

# 차량용 통합 능동형 안테나의 설계 및 제작

## Design and Implementation of An Active Antenna for Vehicle

김 상 옥\*      고 민 호\*\*      조 윤 현\*\*\*      박 효 달\*\*\*\*  
(Sang-Uk Kim)      (Min-Ho Go)      (Yun-Hyun Jo)      (Hyo-Dal Park)

### 요 약

본 논문은 기생면을 이용한 마이크로 스트립안테나 형태로 소형화 된 방사체와 증폭단을 결합하여 AM/FM 대역, DMB 대역 및 GPS 대역을 수신할 수 있는 차량용 통합 안테나를 설계 및 제작 하였다. 제작한 능동형 안테나는 AM/FM 대역에서 기존의 평면형 안테나에 비해 15% 이상의 크기 축소 효과를 나타내었다. 또한 상용 헬리컬 안테나와 동등한 수신 성능 특성을 나타내었으며 DMB 및 GPS 대역에서도 만족할만한 수신 성능 특성을 나타내었다. 제작된 능동형 안테나의 크기는 133×31×1.2mm이고, 단일 입력 단자와 2개의 출력 단자를 갖는다.

### Abstract

In this paper, designed and fabricated the microstrip antenna using parasitic plane. This active antenna for the use of AM/FM, DMB(Digital Multimedia Broadcasting), GPS(Global Positioning System) band in vehicle. Fabricated active antenna was compared to existing planar antenna represents more than 15% size reduction and equivalence performance compared to commercial helical antenna. And satisfy performance in DMB, GPS band. This active antenna composed of single input port and two output ports and entire size of antenna is 133×31×1.2mm.

**Key words:** AM/FM, DMB, active antenna, parasitic plane, meander line

## I. 서 론

다양한 무선 서비스를 제공하는 통신시스템의 발달로 전통적으로 차량에서 제공되는 AM/FM 등의 오디오 방송에서 TV 수신 뿐만 아니라 GPS를 이용한 차량항법과 같은 다양한 무선 서비스가 차량내에 통합됨에 따라 다양한 무선 서비스를 위한 안테나

및 시스템의 개발이 요구된다. 하지만 기존의 차량용 안테나는 AM/FM 수신, DMB 수신 및 GPS 수신을 위해 개별적으로 분리된 형태의 안테나를 장착해야 하는 단점을 갖는다.

현재 차량에서 사용되는 AM/FM 안테나와 DMB 안테나는 막대기 형태의 헬리컬(Helical) 안테나와 자동차 뒤 유리창에 프린트된 글래스(Galss) 안테나 그

† 이 논문은 2009년도 2단계 두뇌한국(BK)21 사업에 의하여 지원되었음.

