

실내와 실외환경에서의 802.11n WLAN RF 특성 및 Network 특성 비교

김갑영¹, 안태기², 전보익¹, 양세현^{1*}
¹(주)휴텍이일, ²한국철도기술연구원

Comparison of RF Property and Network Property for 802.11n WLAN between In-door and Out-door Environment

Gap-Young Kim^{1*}, Tea-Ki An², Bo-Ik Jeon¹ and Se-Hyun Yang^{1*}

¹Hutech21, ²Korea Railroad Research Institute

요약 본 논문은 무선을 통해 전송하고자 하는 데이터의 양이 점점 늘어나면서 기존 20MHz의 무선랜(WLAN) 채널을 두 개 결합해 사용하는 802.11n에 대한 관심 및 적용이 늘어나고 있는 추세이다. 802.11n은 2.4GHz 대역과 5.8GHz의 듀얼밴드를 사용하여 기존의 2GHz 인근 대역의 무선 통신에 의한 간섭 회피 효과가 있어 대용량 무선 전송 방식으로 기대되고 있다. 이러한 802.11n 무선방식을 사용하여 정보를 전송하므로 주변의 전파환경에 영향을 받을 수밖에 없다. 특히 실내 환경과 실외 환경은 서로 다른 모델링으로 정의될 만큼 무선 통신에 미치는 영향이 다르다고 할 수 있다. 본 논문에서는 실내와 실외환경에서의 802.11n RF 특성 및 Network 특성을 비교하고 아울러 RF 특성과 Network 특성간의 상호 관계를 규명하고자 한다.

Abstract As quantities of the data that transmitting by the wireless are more increased, the interest and application are extending about 802.11n that uses by combination two existing 20MHz wireless LAN Channel. 802.11n use dual band of 2.4GHz band and 5.8GHz. So this is expected in mass wireless transmission method because of interference evasion effect in compliance with the radio communication of existing 2GHz neighborhood band. Like this 802.11n uses the radio as well and transmits information there is not only a possibility of undergoing an influence in radio wave environment of circumference. Specially the interior environment and outdoor environment is a possibility of saying that will be defined with each other different modeling as affects in radio communication is different. In this paper, we'll compare the influence to RF feature (802.11n) by (Indoor/Outdoor) environment difference through compared with 802.11n RF feature and Network feature in (Indoor/Outdoor) environment and also examine the correlation between RF feature and Network feature.

Key Words : 802.11n, Wireless LAN, Wi-Fi, CCTV-Gateway

1. 서론

Wi-Fi라고도 불리는 WLAN(Wireless LAN)은 유선 LAN의 전송 방식을 무선 환경에 맞도록 변화시킴으로써, 이더넷이나 토큰링과 같은 전통적인 유선 LAN 기술

의 이점과 기능을 무선 주파수(radio frequency) 기술을 이용하는 무선 망 환경에서 제공하여 사용자에게 자유로운 이동성을 보장하고 LAN 설치비용도 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. WLAN은 전파를 전송매체로 사용하므로 단말기가 빈번히 이동하는 경우나 배선의 설치가

본 논문은 한국철도기술연구원 연구과제로 수행되었음.

*교신저자 : 양세현(shyang@hutech21.com)

접수일 10년 03월 17일

수정일 (1차 10년 04월 30일, 2차 10년 05월 12일)

게재확정일 10년 05월 13일

어려운 환경에서 단기간 사용을 목적으로 하는 경우에 유용하게 사용된다. WLAN 시스템의 특징으로는 일반 이동전화 단말기가 발산하는 전력보다 낮은 전력의 사용, 전 세계적으로 인정된 비허가 주파수 대역(license-free radio)의 사용, 신호간섭이 존재하는 곳에서도 수신강도가 강한 속성을 가지는 대역 확산 기술(spread spectrum techniques)의 이용 등을 들 수 있다[1-3].

