

논문 2012-49TC-4-6

무선랜 송수신 특성 개선을 위한 주파수 적응형 안테나 정합 회로 구조 설계

(The Frequency Adaptive antenna Matching Network Design for
Improving Wireless LAN Performance)

박 경 진*, 나 극 환*

(Kyoung Jin Park and Keuk-Hwan Ra)

요 약

본 논문에서는 AP(Access Point)와 무선랜 단말기에서 서로 통신하는 주파수 대역을 적응적으로 이동할 수 있도록 하여 최적의 송신 출력 전력 및 수신 감도 향상이 가능 하도록 하는 정합회로 구조 와 제어 방법을 제안 하였다. 무선랜 단말기는 AP를 거쳐서 인터넷 서비스를 제공받는 종속적 구조를 가지게 되며, AP 자신의 채널 할당 정보를 비콘 신호에 함께 브로드캐스팅하게 되며, 클라이언트인 단말기는 채널 정보를 검색하여 AP의 채널에 동기화 하여 통신을 하게 된다. 채널 정보에 따라서 안테나 정합 회로의 경로가 바뀌어 최적의 정제파비 지점에서 통신을 수행하게 되어 송신 출력 전력 및 수신 감도 향상에 기여 할 수 있게 된다. 설계된 경로 별 정합회로의 정제파비는 1.1 ~ 1.2의 특성을 보였으며, AP 채널 정보에 따라 RF 경로를 제어하는 것을 확인 하였다.

Abstract

This paper suggested that the frequency adaptive antenna matching network design between AP and WLAN(Wireless Local Area Network) terminal for improving performance. The internet data service of the WLAN terminal is communicated through the AP and AP broadcasts the beacon signal including the assigned frequency channel. at that time the antenna matching network path is controlled beacon information after the WLAN terminal searching and synchronization a beacon information. and then the WLAN terminal communicate with AP. controlling the antenna matching network path according to channel information, The WLAN terminal is expected to improve RF output power and sensitivity performance. The VSWR(Voltage Standing Wave Ratio) performance of the designed antenna matching network is measured to about 1.1 ~ 1.2 and then it is operated by the channel information of the AP.

Keywords : 정합회로, 주파수 채널 적응 제어, 무선랜 송수신 성능 향상 방법, 대역폭 향상

I. 서 론

최근 다양한 이동통신 시스템의 사용 및 멀티미디어 서비스가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 이동통신 시스템은 주어진 제한된 주파수 자원 내에서 최대의 가입자를 수용함과 동시에 최적의 통신 품질을 보장하

여야 한다. 그러나 제한된 주파수 자원을 가지고 서비스 이용에 따른 대역폭 제한 및 서비스의 QoS(Quality of Service) 문제가 대두되고 있다. 또한, 주변 주파수 간섭으로 인해 사용자의 수신 감도저하 현상이 발생하게 된다. 기존의 안테나 주파수 대역 이동 방법들은 주로 바랙터 다이오드를 이용하여 전압에 따라 커패시턴스를 변화되는 방식이 있고 자동 최적화가 가능하도록 임피던스 센서나 프로세싱을 거쳐 바랙터의 커패시턴스 값을 변화 시키는 정합 회로 구조 등이 있으나, 바랙터 다이오드의 커패시턴스는 정확한 전압 생성이 되어야

* 정회원, 광운대학교 전자공학과
(Kwangwoon University)

접수일자: 2011년9월30일, 수정완료일: 2012년4월17일

필요한 커패시턴스 값을 가질 수 있고 전압 변동이 발생할 수 있다. 이것은 원하는 주파수대역에서 정확하게 이동하지 않을 수 있다. 본 논문에서는 무선랜 시스템에 주파수 채널에 따른 적응형 안테나 정합 회로의 경로를 제어하여 최적의 송신 출력 전력 과 수신 감도 향상에 기여 할 수 있도록 하였다. 주파수 적응형 안테나는 RF 스위치를 활용하여 채널 정보에 의해 최적의 정재파비점에서 통신을 할 수 있도록 하는 것이다.