\* 주저자 : 인하대학교 전자공학과 박사과정

\*\* 공저자 : 인하대학교 박사 후 과정

\*\*\* 공저자 : 인하대학교 전자공학과 박사과정

\*\*\*\* 공저자 : 인하대학교 전자공학과 교수

† 논문접수일 : 2009년 7월 20일

† 논문심사일 : 2009년 8월 17일

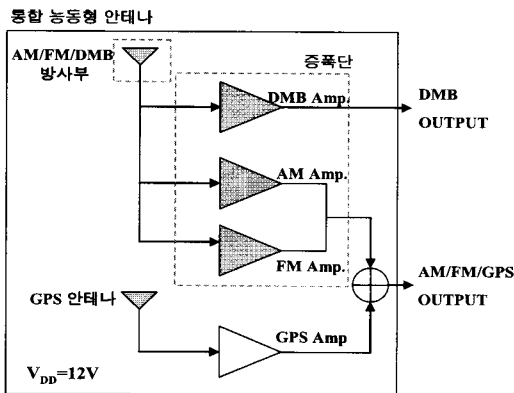
† 게재확정일 : 2009년 8월 18일

리고 샤크테일(Shark tale) 안테나가 주로 사용되고 있다. 이러한 안테나들은 다양한 대역의 신호를 동시에 수신할 수 없다. 헬리컬 안테나의 경우 우수한 성능을 보이지만 기계적인 손상에 약하고, 차량 운행시 공기 마찰에 의한 소음발생의 원인이 되고 있다. 이와 같은 문제점을 개선하기 위해 유리창에 프린트된 안테나는 차량 뒷 유리에 설치되기 때문에 차량의 제조 원가 측면에서는 헬리컬 안테나 보다 성능이 저하되고 차량의 제조 원가가 높아진다. 샤크테일 안테나의 경우 디자인 면에서 장점을 갖지만, 고가이며, 차체 천장에 구멍을 뚫어야하는 단점을 가지고 있다 [1].

본 논문에서는 다양한 무선 서비스를 지원할 수 있는 차량용 통합 안테나를 설계하고 제작하였다. 본 논문의 구성을 II장에서 제안한 통합 능동형 안테나의 구성 및 설계 이론에 설명하고, III장에서 능동형 안테나 설계, IV장에서는 제작한 모듈의 특성에 대해 언급하고 마지막으로 측정된 결과를 바탕으로 V장에 결론을 맺는다.

## II. 통합 능동형 안테나의 구조

<그림 1>은 본 논문에서 제안한 통합 능동안테나의 구조를 나타내었다. DRM 서비스를 위한 AM/FM 대역과 DMB 대역을 단일 방사체로 수신할 수 있도록 하였고, GPS 수신은 상용으로 사용되고 있는 마



<그림 1> 통합 능동형 안테나의 구성도

<Fig. 1> Configuration of the integrated active antenna

이크로스트립 패치 안테나로 구성하였다. AM/FM 대역과 및 TDMB 대역의 경우, 차량내부의 공간 제약으로 안테나 크기가 감소됨에 따라 이득이 저하되고 입력임피던스가 높아진다. 이를 보상하기 위해 증폭단을 사용하여 이득보상 및 임피던스 정합을 수행하여 수신감도를 개선하였다.

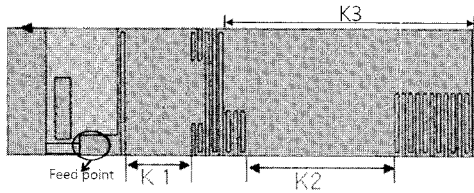
FM 대역과 DMB 대역의 인접한 특성으로 발생하는 간섭으로 두 대역의 특성 저하를 방지하기 위해 출력단자를 분리하였다. 인접한 대역간에 잡음과 간섭 신호의 영향으로 수신기 성능 저하를 초래할 수 있기 때문에 대역간 간섭을 최소화 할 수 있도록 해야 한다.

## III. 능동형 안테나 설계

### 1. 능동형 안테나의 방사부 설계

이상적인 수직 모노폴 안테나는 95.9MHz에서 약 78cm(0.25λ)의 길이를 갖기 때문에 차량 내부에 장착하기에는 적합하지 않다. AM/FM 대역에서 방사체의 소형화를 위해 미엔더 라인형태의 마이크로 스트립 형태의 구조를 채택하였다. 이는 일반 로드형 안테나보다 기판 유전체의 비유전율에 의해 소형화가 유리하고 제작이 용이한 장점을 가지고 있다 [2-4]. 또한 안테나의 커패시턴스 성분의 조절을 통하여 안테나의 전기적 길이를 유지함과 동시에 양호한 방사 효율을 갖도록 설계하였다 [3].

