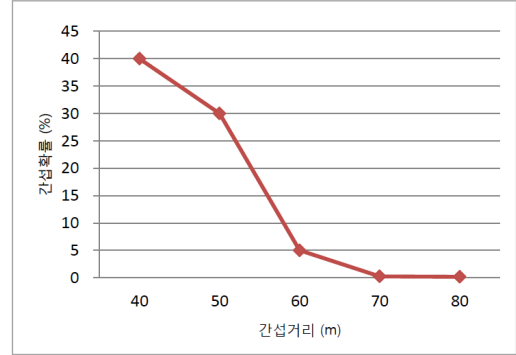


그림 14. 동일 채널에서 거리에 따른 간섭 확률_CR 적용

② 인지무선(Cognitive Radio)

Vr과 It가 동일 채널을 갖는 간섭 환경에서 간섭완화를 위한 CR 기법을 적용하여 모의실험을 수행 하였다. CR 기법이 적용 된 간섭원 It는 희생원 Vr과 Wt가 40MHz 채널 대역폭을 갖는 7번 채널(2,442MHz)을 사용 하고 있을 경우 해당 채널을 제외시킨다. 그림 13은 It가 채널을 센싱한 후 빈 채널을 사용하는 CR 기법을 사용할 경우 채널 선택 확률에 대한 누적 분포 함수를 나타낸다. 그래프를 보면 7번 채널을 선택할 확률에 대한 CDF 함수 값은 6번 채널 즉 2,437MHz 주파수를 선택 할 CDF 함수 값과 같다. 또한 채널별로 증가폭이 일정하게 커지므로 모든 채널을 선택할 확률이 동일하다. 모의실험 결과 CR 기법을 적용 하였을 경우 동일 채널에서의 간섭 유효 보호 이격 거리 63m~200m 보다 그림 19와 같이 유효 보호 이격 거리는 약 40m~80m로 개선됨을 알 수 있다. 동일 채널 간섭이 제거됨에 따라 간섭 확률이 낮아짐을 확인할 수 있다.

(4) 인체 차폐(Body Blockage) 영향 및 완화 기법

본 절에서는 디지털 사이니지의 무선랜 AP와 스마트 디바이스가 데이터 전송 도중 인체 차폐로 인해 통신 링크의

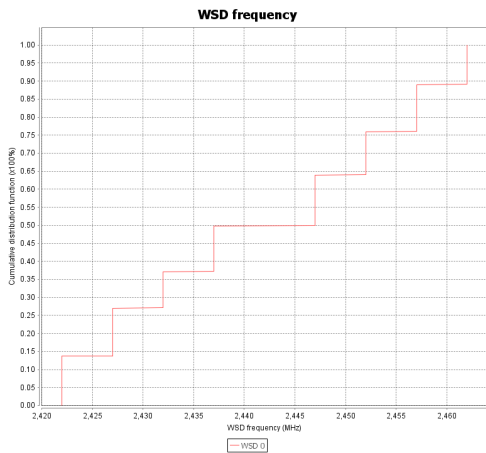


그림 13. CR 적용시 간섭원 It의 채널 선택에 대한 CDF

간섭 확률이 증가 하여 신호 대 잡음비 SNR이 더욱 낮아지게 되는데, 이에 대한 간섭 영향을 다루기로 한다.

인적 차폐 시나리오는 주변 간섭원 It로 부터 간섭 확률 5%의 유효 이격 거리에서 Wt와 Vr이 It와 동일한 3번 채널 (2,422MHz)의 40MHz 대역폭을 가지고 고속의 데이터 통신을 하고 있는 상황에서, 인적 차폐에 의해 그림 15와 같이 일정 시간(Time) 동안 차폐에 의한 감쇄가 발생 하는 경우를 가정 하였다. 인적 차폐에 의한 감쇄를 15dB로 가정하여, 모의실험을 통해 간섭 영향을 알아보고 완화 기법을 적용하여 인적 차폐에 의한 감쇄를 완화 시킬 수 있는 주요 기법을 확인 하였다. 그림 16에 모의실험 결과를 나타내었고, Vr이 5% 간섭확률에서 Wt와 통신 중 인적차폐로 인해 SNR이 15dB 감소하여 간섭 확률이 47%까지 증가된 상황이며, 증가된 간섭 확률을 완화 시키기 위해서 대역폭 및 간섭보호비 C/I 조절, 스마트 안테나 이득 및 전력제어 기법을 적용 하였다. 인적차폐에 의한 47% 간섭 확률은 Vr의 대역폭을 기존 40MHz 광대역에서 20MHz로 하향 조절하여 35%까지 낮아졌으며, 이는 대역폭 하향에 의해 It로 부터 받는 간섭 전력이 상대적으로 낮아지고, 수신감도가 3dB 개선되기 때문에 나타나는 효과이다. SEAMCAT에서는 희망신호의 세기와 간섭신호 세기의 비가 간섭 보호 비(C/I)로 설정되어 있는 값 보다 클 경우 간섭이 발생한 것으로 판단하게 되는데, 대역폭 조절 후 간섭보호비를 기존 21dB에서 16dB으로 낮출 경우 그림 16과 같이 17%까지 개선됨을 알 수 있다. 또한 Wt에 스마트 안테나 기법을 적용할 경우 안테나 이득을 기존 6dBi에서 10dBi로 상향 조절 하여 간섭 확률이 17%에서 8%까지 개선되었다. 마지막으로 Wt의 전력 제어를 통해 송신전력을 기존의 15dBm에서 17dBm으로 조절할 경우, 간섭 확률은 인적 차폐가 없는 기존 5%까지 개선됨을 알 수 있다. 위에서 확인한 몇 가지 간섭 완화 기법들은 대역폭 및 간섭 보호비 축소로 인해서 상대적으로 스루풋(Throughput)은 다소 감소 될 수 있지만, 인체 차폐 영향을 완화 시킬 수 있는 대안이 될 수 있다.