II. 기존 적응형 안테나 및 정합 회로 구조

기존의 적응형 방식의 구조들은 다음 두 가지 경우를 크게 벗어나지 않는다. 하나는 안테나 측에서 공진점을 원하는 주파수로 이동하는 방법^[1~4]과 다른 하나는 안테나 정합회로에서 안테나의 공진 점을 변화시키는 방법이 있다. 기존에 제안된 방식들은 대부분 바랙터 다이오드를 이용하여, 전압의 변화에 따라 커패시턴스 성분의 변화에 의해 공진 점을 이동하는 방식이다. 정합 회로에서는 임피던스 센서와 디지털 신호 처리 프로세서를 사용하여 알고리즘을 적용하여 정합 회로의 설계를 하는 방법^[5]과 PLL(phase Locked Loop)을 이용하여 바랙터 다이오드의 커패시턴스 변화 값을 원하는 주파수 공진 점으로 고정 하는 방법^[6] 등을 주로 사용하며, 이러한 방법들도 바랙터 다이오드의 커패시턴스의 변화를 이용한 방법이다. 그러나 바랙터 다이오드는 전압의 변화범위 및 원하는 대역에서의 전압(1V~20V)이 크고 정확한 전압을 생성이 어려워 전압 변동(ripple)이 발생하여 커패시턴스 값이 원하는 값이 아닐 수 있다. 대부분의 휴대용 단말기가 5V정도의 용량이기 때문에 사용이 어렵다. 또한, 알고리즘을 적용하여 자동 조정 정합 회로를 설계하는 것은 복잡한 알고리즘의 구현과 별도의 프로세싱을 거쳐야 하기 때문에 개발의 복잡도가 높아지게 된다.

본 논문에서는 단순하게 제어가 가능하고 쉽게 활용이 가능하도록 대역폭을 세분화하고 사용주파수 대역정보를 활용하여 경로 스위칭을 통한 주파수 적응형 안테나 정합회로의 구조와 제어방법을 제안하였다.

III. 무선랜 채널 정보 획득 방법

무선랜 시스템은 고정 AP(Access Point)를 두고 커버리지내에서 제한적 이동(약100m)을 하면서 무선 초

고속인터넷, 파일 공유, 파일 전송, 인터넷 전화 등의 서비스를 제공받는다. AP가 가지고 있는 채널은 변경되지 않고 한 주파수만을 고정적으로 사용한다. 클라이언트 단말기에서는 자신이 사용하려는 AP의 채널 정보를 획득하기 위해 두 가지 방법^[7]을 취할 수 있으며, 채널 스캔 중에는 클라이언트가 데이터를 송신하거나 수신할 수 없다.

가. Active scanning

Active scanning은 스캔된 채널에서 타 채널로 변경하고자 할 때 발생하는데, Probe request를 브로드캐스팅하고 채널 상에서 AP의 응답을 기다리며 Probe response를 기다린다. IEEE 802.11에서는 정의되어 있지 않으나 대략 10ms 주기로 응답을 주고받는다. Probe request 프레임에는 두 가지 타입으로 사용될 수 있으며 다음과 같다.

- Directed probe : 클라이언트가 이미 알고 있는 SSID(Service Set Identifier)로 Probe request를 보내는 방법.
- Broadcast probe: 클라이언트가 broadcast SSID로 Probe request를 보내면 많은 AP가 이를 받아 SSID를 지원 하는 AP가 응답을 보내는 방법이다.

나. passive scanning

AP가 100ms 마다 비콘 신호를 브로드캐스팅 할 때 , 클라이언트가 비콘 신호를 보고 그에 맞는 채널을 변경하는 방법이다.