제안한 능동형 안테나의 방사체는 기본 미엔더 라인형태에 기생면을 없앤 형태의 패치를 구성함으로써 전기적 길이 효과와 다중공진의 효과를 기대하였다. 기판의 위면과 아래 면의 미엔더 라인을 연결하여 기판 간격을 활용하여 다중대역 특성을 갖도록 하고 아래에 위치하는 기생면을 통하여 임피던스 정합과 공진주파수 조정의 효과를 기대하였다. 장파장에서는 방사체 전체에 의하여 공진 주파수를 조정되나, 단파장에서는 각각의 셀이 공진 주파수를 결정할 수 있으며 이 경우, 미엔더 라인의 길이와 기생면의 크기를 변경함으로써 고주파 대역의 공진 주파수로 조정하는 것이 가능하다.

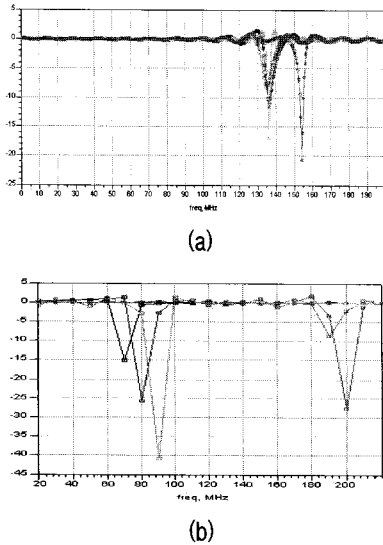


<그림 2> 제안된 방사체의 구조

<Fig. 2> Structure of the proposed radiation element

<그림 2>는 제안한 방사체의 구조를 나타내었다. 방사체는 위아래 K1과 K2가 포함된 기생면을 미엔더 라인으로 연결한 형태로 기본방사 소자를 구성하고 있으며, 이때 각 기생면의 소형화 및 주파수 공진 특성을 고려하여 미엔더 라인으로 연결하였다. 전체 안테나의 크기는 133×31×1.2mm 이고 아래에 위치한 기생면은 22mm의 길이를 위쪽에 위치한 기생면은 K2와 K3을 기준으로 49mm와 72mm의 길이로 구성하였다.

<그림 3> 기생면의 크기에 따른 공진주파수의 특성 변화를 나타낸 것으로 <그림 3(a)>는 기판의 K1

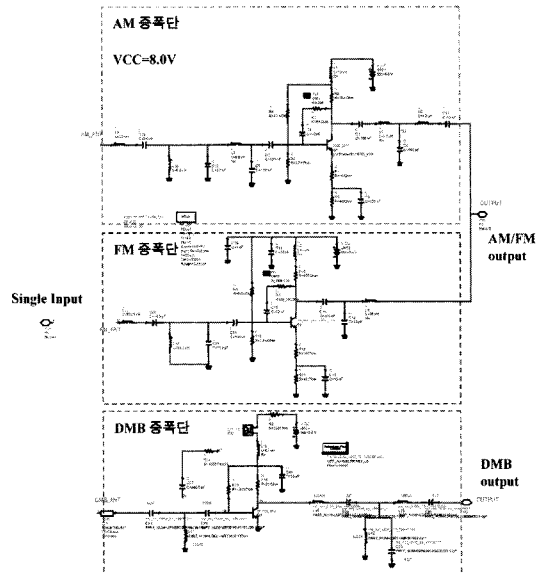


<그림 3> 위/아래 기생면의 크기에 따른 반사손실 특성  
(a) 아래쪽 기생면의 경우, (b) 위쪽 기생면의 경우  
<Fig. 3> Return loss characteristic with respect to the size of upper/lower parasitic plane  
(a) upper case, (b) lower case

기생면의 크기에 따른 높은 주파수의 공진 특성 변화를 나타내고 있으며, <그림 3(b)>는 K2 기생면의 크기를 조절함으로써 낮은 주파수의 공진 특성이 변화됨을 나타내고 있다.

