

내장형 WiFi 휴대단말의 필드 성능평가 방법 및 안테나 위치 최적화 연구

Study on the Performance Evaluation Method of Embedded WiFi Terminal and Optimizing
Antenna Location

김영재, 주원용, 김정준, 이상홍
KT 컨버전스연구소, 서울시 서초구 우면동 17번지 137-792
Young-Jae Kim, Weon-Yong Joo, Jung-Joon Kim, and Sang-Hong Lee
Convergence Laboratory KT, 17 Woomyeon-Dong Seocho-Gu Seoul, Korea 137-792

요 약

컨버전스시대의 도래에 따라 다양한 유무선통합서비스를 지원하기 위한 embedded WiFi 기술이 모바일 PC, PDA, 핸드폰, TV, PMP, 카메라, 비디오 게임기 및 로봇 장남감에 이르기 까지 다양하게 적용되고 있다. 이에 다양한 단말의 형태를 고려한 무선구간의 성능확보가 요구되고 있는 실정으로 본 논문에서는 DBDM (Dual Band Dual Mode) 단말인 NESPOT Swing 단말을 근간으로 안테나 위치 최적화에 대한 기술과 단말 RF 및 기지국 안테나의 특성을 고려한 필드 성능 측정 방법에 대하여 기술하고, 이론적 분석과 실측정치를 제시하고자 한다. 본 연구의 결과는 앞으로 다양한 환경에서 사용이 예상되는 WiFi 기지국의 설치 및 embedded WiFi 단말의 안테나 구성과 RF모듈 성능 확보에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Keywords

NESPOT Swing, embedded WiFi, DBDM, Antenna, Field Test, RF module

I. 서 론

내장형 WiFi 단말의 Wi-Fi 반도체 소자는 물리적 (PHY) 계층과 매체 접속 제어(MAC) 계층으로 구

성된다. PHY는 하드웨어적인 요소이고 데이터 프레임의 송신과 수신에 직접 관련이 있다. 이는 보통 집적 RF 송수신기와 파워 앰프를 하나의 chip에 집적시켜서 구현한다. MAC은 소프트웨어 요소이다. 이는 Carrier Sense multiple Access with Collision Avoidance (CSMA/CA) 프로토콜에 기반하여 Wi-Fi 하드웨어 사이의 통신을 관리 및 유지한다. 이는 흔히 baseband 프로세서와 함께 다른 chip에 포함되기 때문에 보통 baseband/MAC이라고 불린다. 차세대 반도체 기술업계는 PDA나 핸드폰처럼 chip 크기와 전력에 제약이 있는 Wi-Fi 클라이언트에서의 이용을 위해 one-chip 솔루션 개발에 집중하고 있다. 예를 들어 SiP (System-in-a-Package) 솔루션은 RF 송수신기, 파워 앰프, baseband/MAC을 하나의 chip으로 결합하여 전체 구성부품의 수를 70~80% 감소시켰다. 이는 비활성화 상태에서 낮은 전력 수준으로 Wi-Fi AP에 Wi-Fi 클라이언트가 접속된 상태를 유지하는 대기 모드를 지원할 수 있다. Atheros Communication, Broadcom, Philips Semiconductor와 같은 주요 Wi-Fi 반도체 제조사들은 one-chip의 Wi-Fi 반도체 소자 솔루션을 제공하고 있다. 현재 NESPOT Swing폰등 휴대단말용 내장형 WiFi 모듈은 Two-Chip 구조를 갖으며 모듈의 일반적인 구조는 (그림 1)에 보였다.