위와 같이 스캐닝을 통해 단말기는 AP에서 보내는

표 1. 비콘 프레임 정보
Table 1. Beacon frame body.

orde r	Information
1	Timestamp
2	Beacon interval
3	Capability Information
4	SSID
5	Supported Rates
6	FH Parameter Set
7	DS Parameter Set
8	CF Parameter Set
9	IBSS Parameter Set
10	TIM

비콘 신호의 정보를 확인 할 수 있게 된다. 비콘 정보는 [8] 클라이언트 단말기가 필요한 정보를 담고 있으며, 본 논문에서 활용하는 현재 AP가 통신하려는 채널 정보는 7번의 DS(Direct Sequence) Parameter Set에서 현재 비콘의 주파수 채널 상태를 확인 할 수 있다.

무선랜에 사용되는 주파수는 허가 없이 사용가능한 ISM(Industrial Scientific Mechanical) 주파수대역으로서 주로 2.401GHz~2.483GHz(대역폭82MHz)를 사용하게 된다. 주파수대역을 채널로 할당하여 1채널당 중심 주파수는 5MHz 단위이고, 1채널~13채널로 사용하고 채널당 대역폭은 22MHz이다.

IV. 임피던스 정합과 대역폭 확장의 한계성

주어진 안테나가 전 주파수 대역에 대하여 임피던스 정합을 하기는 불가능 하다. 따라서 주파수 스펙트럼을 사용 하는 시스템에서는 사용 주파수 대역과 대역폭이 주요 스펙 중의 하나이다. 안테나를 사용하려는 주파수 대역에 맞추고 안테나와 시스템 사이에 연결하는 임피던스 정합회로를 삽입하여 사용 주파수 와 대역폭을 최적화 한다. 그러나 대역폭의 확장에는 한계가 있으며 이론적으로 한계가 있다는 것을 밝혔다. 안테나의 복소 임피던스를 전 주파수대역에서 완전 정합 하는 정합회로의 설계는 불가능하다. 그러므로 사용 주파수 대역 내에서 정합을 최상으로 하는 방법으로 정합회로를 설계해야한다. 주어진 정재파비 S에 대해 직, 병렬 공진회로에서 얻을 수 있는 최대 대역폭은 Fano이론을 적용하면 다음과 같이 표현 할 수 있다.[9]

$$B_m = \frac{1}{Q} \frac{\pi}{\ln \frac{(S+1)}{(S-1)}} = -\frac{1}{Q} \frac{\pi}{\ln \frac{1}{\Gamma}} \quad (1)$$

식(1) 과 같이 실현 가능한 최대 대역폭(B_m)은 소자의 Q와 반사손실에 반비례함을 알 수 있다.

안테나의 정재파비의 열화는 사용 거리, 접속 불가, 데이터 전송속도 저하 및 끊김 영향을 미치기 때문에 시스템 성능의 중요한 요소라 할 수 있다.

V. 제안된 주파수 적응형 안테나 정합 회로 설계와 실험 결과

1. 정합회로 설계 시뮬레이션

두 개의 RF 스위치를 사용하고 그 사이에 II정합 회로를 사용하게 되면 안테나 정합에 이용됨 과 동시에 불요 방사(Spurious Emission) 특성에 아주 효과적인 해결책이 될 수 있다. II정합 회로로 구성하여 저역 통과 대역 필터(Low Pass Filter) 형태로 설계를 하였다.

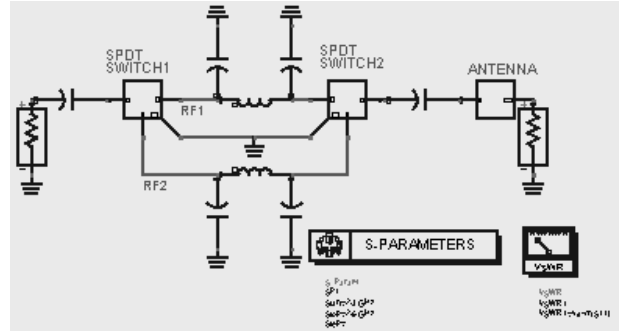


그림 1. 채널 적응형 안테나 정합 회로 설계
Fig. 1. The frequency adaptive antenna matching networks design.

m1 freq=2.401GHz VSWR1=1.263	m2 freq=2.442GHz VSWR1=1.270	m3 freq=2.483GHz VSWR1=1.917
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