## 2. 능동형 안테나의 증폭단 설계

본 논문에서는 100MHz와 200MHz에서  $\lambda/20$  이하의 소형 방사체로 인하여 발생하는 복사 효율의 감소, 대역의 협대역 및 임피던스 정합의 어려움과 같은 문제를 개선하기 위하여 증폭단을 사용하였다. 증폭단은 수신대역 내에 있는 간섭 신호와 뿐만 아니라 대역 외에 간섭이 있는 경우에도 원하는 미약한 신호를 왜곡 없이 증폭해야 하므로 잡음지수 특성과 선형성 특성이 우수해야 한다 [5]. <그림 4>는 설계한 증폭단의 회로도를 나타내었다. 본 논문에서는 AM/FM 대역의 신호의 강전계 특성으로 인한 선형성 및 상호변조 특성을 우선적으로 고려하여 능동소자를 선정하였고, DMB 대역에서는 저잡음 특성을 우선하여 능동소자를 선택하였다. 각 증폭단은 무조건은 안정도를 위해 저항성 안정화 회로를 사용하였



<그림 4> 증폭단의 회로도  
<Fig. 4> Circuit schematic of amplification block

고 각 대역의 광 특성을 우선만족시키기 위해 부채환 기법우선적용하였다 [6]. 또한 방사체의 높은 입력임피던스와의 정합을 위해서 높은 입력임피던스를 갖는 증폭기 구조를 선택하였다.

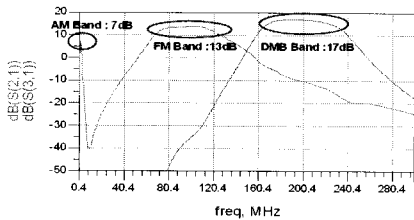
증폭단의 정합회로는 광대역 특성을 갖는 대역에서 공액정합의 제약이 있기 때문에 입력 반사손실이 최소가 될 수 있도록 설계하였으며, 각 대역간의 간섭을 최소화하기 위하여 대역통과 또는 저역통과 주파수 응답을 갖도록 설계하였다. 특히 수신 전력이 상대적으로 큰 AM/FM 증폭단의 경우, AM 증폭단 설계는 FM 신호의 유입을 막기 위하여 입출력 정합회로를 대역통과 특성을 갖도록 설계하였으며 추가로 입력단에 대역통과필터를 삽입하여 높은 FM 신호 제거 특성을 갖도록 하였다. 유사한 방법으로 FM 증폭단의 입출력 정합회로는 AM 신호의 유입을 막기 위해 대역통과필터 특성을 갖도록 구성하였다. <그림 5>는 설계된 증폭단의 특성을 나타내었다. <그림 5(a)>는 AM/FM 및 DMB 대역의 이득 특성을 나타내었고 <그림 5(b)>는 각 대역의 잡음지수 특성을 나타내었다. AM 증폭단의 이득은 6dB~8dB 의 이득 특성을 나타내고 있으며, FM 대역에 대한 충분한

제거 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 또한 FM 증폭단은 대역통과 특성을 나타내고 있으며, AM 대역에 대해서 -50dB 이상의 감쇄특성과 12dB~14dB 이득을 나타내고 있다. DMB 주파수 대역은 174MHz~216MHz로 비교적 FM 대역에 인접하여 있기 때문에 송출전력이 상대적으로 높은 FM 신호는 DMB 증폭단에 잡음 및 간섭 신호로 작용할 수 있다. 설계된 DMB 증폭단은 DMB 대역에서 이득은 17dB, FM 대역 신호에 대해서는 -23dB 이하의 감쇄 특성을 나타내고 있다. 잡음지수는 1.5dB 이하의 특성을 갖는다.