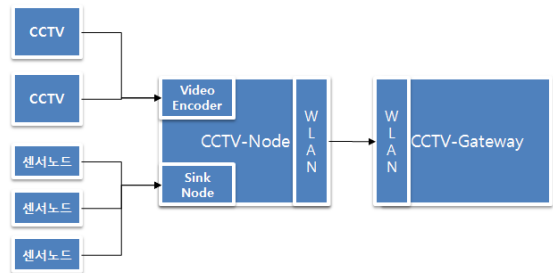
IEEE 802.11에서는 WLAN의 표준으로 IEEE 802.11b, 11a/g 등의 표준화가 완성되어 상용화되어 있고, 물리계층에서의 최대 전송속도는 각각 11Mbps, 54Mbps이다 [4-6]. IEEE 802.11a/g의 경우 최대 전송속도에서 사용자가 느끼는 실제 Throughput은 IEEE 802.11 MAC 계층과 함께 고려되어야 하며, 이때 프레임블, 프레임간 간격, Ack(Acknowledgement) 프레임 같은 물리계층과 MAC의 오버헤드(overhead)가 존재한다[5]. 따라서 이와 같은 효율 감소를 고려하면 사용자가 사용할 수 있는 대역폭은 최대 27Mbps 정도이다. 고화질 IPTV 등에서 요구되는 전송 대역폭은 20Mbps 정도이며, 이를 수용할 수 있는 홈 Network에서는 IEEE 802.11a/g 보다 큰 대역폭이 요구되어 왔다.

IEEE 802.11 Working Group에서는 이에 대한 요구에 부응하기 위하여 2002년부터 차세대 WLAN 기술 표준으로서 IEEE 802.11n Study Group을 시작으로 2003년에 Task Group을 만들어 표준화 작업을 진행하여 왔다. 그동안 여러 개의 proposal 들이 나왔으나, 현재는 Intel, Agere, Qualcomm, Atheros, Samsung 등 25개 업체가 참여하는 TGen-Sync와 Broadcom, Conexant, Airgo, Motorola, Nokia, ETRI 등 19개 업체가 참여한 WWiSE 그룹 등이 남아서 표준화 작업을 진행하였고[7-10], 현재는 IEEE 802.11n draft 1.0 표준안이 발표되었다. 차세대 WLAN 기술의 핵심으로 물리계층에서의 다중 안테나의 사용, 송신빔 형성, 듀얼 밴드 그리고 LDPC 등의 기술과 MAC 계층에서의 집합 전송(agggregation), 블록 전송(block acknowledgement), 링크 적응 기법(link adaptation technique) 등은 공통적으로 사용한다[8,9]. 또한, 두 그룹 모두 IEEE 802.11a/g 표준과의 호환성(backward compatibility)을 보장하고 있다. 본 논문은 이러한 802.11n을 이용하여 실내와 실외환경에서의 802.11n RF 특성 및 Network 특성 비교를 통해 이러한 실내의 환경의 차이가 802.11n의 RF 특성에 미치는 영향을 비교하고 아울러 RF 특성과 Network 특성간의 상호 관계를 규명하고자 한다.

2. 본론

본 논문에서는 수행하고자 하는 실험을 위해 사용된 시스템은 (주)휴텍이일에서 개발한 무선영상 전송 시스템 CCTV-Gateway와 CCTV-Node를 사용하였으며, 이 제품에는 802.11n WLAN 모듈을 탑재하였다. 시스템의 구성은 그림 1과 같으며 CCTV-Node에서 아날로그 CCTV로부터 CCTV 영상을 입력받아 디지털 신호로 인코딩한 후 802.11n WLAN 모듈로 CCTV-Gateway로 전송한다. 무선 환경은 CCTV-Gateway와 CCTV-Node 간의 LOS 상황의 무선 링크를 대상으로 시험하였으며, 실내와 실외 조건에서 거리와 환경을 가변하여 실험하였다.