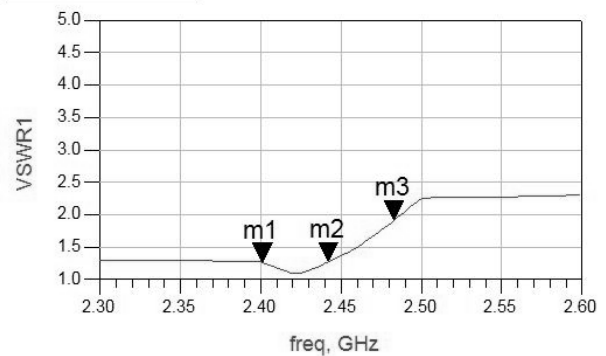


그림 2. RF1 경로 정재파비 시뮬레이션 결과
Fig. 2. The simulation result for RF1 path VSWR.

m1 freq=2.401GHz VSWR1=1.780	m2 freq=2.442GHz VSWR1=1.345	m3 freq=2.483GHz VSWR1=1.306
------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

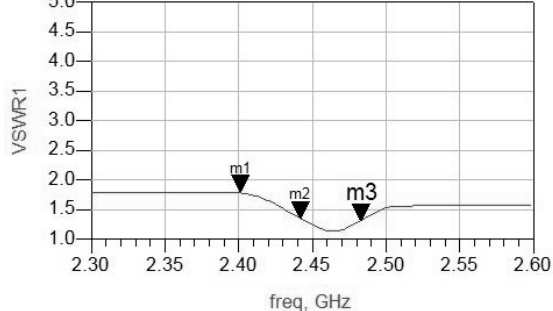


그림 3. RF2 경로 정재파비 시뮬레이션 특성
Fig. 3. The simulation result for RF2 path VSWR.

제작된 PCB(Printed Circuit Board) 상에서 RF 스위치와 안테나 특성 S-파라미터를 네트워크 분석기를 통해 추출하였고, 시뮬레이션 프로그램에 파라미터로 입력하여 II정합 회로와 함께 S-파라미터 시뮬레이션을 하였다.

2. 주파수 적응형 안테나 동작 과정

제안된 주파수 채널 적응형 안테나 정합회로 구조는 클라이언트 단말기에서 사용 될 수 있는 구조로, 무선랜 시스템은 주파수 대역이 2.401GHz~2.483GHz(국내 기준) 로사용 대역폭이 약80MHz나 되는 광대역이므로 쉽게 정합시키기 어렵다. 따라서 RF1경로를 1채널에서 6채널(2.401~2.448GHz)로 정합을 하고 RF2경로를 7채널에서13채널(2.442~2.483GHz)로 정합하여 사용 주파수 대역을 약40MHz 단위로 세분화 하였다. AP에서 획득한 비콘 신호 내의 채널 정보를 가지고 단말기에서 AP와 채널을 스캐닝 한 후 현재 채널 상태 정보를 이용하여 기저대역 프로세서를 통해 채널과 매핑된 바이너리 값을 프로세서의 GPIO(General Purpose Input Output) 포트를 통해 경로를 스위칭 하여 최적의 송수신 특성을 가질 수 있도록 하는 방법이다. GPIO포트는 필요에 의해서 프로세서의 명령에 따라 on/off 가 가능하도록 할 수 있으며 on할 때 3V가 출력되고, off시에 신호를 주지 않는다. 제안된 주파수 적응형 안테나 정합 회로의 테스트 블록도는 그림 4와 같이 나타낼 수 있다. 상용화된 무선랜 단말기를 이용하여 내부에 적용된 기저대역 프로세서인 Broadcom사의 BCM1161에서 두 개의 GPIO핀을 이용하여 제작된 안테나 정합회로의 RF 스위치의 제어 핀과 연결하였다.