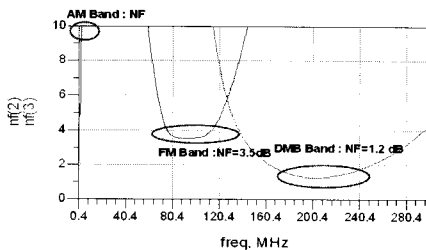
#### IV. 제작 및 측정

<그림 6>은 제작한 통합 안테나를 나타낸 것으로 증폭단의 크기는 30\*30 mm이고 방사체와 동일 기판 위에 제작되었다. 방사체와 증폭단은 단일 단자로 연결되고 출력단은 AM/FM/GPS 증폭단과 DMB 증폭단을 분리하였다. 전원은 차량용 전원인 12V를 인가하도록 하였으며 레귤레이터를 사용하여 8V의 전압이 증폭단 회로에 인가되도록 하였다.

<그림 7>은 통합 안테나의 방사체와 증폭단의 측정 결과를 나타내었다. <그림 7(a)>는 방사체의 반사손실 특성을 나타낸 것으로 FM 대역인 80MHz에서 -4.3dB와 108MHz에서 -14.5dB 특성을 나타내었고,



(a)

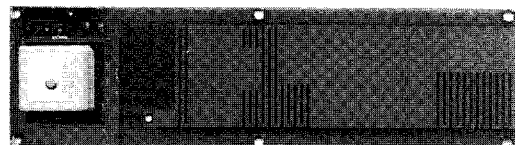


(b)

<그림 5> 각 대역별 증폭단 특성 (a) 이득, (b) 잡음지수  
<Fig. 5> Amplification characteristic for each bands  
(a) gain, (b) noise figure



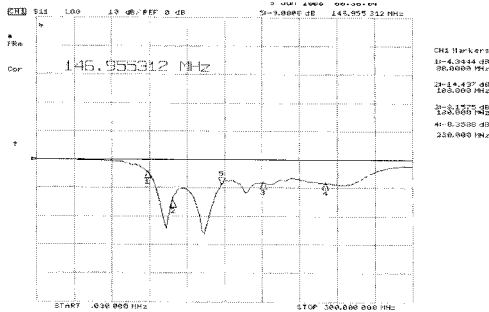
(a)



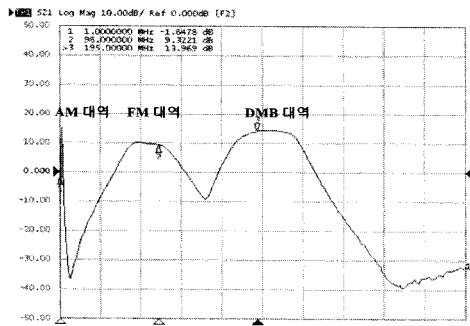
(b)

<그림 6> 제작한 통합안테나의 실물도  
(a) 앞면, (b) 뒷면

<Fig. 6> Photographs of the implemented integrated antenna (a) top view, (b) bottom view



(a)



(b)

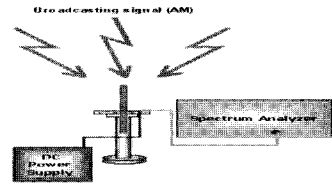
<그림 7> 방사체와 증폭단의 성능 (a) 방사체의 반사손실, (b) 증폭단의 이득

<Fig. 7> Performance of radiation element and amplification block (a) return loss of radiation element, (b) gain of amplification block

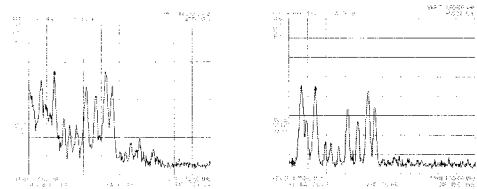
DMB 대역인 170~215 MHz에서는 -3dB 이하의 특성을 나타내었다. AM 대역의 경우, 방사체의 높은 임피던스 특성으로 50Ω 측정 시스템에서는 전반사에 가까운 특성을 나타내고 있다. <그림 7(b)>는 증폭단의 특성을 나타낸 것으로 500kHz -1.0MHz 대역에서 6dB~7dB 이득, 70MHz~120MHz 대역에서 11dB 이득, DMB 증폭단은 175MHz~220MHz 대역에서 9dB~13dB 특성을 나타내었다. 위의 결과로 볼 때 실제 상용화된 안테나들과 유사하거나 우월한 성능을 보이고 있다.