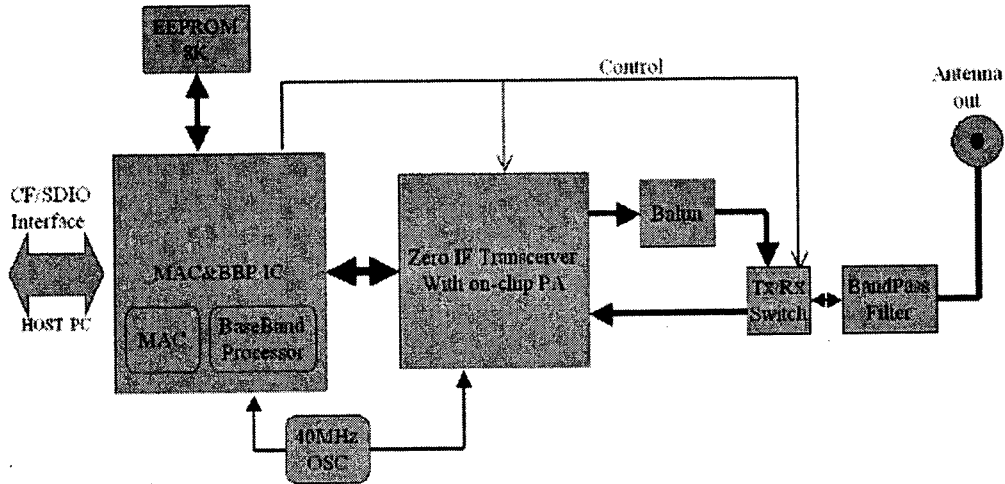


그림 1. 내장형 One-Chip WiFi 모듈의 블록 다이어그램

II. 내장 WiFi 단말의 RF 설계 방법

1. 휴대단말의 내장 WiFi RF설계 조건

내장형 무선랜 단말은 휴대의 편이를 위하여 소형 경량화와 배터리에 의한 제한된 전원 공급으로 사용 전력의 최소화가 요구된다. 또한 단말의 디자인을 고려한 내장형 안테나의 사용이 선호 되는 공간적 제약 조건을 갖는다.

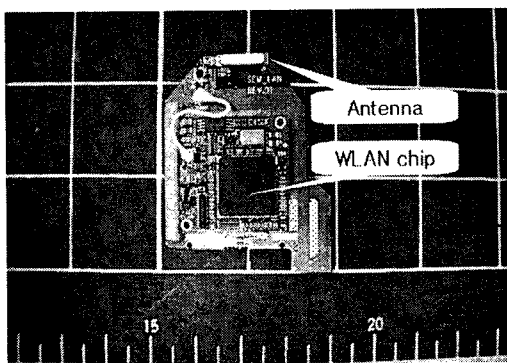


그림 2. 휴대단말용 무선랜 모듈과 칩 안테나

휴대단말의 경우에는 사용자의 파지에 의한 안테나 특성 변경 등도 설계시에 고려하여야 할 주요 사항이다. (그림 2)는 휴대단말의 메인보드에 장착하는 무선랜 모듈과 안테나를 보여주고 있다. 모듈과 단말의 인터페이스는 주로 CF 인터페이스가 사용되면 출력

은 $50mW$ 이하로 제약되며 단말의 메인 보드에 취부되는 안테나의 위치에 따라 기지국과의 방향에 따른 성능 편차를 갖게 된다. 따라서 RF단의 출력과 단말 단계에서의 안테나 방사 특성은 성능 측정시 고려하여야 할 주요 요소이다. 최근의 휴대단말용 메인 프로세서는 $400MHz$ 이상의 고성능 CPU 모듈을 채용하고 있어 무선랜의 사용 주파수인 $2.4GHz$ 와의 고주파에 의한 성능열화 방지를 위한 전파 차단도 단말 개발시 고려하여야 할 주요 사항이다.

2. 휴대단말의 내장 WiFi RF 설계 절차

다음은 NESPOT Swing 단말의 안테나 위치 최적화 및 RF설계 지침으로 Wibro / CDMA 등 향후의 내장형 복합단말의 설계에 응용 가능하도록 주요 점검항목 위주로 기술하였다.

안테나 port 간 isolation check

- network analyzer를 이용하여 두 안테나 간의 isolation(S_{21} , S_{12})을 약 $20dB$ 가 유지 되는 지 확인하여야 하며, $20dB$ 이하의 isolation 일 때는 방사 시험시 안테나 간에 발생하는 pattern 간섭에 유의 하여야 한다.
- 안테나의 위치는 이론상 일렬로 배치하는 것이 이상적이다. 일렬로 배치하는 사실상 무선 안테나가 2

- 개인 경우에는 불가능한 경우가 더 많다.
- 안테나는 주로 사용자의 사용 패턴을 고려 할 때 단말의 상단에 위치를 시키는 것이 좋은 데 이럴 경우엔 안테나 간의 pattern 간섭에 주의를 하여야 한다.
- 한 가지 크게 주의할 것은 안테나의 배치가 결정이 되면, 보통 기구적으로 안테나 근처의 형상이 결정된다. 이때 주의할 것은 이 위치가 최종 위치가 아니라는 점이다. 이는 monopole 안테나의 경우 기구적인 구조 및 main board 의 GND 상태가 안테나의 패턴에 영향을 주므로 단말에서 나중에 튜닝을 하는 경우를 고려하여 안테나 주변에는 약 3~5mm 의 여유 공간을 확보는 하는 것이 중요하다.