테스트 보드 제작에 사용된 RF스위치는 M/A-com사

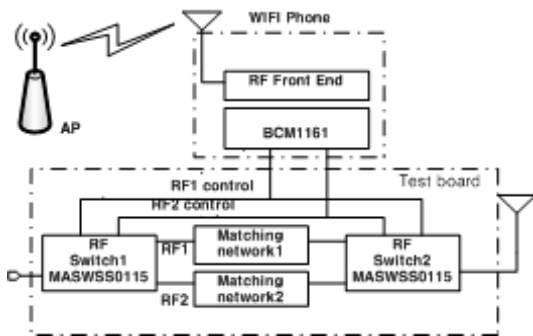


그림 4. 채널 적응형 안테나 정합 회로 테스트 블록도
Fig. 4. The blockdiagram of frequency adaptive antenna matching test.

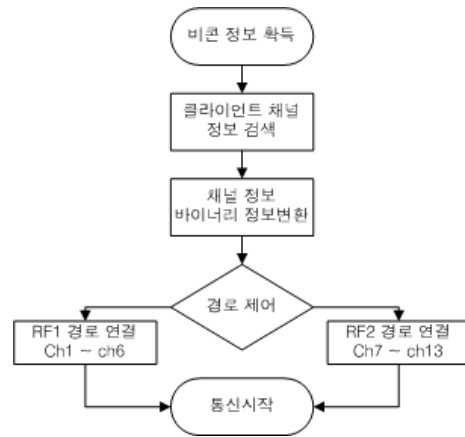


그림 5. 주파수 적응형 안테나 정합 회로 경로 제어 방법

Fig. 5. The control method of the frequency adaptive antenna matching network path.

표 2. 제어 절차 논리표

Table 2. Logic control table.

채널번호	제어전압1	제어전압2	RF1	RF2
1~6	0	1	on	off
7~13	1	0	off	on

의 MASWSS0115^[10]을 사용하였고, 안테나는 ANTENOVA 사의 2.4GHz SMD type Chip 안테나를 사용하였다.

AP 와 약 5m 고정거리에서 테스트 무선랜 단말기의 기저대역 신호 처리 프로세서의 GPIO 포트와 제작된 안테나 정합 회로의 제어 핀을 연결하였고, 동작 확인 결과 AP 채널 상태에 따라 두 RF 경로의 제어가 정상임을 확인 하였다.

표 2는 RF 스위치(MASWSS0115)의 제어 전압에 따른 경로 개폐여부를 나타내고 있다. 여기서 0은 0 V ± 0.2 V의 값이며 1은 +2.3 V to 5.0 V의 전압 범위를 가진다. 본 논문의 프로세서는 3V 출력으로 제어하였다.

1ch~6ch은 RF1경로로 접속되고, 7ch~12ch은 RF2 경로로 접속되도록 하였다.

3. 주파수 적응형 안테나 정합 회로 특성 결과

두 RF경로의 주파수 적응형 안테나 정합회로의 정재파비는 Agilent사의 네트워크 분석기 5071C를 이용하여 RF1 경로는 ch1~ch6을 사용(2.401GHz~2.448GHz)하였고 정재파비는 약1.2(반사손실-20dB)로 측정되었다. RF2 경로는 ch7~ch13을 사용(2.431GH

z~2.483GHz)하였고 정재파비는 약1.1(반사손실 -23dB)로 측정되어 우수한 성능을 보였다. 제작된 PCB는 2층 기판으로 구성하였고 유전율 4.3의 특성을 가진 Fr-4기판을 사용하였다.

가. RF1 경로 정재파비 특성 측정

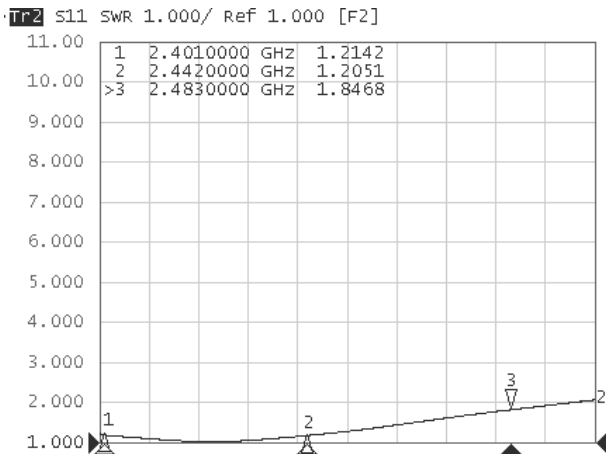


그림 6. RF1 경로 정재파비 측정 결과
Fig. 6. The VSWR measurement result of the RF1 path.