이 실험은 (주)휴텍이일에서 개발한 무선 영상 전송 시스템의 성능평가와 더불어 실제 설치, 운용될 수 있는 환경인 실내와 실외에서 각각 어떤 RF특성을 보이며 네트워크 특성을 나타내는지 검증 및 분석하는데 중점을 두었다.



[그림 1] 802.11n 무선 영상 전송 시스템 구성

2.1 시험 환경 구성

2.1.1 802.11n WLAN 환경 구성

본 논문을 위한 시험 모듈은 신뢰성 있는 비교를 위해 실내와 실외 모두 동일한 Tx, Rx 모듈을 사용하였으며, 시험에 사용된 802.11n WLAN 환경은 아래 표 1과 같다.

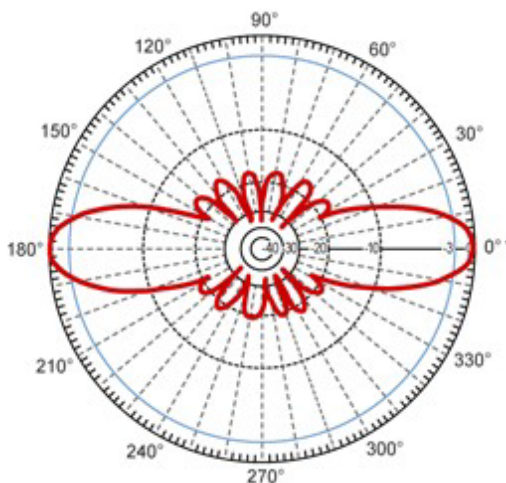
CCTV-Gateway의 안테나는 중앙에 위치하여 다수의 2.4GHz 대역 무선 단말장치의 데이터를 취합하는 역할을 함으로 중앙에는 Omni 형 안테나를 설치하고 CCTV-Node는 최종단의 무선장비이므로 중앙의 CCTV-Gateway 방향으로 향하는 Patch형 안테나를 설치하였다.

[표 1] 시험에 사용된 802.11n WLAN 환경

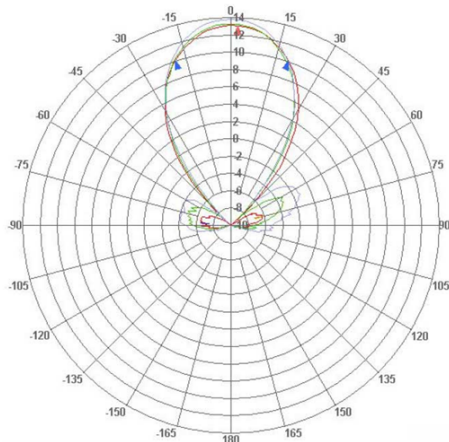
항목	규격
Tx Chipset	Ralink RT3050
Rx Chipset	Ralink RT2860
Bandwidth	40MHz
Channel	Ch1, Ch5
Center Frequency	fc1 = 2.412GHz fc2 = 2.432GHz
Tx Power	10mW
Tx Antenna	Omni 11dBi
Rx Antenna	Patch 13dBi
Protocol	RTSP (Real Time Streaming Protocol)

시험에서 사용하는 시스템은 2.4GHz 대역의 WLAN 환경에서 omni 안테나와 패치형 안테나를 통해 RTSP 프로토콜의 영상 신호 및 센싱 정보를 WLAN을 통해 전송하기 위한 시스템이다. 802.11n의 핵심 기술은 채널 본딩(Channel Bonding)이라고 불리는 채널 결합 기술인데, 이것은 802.11a/b/g까지 사용하던 채널당 20MHz 대역을 그 두 배에 해당하는 40MHz로 늘리는 것이다. 인접 채널을 이용해 대역을 20MHz의 2배인 40MHz로 늘리면 20MHz 일 때보다 한 번에 전송할 수 있는 서브캐리어 숫자가 늘어나 전송속도가 2배로 올라가는 특징이 있다.