안테나 방사 효율 및 방사 패턴 check

- 안테나의 방사 효율은 min 40% 이상 되어야 한다.
- 안테나 방사 패턴은 4 방향 특성의 차이가 H-Plane 에서 3dB 이상 차이가 나지 않도록 조정 되어야 한다. 그러나 주파수가 2GHz 이상 올라가게 되면, 패턴상에서 발생하는 null point 가 커지고 H-Plane 자체도 일그러지게 되는데 여기서 이 패턴을 얼마나 둥근 원에 가깝게 만드느냐가 방사패턴에 중요한 요소가 된다.
- Slide phone 의 경우에는 slide up 에 focus 를 맞추는 것이 좋다. Slide up 에 맞추어 조정을 하여도 slide down 은 크게 영향을 받지 않으므로 slide up 을 집중적으로 개선하는 것이 좋다. 또한 사용자의 사용 환경 자체도 slide up 에서 사용하는 경우가 많으므로 이를 유의하여야 한다.
- H-plane의 max cut은 가급적이면 하향 tilt 되는 것을 막고, 0도 근처로 조정해 주는 것이 원거리 통신에 유리 하다.
- 방사패턴을 조정하기 위해서는 안테나 근처의 GND pattern 을 이용하여 패턴을 조정하는 것이 유리하며, 가장 직접적인 영향을 준다.

안테나를 통한 spurious check

- 안테나를 이용하여 board 내에서 발생하는 in-band noise를 측정하고 제거한다.
- 안테나로 유입되는 noise를 측정하기 위해서는 무선랜 안테나와 자체로 제작한 LNA를 연결하여 board scan을 실시한다.
- In-Band 나 혹시 모를 Mixer 를 통한 harmonic 의 발생여부도 check 하여 보아야 한다.
- 안테나를 이용하여 측정한 결과 spurious 가 많은 경우에는 spurious 가 집중적으로 많이 발생하는 부분을 차폐하여 주어야 한다.

안테나 matching vs PCB 조건optimization

- 안테나 matching 및 PCB 조건은 기존의 CDMA 안테나와 일정 거리를 두고서 배치를 하며, 되도록 단말상단에 배치를 하여야 한다.
- 안테나가 하단에 배치되는 경우는 인체의 영향, 특히 사용자의 파지에 의한 영향으로 안테나의 공진 point 가 원 공진 point 에서 이탈되어 방사 효율의 저하를 가져와서 궁극적으로 감도 저하를 초래한다.
- 안테나를 배치하는 경우에는 안테나는 PIFA 안테나 (Grounded type) 가 아닐 경우에는 안테나는 최소한 ground plane 과 최소 3~5 mm 간격을 확보하여야만 안테나에서 ground 로 유기되는 Tx Power Loss 를 줄일 수 있다.
- 무선랜 안테나와 module 은 path 길이를 최소화 하여 loss 및 interference 로부터 RF signal path 를 보호해 주어야 한다.

Field trial을 통한 무선성능 개선

- Field test 는 Lab 에서 시험한 결과를 가지고 Field 에서 시험하는 경우, 다시 Field 조건에 맞게 matching 및 방사 패턴을 미세 조정하여 계속 trial 하는 것이 중요하다. 이때 환경적인 원인이 시험에 적합한지 꼭 확인 하도록 한다.