<그림 8>은 AM대역의 테스트를 위해 실제 에어 상에서의 테스트를 통해 기준으로 선정한 차량용 액티브 헬리컬 안테나 (Yokowo 사)의 신호수신 특성과 개발된 안테나의 특성 비교를 하였다.

<표 1>는 기준 안테나로 선정한 차량용 헬리컬 안



(a)



(b)

(c)

<그림 8> AM 대역 실험 구성 및 성능

(a) 구성, (b) 기준안테나, (c) 제작안테나

<Fig. 8> Experiment setup and performance for AM band (a) setup, (b) standard antenna, (c) fabricated antenna

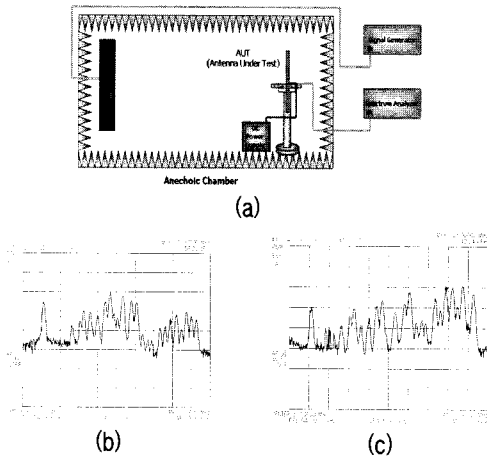
<표 1> AM 대역 수신성능 결과

<Table 1> Results of reception performance in AM band

|    | Bands    | Reference Ant. -Micro (Y 사) | Integrated antenna |
|----|----------|-----------------------------|--------------------|
| AM | 603 kHz  | -49.88 dBm                  | -55.54 dBm         |
|    | 972 kHz  | -49.43 dBm                  | -65.69 dBm         |
|    | 1134 kHz | -44.31 dBm                  | -58.02 dBm         |
|    | 1188 kHz | -50.57 dBm                  | -65.65 dBm         |

테나와 개발된 안테나의 특성을 측정된 결과이다. 안테나의 크기의 소형화로 저주파 수신 특성은 기준 안테나에 비해 약간 낮은 결과를 갖게 되었다. AM 대역의 테스트 결과 개발된 안테나는 약 -58dBm의 수신신호 특성을 나타내었다. 기준으로 선정한 헬리컬 안테나에 비해 약 -9dB의 손실을 나타낼 수 있다. 방사패턴의 경우 제작된 안테나가 파장에 비해 매우 작은 크기를 갖기에 일반적인 헬리컬 안테나와 달리 구형에 가까운 형태를 나타내었다.

<그림 9>는 FM 대역의 성능평가를 위한 실험 구성을 나타내었다. 기준으로 선정한 차량용 헬리컬 안테나 (Yokowo 사)의 신호수신 특성과 개발된 안테나의 특성 비교를 하였다.



<그림 9> FM 대역 실험 구성 및 성능  
 (a) 구성, (b) 기준안테나, (c) 제작안테나  
 <Fig. 9> Experiment setup and performance for FM band  
 (a) composition, (b) standard antenna,  
 (c) fabricated antenna

<표 2> FM 대역 수신성능 결과

<Table 2> Results of reception performance in FM band

|    | Bands   | Reference Ant. -Micro (Y 사) | Integrated antenna |
|----|---------|-----------------------------|--------------------|
| FM | 88 MHz  | -41.13 dBm                  | -43.97 dBm         |
|    | 93 MHz  | -38.59 dBm                  | -43.33 dBm         |
|    | 103 MHz | -38.41 dBm                  | -38.83 dBm         |
|    | 108 MHz | -41.33 dBm                  | -40.04 dBm         |

<표 2>는 기준 안테나로 선정된 차량용 헬리컬 안테나와 개발된 안테나의 특성을 측정한 결과이다. FM 대역의 테스트 결과 개발된 안테나는 약 -41dBm의 수신신호 특성을 나타내었다. 기준으로 선정된 헬리컬 안테나와 흡사한 특성을 나타냄을 알 수 있다.