그림 2와 3은 각각 11dBi omni 안테나와 13dBi 패치형 안테나의 빔형상을 나타낸다.



[그림 2] omni 안테나 방사 패턴



[그림 3] PATCH형 안테나 방사 패턴

2.1.2 실내 링크 환경 구성

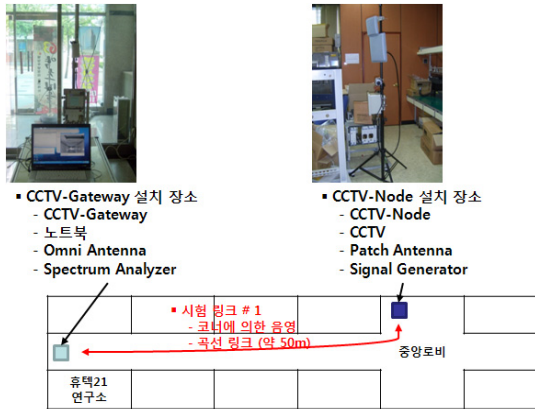
실내 환경은 두 가지 조건하에서 실험을 수행하였으며, 실내조건 1은 실내 직선100m 링크이며 실내조건2는 실내 곡선 50m 링크로 벽면을 우회하는 곡선 구간으로 설정하였으며 가시거리가 아닌 환경이 되겠다. 실내조건에 대한 실험내용은 동일한 Tx 출력으로 송신할 때 802.11n 수신 모듈의 수신 강도 및 FTP, Telnet, Ping 등의 Network 특성을 시험하였다.

그림 4는 실내조건 1인 LOS (Line of Sight) 확보가 가능한 개방된 복도에서의 실내 직선 100m 링크에서의 시험 모듈 설치도를 나타내고 있다.



[그림 4] 실내조건1 : 실내 직선 100m 링크 시험 모듈 설치도

그림 5는 실내조건 2인 LOS 확보가 불가능한 곡선 50m 링크에서의 시험 모듈 설치도를 나타내고 있다.



[그림 5] 실내조건2 : 실내 곡선 50m 링크 시험 모듈 설치도

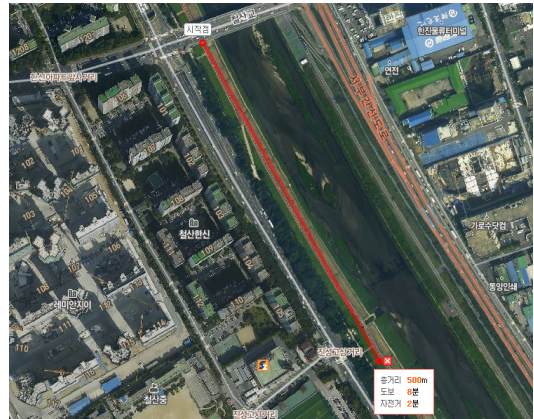
2.1.2 실외 링크 환경 구성

실외 환경은 크게 거리와 수직 각도를 변화시키며 실험을 수행하였다. 이의 송신출력, 안테나의 이득 및 종류는 실내조건과 동일하게 실험 하였다. 실외조건 1은 Tx와 Rx 모듈이 수평선상에 위치하며 LOS가 확보된 직선 100m 링크이며, 실외조건 2는 Tx와 Rx 모듈이 수평선상에 위치하며 LOS가 확보된 직선 500m 링크로 설정하였으며, 실외조건 3은 Tx가 Rx의 위치보다 수직으로 30m 높은 위치에서 LOS가 확보된 직선 500m로 설정하였다. 또한 공통적으로 도심 내에서 실험 환경을 설정 하였다.