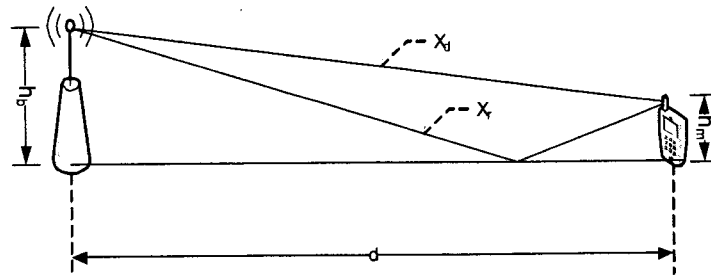


그림 3. Plane earth 전파 모델

III. 필드 성능 측정 방법

본 절에서는 필드의 전파특성을 특징짓는 채널 모델과 실제의 필드 성능 측정방법에 대하여 기술하고자 한다. 필드성능 측정의 목적은 Lab에서 설계 및 구현된 단말의 RF성능에 대하여 실제 환경에서 성능 검증을 목적으로 한다. 필드성능은 측정을 위한 필드에서의 이상치 검증을 위한 사전 측정항목과 필드 측정단계로 나누어 진행된다.

1. 채널 모델

무선랜의 경우 일반적인 사용 환경은 indoor와 옥외의 hotspot으로 나눌 수 있다. 이러한 사용환경에서 단말은 주로 고정 또는 이동 중 정지상태에서 사용이 주요 사용 패턴이 되며, 이러한 경우 기지국과 단말사이에 LoS가 확보되거나 근거리에서의 Non-LoS 사용환경이 예상된다. 따라서 시스템 레벨에서 우선적으로 확보하여야 할 성능 부분은 path loss를 감안한 성능확보이다. 수신기의 노이즈에 의해 주로 성능 제약을 받는 종래의 무선시스템에서는 path loss는 SNR과 최대 커버리지 영역을 결정하였다. 그러나 최근의 셀룰러 시스템에서는 co-channel의 간섭이 성능의 주요 제약 요소이며, 동일 채널을 사용하기 위하여 이러한 간섭을 고려한 최소의 거리 확보가 주요 설계 요소로 고려되고 있다. 이러한 환경하에서는 path loss에 의한 최대 커버리지 영역과 특정 채널에서 인접 채널에 대한 최소 도달 파워에 대한 기준을 중심으로 하여 무선랜의 기본적 셀 설계가 이루어지게 된다. Path loss를 가지는 채널 모델

은 (그림 3)에 보였다. 본 모델에서는 기본적으로 거리에 반비례하는 출력의 감쇠와 지표에서 반사되는 전파와 직접파의 위상 간섭이 주된 성능 열화의 원인이 된다.

2. 필드성능 측정방법

다음은 필드측정시의 기본적인 항목과 고려사항에 대해서 알아보려고 한다. 필드에서의 성능 측정전에 반드시 측정하고자 하는 시료에 대한 사전 시험항목을 수행하고 자료를 확보하는 것이 중요하다. 다음은 NESPOT Swing단말의 필드성능 측정절차에 사용되었던 방법위주로 내장 WiFi 단말의 필드성능 측정방법을 기술하였다.

필드측정 사전 시험항목

- 무선랜 모듈의 Tx/Rx 특성
- 방향별 Tx Power
- 안테나 효율 및 방사패턴
- link adaptation 특성

성능측정방법

- 필드의 환경조건 설정: 성능검증단계에서는 주변 환경변화가 적은 단순한 open 필드에서 기본 성능을 검증하고 점차 실험계획을 잡아 다양한 전파환경하에서 측정한다.
- 측정 metric설정: 안테나의 높이, 단말과 기지국과의 거리, 단말의 방향, 단말의 폴더 상태, 단말의 높이, 단말과 기지국과의 방향 등을 조합하여 성능에 영향을 미칠 수 있는 조건 등을 선정한다.
- 측정 틀, 측정 시료 선정: 정확한 결과의 해석을 위해서 검증된 측정 틀과 시료를 선정하여 측정결과

의 신뢰도를 확보하여야 한다.

- 측정결과 검토: 안테나의 방사패턴, Tx_power 는 필드측정 항목의 단말 방향별 throughput과 연관성이 있는지를 검증하여 실험이 정확이 수행되었는지 반드시 검증하여야 한다. 또한 특정 측정 metric에 대하여 성능 저하가 발생되었다면 이의 개선을 위한 원인분석에 위의 과정이 사용되어 질 수도 있다.