나. RF2 경로 정재파비 특성 측정

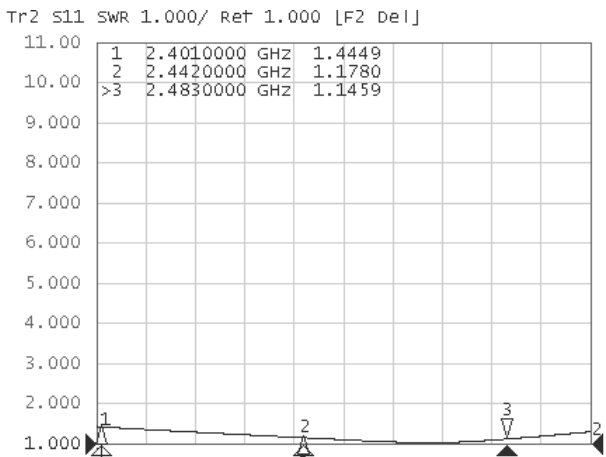


그림 7. RF2 경로 정재파비 측정 결과
Fig. 7. The VSWR measurement result of the RF2 path.

표 3은 설계값과 측정값을 비교한 것이다. RF1의 경로는 설계값과 측정값의 차는 거의 차이가 없으며, RF2의 경우 정재파비 특성이 약0.2정도 차이를 보였고, 이것은 시뮬레이션 후 제작된 정합 회로의 커패시터와 인

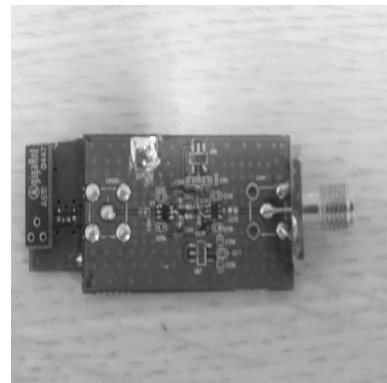


그림 8. 제작된 주파수 적응형 안테나 정합회로 테스트 보드
Fig. 8. The fabricated test board of the frequency adaptive antenna matching network.

표 3. 설계 및 측정값 결과 비교
Table 3. The comparison of simulated and real measurement result.

주파수 [GHz]	RF1			
	설계값		측정값	
	정재파비	반사손실	정재파비	반사손실
2401	1.26	-18.7dB	1.21	-20.2dB
2442	1.27	-18.5dB	1.27	-20.8dB
2483	1.91	-10.0dB	1.84	-10.5dB
주파수 [GHz]	RF2			
	설계값		측정값	
	정재파비	반사손실	정재파비	반사손실
2401	1.78	-11.0dB	1.44	-14.8dB
2442	1.34	-16.6dB	1.17	-21.7dB
2483	1.30	-17.5dB	1.14	-23.3dB

덕터를 최적화 과정을 거쳐 제작을 하였기 때문이다. 무선랜 사용 전 대역에 대하여 1.1~1.2로 정재파비를 최적화 시킨 효과를 보였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 주파수 적응형 안테나 정합 회로 구조와 제어 방법에 대하여 설계를 하였다. RF1경로와 RF2경로의 두 대역으로 세분하여 정합회로를 구성하였고, 무선랜 AP의 브로드캐스팅 정보인 비콘신호 내의 현재 무선 채널 정보를 이용하여 경로를 제어하였다. 해당 채널에 해당하는 경로를 인지하고 최적의 정재파비를 갖는 구조를 구성할 수 있었다. AP 채널 상태 따라 두 RF 경로를 제어가 정상 동작 하였고, 정합회로의 정재파는 두 RF 경로에서 약 1.1~1.2(반사손실 -20dB~-23dB)으로 우수한 특성을 보였다. 기존의