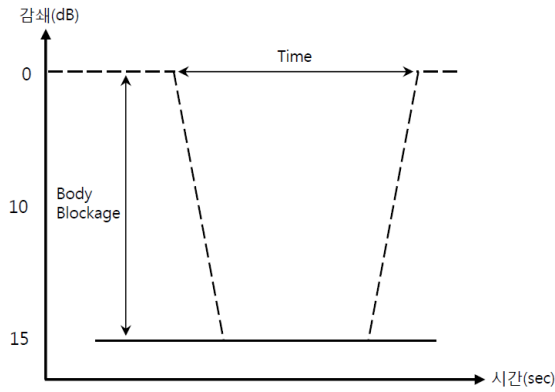


그림 15. 인적 차폐(Body Blockage)에 의한 감쇄

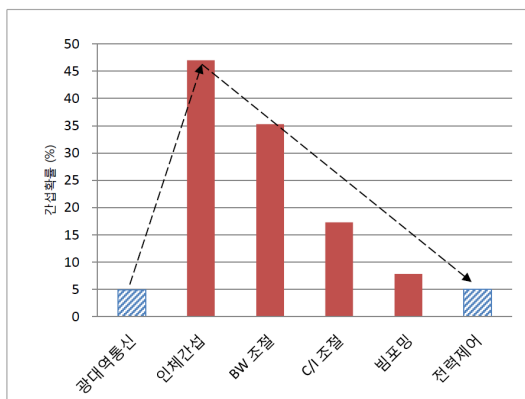


그림 16. 인적 차폐 영향 및 간섭 완화 기법

V. 결론

본 논문에서는 기존 IEEE 802.11a~g 표준 기반의 20MHz 채널 대역폭 위주의 채널 간섭 분석과는 차별화하여, 디지털 사이니지 대용량 고속 서비스 제공에 필요한 IEEE802.11n 표준 기반 40MHz 채널 대역폭을 갖는 광대역 무선랜에 대한 간섭 보호 이격거리와 공존 밀도 도출 및 인적차폐 영향을 알아 보았고, 이를 완화하기 위한 기법을 적용하여 간섭이 완화됨을 확인 하였다. 본 논문의 간섭 분석 방법 및 결과는 디지털 사이니지 뿐만 아니라 고속 대용량 데이터 전송 기반의 다양한 응용 서비스 적용시 간섭 분석을 위한 참고 자료로서 활용 될 것으로 기대 된다.

참 고 문 헌

[1] Kwang-hyun Ro, Ho-young Hwang, Seung-cheon Kim, "A Research on Personalized Mobile Advertising Service using the Linkage between Digital Signage and Smartphones", The Journal of IIBC. Vol. 14, No. 1, 2014

[2] Lara Deek, Eduard Garcia-Villegas, Elizabeth Belding, Sung-Ju Lee, Kevin Almeroth, "The Impact of Channel

Bonding on 802.11n Network Management", ACM CoNEXT 2011 Japan, 2011

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n

[4] Seong-Kwon Kim, "Interference Analysis based on the Monte-Carlo Method", KICS, Vol.3, No.2, 2008

[5] IEEE Std 802.11-2012, Wireless LAN Medium Access Control and Physical Layer Specifications"

[6] ECO, "SEAMCAT Handbook"

[7] Young-Hwan Kim, Phill-Seon Eo, Hoon-Gee Yang, Seung-Keun Park, Bongsoun Kang, Young-Soo Kim, and Jong-Gwan Yook, "Monte-Carlo Based Interference Analysis of 900MHz Passive RFID Systems", Journal Of The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 43, No. 1, 2006

저자

고 호 정(Hojeong Ko)

정회원



- 1999년 : 경희대학교 전과공학과 학사 졸업
- 2001년 ~ 2003년 : 경희대학교 전과공학과 석사 졸업
- 2011년 ~ 2016년 : 서울과학기술대 NID 융합기술대학원 박사 졸업
- 2002년 ~ 2006년 : Pantech 연구소
- 2006년 ~ 2011년 : 금호아시아나 RFID/USN 연구소
- 2011년 ~ 현재 : 삼성SDS 네트워크 사업부
- 기술사(정보통신, 81회)

<관심분야> : 전파환경분석, 채널모델링, LTE Cell Planing, RTLS, M2M, RFIC/MMIC, VCO