IV. 실험 결과

1. 실험구성도

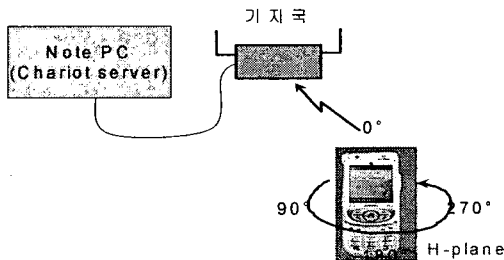


그림 4. 필드측정 실험구성도

2. Tx Power와 필드성능 특성

무선랜 모듈은 여러 단계의 Tx power level을 설정할 수 있으나, 배터리의 전력소모를 감안하여 최적의 Tx power level을 설정하는 것이 중요하다. 본 실험은 이러한 목적으로 수행되었던 실험으로 2단계의 Tx power에 대한 거리별 throughput결과를 보여주고 있다.

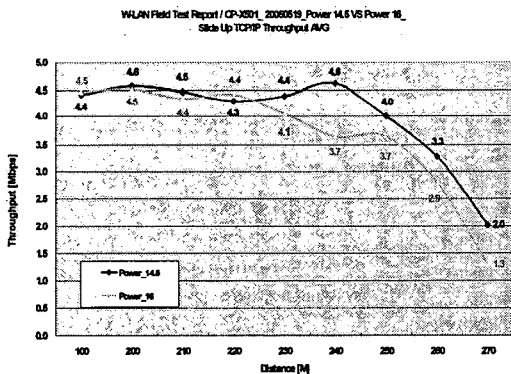


그림 5. Tx Power와 거리별 throughput

3. 안테나 방사패턴과 필드성능 특성

(그림 6)와 (그림 7)은 사전측정항목인 단말의 3D방사패턴과 동일 단말의 필드측정에서 방향별 Tx의 throughput 성능특성의 상관관계를 보여주고 있다. (그림 5)의 우측에 deep이 발생한 부분은 단말의 LCD방향으로 필드에서 동일 방향의 성능이 거리가 멀어짐에 따라 저하되는 현상을 볼 수 있다.

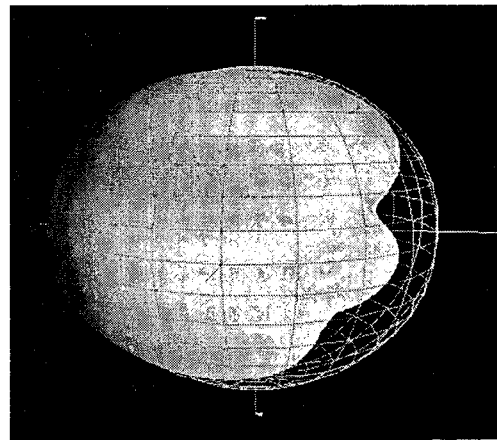


그림 6. 단말의 3D 방사패턴 (사전측정항목)

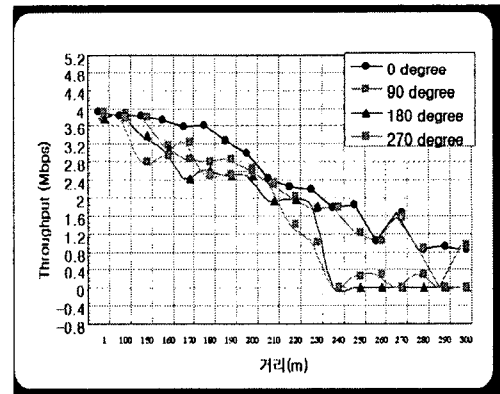


그림 7. 단말의 방향별 throughput특성

4. 기지국 높이별 필드성능 특성

기지국의 높이에 따른 성능변화는 전파모델에서 예측되어지나 실제의 환경에서 영향을 확인할 필요가 있다. 가급적이면 동일지역을 반복적으로 필드측정 장소로 사용하고자 한다면 안테나 높이별 성능변화를 측정하는 것이 좋다. (그림 8, 9, 10)은 안테나 높이

에 따른 throughput특성을 보여주고 있다. 실제의 기지국 설치시 아래의 결과를 활용하면 최적의 기지국 설치 높이를 산출할 수 있을 것이다.