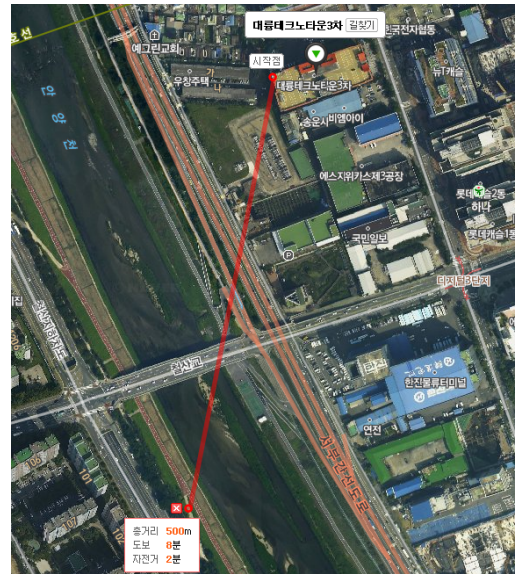
아래 그림 6에서 그림 8은 실외조건 1에서 3까지의 Tx와 Rx 모듈의 설치도를 나타내고 있다.



[그림 6] 실외조건 1 : 실외 직선 100m 링크 (수평)



[그림 7] 실외조건 2 : 실외 직선 500m 링크 (수평)



[그림 8] 실외조건 3 : 실외 직선 500m 링크 (30m)

2.2 실험결과

2.2.1 실내 환경 실험 결과

표 2는 실내 환경에서의 실험 결과를 정리한 것으로, 실내조건 2가 실내 조건 1에 비해 거리는 절반으로 가깝지만 LOS가 확보되지 않는 곡선 링크이므로 수신강도에서 약 -10dB 정도의 차이를 보이지만 Ping 결과로 보아 Network 연결은 안정적이라고 할 수 있다. 무선 원격지에서 Telnet에 접속한 결과 안정적으로 접속 및 제어가 가능했으며 FTP를 통해 파일에 대한 송수신 또한 양호한 특성을 나타냈다.

[표 2] 실내 환경 실험 결과

항목	실내조건 1	실내조건 2
Rx 수신강도	평균 약 -53dB	평균 약 -63dB
Ping Test	평균 1.1ms	평균 1.7ms
Telnet Test	접속 및 제어 가능	접속 및 제어 가능
FTP Test	49.12Mbps	38.4Mbps

2.2.2 실외 환경 실험 결과

표 3은 실외 환경에서의 실험 결과를 정리한 것으로 실외 조건 1의 결과를 보면 같은 거리에서 실험했던 실내 결과에 비해 약 -7dB 정도의 수신 강도 하락을 보이며 Ping은 30ms 정도로 실내 환경에 비해 훨씬 큰 지연이 생김을 알 수 있다. 실외조건 2의 결과와 실외조건 3의 결과를 비교해 보면 같은 거리에서 Tx와 Rx의 수직 높이 차만 존재하는 조건하에서 수신강도는 약 -3dB 정도 차이를 보이지만 Ping 결과 두 배 정도의 전송 지연이 생기고 있음을 알 수 있다. 거리별 Telnet 테스트 결과는 든 조건에서 원격지 접속 및 제어가 가능 하였으며 FTP를 이용한 데이터 전송 또한 1.3~2.1Mbps의 양호한 전송속도를 보였다.

[표 3] 실외 환경 실험 결과

Test 항목	실외조건 1	실외조건 2	실외조건 3
Rx 수신강도	평균 약 -60dBm	평균 약 -70dBm	평균 약 -73dBm
Ping	평균 30ms	평균 50ms	평균 100ms
Telnet	접속 및 제어 가능	접속 및 제어 가능	접속 및 제어 가능
FTP	약 18.3Mbps	약 8.6Mbps	약 3.8Mbps

3. 결론

본 연구에서는 실내와 실외환경에서의 802.11n WLAN RF 특성 및 Network 특성 비교 분석하였다.