바랙터 다이오드를 사용하거나 자동최적화를 위한 프로세싱을 하는 정합회로의 안테나 특성을 변화시키는 방법은 실제 시스템에 사용하기 어려운 점들이 많으나, 제안된 정합회로 구조 및 제어방법은 실제 사용이 가능하고, 활용이 쉬운 방법으로 무선랜 뿐 아니라 블루투스, 지그비, UWB 등과 같은 채널정보를 알 수 있는 통신에도 적용이 가능하다. 향후 한정된 주파수 자원으로 인하여 인지무선기술과 같은 가장 중요한 선택적 주파수에 따른 적응형 안테나 연구에 큰 기여할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Libo Huang and Peter Russer, "Electrically Tunable Antenna Design Procedure for Mobile Applications", *IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES*, VOL. 56, NO. 12, pp.2789-2797, 2008.
- [2] Viet-Anh Nguyen, Rashid-Ahmad Bhatti, and SeongOok Park, "A Simple PIFA-Based Tunable Internal Antenna for Personal Communication Handsets", *IEEE ANTENNAS AND WIRELESS PROPAGATION LETTERS*, VOL. 7, pp.130-133, 2008.
- [3] Hui Li, Jiang Xiong, Yufeng Yu, and Sailing He, "A Simple Compact Reconfigurable Slot Antenna With a Very Wide Tuning Range", *IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION*, VOL. 58, NO.11, pp.3725-3728 NOVEMBER 2010.
- [4] S. Baylis, S. Aguilar and T. Weller, "wideband-width varactor-tuned patch antenna", *ELECTRONICS LETTERS*, Vol. 45 No. 16, 30th July 2009.
- [5] de Mingo, J. Valdovinos, A. Crespo, A. Navarro, D. and Garcia, P, "An RF electronically controlled impedance tuning network design and its application to an antenna input impedance automatic matching system", *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, 52, (2), pp. 489 - 497, 2004.
- [6] K.C. Wan and Q. Xue "Simple adaptive matching antenna" *ELECTRONICS LETTERS* Vol. 43 No. 14, 5th July 2007
- [7] Cisco validated Design "Voice over Wireless LAN Design Guide Chapter5", pp. 1-14 January 18, 2010.
- [8] IEEE Std 802.11b, "Wireless LAN Medium

Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications" Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz band, Part11, pp1-10, 1999.

- [9] 전성근, 이종룡, 이우재, 이문수 "마이크로스트립 안테나 대역폭 개선을 위한 정합회로 설계" *한국전자과학회지* 제9권 3호, 305-316쪽, 1998년6월.
- [10] M/A-com datasheet, "MASWSS0115 GaAs SPDT switch", M/A-com product Rev.V6. pp.1-4.

저 자 소 개



박 경 진(정회원)

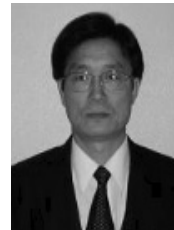
2001년 2월 광운대학교
전자공학부 학사 졸업

2003년 2월 광운대학교
전자공학과 석사 졸업

2005년~2008년 블루버드 소프트
전임 연구원

2008년~2010년 애니데이터 코리아 선임 연구원
2011년 10월 현재 광운대학교 전자공학과 박사
과정

<주관심분야 : Radar system, UWB system, 이
동통신 단말기 시스템, M2M system>



나 극 환(정회원)

1981년 7월 프랑스ENSEEIH
국립종합과학대학
(공학박사)

1981년 9월~1986년 12월
광운대학교 전자공학과
부교수

1987년 1월~1988년 1월 미국 COS-MST연구소
객원연구원

1988년 2월~현재 광운대학교 전자공학과 교수
<주관심분야: RF 및 마이크로파 통신시스템, 밀
리미터와 통신시스템, 수치해석>