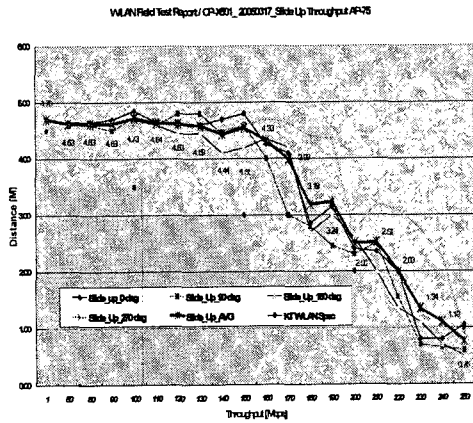


그림 8. 거리별 throughput성능 (Hb = 75cm)

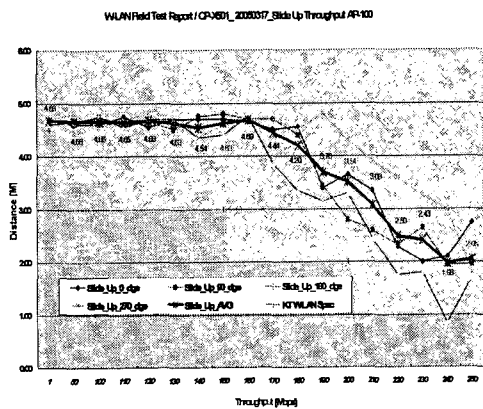


그림 9. 거리별 throughput성능 (Hb=100cm)

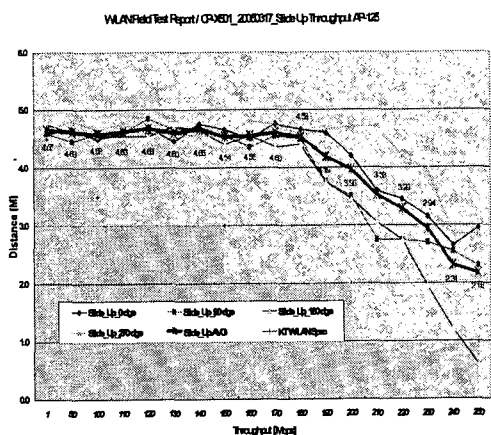


그림 10. 거리별 throughput성능 (Hb=125cm)

5. Link adaptation특성

필드의 거리별 throughput특성은 multi-rate을 지원하는 IEEE 802.11b의 특성에 따라 달라질 수 있다. 필드측정 사전시험항목으로 conduction상태에서 수신감도를 단계별로 조정하여 각 modulation의 동작 신호세기를 사전에 조사하고 단말 level에서 throughput을 측정 (그림 11) 하여 필드 측정 데이터와의 비교자료를 확보하여 자료검토에 활용한다.

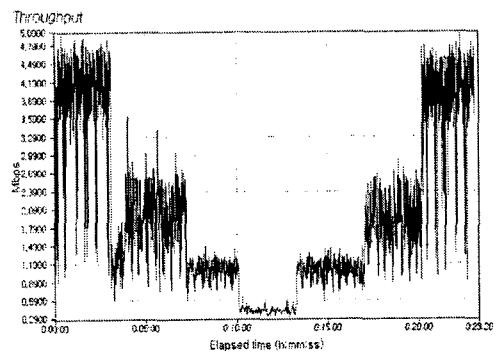


그림 11. link adaptation특성 (사전측정항목)

V. 결 론

본 논문에서는 embedded WiFi단말의 RF성능 최적화를 위한 단말설계의 고려사항과 필드측정을 통하여 검증하여야 할 사항에 대하여기술 하였다. 본 논문에서 제시된 연구결과는 NESPOT Swing단말에 적용되어 성능개선에 활용하였던 방법으로 향후의 multi-band형 복합단말에 응용이 가능한 기술이다.

** 본 연구결과가 도출되기까지 NESPOT Swing단말의 연구개발과 필드측정에 같이 수고해주신 단말 제조사 개발자 여러분께 진심으로 감사드립니다.

[참고 문헌]

[1] Young-Jae Kim and Young-Joo Suh, "An Efficient Rate Switching Scheme for IEEE 802.11 Wireless LANs,"

Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference (VTC 2005-Spring), May. 2005, Stockholm, Sweden

- [2] T.S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice", Prentice Hall, 1999.
- [3] IEEE Std 802.11b-1999, - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band, 88 pages, September 1999.