RF 수신강도와 Network 성능을 비교해 보면 Telnet과 FTP는 실외와 실내에서 모두 양호하게 접속 및 데이터 송수신 결과를 보였지만 Ping 결과를 통해 전송 지연이 생김을 알 수 있으며, 전송 지연은 수신 강도와는 반드시 비례하지 않는다는 것을 알 수 있었다. 이는 수신되는 신호의 강도가 상대적으로 높다 하더라도 신호 자체의 왜곡에 의한 데이터 손실로 인해 전송 지연이 발생하는 것

으로 판단되며 실험 결과 수신강도가 더 열악하게 나오지만 전송 지연은 더 짧은 결과도 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 실내와 실외 환경에서의 802.11n WLAN 링크 특성에 대한 실험을 통해 거리와 LOS 확보 여부에 따른 성능 차이를 확인하였으며, RF와 Network간의 성능 상관관계에 대한 고찰을 하였다. 무선 전송 시스템을 설계 할 때 RF 성능과 Network 성능 모두 중요한 고려사항이므로 향후에 더욱 세부적인 실험을 통해 RF 성능과 Network 성능의 상관관계에 대한 더욱 자세한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] IEEE Std 802.11b, “Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications:Higher Speed Physical Layer(PHY) Extension in the 2.4GHz Band,” 1999.
- [2] IEEE Std 802.11a, “Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications : High Speed Physical Layer in the 5GHz Band,”1999.
- [3] IEEE Std 802.11g, “Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer Specifications: Amendment 4 : Further Higher Data Rate Extension in the 2.4GHz Band,” 2003.
- [4] IEEE 802.11b “Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band,” Sep. 1999.
- [5] IEEE 802.11a “Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications : High-Speed Physical Layer the 5GHz Band,” Sep. 1999.
- [6] IEEE 802.11g “Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4GHz Band,” June 2003.
- [7] Cenk Kose et al., “WWiSE Proposal : High throughput Extension to the 802.11 Standard,” IEEE 802.11 WG Mtg., Atlanta, GA, Doc. No.: 11-05-0149-02-000n, Mar. 2005.
- [8] Sean Coffey et al., “WWiSE IEEE 802.11n Proposal,”IEEE 802.11 WG Mtg., Atlanta, GA, Doc. No. : 11-05-0150-01-000n, Mar. 2005.
- [9] Syed Aon Mujtaba et al., “TGn Sync Proposal Technical Specification,” IEEE 802.11 WG Mtg., Atlanta, GA, Doc. No. : 11-04-0889-04-000n, Mar.

2005.

[10] John Egan et al., "Project: 802.11n TG High Throughput WLAN," IEEE 802.11 WG Mtg., Berlin, Germany, Doc. No. : 11-04-1400-04-000n, Nov. 2004.

안 태 기(Tea-Ki An)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1996년 2월 : 경북대학교 전자공학과 석사
- 2008년 2월 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사수료
- 1996년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원

<관심분야>

멀티미디어통신, 영상분석, 인공지능

김 갑 영(Gap-Young Kim)

[정회원]



- 1990년 2월 : 인하공업전문대학 금속학과 전문학사
- 2000년 9월 : 한림대학교 전자공학과 학사
- 1999년 7월 : (주)한미반도체 연구원
- 2001년 1월 : (주)바스네트웍스 선임연구원

- 2003년 7월 : (주)휴텍21 책임연구원

<관심분야>

무선이동통신, 센서네트워크, 멀티미디어 통신

전 보 익(Bo-Ik Jeon)

[정회원]



- 2005년 2월 : 명지대학교 전자공학과 학사
- 2007년 2월 : 명지대학교 통신공학과 석사
- 2007년 6월 ~ 현재 : (주)휴텍21 전임연구원

<관심분야>

무선이동통신, 센서네트워크, 시스템프로그래밍

양 세 현(Se-Hyun Yang)

[정회원]



- 2000년 2월 : 대구대학교 통신공학과 학사
- 2009년 2월 ~ 현재 : 아주대학교 지식정보보안학과 석사 재학
- 2010년 1월 ~ 현재 : (주)휴텍21 연구원

<관심분야>

무선네트워크, 네트워크 보안, 멀티미디어 통신