DMB 대역은 FM 대역과 동일하게 무반사실 챔버에서 측정하였으며 결과는 <표 3>과 같다. 신호 발생기에서 발생하는 송신 신호의 크기는 0dBm으로 설정하였으며 174MHz에서 -42.84dBm, 190MHz에서 -43.79dBm, 210MHz에서 -38.75dBm의 수신성능을 나타내었다.

<표 3> DAB 대역 수신성능 결과

<Table 3> Results of reception performance in DAB band

| 주파수    | 개발된 안테나 |
|--------|---------|
| 174MHz |         |
| 190MHz |         |
| 210MHz |         |

## V. 결 론

본 논문에서는 기생면을 이용한 소형화된 방사체와 증폭단을 결합하여 차량용 통합 안테나 모듈을 설계, 제작 및 측정하였다. 능동형 안테나는 방사체와 증폭단을 분리하여 설계한 후 각 구성별로 측정하여 결과를 확인 후 통합하였다.

통합형 능동형 안테나는 AM/FM 대역, DMB 대역 및 GPS 대역을 모두 수신할 수 있으며, 크기 또한 133×31×1.2mm로서 일반 안테나에 비해 약 15%의 안테나 크기 축소 효과를 구현하였다. 방사체의 반사 손실은 평균 약 -10dB정도로 상용화 제작치인 -3dB 이하를 만족하는 값을 측정하였으며, 수신 성능은 현재 상용화된 기준 안테나와 동등한 특성을 나타내었다.

본 논문에서 구현한 능동형 안테나의 연구 결과를

바탕으로 하며, 저전력에 대한 연구가 추가적으로 요구되며 또한 고이득 안테나 개발에 대한 연구가 추가적으로 요구된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 심재륜, *AM/FM라디오 및 TV수신 을 위한 유리 창에 프린트된 차량용 안테나의 개발*, 박사학위 논문, 포항공과대학교 대학원, pp. 1-10, 1999.
- [2] S. D. Eason and R. Libonati, "UHF fractal antennas," *IEEE Int. Symp. Antennas and Propagation*, vol. 3, pp. 636-639, July 2001.
- [3] R. Breden and R. J. Langley, "Printed fractal antennas," *IEEE Int. Symp. Antennas and Propagation*, pp. 1-4, Aug. 1999.
- [4] S. R. Best, "On the resonant properties of the koch fractal and other wire monopole antennas," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Lett.*, vol. 1, pp. 74-76, 2002.
- [5] J. R. Smith, *Modern Communication Circuits*, McGraw-Hill, Boston, Mass, pp. 68-72, 1986.
- [6] G. Gonzalez, *Microwave Transistor Amplifier Analysis and Design*, Prentice Hall, 1996.

### 저자소개



김 상 옥 (Kim, Sang-Uk)

2006년 2월 : 초당 대학교 정보통신공학부(공학사)  
 2008년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 2008년 9월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정



고 민 호 (Go, Min-Ho)

1995년 2월 : 전남대학교 전자통신공학부(공학사)  
 1997년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 2009년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학박사)  
 2009년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 박사 후 과정



조 윤 현 (Jo, Yun-Hyun)

2007년 2월 : 인하대학교 전자전기공학부(공학사)  
 2009년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 2009년 3월 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 박사과정



박 효 달 (Park, Hyo-Dal)

1978년 2월 : 인하대학교 전자공학과(공학사)  
 1987년 : (불) 국립항공우주대학 전자공학과(공학박사)  
 1992년 ~ 현재 : 인하대학교 전자공학과 교수